

# LOS TRANSGÉNICOS Y SU APLICACIÓN EN LA AGRICULTURA

PROF. JOSÉ LAFUENTE.

## INTRODUCCIÓN.

Cuando el hombre deja de ser nómada, y pasa a ser sedentario, se dedicará a cultivar la tierra y a criar aquellos animales que considera necesarios para su alimentación. Durante miles de años, y generación tras generación, irá seleccionando las plantas más resistentes a las plagas que asolan sus cosechas, realizará hibridaciones para aumentar su rendimiento y sin saberlo, poco a poco estará realizando una selección genética.

Los avances tecnológicos tanto en el campo de la medicina como en la industria unido a una serie de mejoras sociales, traerán consigo un aumento considerable en sus índices demográficos, y como resultado de los mismos, nos encontraremos ante una sociedad que demanda ingentes cantidades de productos para su alimentación.

Para poder satisfacer las necesidades alimentarias y atender las demandas de un mercado que cada vez necesita mayor cantidad de productos, se realizará a partir de 1948 la llamada "*Revolución Verde*", la cual tendrá sus primeros pasos en Estados Unidos debido a las grandes inversiones de capital que se realizan, tanto en el campo de la investigación de productos químicos con los cuales se puedan combatir las plagas; como en el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan poner a disposición del agricultor los instrumentos necesarios que le faciliten sus labores agrícolas, como la mecanización, análisis de suelos, productos encaminados a fertilizar el suelo, a regular el crecimiento de las plantas etc. Se crean nuevos sistemas de riego (aspersión, goteo), se incorporan al mercado nuevas plantas híbridas de alto rendimiento y fuerte demanda, y por ultimo, a finales de siglo aparecerán los primeros productos agrícolas fruto de las investigaciones llevadas a cabo en el campo de la biotecnología.

En la actualidad, la población mundial es aproximadamente de unos 6.000 millones de personas, con un crecimiento anual cercano al 2%, lo que ocasionará que a mediados del presente siglo, ésta pueda alcanzar unos valores cercanos a los 12.000 millones de habitantes. Si a lo anteriormente citado, se añade el crecimiento de la industria y que la superficie arable se reduce anualmente en un 0,1%, podemos pensar que el papel de la agricultura en la evolución social de cara al futuro va a ser determinante

## INGENIERÍA GENÉTICA.

Si nos atenemos a los fines a los cuales va encaminada la ingeniería genética y a los medios empleados, podemos definir esta parte de la ciencia, como la metodología que es capaz de modificar las características hereditarias de un ser vivo, mediante una serie de procesos muy complejos que permitan alterar su composición genética. En síntesis, podemos decir que la ingeniería genética consiste en la manipulación del ADN.

Los primeros estudios basados en la actual teoría de la herencia genética, se deben al monje austriaco Johann Mendel Gregor, nacido el 22 de julio de 1822 en Heinzendorf (hoy Hyněice, República Checa), ingresará como profesor en el acreditado centro de estudios científicos regido por agustinos en Brünn (hoy Brno, República Checa), donde se dedica a la investigación y evolución de la herencia genética en más de 28.000 plantas de guisantes cultivadas en el jardín del monasterio, analizando las características de cada planta y sus semillas.

Sus trabajos de investigación, darán como resultado lo que en la actualidad se conoce como "*Leyes de Mendel*". Dichas leyes, están basadas en los resultados obtenidos estadísticamente de una planificación adecuada, de las cuales, llegó a la conclusión de que existían partículas desconocidas hereditarias.

En 1953, el biofísico estadounidense Watson, James Dewey y el biofísico británico Francis Crick, en el Laboratorio Cavendish, Universidad de Cambridge, basándose en los trabajos realizados en el laboratorio por el biofísico británico Maurice Wilkins, descubrieron la estructura en doble hélice de la molécula del ácido desoxirribonucleico (ADN), sustancia que transmite las características genéticas de una generación a la siguiente. Años más tarde, el bioquímico estadounidense Arthur Kornberg, aportaría las pruebas que demostraban la exactitud del modelo que habían descubierto.

Los resultados obtenidos por los científicos anteriormente citados, permitirá comprender como la información genética se almacena en las células, como se transmite dicha información de generación en generación, y como esta se duplica.

A partir de 1970, se darán los primeros pasos en la manipulación genética, ya que se empieza a conocer donde situar un gen de una especie (unidad de herencia genética que posee la información de una determinada proteína), en un individuo de la misma o distinta especie.

La ingeniería genética, suele ser aplicada en agricultura para conseguir plantas que sean capaces de resistir en el medio en que viven, para formar nuevos compuestos, conseguir que bacterias y virus aumenten su síntesis, aportación de genes a personas que sufran anomalías genéticas y en enfermedades como el cáncer y SIDA, para producir vacunas y medicamentos (insulina, hormona del crecimiento), evitar la contaminación viral producida por donantes de sangre (factor VIII recombinante) etc.

Para poder llevar a cabo lo anteriormente citado, fue necesario crear las primeras bacterias transgénicas (producción de insulina), y más tarde, se conseguiría introducir genes con características determinadas en células de insectos, levaduras, animales y plantas.

## **¿QUÉ ES UNA PLANTA TRANSGÉNICA?**

Sí a una planta determinada X, le agregamos un gen procedente de una bacteria de otra planta, o de origen animal, para que sintetice una determinada proteína, y a su vez sea capaz de dotarla de una serie de atributos (resistencia a condiciones medioambientales desfavorables, a determinados virus, a insectos, herbicidas y plagas), tendremos una planta transgénica.

En la actualidad, este tipo de biotecnología se está aplicando en una serie de plantas de fuerte demanda en el mercado (maíz, soja, arroz etc).

