MODALITAT DE BATXILLERAT:

CIENTÍFIC - TECNOLÒGIC

TREBALL DE RECERCA

UNA NUEVA ALTERNATIVA: LOS ALIMENTOS TRANSGÉNICOS

ALBA ESTEBAN MONTOYA

TUTOR DEL TREBALL:

DR. JOSE ANTONIO GÓMEZ MARTÍNEZ

CURS 2014-2015

HOR-R241-E01

PRESENTACIÓN

Este trabajo de investigación interesa profundizar en el impacto que los alimentos provocan en la salud, pero desde otro punto de vista, es decir, posicionándonos en la novedad, en el avance técnico y en la actualidad; algo que no fuese conocido popularmente dentro del ámbito alimenticio y que al mismo tiempo despertase el entusiasmo en cuanto a las tareas de investigación: los **alimentos transgénicos**.

Intentaremos contestar a las siguientes preguntas tales como:

-¿Qué son los alimentos transgénicos?

¿Cómo se producen? ¿Por qué y para qué?

-¿Perjudican a la salud?

-¿Son legales?

-¿Pueden causar algún impacto medioambiental?

-¿Qué tipo de intereses hay sobre ellos?

-¿Qué influencia tienen sobre la actualidad? ¿Y en la economía?

En este apasionante viaje por los alimentos transgénicos arrojaremos luz sobre algunas de estas dudas.

ÍNDICE

1. Introducción..... 6

1.1. Inicios 6

1.2. Cronología de la genética y la biología molecular 7

1.3. Transgénesis: cómo se obtiene un transgénico 8

1.3.1. ¿Qué es un transgénico?..... 8

1.3.2. ¿Por qué la transgénesis? 8

1.3.3. Métodos 9

1.3.4. Resultados 11

1.4. Primeros transgénicos comercializados..... 13

1.4.1. El tomate "FlavrSavr" 13

1.4.2. El algodón Bt y RR..... 13

1.4.3. El maíz Bt 14

1.4.4. La Soja RR 14

1.5. Cultivos comerciales actuales..... 15

1.6. Beneficios e inconvenientes de los alimentos transgénicos 16

1.7. Intereses comerciales 18

1.8. Productos biotecnológicos y transgénicos en el mercado 21

1.8.1 Para la salud humana 21

1.8.2 Para el medio ambiente 21

1.8.3. Para cultivos agrícolas..... 22

1.8.4. Para producción animal 22

1.8.5. Para producción pesquera..... 23

1.9. Producción Agrícola de transgénicos y su impacto medioambiental 24

1.10. Transgénicos en el mundo y noticias 27

1.11. Legalización en la Unión Europea 29

1.11.1. La percepción pública 30

1.12. Bioseguridad 32

2. HIPÓTESIS 34

3. OBJETIVOS 34

3.1. Detectar un alimento transgénico mediante técnicas de laboratorio. 34

3.2. Valorar la seguridad alimentaria de los alimentos transgénicos a corto plazo. 34

4. MATERIAL Y MÉTODOS 35

4.2. Para detectar un alimento transgénico mediante técnicas de laboratorio 35

4.3. La seguridad alimentaria de los alimentos transgénicos a corto plazo 44

5. RESULTADOS 46

5.1. Los resultados de detectar un alimento transgénico mediante técnicas de laboratorio 46

5.2. Los resultados de analizar la seguridad alimentaria de los alimentos transgénicos a corto plazo 48

6. CONCLUSIONES 49

5.1. Las conclusiones de detectar un alimento transgénico mediante técnicas de laboratorio 49

5.2. Las conclusiones de analizar la seguridad alimentaria de los alimentos transgénicos a corto plazo 49

5.3. Conclusión general..... 50

7.AGRADECIMIENTOS 51

8.BIBLIOGRAFÍA 52

1. Introducción

1.1. Inicios

Hace más de doce mil años nuestros antepasados comenzaron a domesticar algunas plantas generando lo que hoy en día llamamos cultivos agrícolas. Más tarde se inició la cría de animales salvajes y el aprovechamiento de algunos frutos y fluidos biológicos de algunos animales para generar alimentos y bebidas. Al finalizar el siglo XX se dio el nombre de **agroalimentación** a todas estas técnicas. Esta tecnología ha sido la responsable tanto de la expansión de la especie *Homo sapiens* como de la gran cantidad de agresiones a nuestro planeta a causa de la ansiedad de esta especie de colonizar y aprovechar todas las áreas ecológicas y viables para la supervivencia.

Básicamente, todos los alimentos derivados de la agricultura que se consumen hasta el siglo XX son organismos obtenidos por la **selección natural** de los individuos superiores que se han ido escogiendo de la diversidad biológica. Es en esta época cuando el ser humano comprende mejor los fundamentos de la herencia empleando su conocimiento para mejorar individuos con el fin de modificarlos tanto por la selección natural, como por la **modificación genética** por parte del hombre para proporcionarles características deseadas, como el incremento de su producción, resistencia a plagas, tolerancia a altas temperaturas, etc., con tal de beneficiar a los cultivos para poder conseguir una cosecha apropiada para alimentar al hombre y solventar sus las necesidades.

Este avance, en cuanto a la **manipulación genética**, es una de las alternativas a las que recurre el hombre para sustentar fines antropocéntricos, puesto que la población de más de siete mil millones de seres humanos que ocupan en nuestro planeta no disponen de la misma disposición alimentaria. Ante esta situación, los ciudadanos de la Unión Europea (UE) hemos tenido suerte de estar en unas de las mejores situaciones posibles.

1.2. Cronología de la genética y la biología molecular

La **ingeniería genética** es el conjunto de metodologías que permite transferir genes de un organismo a otro, de diferente especie al de origen, y expresarlos. A continuación podemos ver un cuadro relacionado con los **avances** en esta tecnología:

AÑO	**Acontecimiento**
1838	Se descubre que todos los organismos vivos están compuestos por células.
1866	Mendel describe en los chícharos las unidades fundamentales de la herencia (genes).
1871	Se aísla el ADN en el núcleo de la célula.
1943	El ADN es identificado como la molécula genética.
1966	Se descifra el código genético del ADN.
1973	Primeros experimentos de ingeniería genética con genes funcionan correctamente.
1976	Se funda en Estados Unidos Genetech, la primera empresa de Ingeniería Genética.
1977	Mediante la ingeniería genética se fabrica una hormona humana en una bacteria.
1982	Se crea el primer ratón transgénico insertando el gen de la hormona del crecimiento.
1983	Se empieza a usar la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR).
1984	**Creación de las primeras plantas transgénicas.**
1994	**Se comercializa en California (Estados Unidos) el primer vegetal modificado genéticamente (el tomate).**
1997	Clonación del primer mamífero, llamado Dolly (*la oveja Dolly*).
2003	Se descifró el 99,99% del mapa genético por investigadores que trabajaban en el Proyecto Genoma Humano.
2006	**Se rebasan 100 millones de hectáreas de transgénicos cultivados en el mundo.**

1.3. Transgénesis: cómo se obtiene un transgénico

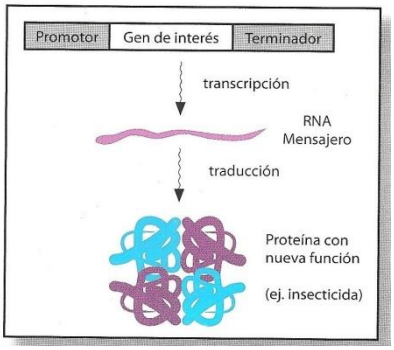
1.3.1. ¿Qué es un transgénico?

Es un ser vivo **modificado genéticamente** mediante ingeniería genética obtenido de un organismo al cual le han incorporado genes de otro para producir las características deseadas, a los efectos de conseguir un cambio cuantitativo o cualitativo del alimento. A partir de esta transformación podemos obtener, modificar o mejorar un producto, o desarrollar un microorganismo para un uso específico. Un organismo genéticamente modificado (OGM), a diferencia de los transgénicos, puede o no habérsele añadido un gen impropio al de su especie, alterando simplemente su ADN, como por ejemplo, mediante la supresión de un gen.

1.3.2. ¿Por qué la transgénesis?

La transgénesis se emplea para mover genes entre especies no emparentadas y de esta forma, superar las barreras establecidas por la naturaleza, creando con su aplicación **nuevas recombinantes genéticas**, cuya expresión le confiere al individuo transgénico, **nuevas habilidades** que no tenía de origen.

En principio, lo que se hace comúnmente es primero aislar el gen de interés que contiene la característica específica, como la resistencia a insectos, el color del grano, entre otros. En segundo lugar se identifican las secuencias de genes que acompañarán al gen de interés, y que le ayudará en su expresión en el individuo huésped en el momento y lugar adecuados.



Representación esquemática de un gen exógeno para la transformación genética de plantas. Para que el gen funcione, éste debe incluir un promotor y un terminador funcionales que introducen la secuencia que codifica la proteína que se desea producir en la planta transgénica.

1.3.3. Métodos

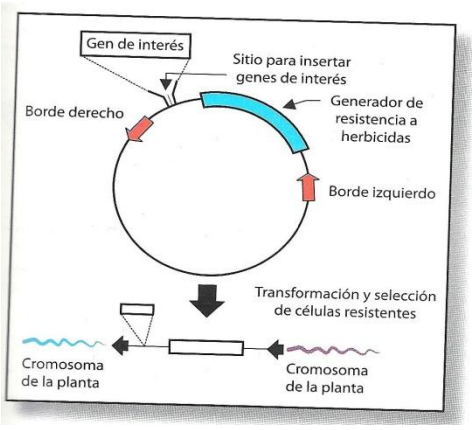
Las técnicas más comunes que permiten la creación de las plantas transgénicas son:

- Transformación genética con *Agrobacterium tumefaciens*

Este es el método que se emplea cuando no se tienen antecedentes de transformación de una planta. Parte de la *Agrobacterium tumefaciens*, una bacteria del suelo muy común que infecta las plantas de forma natural por medio de un mecanismo, es decir, una forma natural de ingeniería genética.

El proceso por medio del cual la bacteria ataca a las plantas consiste en la **inserción natural** de un segmento de ADN de la propia bacteria al genoma de la célula huésped. Este segmento de ADN que viaja de la bacteria a la célula huésped es parte de un plásmido de la bacteria responsable de ocasionar un tumor en la planta cuando ésta tiene heridas.

