



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**REVISIÓN BIBLIOGRAFICA DE LA SOYA
TRANSGÉNICA: BENEFICIOS Y RIESGOS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA EN ALIMENTOS**

**P R E S E N T A:
MARIA ELENA PAHUA RAMOS**

**ASESORAS: Q.F.B. MARTHA PATRICIA ZÚÑIGA CRUZ
I.B.Q. LETICIA ZÚÑIGA RAMIREZ**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis dos grandes amores, mis hijos, Alan y Denisse que son y serán el motor que mueve mi vida, por que con sus sonrisas me hacen muy feliz; esperando que siempre se sientan orgullosos de mi, que un día les sirva de ejemplo y que a pesar de todas las dificultades que se encuentren con amor y dedicación pueden lograr lo que se propongan.

Los amo.



AGRADECIMIENTOS.

A DIOS Primero por haberme dado la dicha de tener los padres que tengo, por la vida que aun que difícil, ha estado llena de bendiciones, por ponerme en este camino en el cual me he desenvuelto, gracias por darme la oportunidad de vivir.

A mi papá: tu eres un gran hombre, gracias por ser siempre un ejemplo de responsabilidad, fortaleza, trabajo, y honradez, por enseñarme desde pequeña lo grande que es una persona aun cuando no con palabras si con acciones, por eso, hoy te quiero decir que te quiero y te quiero mucho y nunca terminaré de darle gracias a Dios por haberme dado un padre como tu.

A mi mamá: Gracias por apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida, por estar siempre a mi lado a pesar de todo, gracias por querer a mis niños y por cada momento en que estas conmigo.

A mi esposo Marcos: quiero darte las gracias por apoyarme en mis decisiones y mis sueños, por compartir tu vida junto a la mía, por



darme esos hijos tan maravillosos y por los momentos inolvidables que me has hecho pasar.

Yo se que han sido difíciles estos tiempos pero a pesar de ellos siempre hemos estado juntos compartiendo la sonrisas de nuestros hijos y también por que contigo he compartido los momentos más felices de mi existencia.

A mi hermano Salvador: siempre has sido el orgullo de todos, y con muy buena razón, eres una gran persona y un gran amigo y como dice el dicho de tras de un gran hombre hay una gran mujer, como la supiste escoger, a Normita que juntos me han brindado un gran apoyo no solo para este trabajo, sino para muchas otras cosas, gracias por querer tanto a mis hijos y por que para mi siempre vas ha ser mi hermanito.

Y a Normita gracias por querer a mi hermanito y por ser una gran amiga.

A mi hermano, Nacho: Nunca pierdas la frescura de tu sonrisa, tu sencillez y la alegría que contagias cundo ríes, espero que algún día comprendas que todos te queremos mucho y que solo queremos que



estés bien. Cuida mucho a Vanessa y Andrea que también las queremos mucho.

A mis Asesoras: la profesora Paty Zúñiga por el gran apoyo incondicional que me brindo para la realización de este trabajo, por sus enseñanzas y por su paciencias. Mil gracias.

A la profesora Lety Zúñiga, por su apoyo, por su comprensión y por las facilidades para realizar este trabajo.

A la Máxima casa de Estudios la UNAM y a la FES Cuautitlan por haberme dado la oportunidad de haberme desarrollado en sus aulas, por los profesores que día con día apoyaron a mi formación.

A mis sinodales: Dr. Francisco Montiel, QFB. Virginia Oliva, Dra María Andrea Trejo y MC Ma. Del Carmen Valderrama, por sus valiosas observaciones y por su apoyo para finalizar este trabajo.

A mis amigas, Juanita Valadez, Guadalupe Soto, Fabiola Cervantes, Consuelo Garcia, Lety Cateñanos, Iliana Vazquez, Marilu y la Sra. Angelina, por estar y compartir momentos inolvidables a lo largo de mi vida por aconsejarme, reír y llorar junto a mí.