Los científicos, basados en sucesos observados en la naturaleza como el comportamiento de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*, que obtiene los alimentos necesarios para su subsistencia de las plantas introduciendo genes ajenos a la misma, dieron origen a que en la década de los ochenta se aislaran los primeros genes de bacterias, siendo los científicos E. Schnept y H. Whiteley en 1981 quienes descubrirían el primer gen con propiedades insecticidas. En 1983, aparecerán las primeras plantas transgénicas de tabaco obra del científico M.D. Chilton empleando la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*. De esta manera, podemos decir que se habían creado las bases para una manipulación genética futura.

La mayoría de los productos biológicos que se encuentran en el mercado, toleran un tipo determinado de herbicida de amplio espectro, gracias a un gen que se ha introducido en la planta, y en el resto podemos encontrar plantas transgénicas resistentes a insectos, resistencia a antibióticos etc.

## **CULTIVOS TRANSGÉNICOS EN EL MUNDO.**

En el apartado anterior, se citaba donde como y cuando se dieron los primeros pasos para la creación de una planta transgénica, pero su empleo en agricultura, se demoraría hasta la siguiente década, siendo China la que en 1992 recoja la primera cosecha de tabaco transgénico. A partir de esa fecha, el cultivo con plantas transgénicas en otros países, ira aumentando considerablemente: Estados Unidos(1994), Argentina, Canadá, y Australia (1996), hasta alcanzar en el 2003 la cifra de 18 países que cultivan en sus campos productos transgénicos.

El crecimiento de las superficies dedicadas al cultivo de plantas transgénicas durante el periodo 1995-2003, ha sido espectacular, pasando de una cifra inferior a 200.000 ha en 1995, hasta alcanzar en el año 2003 según un informe recientemente publicado por ISAAA (Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas) a 67,7 millones de ha.

El 99% de la superficie cultivada según consta en dicho informe, se realizó en Estados Unidos, Argentina, Canadá, China, Brasil y Sudáfrica y el resto de la misma, se distribuyo entre Australia, India, Rumania y Uruguay con mas de 50.000 ha cultivadas, y ocho países entre los que se encuentra España (33.000 ha) con cantidades inferiores a 50.000 ha.

En el estudio de ISAAA, también podemos apreciar que los cultivos biotecnológicos fueron llevados a cabo por siete millones de agricultores procedentes de 18 países, y que los productos biotecnológicos empleados fueron: Las sojas, con 41,4 millones de Ha con valores que alcanzan el 55% de la superficie mundial dedicada a este cultivo, el maíz transgénico, con un total de 15,5 millones de Ha (11%), algodón biotecnológico 7,2 millones ha (21%), y por último, la canola o colza transgénica con 3,6 millones ha (16%)

En el mismo informe de ISAAA, podemos apreciar que en los próximos cinco años se espera que la superficie dedicada en el planeta a cultivos biotecnológicos, lleguen a los 100 millones de hectáreas, y que el numero de países alcancen valores iguales o superiores a 25.

## **DIVERSIDAD DE CULTIVOS TRANSGÉNICOS.**

Desde el momento que el hombre se hace agricultor y alcanza los conocimientos básicos agrícolas, procurara sacar el máximo rendimiento a sus cosechas, para ello, seleccionara las semillas de las plantas más robustas, conseguirá modificar los vegetales que consume realizado hibridaciones y de esta manera conseguir variedades de frutas, hortalizas y cereales.

La aplicación de la ingeniería genética en la agricultura, traerá consigo que en pocos años se consigan obtener resultados que hasta hace unas décadas eran impensables.

En la actualidad, entre los estudios e investigaciones a los cuales va encaminada la ingeniería genética, podemos encontrarnos con productos vegetales que están al servicio del agricultor o en un proceso avanzado de investigación: plantas resistentes a enfermedades, a la acción devastadora de determinadas plagas e insectos, plantas destinadas a conseguir mejores valores nutritivos, plantas que sean resistentes a ciertos herbicidas, vegetales de ciclo vegetativo más extenso, plantas resistentes a condiciones climáticas desfavorables, plantas capaces de adaptarse a suelos salinos, tomates que permiten que maduren en la mata y mantengan un periodo de conservación mayor a los existentes, patatas que resisten el ataque de los insectos y que absorben menor cantidad de aceite al freír, plantas con mayor capacidad para absorber nutrientes del suelo y adaptarse a suelos poco propicios para la agricultura etc.

El 18 de mayo de 1994, se autorizó en Estados Unidos el primer producto transgénico para su introducción en el mercado, "el tomate "FlavrSavr", el cual fue creado por la empresa Calgene. En la actualidad, nos encontramos con 50 productos transgénicos en fase de comercialización y aproximadamente 300 en espera de recibir las autorizaciones pertinentes para su entrada en el mercado.

En la actualidad, en muchos laboratorios se realizan estudios para conseguir plantas transgénicas capaces de adaptarse a suelos pobres y que a su vez posean las cualidades necesarias para absorber los nutrientes necesarios para su alimentación.

Los científicos, han podido comprobar como en muchos casos las plantas se desarrollan en terrenos totalmente desfavorables y en otras no. Para poder llegar a conocer los motivos que originan éstas contradicciones, investigan los genes causantes de este hecho. El alcance de estos conocimientos, permitiría sacar un mayor rendimiento a superficies que en la actualidad son poco o nada propicias para la agricultura (suelos ácidos, marginales, contaminados etc)

Otro de los objetivos a los cuales van encaminadas las investigaciones, es la consecución de plantas transgénicas capaces de desarrollarse en terrenos salinos, almacenado en sus vacuolas la sal tomada del suelo y de esta manera crear un equilibrio osmótico.

En la actualidad, se han conseguido una serie de productos transgénicos los cuales van encaminados al comercio, entre los que destacamos los siguientes.

Tomates(Flavr Svr), que permiten un periodo de maduración en mata y almacenaje mayor, gracias a la incorporación a la planta de un gen artificial (gen antisentido), que permite bloquear una enzima relacionada con la producción de etileno, el cual regula la maduración.

Maíz resistente al ataque de insectos (taladro del maíz) y a un herbicida el glufosinato. Este tipo de maíz, ha recibido un gen el cual codifica una proteína del *Bacillus thuringiensis*, que le permite poseer propiedades insecticidas. Este producto, va encaminado a la producción de harinas y fundamentalmente a la obtención de almidón.