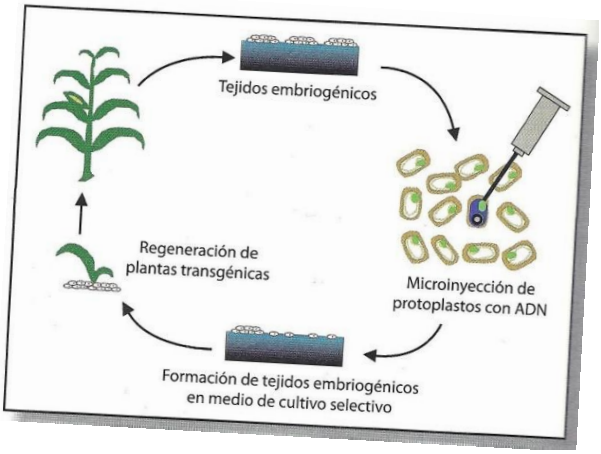
Lo interesante de este mecanismo de infección es que el segmento insertado es capaz de **integrarse al genoma de la planta infectada** y, una vez incorporado, puede procesarse en la célula huésped, promoviendo la división celular sin control y originar el tumor.



Representación esquemática de los prototipos de vectores que son usados para la transformación genética de plantas usando el sistema de Agrobacterium tumefaciens.

- Micro inyección

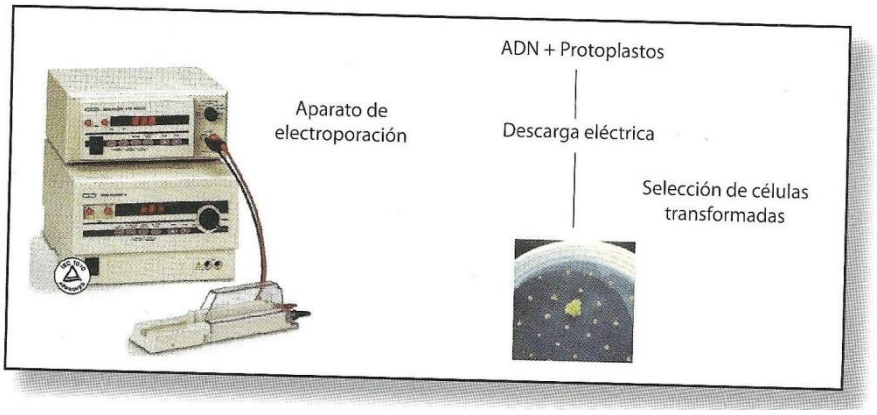
Consiste en **inyectar** la construcción genética dentro del núcleo de la célula receptora o de un protoplasto (que es la célula vegetal sin pared celular) por medio de una aguja microscópica de vidrio.



Transformación genética por micro inyección.

- <u>Electroporación</u>

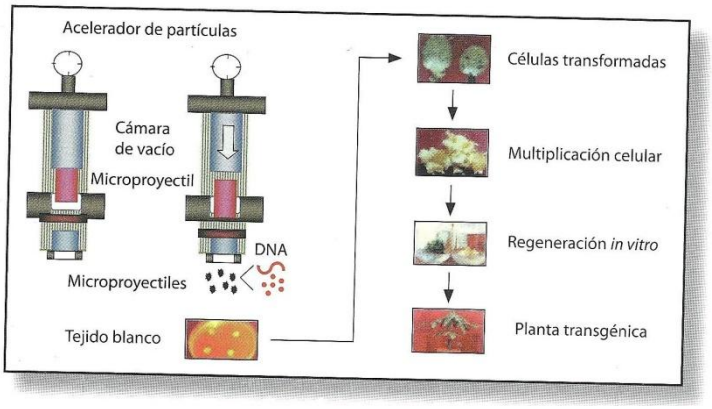
Consiste en aplicar **pulsos de electricidad** que ocasionan cierta permeabilidad temporal en la membrana de las células huéspedes y de su núcleo, lo que permite la entrada de la suspensión que contiene miles de copias de la constricción que se pretende introducir. Durante este proceso las células a transformar estás suspendidas en la solución.



Transformación genética por electroporación.

- Biobalística

Consiste en preparar micro proyectiles generalmente de oro o tungsteno que se impregnan en la solución que contiene la construcción y **se bombardean las células** dentro de una cámara de vacío conocida como cañón o acelerador de partículas. Los micro proyectiles que contienen la construcción en la superficie penetran las células suspendidas en un medio de cultivo; el ADN entra en solución y se promueve la inserción del material genético a los cromosomas de la célula en forma aleatoria.



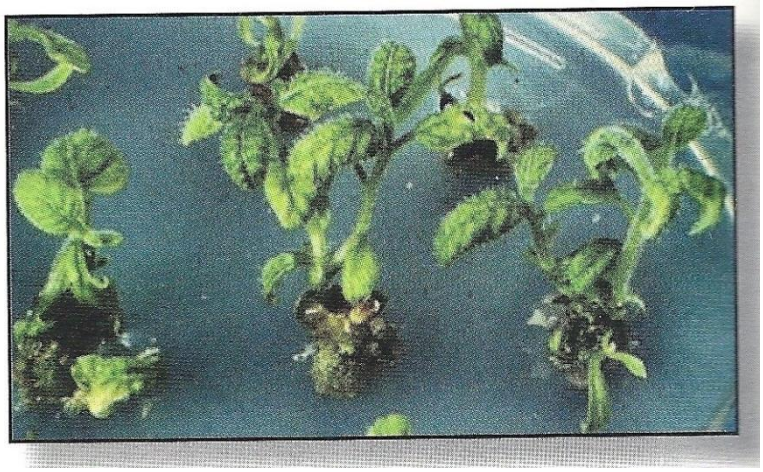
Transformación genética por biobalística.

1.3.4. Resultados

Como resultado de la aplicación de cualquiera de los métodos de transformación genética descritos, se tendrá una **línea de células transformadas**, que han incorporado el material genético deseado, que deberán ser clonadas *in vitro* y que posteriormente deberán ser diferenciadas en plantas completas, empleando las **técnicas de cultivo de tejidos**.

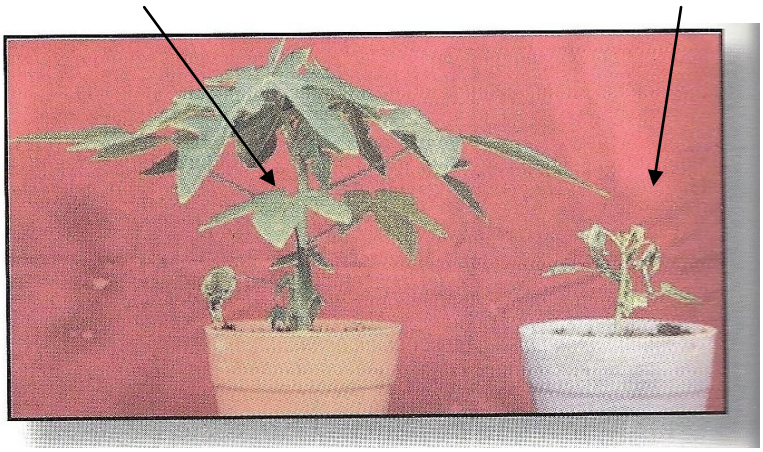
Las plantas obtenidas contendrán **una secuencia adicional de ADN en su genoma**, lo que caracteriza a las plantas transgénicas. Con este principio, si la célula es transgénica, las plantas diferenciadas a partir de ella también lo serán y heredarán este carácter a las siguientes generaciones, como si este nuevo gen hubiera estado en la planta durante todo su proceso evolutivo.

A continuación podemos ver imágenes con los resultados:



Plantas transformadas resistentes a herbicidas creciendo en medios in vitro.

Planta transgénica Planta no transgénica

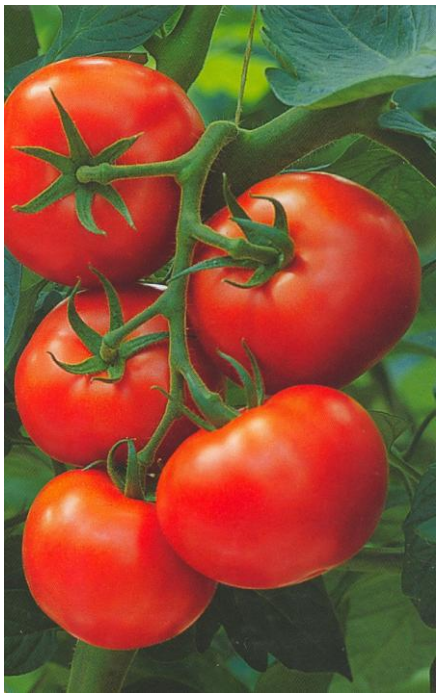


Planta transgénica de papaya resistente a herbicida, comparada con la no-resistente. Ambas fueron sometidas a la misma dosis de agroquímico.

Una vez tenemos el organismo genéticamente modificado, se analiza el punto de vista molecular y biológico, demostrando si tiene una o más copias del transgén, y cómo y en qué tejidos se expresa el gen. Para **analizar** en qué tejido, momento y cantidad se expresa el gen se analiza la presencia del ARN mensajero de la proteína recombinante codificadas por el transgén. Para la caracterización biológica, el organismo se analiza desde el punto de vista del objetivo o cualquiera otro aspecto que requiera éste.

1.4. Primeros transgénicos comercializados

1.4.1. El tomate "FlavrSavr"



El tomate "FlavrSavr" fue el primer alimento modificado genéticamente por Calgene, compañía californiana y empresa biotecnológica, presentado a los EE.UU. Food and Drug Administration (FDA) en 1992. El 18 de mayo de 1994 la FDA completó su evaluación del tomate "FlavrSavr" concluyendo que el tomate "es tan seguro como los tomates criados por medios convencionales".

Fue modificado para **aguantar más tiempo maduro en la planta** y estar lo suficientemente duro como para resistir los procesos de recogida, empaquetado y transporte, manteniendo su color y sabor original, mediante la adición de un gen que interfiere en la enzima poligalacturonasa que degrada las paredes celulares de la fruta.

1.4.2. El algodón Bt y RR

El algodón Bt de Monsanto (empresa productora de alimentos transgénicos estadounidense), fue comercializado en 1996 en Australia y en los Estados Unidos. Este algodón contiene el gen Bt proveniente de una bacteria natural del suelo, *Bacillus thuringiensis* o Bt, que les hace producir proteínas tóxicas para aquellos insectos que le causan enfermedades. Del mismo modo está el algodón RR o Roundup Ready que

contiene un gen que permite **tolerar la aplicación del herbicida Roundup** a la planta, eliminando malezas sin dañar el cultivo.

1.4.3. El maíz Bt

El maíz Bt , también de Monstanto, fue aprobado por la “Environmental Protection Agency” o EPA en 2001. Este maíz también contiene el gen Bt proveniente del *Bacillus thuringiensis*, como el algodón Bt, el cual provoca la **producción de la proteína tóxica para las larvas de insectos barrenadores del tallo**, que mueren al comer hojas o tallos de este maíz.