A mi gran amigo Obed: le agradezco a Dios haberme puesto en mi camino una persona como tu, por que para mi has sido mas que un amigo; mi apoyo, porque tu me aconsejaste en los momentos mas dificiles de mi vida y también por compartir tu sonrisa conmigo, gracias por seguir siendo mi amigo y estar siempre apoyándome, especialmente en este momento tan importante para mi.

A mis abuelitos, a Edgar Aquino Mora y Don Julio por que siempre tendrán un lugar en mi mente y en mi corazón, aun que ya no los pueda ver se que donde estén se alegraran por este momento tan importante para mi.

A mi cuñada Carmen y su familia por su apoyo y consejos que siempre me han dado, por ser mas que mi cuñada, mi amiga.

A mi Suegra la Sra. Amalia Suarez, sus hijos Beto, Ma. Edmidia y su esposo Victor, Olga, Juan, Julio y Lola a todos sus nietos por apoyarnos y darme la oportunidad de formar parte de su familia.



INDICE

Indice de cuadros.....	xi
Indice de Figuras.....	xii
Abreviaturas	xiii
Resumen.....	xv
Metodología.....	xvii
Introducción.....	1
Objetivos.....	3
Capítulo I	
Generalidades.....	4
Proteína de Soya	8
Valor nutricional de la soya.....	10
Capítulo II	
La Biotecnología.....	12
Historia de la Biotecnología.....	17
La Biotecnología Moderna en México.....	22
Ingeniería Genética.....	25
Manipulación Genética.....	25



ADN recombinante	31
Biobalística	34
Vectores viricos.....	37

Capítulo III

Organismos genéticamente modificados.....	39
Clasificación de los OGM.....	42
Presencia de los OGM en el mundo.....	43
Presencia en la union europea	45
El papel de la FAO sobre los OGM.....	47
Organismos genéticamente modificados en México.....	51
Otros productos modificados genéticamente.....	55
Producción de OGMs en México.....	56

Capítulo IV

La bioseguridad y las leyes que rigen a los OGM en México y el Mundo.....	58
Protocolo de Bioseguridad.....	60
Bioseguridad y los Alimentos.....	62



La regulación de la bioseguridad en México.....	66
Norma oficial Mexicana NOM-056-FITO-1995.....	66
Es aprobada por la Camara de Diputados la Ley de Bioseguridad en México	71
La Impacto de los OGMs en la salud en México.....	74
Impacto en la Agricultura.....	76
Producción de alimentos.....	76

Capítulo V

Soya Transgénica.....	79
Métodos de mejoramiento de la soya.....	80
Objetivos del mejoramiento de la soya.....	81
Obtención de Soya Transgénica	84
Soya resistente a herbicidas.....	84
Últimos avances científicos en métodos de detección de soya transgénica.....	91
Bio-quimiluminiscencia.....	93
Extracción de DNA de soya	93
Método de Souther para la obtención de soya transgénica.....	95
Beneficios de la soya transgénica.....	96



Riesgos de la soya transgénica.....	99
Análisis	103
Conclusiones.....	106
Bibliografía.....	109



INDICE DE CUADROS.

Cuadro 1 Comparación Proteica de la soya con otros alimentos	(6)
Cuadro 2 Principales productos proteicos derivados de la soya	(7)
Cuadro 3 Composición de Aminoácidos en 100 gr de porción comestible de soya.	(8)
Cuadro 4 Composición aproximada del frijol de soya (base seca)	(10)
Cuadro 5 Soya transgénica cultivada en E. U. tolerante a herbicidas	(87)



INDICE DE FIGURAS.

- Figura 1 La Biotecnología, su evolución y eventos científicos fundamentales para su desarrollo. (24)
- Figura 2 Producción de insulina mediante Ingeniería genética. (29)
- Figura 3 Construyendo un organismo nuevo. (30)
- Figura 4 Construcción de una molécula de ADN recombinante (33)
- Figura 5 Transformación genética de gramíneas por bombardeo (36)
- Figura 6 Países productores de Organismos Genéticamente Modificados (45)



ABREVIATURA

ADN.-Ácido Desoxiribonucleico.