Soja transgénica, resistente a un herbicida el glifosato y conocido en agricultura con el nombre de *Roundup Ready* y producido por la empresa Monsanto. El gen que permite que la soja sea resistente al glifosato, procede de una bacteria que suele encontrarse con frecuencia en el suelo. Esta planta, tiene un alto contenido en ácido oleico (80%) y un 56% mas que la soja convencional. Suele emplearse para la producción de aceite, lecitina y proteína

Colza transgénica, con elevados índices de ácido laurico que se ha conseguido mediante la inserción de un gen que sintetiza una proteína vírica que interfiere la acción de agentes infecciosos

También se han obtenido buenos resultados en Filipinas para combatir el virus de las manchas anulares de la papaya, la cual ocasiona que en muchos casos el papayo se vuelva improductivo.

En los últimos años, tanto las compañías biotecnológicas como agroquímicas, han encaminado sus estudios a la creación de plantas transgénicas con fines biofarmaceuticos e industriales. Dichas plantas, han sido genéticamente modificadas con la finalidad de producir: vacunas para humanos, anticonceptivos, agentes coagulantes, hormonas de crecimiento, encimas industriales, drogas capaces de interrumpir el embarazo etc. Los primeros ensayos, se han realizado en plantas como el maíz, tabaco, patatas etc.

En la actualidad, el numero de ensayos que se vienen realizando con fines tanto farmacéuticos como químicos, o encaminados a la alimentación humana son numerosos, por tanto, ni poseemos conocimientos de todos ellos, ni tampoco sería posible incluirlos dentro de este apartado, limitándonos a citar aquellos que de cara al futuro tengan mayor relevancia:

Los científicos de la Universidad de Cornell (EU), están trabajando en el desarrollo de un cultivo específico de plátanos, el cual contiene una vacuna contra la hepatitis.

*“El arroz dorado”*. Una variedad transgénica que aporta betacaroteno precursor de la vitamina A. Sus creadores, han conseguido diversas variedades de esta planta con la finalidad de introducirlo libremente en los países pobres.

La revista *Nature Biotechnology*, publicaba recientemente que científicos británicos de los laboratorios Unilever Research, tienen en fase de investigación y desarrollo un tomate, el cual, es capaz de aumentar considerablemente los flavonoides. Dichos flavonoides, son potentes antioxidantes que influyen positivamente en retrasar el envejecimiento de las células, retardan el avance de ciertos tipos de cáncer, y protegen de enfermedades de tipo cardíaco. La piel de dichos tomates, contiene 78 veces mas de niveles de flavonoides que los tomates convencionales, y el sabor del mismo no se ve afectado.

Cuatro científicos japoneses y uno británico, han conseguido unas plantas transgénicas de café y de té, las cuales no contienen cafeína. Dichos resultados, se han conseguido inhibiendo el gen causante de la formación de la enzima productora de la cafeína

En la Universidad Pública de Navarra, se ha conseguido obtener a partir de patatas transgénicas, albúmina humana. Este descubrimiento, ha sido posible gracias a los trabajos realizados por la investigadora Inmaculada Farran, lo que preemite de cara al futuro, obtener grandes cantidades de este producto de forma sencilla y económica.

Dicho descubrimiento, permitirá disponer dentro del campo de la medicina, un producto muy usado en enfermedades hepáticas (cirrosis, hepatitis), deshidratación, quemaduras etc.

## **OPINIONES A FAVOR DEL USO DE TRANSGÉNICOS.**

Si nos atenemos a las publicaciones que se han venido realizando por quienes están a favor del uso de productos transgénicos en la agricultura, podemos apreciar los siguientes argumentos:

1. Mayor resistencia de las plantas a insectos y parásitos.
2. Mayor productividad.
3. Disminución del impacto ambiental.
4. Acabar con el hambre en el mundo.
5. La ingeniería genética es mas precisa que el cruzamiento tradicional.
6. Alimentos más nutritivos.
7. Alimentos de conservación mas prolongada.
8. Correctores de carencias vitamínicas.

A continuación pasaremos a citar algunas de las opiniones que se han venido realizando a favor del uso de productos transgénicos en diversos países.

Uno de los científicos creadores del "Arroz dorado", Ingo Potrykus, decía en un comunicado, que este producto pasaba mas controles que cualquier otro producto alimenticio, y que un genoma de arroz dorado, sufría menos alteraciones que los genomas procedentes de otras variedades de arroz cruzados que habían sido obtenidas por métodos tradicionales..

Un estudio presentado en el 2002 por el presidente de ISAAA Clive James y autor del mismo, daba a conocer a la opinión pública, los notables crecimientos que se habían experimentado en el cultivo de transgénicos tanto en el número de has (58,7 millones), como en el de agricultores(6 millones) Además, y según su autor, el cultivo de productos transgénicos reportaron beneficios tanto a la sociedad, como al medio ambiente y a los agricultores.

Según un comunicado de la Academia Nacional de las Ciencias de Estados Unidos, considera que las cosechas de alimentos transgénicos no representan ningún peligro, y advierte al gobierno de que debe de mantener los controles necesarios para evitar las posibles alergias y la aparición de resistencias a antibióticos.

Perry Adkisson, director del Centro Nacional y después de realizar una serie de estudios sobre los posibles riesgos de los alimentos transgénicos, llegaba a la conclusión de que las cosechas por el mero hecho de ser transgénicas no las hacía peligrosas.

La agencia americana Food and Drug Administration (FDA), de gran prestigio internacional, está encargada de llevar el control de alimentos y medicamentos, y que a su vez, tiene la misión de regular en Estados Unidos la salida de productos transgénicos. Dicha agencia, no ha puesto ningún obstáculo a la entrada en el mercado de la soja transgénica de Monsanto y al maíz transgénico de Ciba-Geigy. Por el contrario, se prohibió la introducción de un tipo de soja, a la cual se le habría introducido el gen de una proteína de la nuez del Brasil por dar problemas de alergias.

