



Universidad de Valladolid

Facultad de Medicina

Grado en Nutrición Humana y Dietética

**“La controversia en torno a los
alimentos modificados
genéticamente”**

Autor: Leonor Fernández Isasi

Tutor: Dr. Francisco Javier Arias Vallejo

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2013-2017

RESUMEN:

El presente trabajo trata de ahondar en la controversia de un tema tan amplio y polémico como es el uso de los organismos genéticamente modificados (OGMs) o derivados de los mismos en la generación de los alimentos transgénicos. A lo largo de este documento se introduce la situación actual en la que se encuentran a nivel mundial, europeo y nacional. Se ejemplifican las diferentes aplicaciones de la ingeniería genética en los diferentes tipos de OGMs (animales, vegetales y microorganismos), así como los beneficios derivados del uso de la misma en la mejora de las propiedades nutricionales de los alimentos. Sin embargo, muchos de estos alimentos y productos desarrollados no han entrado a formar parte del mercado. También se expone la polémica en torno a los potenciales efectos adversos para la salud humana, concluyendo que hasta la fecha, no existe evidencia científica que indique que su uso sea perjudicial para la misma. Por último, se indica el marco legal nacional y europeo encargado de regular las actividades con OGMs, así como las barreras que impiden su correcta aplicación.

Palabras clave: Ingeniería genética, gen, organismos genéticamente modificados (OGMs), alimentos transgénicos

ABSTRACT:

This essay tries to focus on the controversy of a topic which is very wide and argued: the usage of genetically modified organisms. It deals with the current situation worldwide, in Europe and in Spain. It exemplifies the different applications of genetic engineering in the different types of genetically modified organisms (animals, vegetation and microorganisms). However, a lot of these products are not in the market. The essay highlights the controversy which generates the possible side effects, concluding that there is no scientific evidence that indicates that the use of these products is damaging to the health. Lastly, the national and european legal framework is indicated, as is the barriers that not allow correct integration.

Key words: Genetic engineering, gen, genetically modified organisms, transgenic foods

ÍNDICE:

RESUMEN:	2
ÍNDICE:	3
INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN:	5
OBJETIVOS:	6
1. SITUACIÓN ACTUAL:	7
-A nivel mundial:	7
-A nivel europeo y nacional:	8
• Maíz MON 810	8
• Soja transgénica resistente al glifosato:	9
2. APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA GENÉTICA:	10
-Vegetales: las tres olas de los cultivos transgénicos:	10
• Primera ola de cultivos transgénicos:	10
• Segunda ola de cultivos transgénicos:	10
• Tercera ola de cultivos transgénicos:	11
-Animales modificados genéticamente:	11
• Cambios en la composición de la leche	11
• Modificación de los índices de crecimiento de las carnes	11
• Otras aplicaciones:	12
-Microorganismos modificados genéticamente:	13
• Microorganismos usados en la elaboración del pan:	13
• Microorganismos usados en la elaboración de la cerveza:	13
• Microorganismos usados en la elaboración del vino:	13
• Producción de aminoácidos y vitaminas:	14
• Producción de sustancias aromatizantes, espesantes y colorantes (19)	14
• Producción de ácidos orgánicos y otros compuestos de uso alimentario (19)	14
• Producción de ciertas enzimas utilizadas como auxiliares del procesamiento en la producción de alimentos humanos y animales.	14
3. BENEFICIOS NUTRICIONALES DE LOS ALIMENTOS TRANSGÉNICOS 15	
- Ingeniería genética en la mejora del contenido de vitaminas y de sustancias antioxidantes:	15
• Golden rice o arroz dorado:	15
• Tomates con concentraciones aumentadas de β -caroteno:	17
• Tomates con concentraciones aumentadas de ácido clorogénico (CGA):	17
- Ingeniería genética en la biofortificación de minerales:	18
• Arroz con concentraciones aumentadas de hierro:	18
- Ingeniería genética en la modificación de la composición de aceites y grasas:	19
• Aceite de soja con cantidades incrementadas de ácido oleico:	19

-Ingeniería genética en la mejora del contenido proteico:	20
• Maíz con concentraciones aumentadas de los aminoácidos triptófano y lisina:.....	20
• Trigo transgénico con posible utilidad en la Enfermedad Celiaca:	21
-Aspectos a tener en cuenta:	22
4. POTENCIALES EFECTOS ADVERSOS PARA LA SALUD HUMANA	23
-Alergenicidad:	23
-Alteraciones en el contenido nutricional.....	24
-Efectos tóxicos:.....	25
-Resistencia a los antibióticos:.....	25
-Uso de los componentes virales en las modificaciones genéticas:.....	26
-Síntesis acerca del debate de los efectos adversos:	27
• Funciones del comité de expertos:	27
• Conclusiones del comité de expertos:	27
5. PERSPECTIVA LEGISLATIVA DE LOS OGMs.....	28
-Legislación:.....	28
• A nivel europeo (45).....	28
• A nivel nacional (46).....	29
-Etiquetado:.....	29
• Ámbito de aplicación del Reglamento:	30
• Cómo se indica la presencia de un OGM: (47)	31
-Trazabilidad:.....	31
CONCLUSIONES:	32
BIBLIOGRAFÍA:	33
ANEXOS:	37
-Alimentos naturales versus alimentos transgénicos:	37
• Aceite de palma refinado.....	37
-5ª edición de la Guía roja y verde de Greenpeace sobre los alimentos transgénicos:.....	39

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN:

Contrariamente a lo que se puede pensar, emplear la genética en la alimentación y la nutrición no es algo nuevo. Desde los inicios de la agricultura y la ganadería, hace unos 12000 años, el hombre ha mejorado las variedades vegetales y las razas de animales de granja mediante diferentes técnicas genéticas como la hibridación (conocida como cruce sexual) y la aparición de mutantes espontáneos (llamada también variabilidad natural). (1)

Estos hechos indican que ningún alimento puede denominarse natural en el sentido estricto ya que casi todos los animales y plantas destinados a la alimentación, así como los microorganismos que intervienen en los procesos de fabricación de los mismos, han sufrido procesos de selección artificial y de mejora por parte del hombre. (2)

Recientemente, con el desarrollo de la Biotecnología moderna, han surgido otras técnicas de mejora de los organismos mediante el empleo de la ingeniería genética (también llamada técnica del ADN recombinante). Como resultado de ello, han surgido los llamados **organismos genéticamente modificados (OGMs) y los alimentos transgénicos**.

Los OGMs son todos aquellos organismos, bien sean animales, vegetales o microorganismos, a los que mediante técnicas de ingeniería genética se les han incorporado genes en su genoma provenientes de otros organismos o se les han modificado los propios. (2) Como consecuencia de ello, se les dota de nuevas propiedades de interés. (2) A su vez, los alimentos transgénicos son aquellos alimentos elaborados a partir de OGMs o aquellos que contienen algún ingrediente que proviene de estos OGMs. (2)

La aplicación de las técnicas de ingeniería genética permite saltar la barrera de especie, obtener los resultados deseados de una forma más rápida y conseguir un gran aumento de la direccionalidad. (3) Esto quiere decir que, a diferencia de la mutación e hibridación, no se mutan ni se cruzan genes al azar, sino que se selecciona un gen determinado, que se identifica molecularmente, y se añade a un genoma concreto. (3) Por tanto, al disponer de un mayor conocimiento molecular se permite una mejor evaluación sanitaria o ambiental del producto diseñado. (3)

La ingeniería genética, que inicialmente se empleaba en la producción de sustancias de uso médico, como la insulina, ha llegado también al campo de la alimentación. Un hito de la aplicación de la ingeniería genética en la misma fue el lanzamiento comercial de la primera variedad vegetal transgénica de

consumo humano en 1994, correspondiente al tomate Flavr Savr™. Este tomate, desarrollado por la empresa Calgene (actualmente integrada en Monsanto), presentaba una maduración más prolongada que su homólogo comercial. (5)

A partir de entonces, la tecnología del ADN recombinante se está utilizando en el sector alimentario con diferentes fines (generar vegetales resistentes a herbicidas y plagas, alimentos con mayor calidad nutritiva, etc.). Gracias a ello, se han desarrollado una gran cantidad de OGMs. Sin embargo, muchos de ellos se encuentran en fase de desarrollo y no se han comercializado.

Los OGMs y los alimentos transgénicos se han situado en medio de un complejo debate interdisciplinario en el que se usan argumentos de diversa naturaleza (4) pero no siempre científicamente contrastados. Esto puede acarrear una discusión improductiva si no se analizan en profundidad los puntos de desencuentro y la razón que los motiva. (4)

OBJETIVOS:

El **objetivo general** del presente trabajo es llevar a cabo una revisión sistemática de la documentación sobre los OGMs en torno a diferentes aspectos que se desarrollarán a lo largo del documento, para poder poner de manifiesto la controversia de esta temática, exponiendo las diferentes posturas y argumentando el porqué de las mismas.

Objetivos específicos:

- ✚ Presentar evidencias científicas publicadas que sustentan el hecho de que los alimentos transgénicos son igual de seguros que los alimentos convencionales.
- ✚ Describir los beneficios nutricionales derivados del uso de la ingeniería genética en la mejora de la calidad nutricional de los alimentos y las limitaciones que pueden resultar de estas prácticas.
- ✚ Mostrar los componentes básicos de la Legislación Nacional y Europea en torno a esta materia y las barreras resultantes en la aplicación de los mismos.