CDB.-Convención sobre la diversidad Biológica.

CIBIOGEM.-Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y OGMs.

CIPF.-Convención Internacional de protección Fitosanitaria.

CSIC.-Instituto de Estudios Sociales Avanzados.

EPSP.-Enol-piruvil-shinkimato-fosfato sintetasa.

FAO.-Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones
Unidas

FDA.-Food and Drug Administration.

INE.-Instituto Nacional de Ecología.

INIFAP.-Instituto Nacional de Investigaciones Forestal, Agrícola y Pecuario

NIH.-Instituto Nacional de salud de los Estados Unidos.



OCDE.-Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

OMS.-Organización Mundial de la Salud.

PEG.- Polietilenglicol.

REDBIO.-Red de Cooperación Técnicas en Biotecnología Vegetal para
América Latina

SECOFI.-Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.

SEMARNAT.-Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

TLC.-Tratado de Libre Comercio de Norteamérica.

UAEM.-Universidad Autónoma del Estado de México

USDA.-United Status Departament of Agricultura



RESUMEN

La investigación para el conocimiento y el mejoramiento de los cultivos nuevos y tradicionales con fines alimentarios, de salud e industriales ha sido una preocupación constante de la comunidad científica.

El crecimiento de la población mundial y en especial de los países en desarrollo, el énfasis de los gobiernos y de los organismos internacionales en los aspectos preventivos sobre los curativos en el campo de la salud pública y el enfoque de un nuevo paradigma de los alimentos para el naciente milenio, ha creado la necesidad de desarrollar e implementar tecnologías más eficientes y confiables que permitan producir, en un menor tiempo, alimentos mejorados, inocuos y ecológicamente compatibles. Esta ha sido la razón y la meta del campo de la biotecnología moderna aplicada a la industria, alimentación, nutrición y salud.

Como toda tecnología novedosa, la biotecnología está instalada entre nosotros en medio de expectativas y conflictos en una reñida polémica. La producción de cultivos vegetales transgénicos, ha originado gran debate, con un recrudecimiento muy notorio entre 1998 hasta nuestros días.