En un comunicado que realizó la Organización Mundial de la Salud (OMS) en París, en octubre del 2002, descarto en dicho comunicado, que los productos transgénicos representaran un riesgo tanto para la salud como para el medio ambiente. A sí mismo, en dicho comunicado, se expone que todos los productos GM que en la actualidad se encuentran en el mercado, han pasado por todas las evaluaciones de riesgo, que las autoridades de cada país han considerado pertinentes realizar.

De los trabajos de investigación llevados a cabo por los científicos R. H. Phipps y J.R. Park de la Universidad de Reading, y publicados en el Journal of Animal and Feed Sciences, destacamos los siguientes apartados:

1. Los cultivos genéticamente modificados reducen el uso de pesticidas.
2. Si la mitad de los cultivos de maíz, remolacha, colza y algodón de la UE fuesen transgénicos, la cantidad de superficie fumigada por pesticidas, se vería reduciría en valores superiores a siete millones de ha.
3. Se ahorrarían 20,5 millones de litros de combustible.
4. Beneficios al medio ambiente por la reducción de contaminantes, (pesticidas y CO<sub>2</sub>).
5. El uso de productos transgénicos, supuso un ahorro en el año 2000 de 22.000 TM de productos pesticidas en todo el mundo.
6. Los cultivos transgénicos permiten producir mayor cantidad y mejores alimentos.

## **CONTRA EL USO DE TRANSGÉNICOS.**

Cuando en 1994 la Food and Drug Administration de Estados Unidos da luz verde para la puesta en el mercado al producto hortícola genéticamente modificado (el tomate Flavr-Savr), a partir de esa fecha hasta la actualidad, nos encontremos con tal disparidad de criterios en cuanto a sí los cultivos transgénicos deben ser o no empleados, que en este tratado son imposibles de enumerar. Tenemos gobiernos y científicos que se declaran a favor de las nuevas tecnologías, y por otro lado, estaremos también ante la oposición de asociaciones de consumidores, grupos ecologistas, investigadores y gobernantes. Debido a ésta diversidad de opiniones, intentaremos exponer en este apartado las más significativas que hacen referencia al mismo.

John B. Fagan, doctor en Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad de Cornell, ha estado estudiando durante un periodo de 15 años la toxicología molecular de la dioxina y otros contaminantes ambientales. Sus trabajos de investigación, incluyen siete años en los Institutos Nacionales de Salud en Washington y en la actualidad, es profesor de Biología Molecular en la Universidad Maharishi.

Autor de una gran cantidad de publicaciones científicas, sus trabajos y opiniones han aparecido en diversos medios de comunicación de los cuales pasamos a citar algunas de sus opiniones referentes al uso de los transgénicos en el campo de la agricultura y alimentación.

- Cuando se introduce un gen dentro de otro organismo, éste no funciona aisladamente, sino que interactúa con los diferentes componentes del organismo siendo imposible predecir sus efectos.
- Considera que el producir nuevas variedades de plantas con la tecnología del DNA, implican riesgos en la seguridad de los alimentos que ordinariamente no existen en los cultivos de plantas tradicionales.
- La introducción de un nuevo gen, puede alterar los niveles de los genes nativos, y producir alimentos alérgicos y tóxicos.
- No hay un consenso dentro de la comunidad científica, ya que mientras que muchos expertos opinan que los alimentos procedentes de plantas transgénicas son tan seguros como los que proceden de métodos convencionales, otros creen que presentan un nivel de mas alto riesgo
- Los controles de cultivos de plantas modificadas genéticamente, no serán efectivos, puesto que una vez introducidos, nunca podrán ser retirados del medio ambiente, y sus efectos darán origen a que se extiendan sin limites

El profesor de Genética de la Universidad de Ontario Oeste, doctor Joseph Curnmins, daba a conocer que existía la posibilidad de que las amenazas de las cosechas transgénicas, fueran las inserciones de genes de virus modificados y de virus de insectos, ya que las pruebas realizadas en laboratorio, habían demostrado que la recombinación genética creaba virus muy virulentos. En su afirmación, expone como ejemplo el “*Virus de mosaico de la coliflor*” frecuentemente usado. Dicho virus, es un gen potencialmente peligroso, ya que es un pararetrovirus (se caracterizan porque su material genético está en forma de ARN, pero al entrar en la célula hospedante transforman el ARN (material genético de ciertos virus), en ADN mediante la enzima transcriptasa inversa). Este tipo de virus, es semejante al virus de la Hepatitis B y se encuentra relacionado con el HIV (virus del SIDA).

Según la opinión de los científicos (Rissler y Melion, 1996), la introducción de cultivos transgénicos en la agricultura, traerá consigo el incremento del uso de pesticidas y la aparición de supermalezas y nuevas plagas de insectos resistentes.

En 1996, el científico Robinson, daría a conocer que los cultivos transgénicos, traerían consigo la expansión de monocultivos, y por lo tanto, se corre el riesgo de llegar a conseguir valores peligrosos de homogeneidad genética, y que las plantas sean más vulnerables.

Un año después, este mismo científico, expondría que las plagas se adaptan periódicamente a las nuevas situaciones del medio en que se desarrollan, creando mecanismos de detoxificación, y según se deducen de sus afirmaciones, la introducción de genes en plantas dará resultado a corto plazo.

Los científicos Rissler y Mellon, 1996, expondrían que los cultivos con plantas genéticamente modificadas, traerán consigo una serie de riesgos entre los que se encuentran la transferencia no intencionada de genes a plantas silvestres con efectos ecológicos difíciles de evaluar.

Según las opiniones de los científicos Fowler y Mooney publicadas en 1990, las semillas transgénicas tienden a remplazar tanto a las antiguas variedades de plantas que durante siglos se vinieron recolectando como a las silvestres, dando origen a una degradación genética.