1. SITUACIÓN ACTUAL:

-A nivel mundial:

En 2015, alrededor del 12 % (179,7 millones de los 1,5 mil millones de hectáreas) de las tierras cultivadas se correspondían a cultivos transgénicos y dentro de éstos, el maíz y la soja eran los más cultivados. La producción de estos últimos se ha incrementado desde su primer lanzamiento comercial en 1996. (5)



Ilustración 1. Tipo y localización de los cultivos comerciales modificados genéticamente en 2015

Como se puede observar en la imagen superior, la producción de cultivos transgénicos en 2015 se distribuyó de forma desigual en todo el mundo. Más de 70 de las 179,7 millones de hectáreas que producían cultivos transgénicos estaban en los Estados Unidos, mientras que los cultivos transgénicos producidos en Brasil, Argentina, India y Canadá representaron otros 91,3 millones. Los restantes 17,5 millones fueron distribuidos entre 23 países. (5)

En la producción comercial de 2015 estaban presentes 14 cultivos transgénicos. Estos cultivos transgénicos pueden tener uno o más rasgos genéticamente modificados. Por ejemplo, algunas variedades de soja en los Estados Unidos han sido diseñadas para soportar a uno o más herbicidas, mientras que otras variedades se han alterado para producir más ácido oleico. Por lo tanto, la designación de un cultivo como modificado genéticamente no informa acerca del propósito de la alteración genética de la planta. (5)

Además, muchos rasgos de modificación genética que se han desarrollado no se han comercializado. Ejemplo de ello son los rasgos transgénicos de cultivos que estaban cerca de la comercialización pero nunca se han vendido o han sido retirados del mercado por incumplimientos reglamentarios, percepción social negativa etc. (5)

-A nivel europeo y nacional:

La UE importa grandes cantidades de piensos modificados genéticamente, pero muy poco los alimentos transgénicos. Por ello, el número de productos transgénicos disponibles para la compra en el mercado de la UE es pequeño. (6) Sin embargo, los derivados industriales del maíz y la soja transgénicos están presentes en más del 60% de los alimentos transformados. (7)

■ Maíz MON 810

A nivel europeo y español únicamente se cultiva el **maíz MON 810**. En 1998 se autorizó su cultivo comercial en la Unión Europea. Éste se cultiva en 5 Estados miembros de la Unión Europea: España, Portugal, República Checa, Rumania y Eslovaquia, con una cobertura total en 2013 de casi 150.000 hectáreas (incluyendo 137000 hectáreas en España). (6)



Ilustración 2. Maíz transgénico MON810 creado y patentado por la multinacional Monsanto

El maíz MON 810 es resistente al ataque del taladro, el cual es una plaga de los lepidópteros *Sesamia nonagrioides* y *Ostrinia nubilalis*. (8) Esta resistencia se debe a la inserción del gen MON810, que proviene del *Bacillus thuringiensis* y que permite que en la planta se produzca una toxina insecticida Bt, mortal para éstos. (7)

Este transgénico no se utiliza directamente en la alimentación humana. Se usa como base para la preparación de piensos animales o en la obtención de ingredientes y aditivos derivados del maíz (1) como por ejemplo: harina, almidón, aceite, sémola, glucosa, jarabe de glucosa, fructosa, dextrosa, maltodextrina, isomaltosa, sorbitol (E420), caramelo (E150), grits. (7)

Existen diversas opiniones acerca de la utilización del mismo. En la página web del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

(MAPAMA) se expone que al utilizarlos se obtienen ciertos beneficios como: rendimientos superiores en las zonas donde el ataque de estas plagas es severo, reducción del uso de insecticidas etc. (8)

Otros como Greenpeace defienden que su uso puede provocar la aparición de plagas resistentes al Bt debido a la elevada concentración de la toxina Bt a la que se exponen los insectos vulnerables. (7) Sin embargo, esta resistencia también podría ser el resultado del uso de cualquier plaguicida.

■ ***Soja transgénica resistente al glifosato:***

Por otra parte, destacan en la UE las importaciones de soja transgénica. (6) En la Unión está autorizada la comercialización de la soja transgénica resistente al herbicida glifosato. (1) Ésta contiene en su genoma un gen proveniente de la petunia, el cual le confiere resistencia al glifosato. El objetivo de esta aplicación es tratar la plantación transgénica con el herbicida y eliminar sólo las malas hierbas. (9)

Sin embargo, existen opiniones contrarias a la utilización de los mismos, como por ejemplo la de Greenpeace. Éstos han expuesto los siguientes argumentos para mostrar su rechazo:

- La venta de este tipo de semillas resistentes a un herbicida concreto, tan sólo es una estrategia para mantener y aumentar la venta de productos químicos. Esto es debido a que las principales multinacionales de transgénicos venden al agricultor tanto el herbicida como la semilla transgénica resistente al mismo. (7)
- Con las plantas tolerantes a herbicidas, el agricultor puede usar mayores cantidades de agrotóxicos para acabar con las llamadas “malas hierbas”. Además, éstas generan cierta tolerancia a estos productos, por lo que la cantidad empleada del mismo tiene que ser cada vez mayor. El resultado es una mayor contaminación, porque tanto el suelo como las cosechas están sometidos a mayor cantidad de productos químicos. (7)

Al igual que el maíz MON 810, la soja transgénica resistente al glifosato no se utiliza directamente en alimentación humana. Se emplea como base para la preparación de piensos animales o en la obtención de ingredientes y aditivos derivados de la soja, (1) como por ejemplo: harina, proteína, aceites y grasas vegetales, emulgentes (lecitina E322), mono y diglicéridos de ácidos grasos (E471), ácidos grasos. (7)

2. APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA GENÉTICA:

-Vegetales: las tres olas de los cultivos transgénicos:

El empleo de la ingeniería genética en el mejoramiento vegetal es lo que se denomina Agrobiotecnología o Biotecnología vegetal. Sus objetivos son diversos y en función de los mismos podemos distinguir tres olas de cultivos transgénicos: (10)

■ **Primera ola de cultivos transgénicos:**

Comprende a aquellos cultivos con mejoras agronómicas, como resistencia a enfermedades y plagas, tolerancia a herbicidas y a condiciones ambientales extremas como el frío y la sequía. (10)

A este subgrupo pertenecen los primeros alimentos transgénicos que se han comercializado y cubren casi la totalidad de los que actualmente se comercializan. Han sido los primeros en desarrollarse porque su generación es más sencilla al depender de un único gen y también porque son de un indudable interés comercial para los agricultores. (1)

Algunos ejemplos son: el maíz Bt resistente al ataque del taladro del maíz y la soja transgénica resistente al herbicida glifosato. (1)

■ **Segunda ola de cultivos transgénicos:**

Engloban a aquellos cultivos en los que la modificación genética introducida afecta a las propiedades fisicoquímicas, organolépticas o nutricionales. Presentan una mayor complejidad tecnológica ya que suelen afectar a varios genes. (1)

Algunos ejemplos son:

-Mejora de las propiedades fisicoquímicas:

- Tomates transgénicos que tienen disminuida la expresión del gen que codifica la enzima poligalacturonasa, la cual es responsable de la podredumbre del fruto. (1)

-Mejora de las propiedades nutricionales:

- Tomate transgénico con tonalidad púrpura donde se han expresado dos genes de la planta *Antirrhinum majus*. Como resultado de ello, se han obtenido tomates que presentan antocianos a concentraciones comparables a las de los arándanos o las moras. (1)

■ **Tercera ola de cultivos transgénicos:**

Se refiere al empleo de los cultivos como bio-reactores para la producción de medicamentos, vacunas y otras moléculas de interés industrial. (10)

-Animales modificados genéticamente:

La ingeniería genética en los animales de granja busca mejorar la productividad. Mediante el empleo de animales transgénicos se busca lograr una serie de objetivos como pueden ser los siguientes:

■ **Cambios en la composición de la leche**

Mediante la aplicación de la ingeniería genética se puede modificar la composición de la leche al producirse proteínas nuevas que incrementan su valor biológico. Ejemplo de ello es la generación de hormonas, factores de crecimiento u otros factores con actividad biológica beneficiosa que producen importantes beneficios en el neonato que no puede ser amamantado. (11)

También es importante considerar la aplicación de las tecnologías transgénicas en zootecnia para aumentar ciertos componentes específicos de la leche con interés para la industria alimentaria. Un ejemplo sería el incrementar la cantidad de caseína en quesos y yogures para dotarlos de una mayor estabilidad a la acción del calor. (11)

Otro ejemplo podría ser un mamífero transgénico que expresase en su leche la enzima lactasa, dando lugar a una leche con un bajo contenido en lactosa. (3)

■ **Modificación de los índices de crecimiento de las carnes**

Dentro de este grupo, uno de los ejemplos más importantes es el del **salmón transgénico AquAdvantage** creado por la empresa biotecnológica estadounidense AquaBounty. Su importancia se debe a que la Food and Drug Administration (FDA) ha aprobado el 19 de Noviembre de 2015 este salmón para consumo humano, por lo que se convierte en el primer animal transgénico destinado a este fin en el mundo. (12)

Se trata de un salmón atlántico al que se le ha añadido material genético del gen de la hormona del crecimiento de una especie de salmón gigante del Pacífico así como genes anticongelantes de un pez de la familia de los zoarcidos. (7) Además, la introducción del gen se ha realizado bajo el control de un promotor (una secuencia de ADN que activa la expresión de un gen) del faneca oceánico. Todo ello permite al salmón AquAdvantage crecer de una

forma más rápida, adquiriendo el tamaño requerido para el mercado en un menor tiempo. (13)