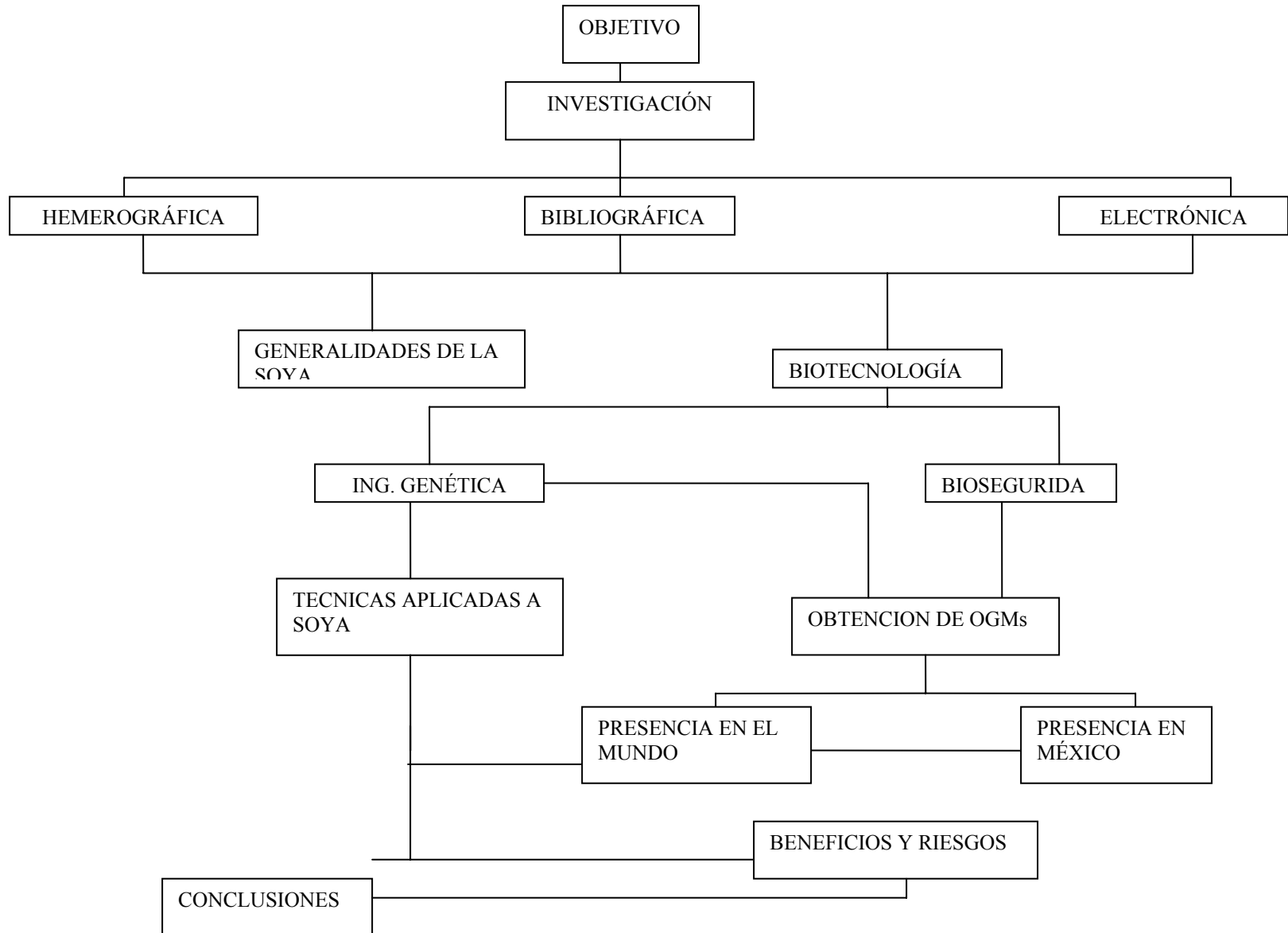
Ante el gran interés que está despertando la cuestión de los alimentos genéticamente modificados se ha elaborado el presente trabajo con la finalidad de formar una opinión sobre si estos nuevos productos en realidad son benéficos o perjudiciales



En él se revisa la polémica que la elaboración de productos transgénicos ha generado a nivel mundial, así como las técnicas que se han utilizado desde sus inicios para la elaboración de dichos alimentos especialmente en la soya genéticamente modificada, así como las organizaciones que estudian sus beneficios y sus riesgos que estos alimentos puedan provocar a la salud animal y humana.

También trata de las leyes que rigen en México y el mundo a dichos alimentos, y hace énfasis muy especial a la soya que es uno de los vegetales de consumo mundial que se ha modificado genéticamente y del cual en muchas ocasiones durante su comercialización y consumo no se tiene el conocimiento necesario.

METODOLOGÍA



INTRODUCCIÓN

La soya es un vegetal de tipo herbáceo que ha brindado y brinda a la humanidad una gran cantidad y variedad de usos, todos importantes y muchos fundamentales.