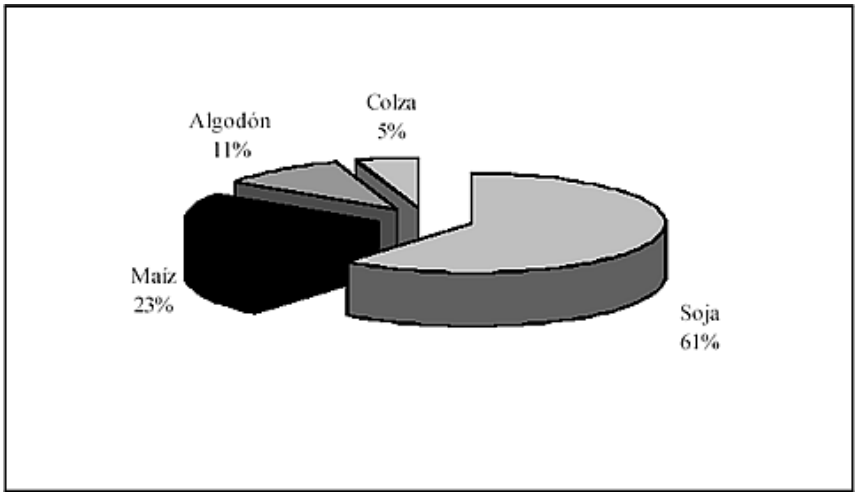
1.4.4. La Soja RR

La soja Roundup Ready de Monstanto fue admitida en 1996 para su comercialización en los Estados Unidos. Esta soja contiene un gen de **resistencia al herbicida glifosato**, cuya acción provoca la inhibición de la actividad fotosintética de la planta y puede hasta provocar su muerte, y proviene de la bacteria del suelo *Agrobacterium*.

1.5. Cultivos comerciales actuales

Actualmente existen cuatro grandes cultivos transgénicos comerciales, los cuales han contribuido al incremento de la **producción mundial** de los mismos:

- La soja (*Glycine max L.*), cultivada en Sudamérica con el incremento del 85%.
- El maíz (*Zea mays L.*), cultivado en Europa con el incremento del 50%.
- La colza (*Brassica campestris L.*), cultivada en Norteamérica.
- El algodón (*Gorrypium hirstium*), cultivado en India con el incremento del 25%.



Práctica totalidad correspondiente a los cuatro cultivos más cultivados mundialmente

Adicionalmente, en muchos laboratorios del mundo se están desarrollando protocolos de transformación genética en especies agrícolas como: la papa (*Solanum tuberosum L.*), la papaya (*Carica papaya L.*), la calabaza (*Cucurbita pepo L.*) o el espárrago (*Asparragus officinalis L.*).

1.6. Beneficios e inconvenientes de los alimentos transgénicos

Los transgénicos pueden de alguna forma ser **beneficiosos**. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Ayudar a **fortificar la cantidad de nutrientes** que contienen algunos alimentos.
- **Disminuir la velocidad de crecimiento** y así tener productos maduros en menos tiempo que los convencionales.
- **Aguantar su madurez más tiempo** de lo normal y así evitar que se pudran antes de ser vendidos o consumidos.
- Conseguir **resistencia en las plantas a los herbicidas** que se usan en los cultivos convencionales.
- Permitir la capacidad de **crecer cultivos en tierras no aptas para éstos**.
- **Aumentar la capacidad para afrontar plagas**, **enfermedades o condiciones climáticas severas** gracias a la mayor diversidad agrícola.

Gracias a estos argumentos podemos decir que el cultivo de transgénicos eleva la producción de determinados nutrientes para el mundo o para aquellos que simplemente aceptan estos productos en su país. Hay que tener en cuenta que no solo traen buenas noticias sino que éstos también tienen **prejuicios**:

- El **coste de la exportación es más bajo** que el cultivo libre de transgénicos ya que no todos los países aceptan su importación, por lo tanto, su cultivo pierde valor económico pese a su mayor productividad.

- Actualmente **se paga un precio más elevado por productos libres de transgénicos**, por lo tanto, los agricultores que se niegan a cultivar transgénicos aprovechan a exportar por más dinero al poseer cultivos convencionales.

- La liberación de organismos genéticamente modificados supone **riesgos para la biodiversidad**, la base fundamental se la seguridad alimentaria, y dando serias alteraciones ecológicas ya que se introducen especies no-nativas.

«Incluso unas pocas transferencias genéticas a las plantas silvestres podrían tener efectos devastadores.»

Norm Ellstrand, genetista ecológico de la Universidad de California

- En 1990 La Organización Mundial de la Salud (OMS) estimó que los **envenenamientos causados por los plaguicidas** afectan cada año a 25 millones de personas en todo el mundo, y de éstas, unos 3 millones sufren intoxicaciones graves. Gran parte de esta cantidad se encuentran **en el Tercer Mundo**, donde las empresas multinacionales frecuentemente comercializan plaguicidas que están prohibidos en los países industrializados.

El cultivo de plantas modificadas genéticamente por intervención humana está **considerado una amenaza** para la salud humana, el medio ambiente y la agricultura en general y mundialmente se observa cómo los países en vías de desarrollo, así como los Estados Unidos, se están volcando masivamente a estos productos, mientras que en los países europeos, los productos libres de su modificación genética y del uso de herbicidas suben su precio e imponen restricciones a la entrada de productos transgénicos.

1.7. Intereses comerciales

Gracias a los desarrollos biotecnológicos se realizan importantes **inversiones** de capital que generan beneficios económicos para las empresas que producen, distribuyen y comercializan los alimentos transgénicos, para los productores que los cultivan, y para la sociedad que los consume.

Gran parte de estas inversiones económicas que tienen una finalidad investigadora en la elaboración, evaluación y liberación de los transgénicos proviene del sector privado, particularmente de las empresas multinacionales líderes en la **biotecnología** (Novartis, Monsanto, Zeneca, Agroevo y Dupont) situadas en América y Europa. Este campo puede definirse como el uso y la manipulación de organismos vivos o substancias obtenidas de éstos con tal de conseguir productos útiles para el ser humano. Las empresas que dominan mayoritariamente esta tecnología han desarrollado un mercado interior gracias a la venta de estos productos en todo el mundo. Tanto la distribución de estos productos como la de sus beneficios discuten la posible retención de una importante proporción de las **ganancias** relacionadas con la biotecnología.

«Lo más preocupante es que la mayoría de las personas parecen pensar que son los agricultores los que presionan a favor de los cultivos transgénicos, cuando los verdaderos interesados son las grandes multinacionales agroquímicas.»

Michael Hart, agricultor de Cornish, Reino Unido

Gran parte de la promoción de la ingeniería genética se ha centrado en los beneficios futuros, pero transferir genes resulta un aumento de los problemas de la **inestabilidad genética**, principio que ha supuesto algunos fracasos en los cultivos transgénicos ya que es difícil una eficacia del 100% de ellos.

Monsanto dijo en su campaña de publicidad de 1998 para promover la ingeniería genética en Europa que *«Retardar su aceptación es un lujo que nuestro mundo hambriento no puede permitirse».* Pero ante este anuncio ese mismo año la **FAO** (Organización mundial de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) declaró a la prensa el rechazo a que las grandes multinacionales usen la **imagen de los pobres y la hambruna** de nuestros países **para promover una tecnología** poco segura o quizás poco positiva para el medioambiente. Incluso si la ingeniería genética fuera capaz de ayudar a solventar el hambre en el Tercer Mundo, la cantidad de alimentos disponibles para los hambrientos no ayudaría a resolver el hambre, puesto que el problema no sería el de conseguir alimentos sino el de conseguir dinero para obtenerlos.

Veamos algunos **fracasos** con cultivos de primeros transgénicos comercializados:

- En 1997 el tomate “FlavrSavr” tuvo que ser retirado del mercado. Estos tomates a menudo estaban tan blandos y machacados que no podían venderse como frescos. También se encontró que la mayoría de las variedades de “FlavrSavr” **no tenían rendimientos aceptables** o resistencia a la enfermedad.

- El algodón Bt, comercializado en 1996, fue asignado por algunos consultores como un producto con una **eficacia del 60%** de los casos puesto que en el sur de Estados Unidos cerca de la mitad de 800.000 hectáreas sufrieron la plaga del gusano del algodón y tuvieron que usar plaguicidas.

- El algodón Roundup Ready fracasó en el cultivo de más de 12.000 hectáreas en el Mississippi por su **diferenciado comportamiento** al que se había enunciado.

- Una cantidad de 87.000 paquetes de tortillas biológicas fueron destruidas en el Reino Unido después de ser analizadas y de haber revelado el contenido de ADN transgénico en el producto puesto que el maíz empleado había sido cultivado en una parcela biológica donde anteriormente habían cultivado maíz transgénico. Los proveedores tras una investigación concluyeron que se trataba de una **contaminación debido a la polinización cruzada**.

«Estas nuevas variedades y las nuevas tecnologías se están comercializando con menos evaluación de la que hubo en el pasado con las variedades tradicionales»

Bill Meredith, genetista e investigador del Departamento de Agricultura estadounidense en Mississippi

Los inicios de la comercialización de estos productos no tuvieron mucho éxito debido a los pocos análisis que se hicieron en ellos, así aprovechando esta novedad como **beneficio económico** en agricultores.

El uso de la **"tecnología *Terminator*"**, aquella que manipula genéticamente a las plantas para hacerlas estériles, provoca una dependencia de los agricultores con las empresas multinacionales ya que al cultivar semillas transgénicas no pueden volver a cultivar estas mismas plantas, la tierra ya no está libre de transgénico y los agricultores no tienen otra opción que volver a comprar nuevas semillas transgénicas. Además por lo que se percibe en este sector industrial, el de los transgénicos, las fusiones que se dan en este ámbito junto con otros sectores manifiestan un asombrado **monopolio** por su falta de transparencia y su imposición de precios en el mercado.

1.8. Productos biotecnológicos y transgénicos en el mercado

La transformación industrial está avanzada y a raíz de esto han surgido nuevas empresas autodenominadas como la Industria de la Ciencia de la Vida con intereses en la fabricación de alimentos, aditivos, fármacos, productos químicos y semillas.

1.8.1 Para la salud humana

- La insulina para la diabetes
- El interferón para el tratamiento de cáncer
- La vacuna para hepatitis B
- La producción de vacunas recombinantes y la terapia genética

1.8.2 Para el medio ambiente

- El uso de microorganismos transgénicos para la degradación de plásticos y otros productos, incluyendo el petróleo y los metales pesados, así como el uso de bacterias transgénicas para la descontaminación ambiental y la elaboración de plásticos biodegradables.