Según Greenpeace, estos peces podrían escaparse de las instalaciones de acuicultura y cruzarse o desplazar a las poblaciones de peces salvajes. Además, podrían competir en alimento y crear una disrupción en la cadena alimentaria y en los ecosistemas. (7) Sin embargo, según la FDA, las instalaciones en las que se criará el animal en Canadá y en Panamá disponen de una serie de barreras físicas para evitar, tanto que los huevos y los peces se escapen, como que otros depredadores del exterior se pongan en contacto con los mismos. (13)

Tras la evaluación del AquAdvantage por parte de la FDA se ha puesto de manifiesto que este transgénico no es materialmente diferente al salmón del Atlántico no modificado genéticamente. Por ello, la FDA ha determinado que no se requiere un etiquetado adicional del mismo. Si existiese alguna diferencia entra ambos, se requeriría un etiquetado adicional que describiese dicha diferencia. (13)



Ilustración 3. Comparación entre el salmón transgénico y su homólogo convencional a las 18 semanas

■ **Otras aplicaciones:**

Por otra parte, se está estudiando la posibilidad de generar animales transgénicos que posean ciertas enzimas intestinales no presentes en sus homólogos no transgénicos (como por ejemplo fitasa o xilanasas en cerdos o aves de corral). Esto podría dar lugar a un aumento de la absorción de nutrientes y de la eficiencia alimentaria. (11)

Actualmente, los productos derivados de animales de granja modificados genéticamente no han llegado a los principales sistemas de producción de alimentos. Estas iniciativas requieren todavía de unos conocimientos técnicos considerables y no son tan habituales como en el caso de las plantas. (14)

-Microorganismos modificados genéticamente:

Se han desarrollado microorganismos genéticamente modificados para la elaboración de productos fermentados. (1) Sin embargo, en la actualidad no hay productos comerciales conocidos en el mercado que contengan microorganismos genéticamente modificados vivos. (15)

■ *Microorganismos usados en la elaboración del pan:*

Se emplea la tecnología del ADN recombinante para modificar algún rasgo deseable de las levaduras panarias. Por ejemplo, mediante modificación genética se han obtenido cepas de levaduras que tienen mejor capacidad fermentativa, por lo que liberan más CO₂, siendo éste el responsable del aumento del tamaño de la masa panaria. (16)

■ *Microorganismos usados en la elaboración de la cerveza:*

Se utilizan levaduras modificadas genéticamente en las que se insertan genes de interés para la industria cervecera. Algunos ejemplos pueden ser los siguientes: (17)

- Gen que codifica enzima α -glucoamilasa: provocando una disminución del contenido calórico de la cerveza. (17)
- Gen que codifica enzima descarboxilasa: generando una disminución del sabor dulce de la cerveza. (17)

■ *Microorganismos usados en la elaboración del vino:*

Se utilizan levaduras modificadas genéticamente en las que se insertan genes de interés para la industria vinícola. Algunos ejemplos pueden ser los siguientes:

- Gen que codifica los factores killer K1 y K2: confiere a la levadura modificada de una ventaja sobre la supervivencia con respecto a las levaduras vínicas naturales. (18)
- Genes que codifican enzimas celulasas y hemicelulasas: aumentan los aromas afrutados, por lo que mejoran las características organolépticas del vino. (18)
- Gen que codifica el enzima málico: favorece la fermentación maloláctica. La fermentación maloláctica es llevada a cabo por bacterias ácido lácticas (BAL) y se requiere del enzima málico. Mediante su uso se logra desacidificar los vinos tintos y algunos vinos blancos en regiones frías. Las cepas de *Saccharomyces cerevisiae* no pueden realizar dicha

fermentación en condiciones normales. Sin embargo, se ha construido una levadura recombinante que porta un gen de la levadura *Schizosaccharomyces pombe* y el gen de *L. lactis* que codifica el enzima málico y ésta es capaz de fermentar 4,5 g/L de malato en mostos artificiales en tan sólo cuatro días. (18)

Además, ciertos microorganismos genéticamente modificados pueden ser utilizados como unidades sintetizadoras de diversos compuestos de interés para la industria alimentaria.(19) Ejemplo de ello pueden ser aquellos microorganismos que se emplean para:

■ ***Producción de aminoácidos y vitaminas:***

Los microorganismos genéticamente modificados también están permitidos en diferentes países para la producción de vitaminas y aminoácidos, siendo éstos usados en los alimentos o como complementos alimentarios. Un ejemplo es la producción de carotenoides (usados como aditivos y colorantes de los alimentos, o complementos alimentarios) por bacterias modificadas genéticamente. (15)

■ ***Producción de sustancias aromatizantes, espesantes y colorantes*** (19)

■ ***Producción de ácidos orgánicos y otros compuestos de uso alimentario*** (19)

■ ***Producción de ciertas enzimas utilizadas como auxiliares del procesamiento en la producción de alimentos humanos y animales.***

Dentro de este grupo nos podríamos encontrar con la α -amilasa para la producción de pan, la glucosa-isomerasa para la producción de fructosa, y la quimosina para la producción de queso. (15)

Muchos aditivos usados en el procesamiento de alimentos (enzimas) producidos por microorganismos genéticamente modificados han estado en el mercado por más de una década y se utilizan en una amplia variedad de alimentos procesados. (15)

3. BENEFICIOS NUTRICIONALES DE LOS ALIMENTOS TRANSGÉNICOS

El principal objetivo que persigue la ingeniería genética es obtener alimentos más útiles, y a su vez inocuos. Uno de los beneficios que nos puede brindar el uso de estas técnicas es la mejora de la salud del ser humano tras la modificación de las propiedades nutricionales de los alimentos. (9) Se han desarrollado multitud de alimentos transgénicos con propiedades nutricionales mejoradas. Sin embargo, la mayor parte de ellos no se han comercializado y se encuentran en fase de experimentación o en fase de estudio en campo.

-Ingeniería genética en la mejora del contenido de vitaminas y de sustancias antioxidantes:

■ *Golden rice o arroz dorado:*

Los carotenoides, como por ejemplo el β -caroteno, son compuestos precursores de la vitamina A y antioxidantes que podemos encontrar en ciertos vegetales. En el arroz natural sólo se sintetizan los carotenoides en las hojas de la planta. Sin embargo, en el endospermo, que es la parte comestible, no hay producción de los mismos debido a que no hay síntesis de las enzimas fitoeno sintasa, fitoeno desaturasa y licopeno ciclasa, que son necesarias para la producción de los mismos. (9)

Por medio de la ingeniería genética se ha obtenido el arroz dorado o también llamado Golden Rice. Se trata de un arroz transgénico al que se le han introducido dos genes que permiten que este cereal produzca β -Caroteno, lo que le aporta un color amarillento. (20)

Este arroz se diseñó con objeto de luchar contra el problema crónico de avitaminosis de los países pobres del Sudeste Asiático y Latinoamérica, en los que la base de la dieta es el arroz.(1) Según datos de la OMS, se calcula que la ceguera nocturna, enfermedad derivada de esta deficiencia vitamínica, afecta a 5,2 millones de niños en edad preescolar en todo el mundo y a 9,8 millones de embarazadas. (21) Por tanto, se trata de una deficiencia prevalente que acarrea graves complicaciones en los países subdesarrollados.

Existen dos versiones del Golden Rice que se muestran en la figura 4. La primera de ellas contiene el gen psy (phytoene synthase) proveniente de la planta narciso y el gen fitoeno desaturasa (ctrl) de la bacteria *Erwinia uredovor*. Posteriormente, se diseñó la segunda versión que difería de la anterior en la

procedencia del gen psy, ya que en este último caso procedía del maíz. Se demostró que por medio de este cambio, el Golden Rice II presentaba 23 veces más carotenoides que el Golden Rice I, alcanzando unos 37 μg de carotenoides por cada gramo de arroz. (22)



Ilustración 4. El arroz convencional y las dos versiones del Golden Rice (I y II)

El Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI), con sede central en Filipinas, continúa trabajando con las agencias nacionales de investigación en Bangladesh, Indonesia y Filipinas, así como otros países, en el desarrollo del arroz dorado, (23) ya que éste se encuentra aún en fase de estudio mediante ensayos de campo confinados (24). Es por ello por lo que Greenpeace juzga este proyecto, calificándolo como fallido y costoso, argumentando que se han invertido cientos de millones de dólares en la investigación durante 20 años del mismo, sin aún estar demostrado si puede mejorar el nivel nutricional de las personas con esta deficiencia. (25)

El IRRI expone que la investigación nutricional en el arroz dorado se ha llevado a cabo por varias instituciones de prestigio, como la Universidad de Tufts y el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), y se demuestra que el arroz dorado puede ser una fuente adecuada para incrementar la vitamina A. Además, alega que los ensayos de campo confinados son necesarios antes de la comercialización de este transgénico ya que sirven para evaluar el potencial agronómico en el entorno abierto, recoger los datos necesarios para completar la evaluación de la seguridad ambiental, analizar la composición de nutrientes, etc. (26) El Dr. Robert S. Zeigler, ex Director General del IRRI, expresa que se necesitan muchos años para desarrollar una variedad de alto rendimiento. (27)

■ **Tomates con concentraciones aumentadas de β -caroteno:**

Los tomates (*Solanum lycopersicum* o también conocidos como *Lycopersicon esculentum*) son una de las principales fuentes de licopeno en la dieta. Estos compuestos son carotenoides y son los responsables del color rojizo del fruto. Aunque el tomate maduro contiene β -caroteno, la cantidad que presenta es relativamente baja. Por tanto, se ha empleado la ingeniería genética como estrategia para incrementar los niveles de β -caroteno en los tomates sin disminuir los del licopeno, promocionando así la salud por medio del aporte de antioxidantes. (28)