En su país de origen, China, hace unos 5000 años,(según algunos autores se le conoce desde el año 2838 a. C.), se le consideraba un alimento básico y está entre los cinco cultivos sagrados junto con el arroz, cebada, mijo y trigo. (1)

La importancia dada por los pueblos de la antigüedad, especialmente los del sudeste asiático, ha sido ratificada en todo el mundo, habiéndose logrado una fundamental expansión en los Estados Unidos, China, Brasil, Argentina e Indonesia. (1)

La soya que inicialmente era una planta importada casi sin importancia utilizada principalmente como forraje, se ha convertido en los últimos 50 años en una de las principales especies cultivadas para obtener semillas comerciales en los Estados Unidos y parte de Canadá.(2)

El progreso en el mejoramiento de la soya se aceleró en gran parte como consecuencia del establecimiento de un laboratorio Regional Cooperativo para soya, en 1936, por el departamento de agricultura de Estados Unidos y las estaciones experimentales de varios estados del medio oeste.(2)

La finalidad de dicho laboratorio fue crear nuevas especies que sean más resistentes a las plagas, para incrementar su rendimiento comercial,

mejorar la altura de la planta, tamaño y calidad de la semilla, resistencia a la fragmentación, a insectos y a nemátodos, entre otros aspectos.

Pero ¿Cómo se realiza esto? ¿Cuáles son las técnicas que se utilizan?¿Qué nombre reciben estas técnicas? Y sobre todo ¿Son seguras para que los seres vivos las podamos consumir?

Todas estas incógnitas se resumen en una palabra “biotecnología” que se define como cualquier técnica que permite el aprovechamiento de la actividad biológica de ciertos organismos vivos y células para la fabricación de productos y mejora de plantas y animales. (3)

Actualmente, el mayor impacto de la biotecnología se observa en el área de la salud humana, seguido por la producción de plantas y animales, así como en la protección ambiental. Adicionalmente, se observa ya una incidencia creciente en la industria química, la producción de energía, textiles, minería y la industria del papel.(42)

Sin embargo la aplicación de la biotecnología es sumamente criticada por varios sectores de la sociedad argumentando la falta de investigación de los efectos adversos que estos productos puedan producir a la salud humana.

El presente trabajo analiza las técnicas de modificación genética más utilizadas recientemente, su aplicación en la soya, haciendo énfasis en las ventajas y desventajas sobre este alimento y sobre la salud de los seres vivos.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL

Realizar una investigación bibliográfica, hemerográfica y electrónica, para conocer las técnicas de ingeniería genética utilizadas actualmente, su aplicación en la soya, y los posibles beneficios y riesgos que provoca la ingesta de ella sobre los organismos vivos.

OBJETIVOS PARTICULARES.

1. Realizar una investigación sobre los antecedentes y avances de la biotecnología a nivel mundial y nacional.
2. Revisar las principales técnicas aplicadas de biotecnología aplicadas a cultivos de soya.
3. Comparar las propiedades nutritivas y organolépticas de la soya tradicional y la soya transgénica.
4. Analizar la utilización de productos transgénicos en el mercado nacional.
5. Comentar sobre los riesgos y beneficios de la soya transgenica

CAPITULO I

GENERALIDADES

Durante cientos de años la soya ha sido un producto de consumo muy amplio en toda Asia. Las primeras noticias que se tienen de la soya, en los Estados Unidos son las de un cargamento llegado en 1801, como lastre, a bordo de un barco proveniente de China, pero no fue sino hasta 1890 que se manifestó un mayor interés por este grano. En la primera guerra mundial se dio mayor importancia a la soya como fuente potencial de aceite y de proteína de alta calidad a bajo costo.

La soya (*Glycine max*) pertenece a la familia de las Leguminosas y la subfamilia Papilionoideae, aunque también se incluye entre las oleaginosas por su alto contenido de aceite. Es un cultivo anual de verano cuya planta varía de altura de menos de 30 cm a más de 2 metros, tiene hojas alternadas y trifoliadas, excepto en los dos primeros nodos; produce flores de 6-7 mm de largo, moradas o blancas (las primeras dominan); la semilla es casi esférica, pesa en promedio de 120-180 mg y se produce en vainas que crecen en racimos de tres a cinco; por lo regular, cada vaina contiene dos, tres o más semillas. En muchos países occidentales se utiliza para la extracción de aceite y el residuo o pasta, rico en proteínas, se emplea para la alimentación animal, por otra parte, en el Oriente, la soya es fundamental en la dieta de un gran sector de la población.(4)