1.8.3. Para cultivos agrícolas

- Los cultivos transgénicos tolerantes a insectos y a herbicidas

- La clonación de individuos superiores

- El mejoramiento genético asistido para acortar los tiempos en la producción de nuevas variedades

- Paquetes de diagnóstico para enfermedades

- La biosíntesis de ingredientes activos

- La reducción de pérdidas en pos cosecha

- La mejora en la calidad de los productos y la caracterización y conservación de germoplasma

1.8.4. Para producción animal

- La caracterización del ganado por marcadores moleculares

- La confirmación de paternidad

- Las hormonas de crecimiento

- La manipulación de genes asociados a la calidad de la carne

- El mejoramiento genético asistido

- El trasplante de embriones

- La clonación de individuos superiores

- El aumento de contenido de caseína de la leche y el desarrollo de vacunas recombinantes para Newcastle, Fiebre Porcina Clásica y Peste Bovina

- La creación de animales transgénicos para la obtención de productos industriales farmacéuticos u órganos para trasplantes

1.8.5. Para producción pesquera

- La biotecnología aplicada al sector pesquero permite el incremento de las tasas de crecimiento de peces cultivados (mejorando su sistema de producción)

- La manipulación del juego de cromosomas para incrementar el tamaño, sabor, inducción de la esterilidad (para evitar el cruzamiento entre peces transgénicos y no transgénicos)

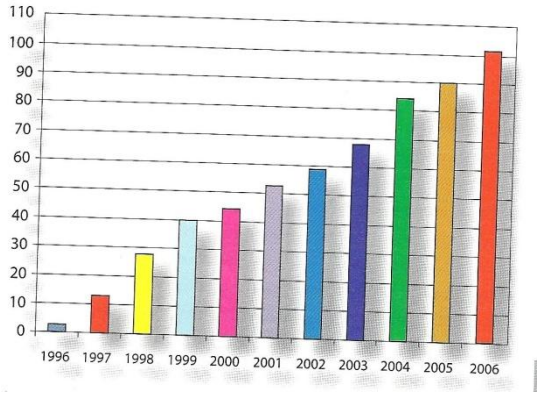
- Aplicación de hormonas de crecimiento en carpas, salmones, tilapias y otras especies

- Salmón transgénico con proteína anticongelante para ampliar su zona de distribución (cabe destacar que a la fecha no existen peces transgénicos disponibles comercialmente)

1.9. Producción Agrícola de transgénicos y su impacto medioambiental

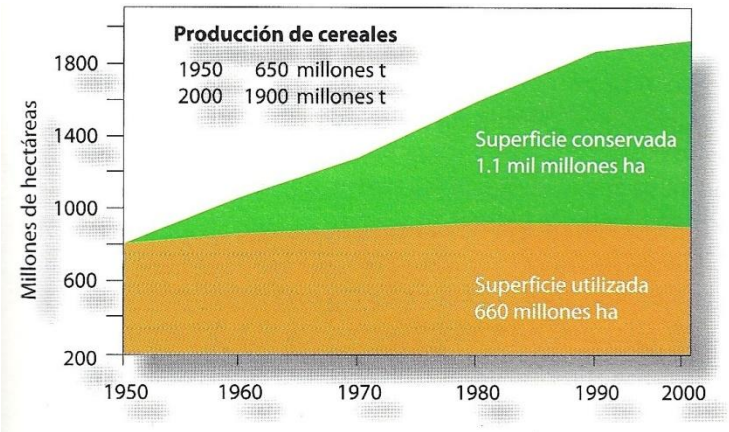
A medida que los recursos planetarios que han sostenido el crecimiento económico de la era industrial empiezan a agotarse, las empresas multinacionales se vuelcan hacia los **genes como la fuente de materias primas** para sus actividades económicas futuras.

Gracias al **mejoramiento genético convencional** y a la constante liberación de variedades híbridas, la productividad mundial agrícola del siglo XX fue muy eficiente, especialmente a partir de los años cincuenta.



Incremento de la superficie mundial de cultivos transgénicos en millones de hectáreas

Sin embargo, es posible que en el futuro éstos no permitan garantizar la seguridad alimentaria de la humanidad, debido a que no se puede asegurar que la producción de alimentos continúe incrementándose en la misma proporción que la población humana y en la misma superficie reservada para la actividad agrícola. Aún así podemos ver evoluciones como éstas:



Producción mundial de cereales y superficie conservada gracias a las tecnologías mejoradas.

Hasta la fecha, el

incremento en la producción de alimentos se ha dado en gran parte a la expansión de la frontera agrícola, que obliga el uso de variedades genéticamente uniformes, mecanización, tecnologías poscosecha, procesamiento y control químico de plagas y enfermedades.

A continuación, podemos ver algunos datos que **favorecen a la producción** de transgénicos:

- La FAO (Organización mundial de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) indica en 2004 que la población mundial con problemas para cubrir sus necesidades alimenticias incrementará en dos mil millones para el año 2030. Esto causará **más presión a la demanda de alimentos** y servicios y, en consecuencia, se llegará a una sobreexplotación del agua, de bosques y del suelo. Respecto a la capacidad territorial para cultivar hace cuarenta años se disponía de alrededor de media hectárea por persona, mientras que hoy se cuenta con la mitad de esa superficie, es decir un cuarto de hectárea, por persona. Se estima que dentro de otros cuarentas años estará disponible únicamente una décima parte, debido al crecimiento demográfico.

- La FAO estima en 2005 que en las comunidades rurales del mundo existen más de 852 millones de personas con **hambre crónica**, problema que está lejos de resolverse.

- La mayoría de los tipos de maíz tienen baja productividad. Al hacer este alimento más resistente y productivo conseguimos que los productores de escasos recursos tengan **mayores ingresos económicos**. Lo mismo pasa con la soja, el trigo y el algodón.

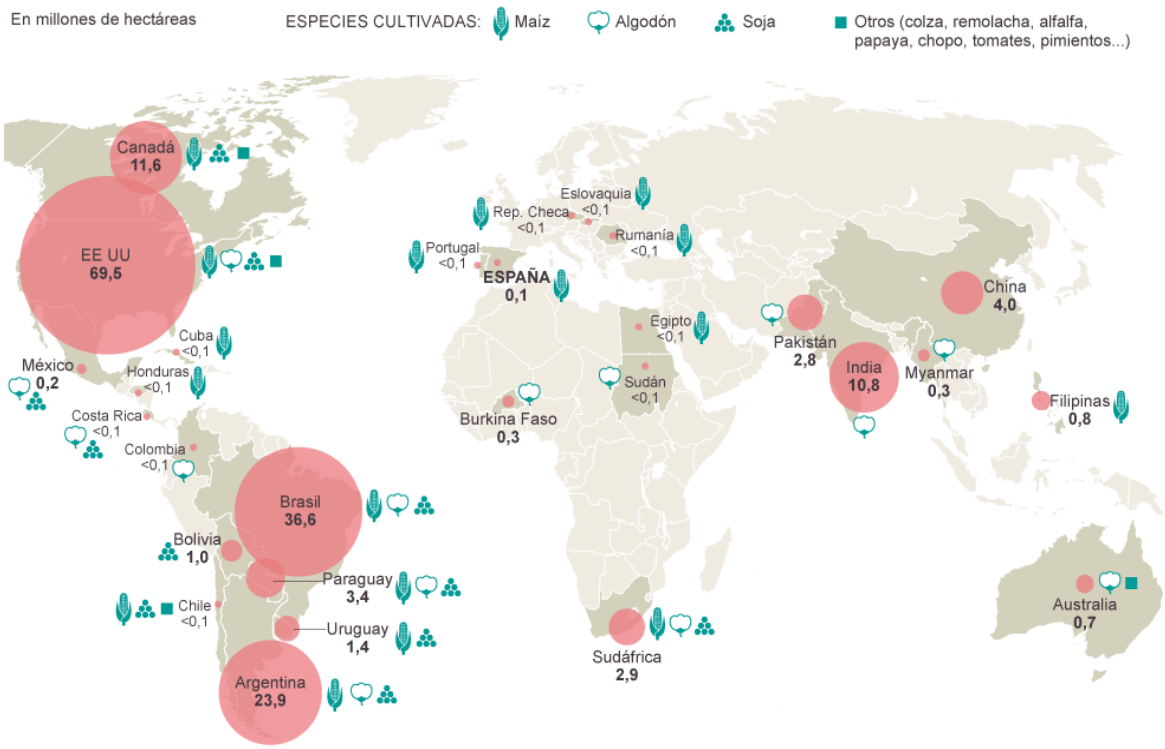
Aunque existan muchos factores que benefician a la producción de estos alimentos, no podemos evitar su impacto frente al medioambiente. Veamos algunos **inconvenientes** que crean estos curiosos productos:

- El **uso de herbicidas** sin dañar a la planta y a su rendimiento.
- Los **residuos agrícolas** pueden llegar a los ríos, donde resultan **tóxicos** para determinados insectos y pueden tener cierta importancia en cuanto a la cadena trófica acuática y al buen estado de los ecosistemas acuáticos.
- La aparición de plantas con caracteres de origen transgénico en cultivos originalmente no transgénico causada por el cruzamiento accidental. Hablamos de la **contaminación genética**.

Glifosato, el herbicida el cual es resistente la planta de la soja

1.10. Transgénicos en el mundo y noticias

Los diferentes alimentos transgénicos comercializados mundialmente son los siguientes: arroz, soja, algodón, maíz, patata y remolacha azucarera.



Como podemos ver en esta imagen, no todos los países cultivan transgénicos, solo el 57 de ellos lo permiten y América es el continente con mayor autoridad. En cambio, en Europa el cultivo de plantas modificadas genéticamente por la intervención humana está siendo muy restringido por entidades ambientalistas como Greenpeace o Eco-Justicia por considerarlo como una amenaza para la salud humana, el medio ambiente y la agricultura sostenible.