Se han desarrollado unas plantas de tomate que expresan una copia adicional del gen licopeno β -ciclase (*LCYB*) procedente de la planta *Nicotiana tabacum*. Como consecuencia de ello, el tomate mostró una pigmentación anaranjada debido al aumento de los niveles de hasta 5 veces de β -caroteno. Sin embargo, no se produjeron cambios significantes en las cantidades de otros carotenoides, incluyendo el licopeno. Por lo tanto, la fruta transgénica contiene un perfil mejorado de carotenoides en comparación con las variedades no transgénicas. Sin embargo, estos tomates transgénicos se encuentran en fase de experimentación. (28)

■ **Tomates con concentraciones aumentadas de ácido clorogénico (CGA):**

El ácido clorogénico es el principal compuesto fenólico soluble en las especies solanáceas tales como patata, tomate y berenjena. (29)

Actúa como un potente antioxidante, eliminando especies reactivas tóxicas como los radicales alquilperoxilo y protegiendo frente a la peroxidación lipídica. Además, reduce el LDL-colesterol, principal determinante de los eventos iniciales en la arteriosclerosis. (29)

Debido a su alta biodisponibilidad puede ser absorbido directamente por el intestino delgado. Sin embargo, la mayoría del CGA es fijado en el intestino grueso por esterases de la microflora intestinal, lo cual da lugar a la liberación del ácido cafeico. Este ácido es absorbido rápidamente y presenta el mismo poder antioxidante que el CGA. Por todas estas razones, se están buscando estrategias para aumentar los niveles de CGA en los cultivos alimentarios por medio del uso de la ingeniería genética. (29)

Se han diseñado plantas de tomate que sobreexpresan el gen de la hidroxicinamoil-CoA quinato: hidroxicinamoil transferasa (HQT), el cual codifica la enzima hidroxicianomil-CoA quinasa que sintetiza el CGA. Por tanto, la

sobreexpresión de HQT provocó que las plantas acumulasen mayores niveles de CGA, sin efectos secundarios sobre los niveles de otros fenoles solubles, mostrando como resultado una capacidad antioxidante mejorada. (29) Sin embargo, estos tomates transgénicos se encuentran en fase de experimentación.

-Ingeniería genética en la biofortificación de minerales:

■ Arroz con concentraciones aumentadas de hierro:

El hierro desempeña importantes funciones en el metabolismo humano por lo que es uno de los micronutrientes más relevantes. La falta de hierro en el organismo es la carencia nutricional predominante en la población mundial (30), y una deficiencia del mismo puede acarrear graves complicaciones, como es la anemia. Por ello, la ingeniería genética ha diseñado plantas transgénicas fortificadas con hierro, como por ejemplo la planta del arroz, con objeto de ofrecer fuentes alternativas del mismo que reduzcan el número de individuos con tales deficiencias.

La biodisponibilidad del hierro procedente de las plantas es baja. Además, en el arroz el problema se agrava por la presencia inhibidores de la absorción del hierro (ácido fítico) y por la falta de factores que favorezcan la absorción del mismo. (31)

Para diseñar el arroz blanco con cantidades incrementadas de hierro se insertaron una serie de genes que pronunciaron proteínas en el endospermo central: la fitoferritina de *Phaseolus* (20) (proteína de almacenamiento de hierro), los péptidos de cisteína (potenciadores de la absorción de Fe) (32) y la fitasa de *Aspergillus fumigatus* termorresistente (20) (proteína encargada de degradar el ácido fítico en el intestino durante la digestión, aumentando así la absorción de Fe). (32) Gracias a ello, se obtuvo un arroz blanco transgénico con una cantidad duplicada de hierro con respecto a la del homólogo natural. En 300g de arroz transgénico se obtendrían 6mg de hierro, lo que supondría alrededor del 20% de las recomendaciones del mismo. (20) La influencia de estos cambios en la biodisponibilidad del Fe sigue siendo investigada, por lo que éste arroz transgénico se encuentra en fase de experimentación. (32)

-Ingeniería genética en la modificación de la composición de aceites y grasas:

■ Aceite de soja con cantidades incrementadas de ácido oleico:

A través de la ingeniería genética, los científicos de Pioneer Hi-Bred, una empresa de DuPont en Johnston (estado estadounidense de Iowa), han desarrollado un nuevo aceite de soja que contiene más del 75% de ácido oleico (33). Éste está comercialmente disponible en América del Norte desde el 2015 (5) con el nombre comercial de **Treus™** o **Plenish™** (34).



Ilustración 5. Aceite de soja Plenish™

A este aceite se le han insertado los genes Gm-hra y Gm-fad2, que generan respectivamente una tolerancia a los herbicidas basados en sulfonilureas y un perfil lipídico modificado (acumulación de ácido oleico por bloqueo de la formación de ácido linoleico tras el silenciando del gen fad2-1). (34)

El aceite de soja convencional se compone principalmente de cinco ácidos grasos: ácido palmítico (16:0), ácido esteárico (18:0), ácido oleico (18:1), ácido linoleico (18:2), y ácido linolénico (18:3) en porcentajes aproximados de 10, 4, 18, 55, y 13. El perfil lipídico que presenta le ofrece una desventaja en el procesamiento industrial, ya que sus ácidos grasos predominantes son susceptibles a la oxidación y a la generación de grasas trans durante la hidrogenación. (5)

Composición del aceite de soja Plenish™:

-0 g de grasa trans (35); Las grasas trans aumentan las lipoproteínas de baja densidad (LDL), por lo que aumentan el riesgo de enfermedad coronaria. (33)

-20 % menos de grasas saturadas con respecto al aceite de soja convencional (35)

-Ácido oleico >75% (35); Los aceites con un alto porcentaje de ácido oleico requieren menos procesamiento industrial. Por tanto, disminuyen las concentraciones de las grasas trans generadas en estos procesos (5). Además, este ácido graso es monoinsaturado, por lo que disminuye los niveles de colesterol LDL y aumenta los del colesterol HDL, ayudando a frenar el progreso de las lesiones ateroscleróticas

-Contenido linolénico <3% (versus 7% del aceite de soja comercial) (35), lo que le confiere una mayor estabilidad oxidativa

-Ingeniería genética en la mejora del contenido proteico:

■ *Maíz con concentraciones aumentadas de los aminoácidos triptófano y lisina:*

El ser humano requiere un total de 20 aminoácidos para formar las proteínas que van a estar implicadas posteriormente en múltiples funciones del organismo. Clasificamos estos aminoácidos en esenciales y en no esenciales. Los aminoácidos no esenciales (11 de 20), son aquellos que nuestro organismo sintetiza, aun cuando no los obtengamos de los alimentos que consumimos. Sin embargo, los aminoácidos esenciales (9 de 20), no los puede producir nuestro cuerpo y por ello, deben provenir de los alimentos.

A su vez, las proteínas, según el contenido de aminoácidos esenciales que presenten, se clasifican en completas (si contienen los nueve aminoácidos esenciales) y en incompletas (deficitarias en uno o más aminoácidos esenciales).

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, el maíz, que es un ingrediente básico en la dieta de los habitantes de muchos países en desarrollo, posee una proteína incompleta, ya que es deficitario en los aminoácidos esenciales lisina y triptófano. Esto significa que las personas que basan su dieta en el maíz, sin acceso a otros alimentos, tienen propensión a padecer desnutrición. (36)

Por ello, la Dra. Evangelina Villegas y Surinder Vasal, investigadores del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (36), que está situado en el Estado de México, desarrollaron en la década de los ochenta unas semillas de maíz con una calidad proteica mejorada (QPM) a partir del uso de la ingeniería genética. Como consecuencia, se obtuvieron unas semillas de maíz cuyas cantidades de triptófano y lisina superaron en un 50% a las convencionales. (20) Ambos recibieron el Premio Mundial de Alimentación en 2000 por el QPM.

Actualmente se cuenta con gran cantidad de híbridos y variedades de maíz QPM. El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo ha promovido el uso de estos maíces en países en vías de desarrollo como: Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Honduras, Brasil, China, India, Sudáfrica, Ghana, Zimbabwe, etc.

■ **Trigo transgénico con posible utilidad en la Enfermedad Celiaca:**

La enfermedad celíaca (EC) es un trastorno multiorgánico mediado por el sistema inmunológico, resultado de la interacción entre factores genéticos y ambientales. La EC se expresa en individuos genéticamente predispuestos mediante una respuesta inmune inadecuada tras la ingestión de un antígeno exógeno conocido (el gluten, o más concretamente, los péptidos derivados de las prolaminas de trigo, cebada, centeno y probablemente avena). (37)

En la actualidad el único tratamiento efectivo disponible para la misma es una dieta libre de gluten de por vida. Sin embargo, el cumplimiento de la dieta no siempre es satisfactorio ya que el colectivo se encuentra con diversos problemas a la hora de alimentarse como: falta de información sobre los productos aptos, errores en la identificación de los productos comerciales, transgresiones voluntarias por el desconocimiento de las consecuencias, productos libres de gluten en cantidades limitadas y de elevado precio, etc. (37)

Un estudio (38) liderado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) ha desarrollado un pan de trigo transgénico potencialmente apto para la mayoría de los celíacos y otras intolerancias al gluten en 2014.