La importancia dada por los pueblos de la antigüedad, especialmente los del sudeste asiático, ha sido ratificada en todo el mundo, habiéndose logrado una fundamental expansión en Estados Unidos, China, Brasil, Rusia e Indonesia. Dada esta importancia la soya tiene grandes usos y se le puede considerar de muchas formas:(1)

- Oleaginosas: su semilla contiene 18 a 20% de aceite, del cual se destina un 90% a consumo humano y el 10% a industria. Por hidrogenación se le puede transformar en margarinas, aceites y grasas. Por centrifugación se obtiene 2 a 3 % de lecitina.
- Cereal: la harina proviene de la semilla y puede combinarse en proporciones adecuadas con otras para hacer alimentos de consumo humano, como galletas, pan, pastas, etcétera.
- Forrajera: puede suministrarse al ganado en pleno estado vegetativo o ensilada, o luego de cosechado el grano al estado de rastrojo. Con la harina resultante de la extracción de aceite se forman alimentos balanceados.
- Hortícola: su semilla o poroto al estado verde o seco puede ser consumido de distintas maneras en variados tipos de comida: ensaladas, guisados, sopas, etcétera.
- Medicinal: los productos alimenticios elaborados con la harina, por tener ésta sólo 2 a 3% de almidón y no producir ácido úrico en el proceso digestivo, son recomendados perfectamente para personas diabéticas.
- Industrial: el aceite, la harina, la caseína y la proteína que contiene son transformados por diferentes métodos en adhesivos, barnices, cosméticos, glicerina, jabones, lubricantes, pinturas, plásticos, etcétera.

- Fertilizante: luego de cultivar soya el suelo aumenta el contenido de nitrógeno, beneficiando considerablemente la siembra siguiente.
- Mejorador del suelo: incorporando al estado verde como enmienda, o por la acción propia de su sistema radicular y el efecto de las labores culturales permite lograr una ideal textura del suelo y una adecuada retención de humedad.
- Está comprobado que es un vegetal; sin embargo sus semillas tienen 38 a 40% de proteína, y una hectárea que produzca 2000 Kg. de soya está rindiendo 750 a 800 Kg. de proteína por hectárea en sólo 4 a 6 meses de cultivo.(1)

La soya, con 38 a 40% de proteína, y la papa, con sólo 1 a 4% son las dos únicas especies vegetales que poseen proteína de pleno valor nutritivo comparable a la carne, huevo, leche, pescado y sangre. (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Comparación proteica de la soya con otros alimentos.

PRODUCTO	Proteína equivalente en 1 Kg de soya
Queso	2 Kg
Carne	2.5 Kg
Leche	101 lts
Huevos	60 piezas

Fuente: (1)

Si se remoja semillas de soya, y luego se tritura, hierve y escurre, se obtiene leche de idéntica calidad que la de vacuno.

Por cada kilo de grano se logran de 2 a 3 Lts de leche, que puede ser ingerida tal cual o destinarse a la preparación de cuajada, dulce, queso, etcétera.

La soya es un vegetal que produce un grano, poroto o semilla considerando mundialmente, y a través de la historia, como el de más alto valor nutritivo y el de más bajo costo la gran posibilidad de uso de los subproductos provienen de la industrialización y los beneficios de carácter agrícola que reporta su cultivo.

Los productos de proteína de soya se agrupan en tres categorías generales:

- harina de soya (con 50% de proteína)
- concentrado de proteína de soya(70% de proteína)
- aislado de proteína de soya (con no menos 90%).

Desde hace algunos años ha venido extendiéndose en el hemisferio occidental, el cultivo del frijol de soya. Este producto es conocido y utilizado en el oriente sobre todo en China y Japón desde hace miles de años. Al principio se empleaba el fruto verde y seco en la producción de diversos alimentos. Más tarde, se aprovechó industrializado en forma rudimentaria (26).