## **PROBLEMAS AMBIENTALES.**

El ser humano, con su comportamiento durante siglos, ha venido alterando los ecosistemas produciendo en mayor o menor intensidad impactos medioambientales. Las mayores agresiones a los ecosistemas, han sido debidas en primer termino a la agricultura, la cual, ha ocupado ingentes superficies en las cuales residían otros ecosistemas, dando origen a la desaparición de la flora y fauna autóctona y a la alteración biótica del suelo. Otras actividades, como la tala de bosques y la creación de núcleos urbanos, también son los causantes de la reducción de la biodiversidad.

La aplicación de la biotecnología en el campo de la agricultura, puede ser de cara al futuro otra de las causas que ocasionen alteraciones en los ecosistemas. Sus consecuencias, a medio o largo plazo, no es posible en la actualidad su evaluación, debido a que su uso, es todavía reducido y a que ésta actividad es de reciente creación

Hasta este momento, las opiniones de la comunidad científica sobre los impactos que sobre el medio ambiente puedan producir los cultivos biotecnológicos, siguen sin ser uniformes, de tal manera que nos encontramos ante una diversidad de criterios de los cuales pasaremos a citar las más generalizadas:

1. La aparición de resistencias a los organismos modificados genéticamente (OGM).
2. Incertidumbre ante las consecuencias de que un gen al ser integrado en una planta distinta actúe de forma imprevista y no deseada.
3. Transmisión de genes de plantas transgénicas a plantas emparentadas y que en esos momentos se cultivan por métodos tradicionales en otros lugares cercanos.
4. Temor a que los organismos modificados genéticamente, produzcan toxinas y estas pasen a la cadena alimenticia.
5. Existe la incertidumbre de que la expansión de cultivos (OGM), influyan negativamente en el crecimiento de la agricultura biológica.
6. La desaparición de muchos insectos y malas hierbas con la consiguiente modificación de los ecosistemas y la alteración de la cadena alimentaria.
7. La creación de grandes extensiones de terreno al monocultivo, ocasionan que las plantas sean mas susceptibles al ataque de insectos.,
8. Los restos de cosechas de cultivos genéticamente modificados pueden alterar la fertilidad del suelo influyendo sobre los microorganismos residentes en el mismo.

## **CREACIÓN DE RESISTENCIAS A LOS OGM.**

El Dr. Tabashnik, profesor y jefe de servicio en el departamento de entomología, de la universidad de Arizona en Tucson, en estudios realizados tanto en campo como en laboratorio, descubrió que varias especies de Lepidoptera causante de perdidas valoradas en mas de mil millones de dólares habían desarrollado resistencia a la toxina Bt empleada en aerosoles, sugiriendo que los mayores problemas de resistencia se darían en los cultivos transgénicos donde las plagas están expuestas a una mayor exposición y por consiguiente, la toxina crea una mayor selección.

Un estudio realizado por el equipo de investigación de Fred Gould de la Universidad Estatal de Carolina del Norte, ha permitido realizar estimaciones directas en campo de la frecuencia en las cuales los insectos generan resistencias al Bt. Los investigadores, comprobaron que en una plaga del tabaco (*Heliothis virescens*), y frecuente en el algodón, en 1 de cada 350 individuos ofrecían resistencia a la toxina Bt.

Según las conclusiones del científico Gould en 1994, cuando una plaga está expuesta a un producto genéticamente modificado, su exposición salta de mínima y ocasional (en casos de fumigaciones químicas), a exposición máxima, lo cual, ocasiona que su proceso de resistencia aumente considerablemente.

Los científicos de la Universidad de Melbourne (EE.UU.), comprobaron la aparición de resistencia en la polilla del algodón en los cultivos de algodón Bt, expresando su temor a que el problema aumente considerablemente cuando dicho cultivo se generalice.

## **TRANSMISIÓN GENÉTICA.**

Cuando se crea una planta transgénica, se la dota de una serie de propiedades especificas las cuales van encaminadas a desarrollar una determinada función. Sin embargo, se corre el riesgo de que dichas características pasen por polinización cruzada a otras plantas, bien silvestres o emparentadas con la planta genéticamente modificada, dotando a aquellas, de las características que la planta biotecnológica posee, estando ante la posibilidad de que podemos encontrarnos con la invasión de agro ecosistemas y la perdida de especies autóctonas de esos lugares.

Este tipo de transmisión genética, se ha podido apreciar en la aparición de malezas difíciles de combatir como en el caso de la canola (variedad de colza), que está proliferando en los campos de cultivos en Canadá.

Según un informe de la Agencia Europea para el Medio Ambiente relacionado con la dispersión de genes a través del polen, en cultivos transgénicos de trigo, patata, remolacha, maíz, cebada y colza, se expone que tanto el maíz, como la colza y la remolacha presentaban altos riesgos de transferencia de genes.

En Méjico, y según las declaraciones del secretario ejecutivo de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados de este país, reconocía la existencia de la transferencia de genes de maíz modificado genéticamente a maíces silvestres

## **DESAPARICIÓN DE INSECTOS Y MALAS HIERBAS.**

Algunas variedades de OGM, poseen propiedades insecticidas para combatir el ataque de las plagas, pero dichas propiedades, pueden influir también en la desaparición de insectos no deseados y que en muchos casos tienen un papel importante en la agricultura como en el caso de los polinizadores. Un ejemplo de lo anteriormente expuesto, es el descubrimiento realizado por los biólogos de la Universidad de Cornell, en Estados Unidos, con lo que le ocurre a la mariposa monarca, ya que se ve afectada por la acción insecticida del maíz Bt. Este lepidóptero, se alimenta su oruga del algodoncillo, planta que suele crecer cercana a los campos cultivados de maíz, y que por la acción del viento recibe el polen del maíz Bt dotando a la planta silvestre de las toxinas del maíz transgénico y ocasionando la muerte de sus orugas.