Se trata de un pan obtenido mediante ingeniería genética que ha sido elaborado mediante harinas de trigo de muy bajo contenido en gliadinas, las prolaminas del gluten responsables de la celiaquía. (38)

En este estudio se compararon las propiedades inmunotóxicas, nutricionales (composición de aminoácidos) y organolépticas del pan transgénico desarrollado con el pan de harina de trigo normal y con el pan de harina de arroz. (38)

- **Propiedades nutricionales:** Las versiones transgénicas compensaron el déficit de gliadinas aumentando su contenido en otras proteínas presentes en el grano (albúminas, globulinas), no relacionadas con la celiaquía, y ricas en lisina. Como consecuencia de ello, se confiere un valor nutritivo incrementado a estas variedades transgénicas. (38)
- **Propiedades organolépticas:** Se llevó a cabo un análisis sensorial de las 3 variedades. Se observó que los panes transgénicos mostraban una calidad harinopanadera similar a la del pan de harina de trigo normal. Además, los catadores mostraron preferencia hacia el pan transgénico frente al pan de harina de arroz y lo equipararon al pan de harina de trigo tradicional. (38)

- **Propiedades inmunotóxicas:** Las variedades de trigo transgénicas mostraron una gran reducción de la inmunotoxicidad en comparación con sus homólogos convencionales. (38)

Los autores señalan que se requieren estudios adicionales con el fin de determinar si este producto puede ser consumido por la población celíaca, así como la cantidad tolerada real que puede ser ingerida con seguridad. (38)

-Aspectos a tener en cuenta:

Sin embargo, en todos estos casos, hay que tener en cuenta que la cantidad de nutriente presente en un determinado alimento no se corresponde con la cantidad utilizada del mismo por parte del organismo. Por ello, es importante tener en cuenta el concepto de **biodisponibilidad** que informa acerca de la proporción del nutriente ingerido que puede ser digerido, absorbido y metabolizado o utilizado por el organismo para los fines que le son propios. (39)

Los nutrientes están sujetos a multitud de interacciones con otros componentes (otros elementos de la matriz alimentaria, elementos que se agregan en la fortificación de alimentos, otros nutrientes de la dieta, etc.). Además, la utilización de los diferentes nutrientes también depende de otros factores como: las interacciones con el organismo, el procesado y almacenamiento de los alimentos, etc. Por tanto, la biodisponibilidad representa la integración de una interacción entre la dieta y el individuo que la consume. (39) Es por ello por lo que se requieren estudios de biodisponibilidad en muchos de estos proyectos en los que se incrementan las cantidades de ciertos nutrientes, para así, poder valorar si ese incremento va a poder ser aprovechado por el organismo, que es lo que verdaderamente importa.

Fisiológicos Dependientes del sujeto	Alimentarios Dependientes de la matriz alimentaria
➤ Grupo etario	➤ Composición de la matriz alimentaria
➤ Estado nutricional del individuo	➤ Contenido intrínseco del alimento
➤ Ingesta previa	➤ Forma química del nutriente
➤ Eficiencia del proceso digestivo	➤ Presencia de otros componentes y/o sustancias bioactivas
➤ Tiempo de tránsito intestinal	➤ Agregado de componentes extrínsecos: ej. Ingredientes, aditivos, fortificantes, etc.
➤ Situaciones especiales	➤ Procesado y/o almacenamiento
➤ Enfermedades gastrointestinales	
➤ Patologías diversas	

Ilustración 6. Principales factores que influyen en la biodisponibilidad de los nutrientes

4. POTENCIALES EFECTOS ADVERSOS PARA LA SALUD HUMANA

La literatura centrada en destacar los principales riesgos para la salud humana que puede conllevar el consumo de los transgénicos o de los productos derivados de los mismos es muy abundante y existen diferentes posturas contrapuestas:

- Los defensores de la ingeniería genética afirman que la modificación genética es mucho más precisa que las técnicas de cruzamiento previas, ya que las secuencias genéticas insertadas están bajo control. Por tanto, todo el organismo permanece igual excepto el gen modificado. (40)
- En oposición a ello, los detractores, consideran que no se puede controlar con precisión el lugar del genoma en el que se insertarán los genes. Además, afirman que tampoco se ha logrado controlar la reacción sistémica del OGM o el fenómeno de la pleiotropía (propiedad de uno de los genes de influir en más de un carácter), de manera que pueden presentarse efectos inesperados no deseados, imposibles de conocer sin estudios previos. (40)

La necesidad de proteger a los consumidores frente a los posibles riesgos que las nuevas biotecnologías puedan traer consigo en su aplicación práctica, constituye uno de los principales caballos de batalla que debe afrontar la normativa que regula esta materia (41). La vigente normativa sobre seguridad alimentaria debe aplicarse con rigor a los productos transgénicos, asegurando un elevado grado de protección de la salud de los consumidores. Además, debe garantizar los oportunos mecanismos de control y gestión respecto a los eventuales riesgos que pudiera ocasionar su consumo. (42)

Las principales objeciones relacionadas con los alimentos transgénicos y la salud humana se pueden resumir en:

-Alergenicidad:

La alergia o hipersensibilidad alimentaria es una reacción adversa a los alimentos de patogenia inmunológica. Esta respuesta inmune exagerada se produce solamente en personas susceptibles tras entrar en contacto con el correspondiente antígeno alimentario. En esta reacción, el cuerpo del individuo produce anticuerpos IgE que se unirán a receptores de los mastocitos. Cuando la inmunoglobulina reconoce a su antígeno, se produce la desgranulación del mastocito con la liberación de sustancias vasoactivas como: histamina, leucotrienos y prostaglandinas, responsables de la sintomatología alérgica.

- **En contra de los transgénicos:**

Los transgénicos al poseer genes que no les son propios, pueden codificar proteínas nuevas no presentes de forma natural en los alimentos tradicionales (41). Además, los agentes alergénicos pueden surgir no sólo de los propios genes insertos, sino también como consecuencia de los eventuales cambios en el comportamiento de los alimentos una vez que han sido modificados. (40)

- **A favor de los transgénicos:**

Hasta el momento no hay evidencia de que los OGMs produzcan manifestaciones clínicas de alergenicidad. Además, las reacciones alérgicas a los alimentos siempre han existido y los riesgos de alergenicidad relacionados con los mismos no son superiores a los que derivan del consumo de alimentos genéticamente modificados por técnicas convencionales, alimentos orgánicos tradicionales, etc. (42)

Argumentan que nunca se ha solicitado el retiro del mercado de los alimentos convencionales que más frecuentemente causan alergias, pero sí se solicita el de los alimentos transgénicos por su potencial alergenicidad. Además, exponen que la ingeniería genética puede ser útil en este campo ya que mediante la utilización de la misma se pueden inactivar genes específicos que codifican proteínas alergénicas. (42)

-Alteraciones en el contenido nutricional

- **En contra de los transgénicos:**

Cuando se inserta un nuevo gen en la planta receptora puede ocurrir, a parte del efecto deseado, un cambio en el metabolismo de la misma que conlleva una reducción de sus propiedades nutritivas. (41)

- **A favor de los transgénicos:**

Muestran que estos cambios también pueden ocurrir durante la modificación genética de la planta con los métodos convencionales de cruzamiento. (42)

También exponen los beneficios derivados del uso de la ingeniería genética al emplearla para reducir los inhibidores o antinutrientes normalmente presentes en los alimentos tradicionales, con objeto de mejorar la biodisponibilidad de determinados nutrientes. (43)

-Efectos tóxicos:

- **En contra de los transgénicos:**

La toxicidad puede provenir del propio alimento modificado genéticamente debido a dos causas:

- ✚ El nuevo gen añadido sea tóxico en sí mismo (41)
- ✚ Efecto generado por la inserción del gen en el genoma receptor (41)

Esto se puede traducir en la presencia de sustancias que normalmente no se producían o que lo hacían en cantidades muy limitadas. Muestran que la presencia o acumulación de las mismas puede conllevar riesgos para la salud de los consumidores. (40)

- **A favor de los transgénicos:**

Los alimentos tradicionales también pueden presentar ciertas toxinas. Además, aunque los casos descritos no permiten hacer generalizaciones, las nuevas variedades desarrolladas con los métodos convencionales parecen tener una mayor probabilidad de ser tóxicas para los humanos que las variedades transgénicas, ya que estas últimas se someten a protocolos de bioseguridad obligatorios. (42)

Aun así, ponen de manifiesto que las nuevas variedades de cultivos, tanto las transgénicas como las obtenidas por los métodos convencionales, deben ser sometidas a pruebas más exhaustivas con el fin de establecer la posible presencia de toxinas desconocidas, antinutrientes y alérgenos. (42)

-Resistencia a los antibióticos:

- **En contra de los transgénicos:**

La producción de alimentos transgénicos implica la transferencia de un gen foráneo de interés junto con un gen marcador de selección. (42) Estos genes marcadores se emplean para probar el éxito de la modificación genética practicada y generalmente tienen la característica de ser resistentes a ciertos antibióticos. (40)

Teniendo en cuenta que hay bacterias patógenas que conforman la flora intestinal, podría resultar perjudicial para nuestra salud el hacerlas resistentes a antibióticos.

- **A favor de los transgénicos:**

Nunca se ha demostrado que un gen consumido por boca haya sido transmitido a una bacteria del intestino. Además, en el hipotético caso de que se transmitiera este tipo de resistencia a una bacteria patógena, los antibióticos más usados en investigación transgénica (por ejemplo la kanamicina) son tóxicos para el hombre y raramente empleados en la clínica humana (42).