Cuadro 2.- Principales productos proteicos derivados de soya.

PRODUCTO	Contenido de proteína(% base seca)
Harina y Sémola Integral Desengrasada	40 a 50
Concentrado proteico	70
Aislado Proteico	90

Fuente: (4)

En forma general, la soya está constituida por tres fracciones principales: la cascarilla, que representa el 8% del peso total de la semilla; el hipocotilo (2%)

y dos cotiledones (90%). En estos últimos, las proteínas están almacenadas en partículas esféricas, de diámetros que varían entre 2 y 20 μm , llamadas cuerpos proteicos, los cuales son casi proteína pura. A su vez, el aceite se almacenan en pequeñas partículas, también esféricas de 0.3 a 0.5 μm de diámetro, llamadas esferosomas. Cuadro (2)

PROTEINA DE SOYA.

Aunque en la actualidad la proteína de soya constituye un componente todavía pequeño de la dieta, se espera que sus calidades eleven el consumo humano de esta leguminosa. Hay una gran variedad de productos de soya, de bajo costo y alta funcionalidad, que cuando se incluyen como parte de la dieta, cumplen como las recomendaciones nutricionales de las guías alimenticias publicadas en los Estados Unidos y en casi todo el mundo. (5)

La proteína de soya contiene todos los siguientes aminoácidos:

Cuadro 3.- Composición de aminoácidos en 100 gr de porción comestible de soya.

Aminoácidos	Contenido en mg
Arginina	1.150
Histidina	380
Isoleucina	1.140
Leucina	1.600
Lisina	1.770
Metionina	530
Fenilalanina	730
Treonina	910
Triptofano	190
Tirosina	590
Valina	1.110

Fuente: (22)

La proteína de soya es una mezcla heterogénea de globulinas aproximadamente 60-75% del total, y de albúmina con pesos moleculares muy variados solubles en soluciones salinas y en agua, precipitan en su punto isoeléctrico, generalmente en el intervalo de 4.2 a 4.8.

Por medio de la ultracentrifugación, las proteínas de soya se separan en cuatro fracciones 2S, 7S, 11S, Y 15S.

En general la proteína de soya presenta una deficiencia de aminoácidos azufrados que se acentúan en los aislados proteicos, ya que la concentración de metionina y cisteína se reduce durante el proceso de elaboración de estos productos.

La proteína de soya tiene la capacidad de formar geles a través de varios mecanismos que implican un ciclo de calentamiento-enfriamiento. Se ha demostrado que el calentamiento causa una ruptura irreversible de la estructura cuaternaria de la globulina 11S y su disociación en subunidades, parece ser que en esta transformación existe un estado intermedio transitorio en forma de un agregado soluble que posteriormente se convierte en gel. Los geles basan su estructura en el fenómeno de asociación-disociación de las proteínas, lo que a su vez está determinado por varios factores, como son la temperatura, la fuerza iónica y el tiempo de sal. Las fuerzas que hacen posible la formación de geles son diversas y algunas influyen más en una cierta fracción proteica; la 11S y la 7S interaccionan cuando se calientan y ayudan a producir este estado de dispersión; sin embargo en estado individual, la 7S establece geles por medio de puentes de hidrógeno, mientras que la 11S lo hace gracias a la formación de uniones electrostáticas y enlaces disulfuro. Además cuando se elaboran geles con el conjunto total de proteínas de soya, también influyen

las fuerzas hidrofóbicas. Debido a su compleja estructura, estas fracciones proteicas son muy sensibles a muchos agentes desnaturizantes, como pH extremos, temperaturas altas, concentraciones elevadas de disolventes y de sales, etc. De todo esto el efecto del calor es el más importante ya que los tratamientos térmicos son las operaciones unitarias que más se emplean en la elaboración de alimentos. La consecuencia de esto es, principalmente, la reducción de la solubilidad de las proteínas, lo que puede llegar a inducir gelificación. (19)

VALOR NUTRICIONAL DE LA SOYA.