Respecto a los medios de comunicación, podemos ver noticias como éstas:

04/10/2012 20:30 CEST

La UE desacredita el trabajo que relacionaba transgénicos y cáncer

EMILIO DE BENITO | Madrid

La Agencia Europea de Seguridad Alimentaria afirma que carece de "calidad científica" para ser tenido en cuenta

24/12/2012 02:19 CET

El salmón transgénico, a punto de ver la luz tras 23 años de exámenes

RAFAEL MÉNDEZ | Madrid

EEUU concluye que el primer animal modificado para consumo no daña la salud ni el medio ambiente. Gracias a la biotecnología, crece el doble de rápido que los ejemplares salvajes

12/08/2013 14:09 CEST

Un arroz transgénico protege a ratones del rotavirus

EMILIO DE BENITO | Madrid

La infección de este virus es la causa de más de 500.000 muertes al año en niños por diarrea

13/12/2013 18:16 CET

El Tribunal de Justicia de la UE prohíbe la patata transgénica

ESPERANZA ESCRIBANO CLARAMUNT | Bruselas

La sentencia da un varapalo a Bruselas por no haber respetado los procedimientos de autorización para la venta del tubérculo

12/06/2014 13:36 CEST

Los países europeos podrán vetar los cultivos transgénicos

IGNACIO FARIZA | Bruselas

La nueva directiva comunitaria permitirá a los Estados miembros prohibir organismos genéticamente modificados en su territorio

26/07/2014 21:19 CEST

Un juez anula el permiso para cultivar soja transgénica en Yucatán

PAULA CHOUZA | México

Apicultores mexicanos habían presentado en 2012 un amparo para revocar la licencia alegando que la miel orgánica se contaminaba

01/09/2014 18:37 CEST

El miedo a los alimentos genéticamente modificados

FRANCIS NANG'AYO (AATF)

En la lucha de Kenia por alimentar a su gente y estabilizar su economía, la tecnología transgénica debería verse como un valioso aliado para aumentar la producción y los ingresos

14/01/2015 00:00 CET

Europa renuncia a unificar su política sobre cultivos transgénicos

MANUEL PLANELLES / IGNACIO FARIZA | Madrid / Bruselas

Cada país podrá decidir el uso de semillas modificadas en su territorio. "No estamos satisfechos", lamenta el Gobierno español

1.11. Legalización en la Unión Europea

El enorme potencial de la obtención de primeras materias transgénicas en 1983 aconsejó desarrollar una **legislación** que asegurase que solo se aprobarían organismos genéticamente modificados tras someterlos a un **análisis** de riesgo en profundidad. La legislación europea, en relación a su comercialización, se basa en la precaución y exige un análisis de riesgo muy exhaustivo, referente al potencial tóxico o alérgico, a la capacidad nutricional para los humanos o al ganado y a los posibles riesgos medioambientales de su cultivo. El análisis de riesgo se realiza en la **Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA)**, pero la decisión de aprobar o no su comercialización de un nuevo transgénico cae en **los estados miembro de la UE (Unión Europea)** y la **Comisión Europea**.

Pese a que la **legislación actual** ha funcionado correctamente, sus implicaciones políticas de la gestión de las aprobaciones de nuevos transgénicos provocan un replanteamiento a posibles modificaciones. Actualmente se basa en la **Directiva 2001/18/EC (CE, 2001)** y el **Reglamento (EC) 1892/2003 (CE, 2003a)** que regulan su liberación.

Proceso de evaluación y autorización:

1) Para autorizar la comercialización de un OMG o un producto obtenido de un OMG a Europa se ha de **analizar los riesgos**, basados en informes independientes, que éste puede provocar para la salud humana, la salud animal y el medio ambiente, y **presentarlo a las autoridades competentes** de uno de los estados miembro de la UE que, inmediatamente, se transmitirá a la EFSA para que se evalúe.

2) Si el contenido del dosier tiene todas las **dadas** consideradas **necesarias para el análisis de riesgo**, la EFSA declarará válida la aplicación.

3) A partir de su validación, el panel de OMG de la EFSA dispondrá de un plazo de seis meses o más, en el caso de que lo requiera, para **emitir una opinión científica sobre sus riesgos**.

4) La **Comisión Europea tomará la decisión final** en el caso de que no haya mayoría suficiente ni a favor ni en contra de la propuesta.

5) La **autorización** para la comercialización de un OMG es **válida para un plazo de diez años**, después los cuales se deberá de hacer una solicitud para renovar su autorización.

6) Los OMG o sus productos derivados deberán ser **etiquetados**, especificando que contiene OMG, para permitir libre elección de los consumidores.

7) En el caso de que dadas científicas sugieran que pueden presentar riesgos para la salud humana, la salud animal o el medio ambiente podrán **detener su comercialización**.

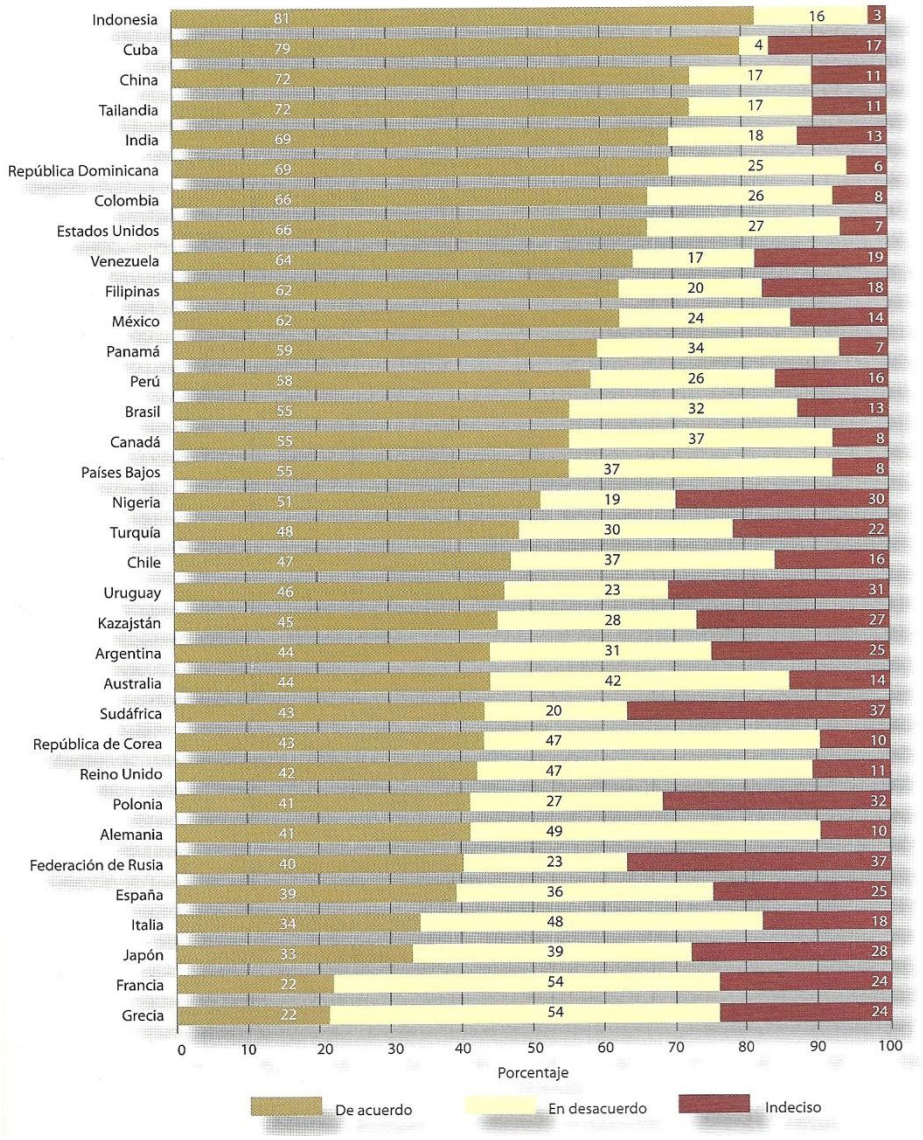
1.11.1. La percepción pública

Respecto a la sociedad, para la población es muy **difícil adquirir una opinión** considerable sobre estos alimentos puesto que la información publicada en los medios de comunicación no siempre se sustenta en principios éticos ni científicos. Por lo tanto, es responsabilidad de los consumidores interesados en documentarse exigir **información verídica** para poder juzgar y tomar sus propias decisiones en relación a los alimentos transgénicos.

No es de extrañar que la **actitud** del público sobre los cultivos transgénicos difiera según los países. Generalmente la población europea expresa una

opinión más negativa que el resto de continentes. Esto es debido a los **niveles de ingreso** *per cápita*, siendo más positiva la de los países más pobres que la de aquellos con mayores ingresos.

Un estudio internacional completo de la percepción pública sobre la Biotecnología fue elaborado por **Environics Internacional** en el año **2000**, en el cual se entrevistó a 34 mil personas de 34 países preguntando si estaban de acuerdo o no en que los **beneficios de utilizar la biotecnología para crear cultivos alimenticios transgénicos**, que no requieran plaguicidas y herbicidas químicos, son mayores que los riesgos. Los resultados fueron los siguientes:



1.12. Bioseguridad

Frecuentemente la gente se pregunta si el consumo de los cultivos transgénicos puede presentar algún daño a la salud humana. La respuesta aún no está del todo concisa pero sí que se han realizado **estudios** científicos y **análisis** técnicos, el cual demuestran que el **riesgo** pudiera ser similar al de un producto de origen convencional.

Hasta el día de hoy **no existe un solo caso que pueda demostrar que el consumo de transgénicos** o de alimentos que usan sus derivados como materia prima, **haya causado algún daño a la salud humana** o la muerte de alguna persona, teniendo en cuenta que en la mayoría de países del mundo se han consumido más de 470 millones de toneladas de granos y oleaginosas hasta finales de 2005. El hecho de que los animales domésticos se alimenten con estos productos no ha generado ningún cambio en sus características genéticas ni fisiológicas, por lo que se ha podido corroborar en muchos estudios técnicos, de bioseguridad y de análisis de riesgo.

Una **percepción errónea** o mal documentada, sea a favor o en contra, puede llevar a que se tomen **decisiones equivocadas**, tanto por parte de quienes hacen los análisis del riesgo como por las autoridades o por la sociedad en general.

La Bioseguridad o seguridad en el uso de los transgénicos se basa en el análisis de riesgo:

A) Evaluación del riesgo

-¿Cuáles son los daños que pueden ocurrir?

-¿Cuál es la probabilidad de que ocurran?

-Si los daños ocurren ¿cuáles son sus consecuencias?

-¿Cuál es el riesgo total?

B) Manejo del riesgo

-¿Qué acciones se deben tomar para manejar los posibles daños y minimizar su riesgo?

-¿Cuál es la importancia de los posibles daños, efectos y sus riesgos para los afectados, para los que originaron el riesgo y para los que lo controlan?

C) Comunicación del riesgo

De cualquier forma, los científicos consideran en que los alimentos transgénicos deben evaluarse caso por caso, evaluando el producto en sí y no el proceso mediante el cual ha sido elaborado ni sus derivados, procesados o manufacturados. Además, debido a su rechazo que estos productos han ocasionado, han sido considerados los **productos alimenticios más analizados en la historia de la humanidad**, desde el punto de vista de su riesgo a la salud humana. Sabemos que la OMS (Organización Mundial de la Salud) afirmó en el 2002 la seguridad del cultivo y el consumo de los cultivos transgénicos concordando con el estudio del Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC),el cual expuso evaluaciones científicas independientes realizadas por grupos autorizados de distintas partes del mundo, entre los que figuran la Comisión del Codex Alimentarius FAO/OMS, la Comisión Europa, la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) y las academias nacionales de ciencias de Australia, Brasil, China, entre otros.

Seguro que si los alimentos convencionales que diariamente consumimos se sometieran a análisis de bioseguridad y sanidad el cual son procesados los transgénicos es posible que varios o muchos de ellos no fueran aceptados para ser comercializados.

2. HIPÓTESIS

"Puede ser, que los alimentos transgénicos sean la base de la alimentación en un futuro cercano, pero que puedan perjudicar la salud humana a largo plazo, debido a que sólo está demostrada a corto plazo su seguridad alimentaria."