-Uso de los componentes virales en las modificaciones genéticas:

Durante la producción de alimentos transgénicos, se colocan unas secuencias específicas de ADN denominadas promotores, adyacentes al gen de interés introducido. Estos promotores sirven para que se lleve a cabo correctamente la transcripción del transgen introducido, es decir, favorecen la activación del gen de interés. El promotor más utilizado es el 35S (CaMV), el cual es obtenido a partir del virus que causa la enfermedad del mosaico de la coliflor en varias plantas (coliflor, el brócoli, el repollo, etc.). (42)

- **En contra de los transgénicos**

1-El promotor 35S del CaMV podría ser peligroso si invadiese nuestras células y promoviese la expresión de nuestros genes. (42)

2-La modificación genética puede activar a los transposones, los cuales son secuencias relativamente cortas de ADN que tienen la capacidad de moverse a través del genoma de los organismos superiores y las bacterias. Gracias a su movilidad, se pueden insertar en los genes de la célula que los contiene y provocar lesiones que desencadenan efectos patológicos como tumores. (42)

- **A favor de los transgénicos**

1-Los promotores utilizados en la transgénesis son partes constitutivas normales de virus que infectan a las plantas alimenticias. Aunque los humanos hayan estado consumiendo plantas infectadas con virus durante milenios, no existen evidencias de que esta práctica haya producido enfermedades. (42)

2-Cuando se ingieren los alimentos de origen animal, vegetal o bacteriano lo están haciendo con todos los elementos transponibles que ellos contienen y muy comúnmente con el promotor del CaMV. Por tanto, los riesgos para la salud humana relacionados con el uso de secuencias específicas virales de ADN en las plantas transgénicas son despreciables. (42)

-Síntesis acerca del debate de los efectos adversos:

The National Academies of Sciences, Engineering and Medicine con sede en Washington, ha publicado un artículo (5) en 2016 en el que se expresa la opinión de un comité de expertos acerca de este tema.

■ Funciones del comité de expertos:

El Comité recibía y evaluaba informes de diferentes posturas acerca del uso de los transgénicos. Para ello, examinaba en primer lugar los procedimientos utilizados para evaluar la seguridad de los cultivos transgénicos y seguidamente buscaba pruebas para apoyar o refutar dichos informes. (5)

■ Conclusiones del comité de expertos:

Este comité deja claro que hay que establecer ciertos límites, ya que no se pueden conocer ciertos efectos sobre la salud de los alimentos, tanto de los tradicionales como los sometidos a ingeniería genética. (5) Teniendo esto en cuenta, expuso las siguientes cuestiones:

-El análisis y el diseño de muchos estudios experimentales con animales revisados no era óptimo. Además, la mayoría de estos estudios mostraban que la salud de estos animales no se había visto afectada por el consumo de transgénicos. (5)

-El comité también examinó los datos epidemiológicos referentes a la incidencia de cáncer y otros problemas de salud humana en el tiempo y no encontró ninguna prueba justificada que verificase que los alimentos procedentes de cultivos transgénicos eran menos seguros que los alimentos provenientes de cultivos no transgénicos.(5)

-En relación con el tracto gastrointestinal, las pequeñas perturbaciones causadas en la microbiota intestinal de los animales alimentados con alimentos derivados de cultivos transgénicos no se relaciona con problemas de salud. (5)

-La transferencia horizontal de genes de cultivos transgénicos o cultivos no transgénicos a los seres humanos es muy poco probable y no plantea un problema riesgo para la salud. (5)

5. PERSPECTIVA LEGISLATIVA DE LOS OGMs

En la Unión Europea, cualquier OGM que se quiera comercializar requiere de una autorización previa y ésta será concedida por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA). (6)

Por tanto, cualquier empresa que esté interesada en la colocación de un nuevo alimento o pienso modificado genéticamente en el mercado de la UE, tiene que enviar un archivo a la EFSA en el que demuestre la seguridad para la salud humana y animal y el medio ambiente de dicho producto. La EFSA, en colaboración con los órganos científicos de los Estados miembros, evaluará dicho archivo y tomará las decisiones oportunas. (6)

Los estudios que deben realizarse con el fin de demostrar la seguridad de los alimentos o los piensos modificados genéticamente que vayan a comercializarse deben cumplir con lo dispuesto en el Reglamento (CE) nº 503/2013, relativo a las solicitudes de autorización de alimentos y piensos modificados genéticamente. (6)

La EFSA trata de comparar el organismo genéticamente modificado con su convencional y ver si ambos son igual de seguros (44). Para ello, aplica lo que se denomina principio de equivalencia substancial, es decir, que si un alimento transgénico es equivalente en composición a su homólogo no transgénico, entonces se pueda considerar tan seguro como él. (42)

-Legislación:

■ A nivel europeo (45)

La Unión Europea ha establecido un marco legal para garantizar que el desarrollo de la Biotecnología moderna, y más concretamente de los OGMs, se lleve a cabo en condiciones de seguridad. Los componentes básicos de la legislación en esta materia se pueden resumir en:

- Directiva 2001/18/CE sobre la liberación intencional de OGMs en el medio ambiente.
- Reglamento (CE) 1829/2003 sobre alimentos y piensos modificados genéticamente.
- Directiva (UE) 2015/412, modifica la Directiva 2001/18/CE en lo que se refiere a la posibilidad de que los Estados miembros restrinjan o prohíban el cultivo de OGMs en su territorio.

- Reglamento (CE) 1830/2003, relativo al etiquetado y trazabilidad de los organismos genéticamente modificados y de los alimentos y piensos producidos a partir de OGMs.
- Directiva 2009/41/CE sobre la utilización confinada de microorganismos genéticamente modificados.
- Reglamento (CE) 1946/2003 relativo al movimiento transfronterizo de organismos genéticamente modificados.

■ **A nivel nacional** (46)

Las actividades con OGMs están reguladas en España por:

- Ley 9/2003, de 25 de abril, sobre la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de OGMs.
- 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 (incluye las modificaciones de los Reales Decretos 367/2010 y 191/2013).

-Etiquetado:

Los consumidores tienen el derecho de elegir los productos que compran y además, de recibir una información completa, objetiva y clara acerca de los mismos. El recibir una adecuada información es la premisa principal para que los consumidores puedan formarse su propia opinión y decidan de forma consciente. Por ello, la identificación y etiquetado de los productos transgénicos es algo necesario. Además, la transparencia es la única forma de responder a las inquietudes de los consumidores en un tema tan complicado y controvertido como es el de los transgénicos. (41)

Otra de las razones por las que es importante el etiquetado es por temas de salud y por cuestiones éticas. El no conocer la presencia de determinados genes en un alimento concreto puede generar problemas de salud (como por ejemplo alergias) o dilemas éticos (debido a que están presentes en el alimento genes que están sujetos a restricciones en la dieta de un determinado colectivo. Por ejemplo, genes de cerdo en vegetales que consumen musulmanes). (19)

Por esta razón surge el **Reglamento (CE) 1830/2003 relativo a la trazabilidad y al etiquetado de organismos genéticamente modificados y a la trazabilidad de productos alimenticios y piensos producidos a partir de organismos genéticamente modificados.**

Sin embargo, según manifiesta Greenpeace, la aplicación de las normas de etiquetado no es correcta debido a que no se han puesto en marcha los mecanismos de trazabilidad, seguimiento y etiquetado necesarios para que los fabricantes de alimentos puedan cumplir la normativa. Además, muestran que existe un gran vacío legal ya que no es obligatorio etiquetar los productos alimenticios (carne, leche, huevos, etc.) que proceden de animales alimentados con piensos modificados genéticamente, pese a que éstos entren a formar parte de la cadena alimentaria y sean producidos a gran escala a nivel mundial. (7)

■ **Ámbito de aplicación del Reglamento:**

-Se aplica a todos aquellos alimentos o ingredientes, aditivos, aromas de los mismos que contengan o estén producidos a partir de OGMs en un porcentaje superior a 0,9%. No se aplicará cuando el contenido de los mismos sea inferior a 0,9% y su presencia sea accidental o técnicamente inevitable. Para demostrar que la presencia del OGM es accidental o técnicamente inevitable, los operadores deberán proporcionar pruebas en las que demuestren que han adoptado las medidas apropiadas para evitar la presencia de dicho material. (47)

Greenpeace considera este aspecto como un vacío legal, ya que supone una desinformación para el consumidor el no saber que el producto que está comprando puede contener mínimas cantidades transgénicas. Por ello, Greenpeace elaboró una guía en 2012, de la cual se hablará en el apartado de Anexos, en la que figuran listas de marcas, productos y fabricantes situados en rojo o en verde en función de su política en materia de transgénicos. (48)



Ilustración 7. Campaña de Greenpeace para exigir el etiquetado de transgénicos

■ **Cómo se indica la presencia de un OGM:** (47)

Como se muestra en el Reglamento 1830/2003, el etiquetado se presentará en el envase en el caso de los alimentos envasados y en los no envasados figurará en la presentación del producto.

-Si existe una lista de los ingredientes, se mencionará entre paréntesis inmediatamente después del ingrediente de interés y se citará de la siguiente manera: "modificado genéticamente" o "producido a partir de (nombre del organismo) modificado genéticamente". Si no hay lista de ingredientes, deberá quedar reflejado lo anterior citado en el etiquetado.

-Si el ingrediente viene designado por el nombre de una categoría, en la lista de ingredientes figurará: "contiene (nombre del organismo) modificado genéticamente" o "contiene (nombre del ingrediente) producido a partir de (nombre del organismo) modificado genéticamente".

-Trazabilidad:

La trazabilidad es la capacidad de seguir el rastro de los OGMs y de los productos producidos a partir de los mismos mediante identificadores personalizados a lo largo de la cadena alimentaria. (49) Las obligaciones concretas de trazabilidad permiten un control integral y continuo de todo el proceso de comercialización, transporte y distribución, asegurándose así la confianza de los consumidores.