El uso de herbicidas de amplio espectro, lleva produciendo efectos negativos sobre los ecosistemas mucho tiempo, afectando negativamente a la cadena alimenticia. Como ejemplo de lo anteriormente expuesto, citaremos que el pardillo (*Carduelis Cannabina*), era muy frecuente encontrarlo en los campos ingleses. En la actualidad, y debido al uso de los herbicidas, ha estado al borde de su desaparición por falta de alimento.

## **RESTOS DE COSECHAS TRANSGÉNICAS**

Los residuos de las cosechas de cultivos transgénicos, y los posibles impactos medioambientales, también han sido motivo de estudios por parte de la comunidad científica. El científico Palm, en 1996 había llegado a la conclusión de que las toxinas Bt podían incorporarse al suelo a través de la descomposición de los residuos de las cosechas, pudiendo persistir sin degradarse hasta tres meses y fijándose en las partículas arcillosas. También, Donnegan (1995), Palm (1996) y James (1997), exponían sus temores a que la toxina Bt afectara a las poblaciones de invertebrados del suelo que descomponen la materia orgánica.

## **¿SON LOS ALIMENTOS TRANSGÉNICOS NOCIVOS PARA LA SALUD?**

Si la incorporación de los cultivos transgénicos al campo de la agricultura ha suscitado una serie de opiniones tanto a favor como en contra en la gran mayoría de los países de este planeta, no es menos cierto que la introducción de sus productos en el mercado tanto para el consumo humano como en ganadería, no esté exenta de cierto temor y recelo en muchos países.

Hasta estos momentos, nadie ha podido demostrar que el consumo de productos transgénicos sean nocivos para la salud, sin embargo, existe una serie de hipótesis e incertidumbres sobre las consecuencias que se puedan derivar de su consumo, y que aconsejan ser prudentes antes de llegar a realizar las conclusiones oportunas. Por consiguiente, nos limitaremos a expresar en este apartado las opiniones mas generalizadas que expresen las conclusiones a las que han llegado parte de la comunidad científica.

Los hipotéticos riesgos que pueden derivarse del consumo de transgénicos son los siguientes:

- a) Aparición de alergias. Todo tipo de alimentos, puede llegar a ser la causa de que a determinadas personas puedan presentar procesos alérgicos a ciertas proteínas. Algunos alimentos transgénicos introducen en la cadena alimenticia nuevas proteínas, las cuales, pueden ocasionar determinadas alergias como ocurre con una variedad de soja transgénica que lleva incorporada un gen de la nuez de Brasil. Sin embargo, no existe la certeza de que una transferencia genética incremente el potencial alérgico. En algunos casos, podríamos encontrarnos ante el hecho de que en un determinado caso de alergia al consumir un producto transgénico, hiciéramos responsable de la misma a dicho producto, cuando realmente, las causas pudieran tener otros orígenes. Pongamos un ejemplo: existe un tipo de tomates y de fresas transgénicos a los cuales se le ha incorporado un gen de pescado (un pez que vive en aguas árticas) para que la planta resista las bajas temperaturas. Al ingerir sus frutos, podemos encontrarnos que la persona pueda presentar problemas alérgicos pero tengan su origen en el pescado.
- b) Resistencia a los antibióticos. En la actualidad, no ha podido ser demostrado que un gen ingerido por vía digestiva, se haya transmitido a una bacteria del tracto intestinal, de tal forma, que existe un riesgo teórico. Actualmente, hay plantas transgénicas que contienen genes resistentes a la ampicilina y kanamicina, y por lo tanto, es lógico admitir que exista una preocupación de que estos genes sean transferidos a las bacterias del organismo humano, y a su vez, crear resistencias a los antibióticos.

Aunque muchos científicos opinan que el consumo de alimentos transgénicos no representa ningún riesgo para la salud humana, también nos encontramos ante opiniones que mantienen que las propiedades de una planta transgénica, vienen condicionadas por una serie de factores como la climatología, composición del suelo, tipo de cultivo etc, afirmando que no existe la seguridad de que un gen que cumple una determinada función en una planta, no altere dicha función en la planta transferida, y de origen a que las proteínas producidas, puedan actuar como toxinas alterando el metabolismo de la planta, la cual, puede llegar a producir nuevas toxinas que serían a su vez fuente de nuevas alergias.

De todos los productos transgénicos que en la actualidad están presentes en la agricultura, los que ocupan mayores superficies de cultivo son la soja y el maíz. El primero, se encuentra en más del 60% de los alimentos elaborados y es utilizado para la obtención del aceite y lecitina. En cuanto al maíz, sus aplicaciones fundamentales son para la obtención de la glucosa a partir del almidón. En ambos casos, existe una opinión bastante extendida, que afirma que los materiales procesados, están exentos de las proteínas que han sido introducidas para producir su resistencia, y por lo tanto, no existe ningún elemento diferente (biológico, físico, químico etc), a los que se encuentran en los productos convencionales.

En cuanto a la posibilidad de que el cuerpo humano adquiriera la resistencia a un determinado antibiótico, argumentan las siguientes razones: Para que una bacteria humana se hiciera resistente a un determinado antibiótico, sería necesario que el gen causante de dicha resistencia, no fuera destruido ni alterado, caso que no se produce al procesar los alimentos, ya que en dicho proceso, se destruye el DNA, y podría darse hipotéticamente este suceso cuando el producto se consumiera sin procesar (pienso para animales) Así mismo, consideran que la transmisión de un gen resistente a los antibióticos, es más probable que pudiera transmitirse de una bacteria procedente del intestino humano que de un gen de origen vegetal

## **ETIQUETADO DE PRODUCTOS TRANSGÉNICOS.**

La puesta en el mercado de los productos transgénicos, y su consiguiente identificación, ha traído consigo una serie de enfrentamientos comerciales entre Estados Unidos y la Comunidad Europea.