3. OBJETIVOS

3.1. Detectar un alimento transgénico mediante técnicas de laboratorio.

3.2. Valorar la seguridad alimentaria de los alimentos transgénicos a corto plazo.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Mediante una documentación bibliográfica e informática he descrito en el apartado de la introducción el origen de los alimentos transgénicos y la evolución de la ingeniería genética relacionada con éstos. Describo asimismo como se obtiene un alimento transgénico mediante técnicas de laboratorio y sus beneficiosos, inconvenientes e intereses respecto a su cultivo y a su comercio. Comparo la opinión de diferentes medios de comunicación respecto su producción agrícola y su impacto medioambiental. Además, incluyo su legalización en Europa y la influencia que tienen estos alimentos tanto en la sociedad como alrededor del mundo.

Por último, como parte práctica, explico cómo detectar un alimento transgénico mediante técnicas de laboratorio y cómo analizar la seguridad alimentaria de los alimentos transgénicos a corto plazo.

4.1. Para detectar un alimento transgénico mediante técnicas de laboratorio

En este apartado queremos analizar un alimento transgénico. Para ello analizamos concretamente el ADN del alimento, ya que no se puede detectar normalmente a simple vista, de tal manera que sepamos si tiene o no el transgén que queremos identificar y con qué cantidad, recogiendo los resultados y realizando una aproximación de ésta para valorar si el alimento es considerado transgénico o no.

Para poder realizar esta práctica he ido al CRAG (Centre de Recerca Agrigenòmica) situada en la UAB (Universitat Autònoma de Barcelona) y con la ayuda de José Luis La Paz Gallego hemos elaborado una práctica de laboratorio para el análisis de ADN.

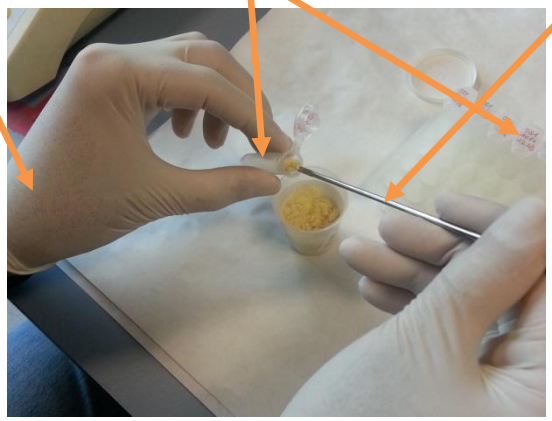
crag CENTRE FOR RESEARCH IN AGRICULTURAL GENOMICS
CSIC IRTA UAB

Material del estudio

Soja Alimento no identificado (con posibilidad de contener almidón)

Material del laboratorio (los marcados con * provienen del kit automático)

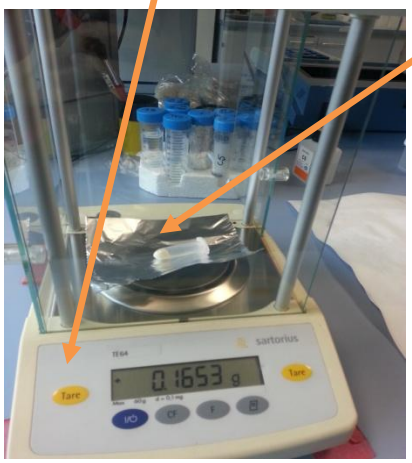
Guantes esterilizados Tubos pequeños* Espátula esterilizada

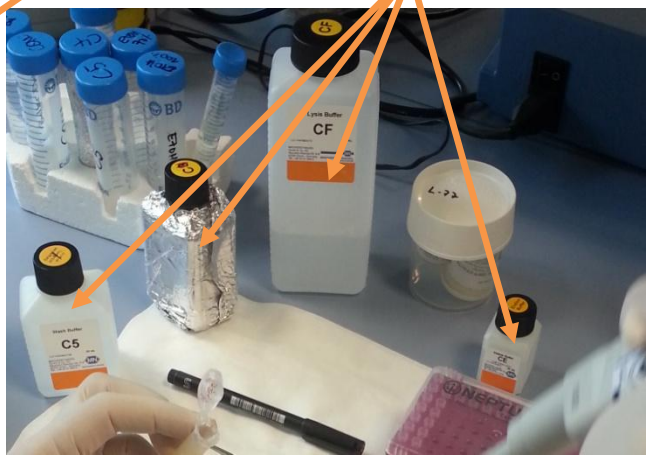


Balanza de precisión

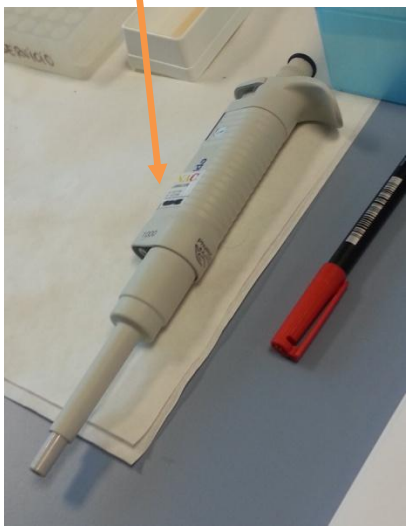
Papel de aluminio

Soluciones tampón*

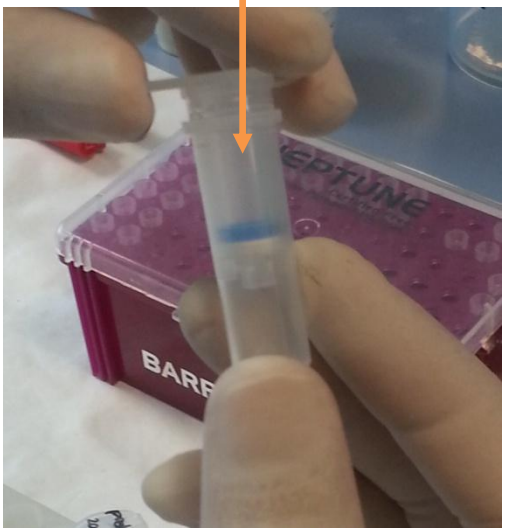


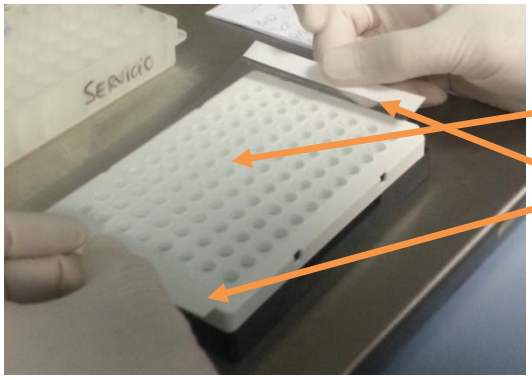


Pepita automática



Tubo de filtración*





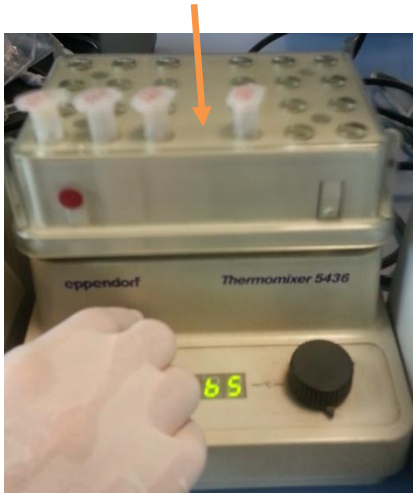
Plástico numerado

Plástico impermeable

Máquinas

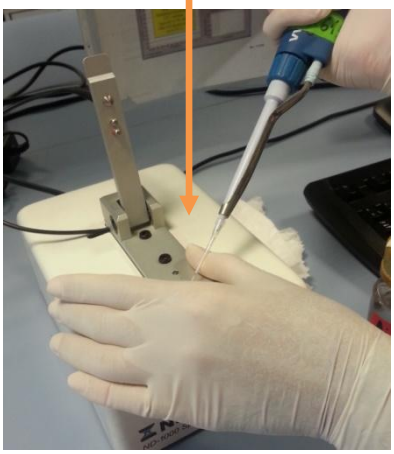
Moledor

Termomixer

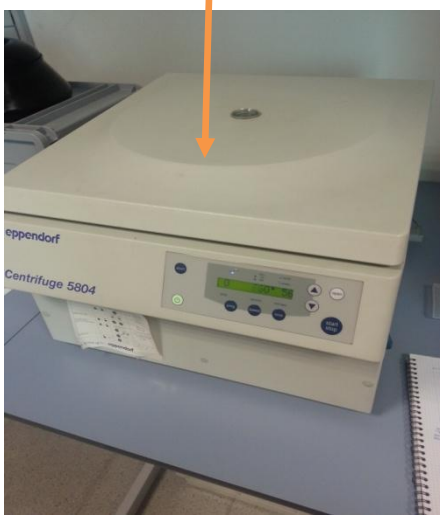


Centrifugadora

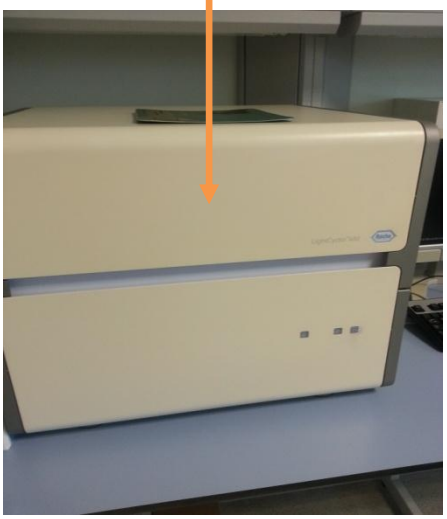
Espectrofotómetro



Centrifugadora 2



Máquina de PCR a tiempo real



Pasos

1) **Molturación del alimento**

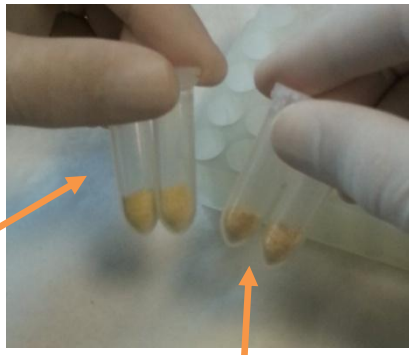
Primero de todo escogemos el alimento que deseamos analizar, en este caso la soja y un alimento no identificado (proveniente de una empresa) con posibilidad de contener almidón, algo parecido a la galleta. Trituramos ambos alimentos por separado.

2) **Homogeneización de las muestras**

Procedemos a homogeneizar las dos muestras. Nos colocamos los guantes esterilizados y con la ayuda de una espátula esterilizada cogemos aproximadamente 400 gramos de cada muestra repartiendo 200 gramos en un tubo pequeño de plástico (dos tubos por muestra) para conseguir dos extracciones o réplicas de cada una de ellas. Para asegurarnos, preparamos la balanza de precisión (anteriormente estableciéndola a 0 gramos para pesar sin errores) colocando papel de aluminio en el interior justo en la base para evitar dejar restos de cualquier muestra a la hora de introducir los tubos y pesamos.