Los tres objetivos básicos que persigue la trazabilidad de los OGMs son:

- a) facilitar la aplicación de las medidas de gestión de riesgo
- b) realizar un seguimiento en el que se valoren los posibles efectos sobre el medio ambiente
- c) retirar aquellos productos ante efectos adversos sobre la salud humana, animal o medio ambiente

El operador que comercialice un producto producido a partir de OGMs, deberá asegurarse de que se transmita por escrito al operador que reciba el producto la información relativa a la presencia y naturaleza del OGM. (49) Además, los operadores dispondrán de sistemas estandarizados que les permita conservar la información especificada anteriormente durante los 5 años posteriores a la transacción.

CONCLUSIONES:

The National Academies of Sciences, Engineering and Medicine ha publicado en 2016 un documento de consenso, avalado por un comité de expertos científicos, en el que se concluye que no se han podido encontrar pruebas convincentes de efectos adversos para la salud directamente atribuibles al consumo de alimentos transgénicos. Pese a ello, los mismos han causado una gran desconfianza entre los consumidores y se han situado en medio de un complejo debate interdisciplinario. Todo ello ha sido motivado por razones de diversa índole como: alegaciones de diferentes grupos ecologistas, desinformación general, intereses económicos, etc.

Un punto importante a tener en cuenta es que ni todo lo natural es sinónimo de inocuo, ni todo lo artificial es sinónimo de dañino o perjudicial. La historia reciente nos ha demostrado que los alimentos convencionales tampoco están exentos de riesgos, ya que éstos siempre van a estar presentes en todas las actividades del ser humano porque el riesgo cero no existe. Por tanto, no se debe estigmatizar a los transgénicos sin una base científica específica para cada caso. Éstos no son ni buenos ni malos, son sólo una herramienta que, en función de cómo y con qué finalidad se utilicen, serán o no adecuados.

Finalmente, cabe reseñar que la ingeniería genética puede ofrecer una multitud de aplicaciones en diferentes ámbitos (industria alimentaria, farmacéutica, sanidad, etc.). El desarrollo adecuado de las mismas supondría una mejora para la salud y calidad de vida de las personas y favorecería un desarrollo sostenible. Sin embargo, todo esto no se puede llevar a cabo si no tenemos en cuenta una serie de elementos:

- Serán necesarias estrategias políticas, legislativas y comerciales que favorezcan el desarrollo de estos productos, así como la comercialización de los mismos.
- Inversión en investigación y desarrollo para una permanente búsqueda de ampliación de conocimientos.
- También serán necesarias estrategias que garanticen que la información con base científica llega al consumidor, para que éste con la misma pueda elegir conscientemente.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Ramón D. Avances en biotecnología de alimentos. *Arbor*. 2014; 190 (768): a151
2. Scribd (2017). *Biotechnología y Alimentos*. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/21587601/Biotechnologia-y-Alimentos>
3. Ramón D. Nuevas aplicaciones de la genética en la alimentación: los alimentos transgénicos. *Alim.Nutri.Salud*. 2004; 11 (1):1–5
4. Casquier J, Ortiz R. Las semillas transgénicas: ¿un debate bioético? *Derecho PUCP*. 2012; (69): 281-300
5. National Academies of Sciences, Engineering and M. Genetically Engineered Crops. Washington, D.C.: National Academies Press; 2016. Disponible en: <https://www.nap.edu/catalog/23395>
6. Europa.eu. (2017). *European Commission - Press release - Fact Sheet: Questions and Answers on EU's policies on GMOs*. Disponible en: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-4778_en.htm
7. Greenpeace España (2017). *¿Qué sabes de los transgénicos?*. Disponible en: <http://www.greenpeace.org/espana/es/reports/que-sabes-de-los-transgenicos-2/>
8. Mapama.gob.es. (2017). *Biotechnología - Calidad y evaluación ambiental*. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotechnologia/>
9. Ramón D. Alimentos transgénicos [monografía en Internet]. Disponible en: http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:WEeQ7p7A2AcJ:scholar.google.com/+LOS+ALIMENTOS+TRANSGENICOS+DANIEL+RAMON&hl=es&as_sdt=0,5
10. Levitus G. Los cultivos transgénicos en la Argentina. *Química Viva*. 2006;1(5):24-26.
11. Peñaranda MA, Asensio F. Animales modificados genéticamente:(II): aplicaciones. 2008; 16 (68): 64–73.
12. Ansele, M. (2017). Aprobado el primer animal transgénico para consumo humano. *EL PAÍS*. Disponible en: http://elpais.com/elpais/2015/11/19/ciencia/1447945426_325310.html
13. Fda.gov. (2017). *Questions and Answers on FDA's Approval of AquAdvantage Salmon*. Disponible en: <https://www.fda.gov/AnimalVeterinary/DevelopmentApprovalProcess/GeneticEngineering/GeneticallyEngineeredAnimals/ucm473237.htm>
14. FAO. Los organismos modificados genéticamente, los consumidores, la inocuidad de los alimentos y el medio ambiente . 2001. Disponible en:

- <http://www.fao.org/docrep/003/x9602s/x9602s05.htm#TopOfPage>
15. World Health Organization. Dept. of Food Safety, Z. (2017). *Biotecnología moderna de los alimentos, salud y desarrollo humano : estudio basado en evidencias*. Disponible en: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/43202>
 16. Chiva RA, Jiménez A, Espinosa M, Santos MA, Tamame M. Nuevas levaduras para nuevos panes. *Tecnología e higiene de los alimentos*. 2014; (456): 38-45
 17. Rodríguez R, Picó Y, Mañes JJ. Ingeniería genética e industria agroalimentaria: ventajas e inconvenientes. *Cienc Tecnol Aliment*. 1999; 2(3):143–151
 18. Querol A. Modificación genética de levaduras vínicas. *ACE*. 2000; (3)
 19. Chamas A. Alimentos transgénicos. *Redalyc*. 2000; 3 (4–5):149–159
 20. Beraldo D, Endres L, Do Amaral B, Oliveira J, Barufatti A, Pires KM. Biotecnología aplicada a la alimentación y salud humana. *Rev Chil Nutr*. 2012; 39(3):94–98
 21. Who.int. (2017). *OMS | Prevalencia mundial de la carencia de vitamina A en la población en riesgo, 1995-2005*. Disponible en: <http://www.who.int/vmnis/database/vitamina/x/es/>
 22. Paine JA, Shipton CA, Chaggar S, Howells RM, Kennedy MJ, Vernon G, et al. Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. *Nat Biotechnol*. 2005; 23(4):482–487
 23. IRRI. (2017). *IRRI - What is the current status of Golden Rice?*. Disponible en: <http://irri.org/golden-rice/faqs/what-is-the-current-status-of-golden-rice>
 24. IRRI. (2017). *IRRI - Greenpeace has claimed that Golden Rice is a failure. What can you say about this?*. Disponible en: <http://irri.org/golden-rice/faqs/greenpeace-has-claimed-that-golden-rice-is-a-failure-what-can-you-say-about-this>
 25. Greenpeace España. (2017). *Respuesta de Greenpeace ante la carta de los premios Nobel sobre los transgénicos*. Disponible en: <http://www.greenpeace.org/espana/es/news/2016/Julio/Respuesta-de-Greenpeace-ante-la-carta-de-los-premios-Nobel-sobre-los-transgenicos/>
 26. IRRI. (2017). *IRRI - Why are field tests necessary?*. Disponible en: <http://irri.org/golden-rice/faqs/why-are-field-tests-necessary>
 27. IRRI. (2017). *IRRI - Why is it taking so long to develop Golden Rice?*. Disponible en: <http://irri.org/golden-rice/faqs/why-is-it-taking-so-long-to-develop-golden-rice>
 28. Ralley L, Schuch W, Fraser PD, Bramley PM. Genetic modification of tomato with the tobacco lycopene β -cyclase gene produces high β -carotene and lycopene fruit. *Z Naturforsch*. 2016;71(9–10):295–301

29. Niggeweg R, Michael AJ, Martin C. Engineering plants with increased levels of the antioxidant chlorogenic acid. *Nat Biotechnol.* 2004; 22(6):746–54
30. Organización Mundial de la Salud. (2017). *Carencia de micronutrientes.* Disponible en: <http://www.who.int/nutrition/topics/ida/es/>
31. Isaaa.org. (2017). *Biotechnology and Biofortification - Pocket K | ISAAA.org.* Disponible en: <http://www.isaaa.org/resources/publications/pocketk/27/default.asp>
32. Zimmermann MB, Hurrell RF. Improving iron, zinc and vitamin A nutrition through plant biotechnology. *Curr Opin Biotechnol.* 2002;13(2):142–145
33. Waltz E. Food firms test fry Pioneer’s trans fat-free soybean oil. *Nat Biotechnol.* 2010;28(8)
34. Isaaa.org. (2017). *DP305423 | GM Approval Database- ISAAA.org.* Disponible en: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/event/default.asp?EventID=168>
35. Pioneer.com. (2017). *Plenish™.* Disponible en: <https://www.pioneer.com/home/site/about/products/product-traits-technology/plenish/>
36. Cimmyt.org. (2017). *SÚPERMUJER: Evangelina Villegas desarrolló maíz con calidad proteica | CIMMYT. International Maize and Wheat Improvement Center.* Disponible en: <http://www.cimmyt.org/es/supermujer-evangelina-villegas-desarrollo-maiz-con-calidad-proteica/>
37. Chirido FG, Garrote JA, Arranz E. Enfermedad celíaca. Nuevas perspectivas terapéuticas basadas en un mejor conocimiento de su patogenia molecular. *Acta Gastroenterol Latinoam.* 2005; 35(3):183–189
38. Gil-Humanes J, Pistón F, Altamirano-Fortoul R, Real A, Comino I, Sousa C, et al. Reduced-Gliadin Wheat Bread: An Alternative to the Gluten-Free Diet for Consumers Suffering Gluten-Related Pathologies. *PLoS One.* 2014;9(3):e90898
39. Valencia ME, Ronayne de Ferrerl PA, Martín de Portela ML. Biodisponibilidad de nutrientes minerales. *Rev Farm.* 2013;155(1–2):18–35
40. Herbert MR, García JE, García M. Alimentos transgénicos: incertidumbres y riesgos basados en evidencias. *Acta Académica.* 2006.
41. Amat P. Derecho de la biotecnología y los transgénicos. Valencia: Tirant monografías 538; 2008.
42. Acosta O. Riesgos y preocupaciones sobre los alimentos transgénicos y la salud humana. *Rev Colomb Biotecnol.* 2002; 4(2):5–16