Por un lado, la Comunidad Europea esta muy sensibilizada con el tema de la seguridad alimentaria, ya que los países que la forman, sufrieron los rigores de la contaminación tanto ambiental como alimentaria, debido a la falta de control e información durante décadas, de los productos que consumían. Para evitar los errores del pasado, obligaron a que sus países miembros, cumplieran una serie de normativas jurídicas, en aras de la seguridad alimentaria y del medio ambiente. Por ésta serie de fundamentos, y con relación a los productos transgénicos, se viene defendiendo durante los últimos años, el llamado "*Principio de familiaridad*", el cual, consiste en tener la información adecuada sobre estos productos, y de esta manera, se permita realizar una evaluación de sus posibles riesgos.

¿Cuál es la postura de la Comunidad Europea?

El Parlamento Europeo, estableció una moratoria en 1998 para la comercialización de productos transgénicos. Dicha moratoria, será levantada en febrero del 2001, por un periodo de diez años, prorrogables otros diez. La nueva directiva, estableció fuertes medidas de control en la que se determinaba la no-autorización hasta el 2004, de productos transgénicos resistentes a antibióticos. Así mismo, se establecían una serie de medidas encaminadas a realizar un seguimiento de dichos productos y, plantear en un futuro hacer responsables a las compañías productoras, de los posibles daños tanto medioambientales como sanitarios que se pudieran ocasionar.

Los consumidores, han expresado a través de encuestas realizadas en una gran mayoría, sus deseos de tener mas información sobre los alimentos que consumen, y de esta manera, poder seleccionar aquellos que consideren más idóneos, tanto en función de su cultura alimentaria, como sanitaria. De cara al futuro, habrá que tener en cuenta los deseos de una masa social, la cual considera necesario saber si los productos que consume contienen o no organismos genéticamente modificados.

El etiquetado de productos transgénicos, es uno de los problemas que ha enfrentado en los últimos años a Estados Unidos y a la Comunidad Europea, alegando los primeros, que para productos como el tomate Flavr Svr es posible su etiquetado. Sin embargo, no ocurre lo mismo con productos como la soja, ya que dicho producto, suele mezclarse con otras variedades tanto en los silos como en los barcos que la transportan, y que además, añaden que este producto no se consume en grano, sino el aceite obtenido de la misma, el cual no contiene ningún material genético.

El etiquetado de la harina fabricada con maíz transgénico, si lo consideran obligatorio, ya que contiene la proteína Bt, pero su etiquetado, es irrelevante cuando se ha empleado la fructosa o glucosa derivada de este producto, ya que ni las técnicas del PCR, no han podido detectar que contenga material genético, y que su contenido, en nada difieren de los cultivos convencionales.

Globalmente, la postura de Estados Unidos en cuanto al etiquetado obligatorio de los productos transgénicos, mantiene la opinión que deben etiquetarse aquellos productos, que las autoridades pertinentes consideren que contienen sustancias alimenticias que puedan alterar en mayor o menor medida problemas de seguridad o de salud (alergias)

El etiquetado de los productos transgénicos, requiere una línea de trazabilidad, que va desde el agricultor, hasta su proceso y venta. Según un estudio del gobierno canadiense, el etiquetado de los productos transgénicos incrementaría su precio al consumidor en un 10%.

Por ultimo, los porcentajes de ingredientes genéticamente modificados que deben contener aquellos productos para ser etiquetados, existen sobre los mismos una serie de propuestas, las cuales oscilan desde el 0,1%, hasta el 5%, aunque los criterios más numerosos son del 1%.

En la actualidad, existe para la Comunidad Europea una nueva normativa que obliga al etiquetado de productos que provengan de OGM y que contengan mas de 0,9 % de dichos productos, y establece la presencia de hasta 0,5% de productos OGM que no estén autorizados pero que contengan informes científicos favorables.

## **CULTIVOS TRANSGÉNICOS EN ESPAÑA.**

España fue el primer país europeo que empezó a cultivar la variedad de maíz transgénico Bt a finales de la década de los noventa, y a partir de sus primeros comienzos, ha experimentado hasta el año 2003 un crecimiento notable, alcanzando una superficie cultivada según un informe del Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA), de 32.000 ha, siendo nuestro país el que ha dedicado mayor superficie a los cultivos transgénicos de maíz. Desde 1993, se han venido realizando en nuestro país numerosos ensayos de cultivos piloto con OGM que abarcan una gran variedad de productos, alcanzando por su importancia el cuarto país europeo.

Los datos consultados referentes a las zonas donde se han venido realizando los cultivos de maíz Bt, difieren notablemente unos de otros, mientras que un estudio de Syngenta expone que durante el periodo 1998-2002, este producto se cultivo en Albacete, Badajoz, Gerona, Huesca, Lérida, Sevilla y Zaragoza; nos encontramos con otros como los publicados por la Unión de Pequeños Agricultores, en los cuales se manifiesta que el cultivo del maíz Bt se realizo en veinticuatro provincias, siendo la Comunidad de Madrid la que ocupa la primera posición, ya que el 74,6% del maíz cultivado es transgénico.

En nuestro país, la Oficina de Variedades Vegetales del Ministerio de Agricultura, está realizando trabajos de investigación en campo, en los términos de Aranjuez y Albacete. La finalidad de dichos trabajos, va encaminada a la recogida de mas de 700 muestras que permitan conocer la transmisión de pólenes en los campos de cultivo, y de esta manera, y según los resultados obtenidos, se podrán tomar las medidas oportunas en los cultivos de maíz transgénico para que cumplan las normas de la UE. También, los estudios van encaminados a buscar la convivencia de cultivos mediante factores como la distancia entre los mismos, manipulación de semillas etc.

Los datos consultados referentes a la cantidad de maíz y soja importados por nuestro país, y el número de TM de maíz producido a lo largo de nuestra geografía, no presentan una uniformidad de valores, mientras que para el Ministerio de Agricultura, se importaron dos millones de toneladas de maíz transgénico y un millón de toneladas de soja, para la organización ecologista Greenpeace, se importaron alrededor de cinco millones de TM en total de ambos productos. En cuanto al numero de toneladas producidas, el rango de valores consultados oscila entre 250.000 y 300.000 TM.