Una vez tenemos las cantidades de las dos muestras preparadas tenemos que identificar los tubos de la siguiente manera:

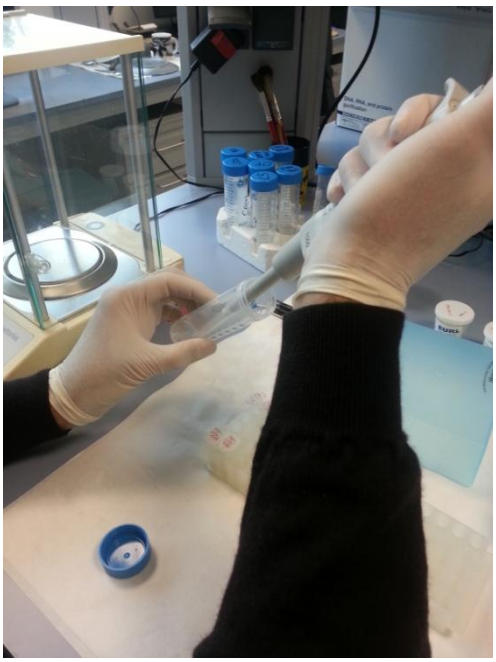
Cliente / empresa – mes / año – número de identificación – 1 / 2 (dependiendo del número de réplicas que se hagan)



Dos muestras de soja

Dos muestras del alimento no identificado

3) **Establecimiento del efecto tampón en cada una de las muestras con las soluciones tampón**



Introducimos con la ayuda de una pepita automática, cuya precisión que se quiere introducir se puede determinar y así poner la cantidad exacta, 600 µL (microlitros) de un tampón para estabilizar el pH con un suplemento de enzimas para obtener una masa líquida (10 µL de proteinasa y RNAsa). Este tampón es una solución con alto contenido de proteasa (enzima que rompen unión de proteínas), RNAsa (enzima que rompe la unión de RNA) y otros detergentes con el fin de romper órganos celulares, membranas, proteínas y otros contenido citoplasmáticos, es decir, contaminantes que queremos extraer.

Hay que tener en cuenta que en la mayoría de soluciones tampón no se especifica su contenido ya que es un kit automático para la extracción de ADN en donde se hacen menos procesos (solo 6 pasos descritos en un manual para la extracción) que en la extracción manual, es decir, sólo sabe su contenido la empresa que lo fabrica.

5) Centrifugación de las muestras

Una vez preparadas las muestras con dichas soluciones removemos la muestra en el moledor unos segundos y las introducimos en un *termomixer* durante 10 minutos a a 65 ºC para conseguir una masa aún más líquida.

Pasados 10 minutos comprobamos si la máquina está haciendo efecto. En el caso contrario colocamos más enzimas de la solución tampón anterior y ponemos los tubos en la *termomixer* otra vez y esperamos.

5) **Activación de la columna**

Una vez pasado el tiempo y visto que las muestras son líquidas introducimos 300µL de ethanol (alcohol), 300µL de otra solución tampón y 300µL de cada muestra en diferentes tubos de filtración y colocamos los tubos en la centrifugadora entre 30 minutos y una hora a 11.000 vueltas por cada 10 minutos. Esta máquina potenciará el movimiento de la muestra junto con la solución haciendo que ésta sea más líquida todavía y que solo el ADN quede en la parte superior, dejando el resto abajo. Una vez hemos esperado el tiempo determinado, sacamos los tubos y desechamos la parte inferior. Volvemos a colocar 300µL más de cada muestra en cada uno de sus respectivos tubos (indicando en cada tubo a cuál de los suyos pertenece para no mezclar una réplica 1 de soja con una réplica 2 de soja).

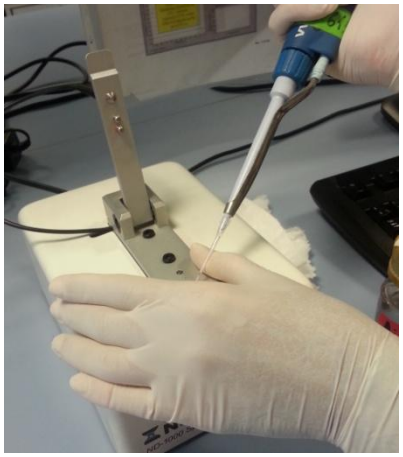
6) **Filtración de ambas muestras**

En este apartado queremos deshacernos de los últimos restos contenidos en las muestras que no nos interesan (moléculas, restos celulares, etc.). Para ello activamos la columna, es decir, introducimos una mezcla de soluciones junto con agua pura que actúa como un tampón de lavado en cada tubo filtrador y insertamos cada una de las mezclas anteriores en cada tubo. De este modo retenemos el ADN en el filtrador y el resto queda en la parte inferior. A continuación centrifugamos un minuto las veces necesarias hasta haber introducido todas las muestras y desechado los residuos que no queremos analizar.

7) **Limpieza del filtro**

Para poder lavar el filtro utilizamos más soluciones o sales que harán que éste contenga solamente ADN. Centrifugamos tres veces entre uno y dos minutos por cada centrifugación, sudando diferentes sales en cada una de ellas.

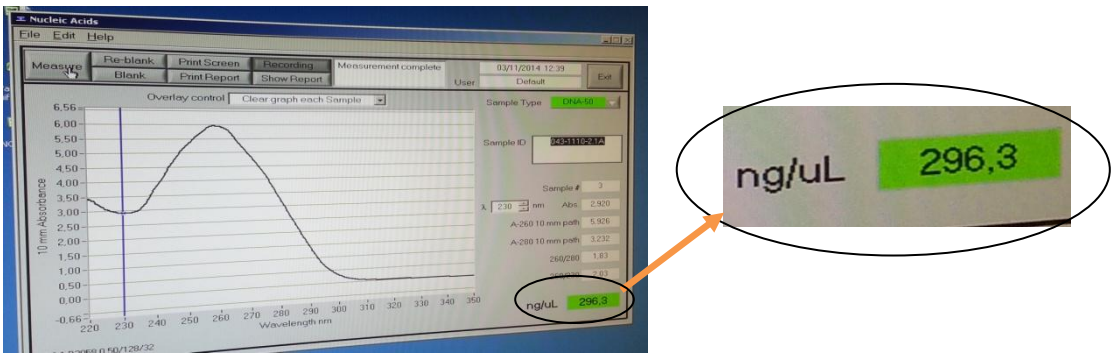
8) **Disolución del ADN en agua pura (y su pureza en un micro litro de la muestra)**



Una vez tenemos el ADN puro los disolvemos en agua pura (70ºC). Dejamos actuar y volvemos a centrifugar un minuto. Conseguiremos ADN con agua preparado para analizar en la máquina cuantificadora de ADN.

A continuación, identificamos el ADN por cada micro litro de la solución que hemos obtenido.

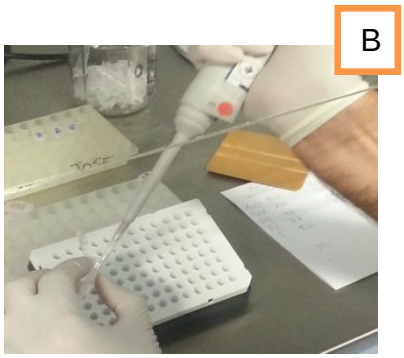
Mediante un programa del ordenador y la máquina, sabremos si hay ADN o no, es decir, si todos los pasos anteriores han dado resultado. Hacemos un análisis por cada una de las réplicas.

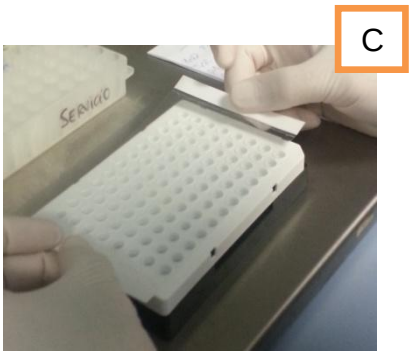


En este caso todas nos han dado positivo, por lo tanto, tenemos ADN preparado para investigar.

9) **Armamiento de la reacción**

Ahora debemos tomar nuevas mezclas con cada tubo de ADN en nuevos tubos diferentes con soluciones que ayudarán a la acción PCR (los promotores de 2 genes que queremos identificar y la sonda que permitirá la detección de éstos) junto con el control. Centrifugamos un minuto (en la centrifugadora 2) y luego los colocamos en un plástico numerado. Ponemos un plástico impermeable para sellar y no mezclar ninguna de las soluciones o para que no se salgan de su ubicación.





Para finalizar, preparamos la máquina que aplicará el PCR y lo introducimos.

La Reacción en cadena de la polimerasa, conocida como **PCR (*Polymerase Chain Reaction)*** es una técnica de biología molecular cuyo objetivo es obtener un **gran número de copias de un fragmento de ADN particular**, partiendo de un mínimo. Tras esta amplificación, resulta mucho más fácil identificar con una muy alta probabilidad virus o bacterias causantes de una enfermedad, identificar personas (test de paternidad) o hacer investigación científica sobre el ADN amplificado, como en este caso, sobre transgénicos. El PCR consta de tres pasos que se repiten en ciclos (entre 25 y 40) con la activación de la polimerasa, por lo cual se somete a una temperatura de 94-95ºC durante 5-10 minutos.

Los pasos que se repiten son los siguientes:

1. **Desnaturalización:** se desnaturaliza el ADN. Se separan dos hebras de las cuales está constituido con el calentamiento de las muestras a 94-95ºC.
2. **Alineamiento:** se hibridan el cebador o partidor, uniéndose a secuencias complementarias en el ADN molde. Para esto la temperatura debe descender entre 45ºC y 65ºC. Esta cebadoras limitarán la región de la molécula que va a ser amplificada.
3. **Extensión de la cadena:** la ADN polimerasa actúa, tomando el ADN molde para sintetizar la cadena complementaria y partiendo del cebador como soporte inicial necesario para la síntesis de nuevo ADN. Se aumenta la temperatura hasta 72ºC para que el ADN polimerasa presente su máxima velocidad, aumentando exponencialmente la cantidad de fragmentos de ADN amplificados en la reacción.

4.2. La seguridad alimentaria de los alimentos transgénicos a corto plazo

Para poder valorar la seguridad alimentaria me he basado en un artículo publicado en la Revista Española de Salud Pública en el año 2000. Éste contiene una revisión bibliográfica sobre los riesgos de los alimentos modificados genéticamente en la salud realizado en el laboratorio de toxicología y salud medioambiental, en la universidad «Rovira i Virgili» (Tarragona), escrito por José L. Domingo Roig y Mercedes Gómez Arnáiz. El principal objetivo de la presente revisión ha sido conocer cuál es el estado actual de la cuestión en lo referente a los potenciales efectos adversos sobre la salud de los alimentos modificados genéticamente.