43. Reyes MS, Rozowski J. Alimentos transgénicos. Rev chil nutr. 2003; 30(1):21–26
44. <https://www.youtube.com/watch?v=ZvciTWAQ9rM>
45. European Commission. (2017). *GMO legislation* . Disponible en: http://ec.europa.eu/food/plant/gmo/legislation_en
46. Mapama.gob.es. (2017). *Legislación española* . Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/legislacion-general/legislacion_espaniola.aspx
47. Aecosan.msssi.gob.es. (2017). Seguridad alimentaria- Etiquetado. Disponible en: http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/etiquetado_omg.htm
48. Greenpeace España. (2017). *Guía Roja y Verde de Alimentos Transgénicos*. Disponible en: <http://www.greenpeace.org/espana/es/reports/gu-a-roja-y-verde/>
49. Aecosan.msssi.gob.es. (2017). Seguridad alimentaria- Trazabilidad. Disponible en: http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/trazabilidad_omg.htm
50. Mancini A, Imperlini E, Nigro E, Montagnese C, Daniele A, Orrù S, et al. Biological and Nutritional Properties of Palm Oil and Palmitic Acid: Effects on Health. *Molecules*. 2015; 20(9):17339–61
51. Región, L. (2017). *La preocupación por el aceite de palma, ¿una moda?*. La Región. Disponible en: <http://www.laregion.es/articulo/salud/preocupacion-aceite-palma-moda/20170411205047700467.html>
52. Forouhi NG, Koulman A, Sharp SJ, Imamura F, Kröger J, Schulze MB, et al. Differences in the prospective association between individual plasma phospholipid saturated fatty acids and incident type 2 diabetes: the EPIC-InterAct case-cohort study. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2014; 2 (10): 810–18
53. Efsa.europa.eu. (2017). *Process contaminants in vegetable oils and foods* / *European Food Safety Authority*. Disponible en: <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/160503a>
54. Greenpeace España. (2017). *El cultivo de aceite de palma*. Disponible en: <http://www.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en/Bosques/Indonesia/El-cultivo-de-aceite-de-palma/>

***Todas las consultas de las páginas webs reseñadas en la bibliografía se consultaron entre los meses de mayo y junio de 2017**

ANEXOS:

-Alimentos naturales versus alimentos transgénicos:

Un punto adicional que se debe tener en cuenta es que no todo lo natural es sinónimo de inocuo, ni todo lo artificial es sinónimo de dañino o potencialmente peligroso.

A continuación expongo un ejemplo de gran actualidad donde se demuestra lo anteriormente citado:

■ **Aceite de palma refinado**

El aceite de palma es un aceite de origen vegetal que se obtiene a partir del mesocarpio de la fruta de palma, *Elaeis guineensis*. En las últimas décadas, la aplicación del aceite de palma en las industrias alimentarias ha crecido de forma exponencial y esto es debido a la textura, a la fragancia y al sabor neutro que garantiza en los productos terminados. Por ello, nos lo podemos encontrar en una gran cantidad de productos, la mayor parte manufacturados (productos de panadería, repostería y pastelería, patatas fritas, comidas congeladas etc.). (50)

En las últimas décadas el aceite de palma ha sido un foco de debate (51) debido a que se cuestiona que su uso puede conllevar efectos perjudiciales sobre la salud humana. En esta revisión sistemática se analiza el papel funcional del aceite de palma y del ácido palmítico en el desarrollo de la obesidad, diabetes mellitus, enfermedades cardiovasculares y en el cáncer, no llegando a conclusiones certeras. (50)

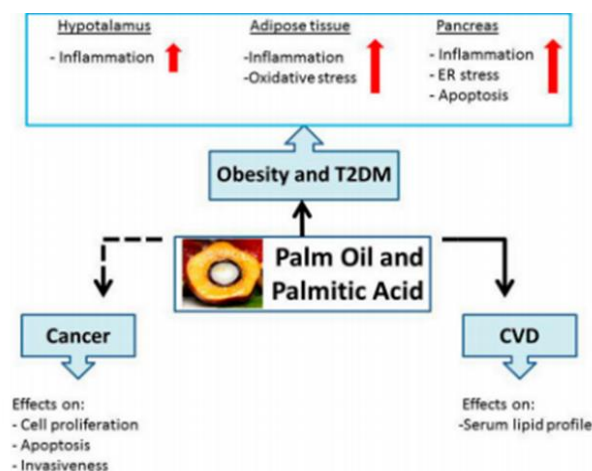


Ilustración 8. Efecto sobre la salud humana del ácido palmítico

El argumento principal que sostienen es su perfil lipídico, es decir, la naturaleza de los ácidos grasos que lo componen. El principal constituyente del aceite de palma es el ácido palmítico (16:0), un ácido graso saturado. (50) Recientemente, nuevas investigaciones han mostrado que no todos los ácidos grasos saturados tienen el mismo papel en el desarrollo de enfermedades. Son los ácidos grasos saturados que presentan cadenas relativamente más cortas y pares de carbono los que tienen efectos más perjudiciales, dentro de los que nos encontramos al ácido palmítico. (52)

Además, el aceite de palma es sometido a un proceso de refinamiento para eliminar su apariencia rojiza y mejorar su sabor y olor. En este proceso se alcanzan elevadas temperaturas (>200°C) y como consecuencia se forman una serie de compuestos que son contaminantes. La EFSA ha publicado un documento en el que muestra que algunos de estos compuestos (ésteres glicídicos de ácidos grasos) que se forman pueden llegar a tener un carácter genotóxico y carcinógeno. (53)

Por otra parte, el cultivo masivo de palma está modificando también los hábitats de varios países asiáticos. Esto ha conducido también a que organizaciones como Greenpeace denuncien dicha deforestación. (54) Otro aspecto que algunos indican que puede ser el desencadenante real de toda la controversia.

En conclusión, este es un claro ejemplo de que un alimento de origen natural puede ocasionar efectos perjudiciales para nuestra salud.

-5ª edición de la Guía roja y verde de Greenpeace sobre los alimentos transgénicos:

Con el fin de luchar contra la desinformación que sufren los consumidores a la hora de seleccionar los productos que compran, Greenpeace ha elaborado en 2012 esta guía (48), correspondiente al mercado alimentario español, donde se dividen los productos alimenticios en dos listas:

- **LISTA VERDE:** Incluye aquellos productos cuyos fabricantes han garantizado a Greenpeace que no utilizan transgénicos en sus ingredientes o aditivos.

- **LISTA ROJA:** Incluye aquellos productos que Greenpeace no puede garantizar que no contengan transgénicos. Dentro de este grupo nos encontramos con:
 - ✚ Todos aquellos productos cuyos fabricantes no garantizan a Greenpeace ausencia de transgénicos en sus ingredientes o aditivos.
 - ✚ Todos aquellos productos que han sido sometidos a análisis de laboratorio por Greenpeace y se ha detectado la presencia de transgénicos aunque no lo citen en el etiquetado.
 - ✚ Todos aquellos productos en cuya etiqueta figura la presencia de transgénicos.

Por tanto, figuran listas de marcas, productos y fabricantes situados en rojo o en verde en función de su política en materia de transgénicos.

Teniendo en cuenta que el recibir una adecuada información es la premisa principal para que los consumidores puedan formarse su propia opinión y decidan de forma consciente, esta lista es un buen método para garantizar que los consumidores eligen los productos que compran de una forma sensata. Además, gracias a ello, un buen número de empresas que habían permanecido en la lista roja por no entregar a la organización la documentación necesaria para garantizar la no utilización de ingredientes transgénicos, han decidido variar su política y ofrecer la información solicitada. Por lo que también es buen método para aumentar la transparencia.

CEREALES PARA DESAYUNO			
VERDE		ROJA	
BIOCENTURY	Bicentury	NESTLÉ	Chocapic, Fitness, Fibre1, Estrellitas, Golden Grahams, Crunch, Cheerios
EL GRANERO INTEGRAL	Todos productos	KELLOGG'S	Todos productos
GRANOVITA	Todos productos		
PAGESA	Diet Rádisson		
INTEGRAL ESPIGAS	Todos productos		
PASCUAL	Pascual, Essential, MásVital, ViveSoy		
SOJIVIT	Todos productos		
HIPP	Todos productos		
NUTREXPA	Cola Cao		

Ilustración 9. Ejemplo de la lista roja y verde elaborada por Greenpeace para los cereales y productos de desayuno