La gran mayoría de los productos transgénicos de maíz y soja importados, proceden de Estados Unidos y Argentina, siendo la finalidad de dichos productos, piensos para animales (70%), alimentación humana (30%) y fabricación de almidón, lecitina etc.

# CONCLUSIÓN

En la actualidad, el aumentar las superficies de cultivos para satisfacer las demandas alimenticias de una población que cada vez es más numerosa, traería consigo ampliar todavía más el desequilibrio en los ecosistemas, y por consiguiente, influiría negativamente sobre el clima y el medio ambiente. Si a lo anteriormente citado, unimos que los rendimientos en los cultivos están alcanzando sus máximos valores y que las disminuciones de las cosechas por el ataque de insectos, bacterias, virus, malas hierbas etc, llegan a alcanzar en muchos casos el 40%, es comprensible admitir que la entrada en el mercado de los productos biotecnológicos ofreciendo al agricultor productos capaces de resistir el ataque de determinadas plagas y el poder combatir las malas hierbas con reducciones de costo y mano de obra, han sido la causa de que los cultivos con estos productos hayan crecido espectacularmente en la última década.

La aparición de la nueva era biotecnológica, ha traído consigo opiniones contrapuestas dentro de la comunidad científica, enfrentamientos entre países y por encima de todo un temor muy extendido a las consecuencias futuras que puedan ocasionar la introducción de OGM al medio ambiente y a la salud humana. Sin embargo, nos encontramos ante una realidad que nos indica que tanto las opiniones de los que están a favor, como las de aquellos que opinan lo contrario, no tienen todavía la información adecuada, ya que ante un tema de tanta trascendencia, se requiere una base científica lograda después de años de una exhaustiva investigación, y no basarse en hipótesis de resultados futuros. Un ejemplo de que todavía nos falta mucho por recorrer en el campo de la biotecnología, nos las da Richard Lewontin, profesor de genética de la Universidad de Harvard, el cual, refiriéndose a la misma, expone lo siguiente: "Tenemos un conocimiento tan desgraciadamente pobre de cómo el DNA de un organismo evoluciona, que me sorprendería que no tuviéramos un rudo golpe uno detrás de otro".

Una de las incógnitas que se plantean los científicos, es que dada la complejidad del código genético, no es posible predecir el comportamiento de un gen al ser insertado en el ADN de otra célula, ya que cabe la posibilidad de que rompa el orden de sus genes y de lugar a cambios imprevistos con la creación de un nuevo patógeno más virulento producido por la recombinación del ARN del virus y un ARN viral. Como ejemplo a lo anteriormente expuesto, citamos las declaraciones realizadas en 1996 por el científico Steinbreche, el cual afirma, que como resultado de las investigaciones realizadas por algunos científicos, había comprobado que bajo una serie de condicionantes, en las plantas transgénicas, se había producido una recombinación viral, dando origen a una nueva raza producida por una alteración del gen insertado. También en el mismo año, los científicos Paoletti y Pimentel, exponían que solo ante la posibilidad de que pudiera producirse una recombinación genética y diera como resultado una nueva raza viral, debían realizarse una serie de investigaciones experimentales cuidadosas.

Otra de las causas que han dado origen a opiniones que se oponen al uso de los transgénicos en la agricultura, es la contaminación genética y su impacto ambiental, sin embargo, a la hora de realizar una evaluación global, no debemos realizarla bajo un aspecto genérico, sino ateniéndonos a las características intrínsecas que cada planta transgénica posee

El impacto negativo que el uso de agroquímicos ha ocasionado en los ecosistemas durante décadas, es incalculable, pero posible de poder llegar a restablecer un equilibrio biológico con la supresión de los mismos. Sin embargo, en el caso de los transgénicos, una vez liberados en el medio ambiente, pueden reproducirse y sufrir mutaciones siendo imposible controlar y cuantificar los procesos de transferencia de genes que se produzcan y predecir sí los daños que pudieran producirse serían o no irreversibles.

Se han podido comprobar a través de estudios realizados, la aparición de los primeros indicios de resistencia de las plagas a algunas variedades de productos transgénicos, sin embargo, dada la gran variedad de genes que se han aislado, también es posible usar otras alternativas. La problemática, podría estar en el caso de que los insectos crearan resistencias múltiples o resistencias cruzadas.

Otro de los efectos negativos que se le han achacado a algunas variedades de cultivos transgénicos, es que poseen efectos negativos sobre las poblaciones de aves e insectos. En cuanto a la reducción de insectos, considero que estos tipos de cultivos tienen que reducir notoriamente el uso de insecticidas, y que salvo casos aislados como el de la mariposa monarca, solo puede afectar a aquellos que se alimentan de estos tipos de plantas. En cuanto a que las aves se vean afectadas por esta modalidad agrícola, existe escasa información para poder afirmar tal hecho, y ante todo debemos ser prudentes antes de llegar a conclusiones carentes de rigor científico. Estudios realizados en el Reino Unido, sobre algunos cultivos transgénicos, exponían refiriéndose al impacto negativo sobre las aves, que la Calandria (*Melanocorypha calandra*), se vería seriamente afectada y que corría el riesgo de desaparecer en veinte años. En principio, y con todas las reservas, creo y deseo que los cultivos transgénicos no lleguen a ser los causantes de la muerte de millones de aves como fueron los agroquímicos.

En cuanto a los posibles riesgos para la salud que puedan conllevar los alimentos que contengan productos derivados de los OGM, una gran parte de los científicos convergen en la opinión, de que estos probablemente sean inferiores a los que cree la opinión pública, siempre que dichos productos estén sometidos a controles rigurosos con protocolos que permitan evaluar los riesgos potenciales como: introducción de toxinas, alergias, cambios nutricionales etc.

El etiquetado de productos que contengan OGM, debe estar editado en un lenguaje que este al nivel de comprensión de cualquier tipo de escala social, de tal manera, que el consumidor pueda entenderlo y le permita escoger lo que come.