Dos bases de datos, Medline y Toxline, así como una serie de direcciones de internet, han sido empleadas para la obtención de bibliografía.

Dado que los artículos referentes a estudios experimentales sobre la seguridad de estos alimentos son muy escasos y si se han obtenido resultados procedentes de la evaluación toxicológica de éstos, no han sido publicados en revistas científicas, usaremos los experimentos que se han realizado con animales para informarnos un poco, puesto que es un tema delicado y existe una gran diversidad de alimentos modificados tanto por investigar como para crear.

Entre enero de 1980 y mayo de 2000 se realizaron las revisiones en Medline (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed) y Toxline (http://sis.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?Toxline), empleando los siguiente términos de búsqueda: *genetically modified foods*, *toxicity of transgenic foods*, *adverse effects of transgenic foods*, y *healthy risks of transgenic foods*.

Término de búsqueda	Citas	Estudios experimentales(A)	Cartas, comentarios, opiniones(B)	Otras (C)
Genetically modified foods	101	6	37	58
Toxicity of transgenic foods	44	1	7	36
Adverse effects of transgenic foods	67	2	16	49
Healthy risks of transgenic foods	3	0	2	1

A: Citas correspondientes a estudios experimentales originales directamente relacionadas con el término objeto de la búsqueda.

B: Publicaciones sin respaldo experimental.

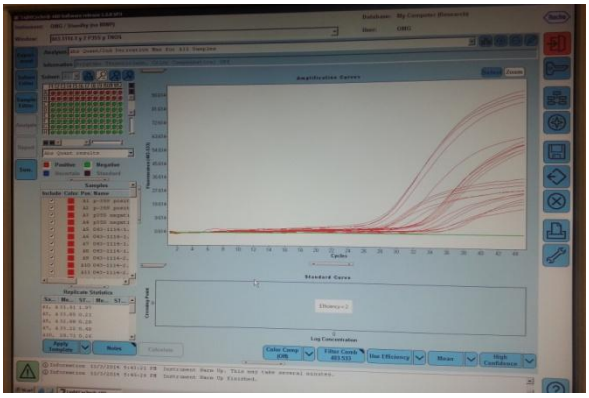
C: Publicaciones no relacionadas directamente con el término objeto de búsqueda.

La búsqueda se complementó mediante consultas específicas a determinadas páginas web de internet: Departamento de Sanidad del Reino Unido (http://www.doh.gov.uk/gmfood.htm), Greenpeace-España (http://www.greenpeace.es/trans2000.htm), Real Sociedad de Ciencias del Reino Unido (http://www.royalsoc.ac.uk), Dpeartamento de Agricultura, Pesca y Alimentación del Reino Unido (http://www.maff.gov.uk/food/novel(tox-rev.htm), Rowett Research Institute (http://www.rri.sari.ac.uk/press/) y Parlamento Británico (http://www.parliament.uk/commons/hsecom/htm).

5. RESULTADOS

5.1. Los resultados de detectar un alimento transgénico mediante técnicas de laboratorio

En esta tabla podemos visualizar todas las réplicas analizadas con cada uno de ambos promotores, donde cada uno de éstos corresponde a un gen diferente que queremos analizar (los más usados).



Cantidad en CP según el tipo de transgén	**Control**				Soja				Alimento no identificado			
	Positivo		**Negativo**		**R 1**		**R 2**		**R 1**		**R 2**	
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
P35S	**30,22**	**33,0**	**0**	**0**	**32,68**	**33,08**	**33,56**	**32,88**	**28,53**	**28,89**	**28,68**	**28,63**
T-NOS	**29,15**	**33,21**	**0**	**0**	**35,34**	**33,97**	**36,47**	**34,44**	**27,98**	**28,11**	**27,83**	**27,80**

CP: Control primer (para detectar las copias del gen)

R: Réplica de la muestra

Control positivo: maíz transgénico que contiene ambos genes

Control negativo: agua

Si la prueba sale negativa, es decir, la muestra no se transgénica, no aparecerá ningún tipo de curva en el ordenador y su CP será 0. En cambio, si la prueba sale positiva, aparecerá una curva y una cantidad de CP, el cual nos permitirá conocer el porcentaje de transgénico que tiene cada muestra. Si la curva aparece entre el control positivo 0.1 y 1% significa que la muestra se ha contaminado. En cambio si la curva aparece antes del control positivo de 1% significa que la muestra es 100% transgénica.

Como podemos ver, todas las réplicas tienen ambos genes, por lo tanto, son transgénicos, ya que tienen más de un 1% (si tuvieran menos, no serían considerados transgénicos).

5.2. Los resultados de analizar la seguridad alimentaria de los alimentos transgénicos a corto plazo

En esta tabla podemos observar las referencias bibliográficas obtenidas a través de Medline y Toxline pertenecientes a los estudios experimentales originales sobre potenciales efectos adversos de los alimentos modificados genéticamente.

Referencia	**Producto administrado**	**Especie animal**	**Duración del experimento**	**Observaciones**
Hammond y cols. (1996)	soja tolerante glifosato	Ratas, pollos, vacas, siluros	4-10 semanas	Ausencia de diferencias significativas en las concentraciones de importantes nutrientes y antinutrientes.
Fares y Sayer (1998)	patatas transgénicas	ratones	2 semanas	Ligeros cambios en la configuración estructural del íleon (sección final del intestino delgado, en el aparato digestivo).
Brake y Vlachos (1998)	Maíz Event 176 Bt	pollos	38 días	Ausencia de diferencias significativas en los índices de supervivencia y en los pesos.
Tutel'ian y cols. (1999)	Concentrados proteicos	ratas	5 meses	Modificaciones en hepatocitos (células propias del hígado) de soja transgénica (membrana, actividad enzimática)
Ewen y Pusztai (1999)	Patatas transgénicas	ratas	10 días	Proliferación de la mucosa gástrica
Fenton y cols. (1999)	Lectina GNA	Leucocitos humanos	–	Enlace de la lectina con proteínas de los leucocitos

6. CONCLUSIONES

6.1. Las conclusiones de detectar un alimento transgénico mediante técnicas de laboratorio

Para que un alimento sea considerado transgénico debe tener al menos un 1% de ese transgén, por lo tanto podemos concluir gracias a la práctica que:

- Este tipo de análisis es muy seguro, comparado con otros, ya que se centra en la identificación de un solo gen.
- Estos productos no se pueden analizar mayoritariamente a simple vista, es decir, requiere un análisis del ADN para identificar si contiene algún transgén, por lo tanto, la población no podrá identificarlos si no tiene disponible un laboratorio para analizarlo.
- Un alimento no tiene porqué ser 100% transgénico por el simple hecho de serlo.

6.2. Las conclusiones de analizar la seguridad alimentaria de los alimentos transgénicos a corto plazo

Tras conocer los análisis publicados podemos obtener las siguientes conclusiones:

- Algunos animales pueden tener efectos en su salud si consumen algún alimento modificado genéticamente.
- Los efectos que padecen los animales utilizados no son graves, por lo que podría tratarse de un alimento poco perjudicial para la salud animal.
- Si los animales padecen problemas al consumir algún producto de este tipo, probablemente los humanos padezcamos alguno también, pero al no tener ningún informe sobre ésto no podemos verificarlo.

6.3. Conclusión general

Mi hipótesis inicial en la que intentaba demostrar que los alimentos transgénicos serán la base de la alimentación en un futuro cercano puede ser cierta, ya que hablamos de unos productos con **alto rendimiento** en cuanto a la productividad y no son relativamente difíciles de detectar.

Conociendo que existe una gran diversidad de transgénicos y que pueden crearse nuevos, puede que no sea cierta ya que es una **tecnología muy nueva** y necesitamos **más estudios** para que se acepten en todo el mundo. Además, la base de la alimentación mundial se basa en diferentes alimentos según el país, por lo tanto, es difícil dar por cierto que todos estos alimentos lleguen a ser transgénicos.

Ante todo esto, cabe añadir que según la **información de cada ciudadano** no sabemos si todos aceptaremos alimentarnos de transgénicos y como es un producto que **no se identifica a simple vista** y está muy debatido, sobre todo en la Unión Europea, no podemos asegurar que esta ciencia avance a favor de los ciudadanos.

Sin embargo, es posible que en el futuro estos alimentos transgénicos no permitan garantizar la **seguridad alimentaria de la humanidad**, debido a que no se puede asegurar que su producción continúe incrementándose en la misma proporción que la población humana y en la misma superficie reservada para la actividad agrícola.

Definitivamente, aún falta mucho camino por recorrer y muchos estudios por realizar.

7. AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer el apoyo a mi familia, amigos y profesores a decidir y emprender este trabajo y sobre todo al Dr. Gustado Duch y a la Dra. Maria dels Àngels Calvo que me han proporcionado tanto su opinión como su información necesaria para neutralizar al máximo y entender de alguna manera la realidad sobre este tema.

También quiero agradecer al recibimiento del CRAG por parte de Dr. José Luis Paz Gallego y Dr. Josep Maria Casacuberta para poder haber realizado la práctica, poder haber visto las instalaciones del centro, ya que allí tratan principalmente estos productos, y poder conocer más sobre estos alimentos para incluirlo en mi trabajo.

Por último quiero dar gracias al Dr. José Antonio Gómez Martínez por su perseverancia en cuanto al enfoque en mi trabajo de investigación, ya que me costó meses encontrar el objetivo principal y organizar todo el escrito al ser un tema cuya información puede ser muy adversa.

8.BIBLIOGRAFÍA

Trabajos:

- Daniel Ramón: "*Alimentos transgénicos*", Valencia.
- José L. Domingo Roig y Mercedes Gómez Arnáiz: "Riesgos sobre la salud de los alimentos modificados genéticamente: una revisión bibliográfica", en *Revista Española de Salud Pública*, número 3, Tarragona, 2000. Págs. 255-261

Páginas web (información, imágenes y gráficos):

- https://es.wikipedia.org
- http://elpais.com/tag/agricultura_transgenica/a/
- http://www.oei.es/divulgacioncientifica/reportajes001.htm
- http://www.ugr.es/~eianez/Biotecnologia/seguridad.htm
- http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342009000100015
- http://tecnocienciaysalud.com/alimentos-transgenicos

Libros (información, imágenes y gráficos):

- Víctor M. y Villalobos A.: *Los transgénicos: Oportunidades y Amenazas*, Ediciones Mundi-Prensa, México (D.F.), Madrid y Barcelona, 2008.
- Luke Anderson: *Transgénicos: Ingeniería genética, alimentos y nuestro medioambiente*, Edición José Santamarta, Madrid, 2001.