Como ya se mencionó anteriormente la soya es un cultivo que destaca por su contenido de proteína, y por su calidad nutritiva; lo que la hace muy atractiva para su cultivo. Cuadro 4.

Cuadro 4.- Composición aproximada del fríjol de soya (base seca).

Componentes	Porcentaje (%)
Proteína	40
Lípidos	20
Celulosa y hemicelulosa	17
Azúcares	7
Frida cruda	5
Cenizas	6

Fuente: (10)

La totalidad de ácidos grasos consiste en aproximadamente 15% de ácidos naturales (palmitico y esteárico), El aceite de soya es rico en ácidos grasos esenciales como oleico (25%) , linoleico (55%) y 5% de linolénico. por lo que figura entre los mejores aceites vegetales para la dieta humana; el aceite contiene también un elevado contenido de tocoferol (1.8%).(20)

La lecitina comercial de soya, se obtiene mediante desgomado del aceite de soya sin refinar, es una mezcla de fosfatados y otras materias lipidas, tienen aplicaciones en producción del caucho, del petróleo, además de esferas textiles y de pieles.

La semilla contiene alrededor de 3.1 % de carbohidratos, gran parte de ellos en forma de pentosano, galactano y, hemicelulosas de poca aplicación. Solo un 40% de hidratos de carbono contenidos resultan biológicamente utilizables.

El contenido de almidón en las semillas de soya es casi nulo, entre los azúcares presentes se encuentran sacarosa, rafinosa, y estaquiosa.(20)

En cuanto a vitaminas y minerales, la semilla de soya es bastante rica, destacando la niacina, tiamina, riboflavina, ácido pantoténico, piridoxina y vitamina E y K, así como en los minerales potasio, sodio, calcio, fósforo y fierro entre otros. No obstante, el calcio y el fósforo presentes en el grano, son de poco aprovechamiento debido al alto contenido en ácido fitico. La semilla de soya debe su valor nutritivo a la proteína de buena calidad con que cuenta, además de ser un ejemplo de una materia cuyo valor proteína se mejora de modo significativo mediante tratamiento térmico óptimo. Esto se debe a la inactivación o destrucción de una gran variedad de factores antinutritivos, tales como los TI o inhibidores de tripsina, hemoaglutininas, saponinas, isoflava-glicósidos y factores antivitaminicos presentes en el grano de soya. El tratamiento térmico óptimo implica control de tiempo, de temperatura y de humedad, factores de primordial importancia en la elaboración de harina de soya de máxima calidad nutritiva, éste tratamiento implica también en una marcada mejoría en cuanto a su sabor que se caracteriza por ser amargo.(21)

CAPITULO II

LA BIOTECNOLOGÍA.

La lista de usos y aplicaciones de la biotecnología aumenta día con día. Su impacto en la sociedad es tan grande, que incluso se prevé que ésta será la revolución tecnológica de mayor envergadura para la humanidad en el siglo XXI.

La biotecnología ha sido utilizada desde hace mucho tiempo. En la vida cotidiana, la biotecnología es más común de lo que, probablemente, se puede imaginar. Las bebidas alcohólicas y los productos fermentados (como el queso y el yogurt) son productos biotecnológicos bien conocidos. Mediante biotecnologías también se producen antibióticos (como la penicilina), una amplia variedad de herramientas para el diagnóstico clínico, vacunas y otros medicamentos como la insulina y la hormona del crecimiento. A través del uso de técnicas biotecnológicas se trata el agua residual, tanto municipal como industrial. De igual forma, por medio de la biotecnología se producen materias primas para los detergentes “biológicos”, los alimentos balanceados para el ganado, se propagan y mejoran plantas (de ornato, frutales, granos, etcétera), se producen plaguicidas y fertilizantes no contaminantes para la agricultura y se generan varios alimentos de consumo humano.(6)

La biotecnología moderna es el resultado de un proceso histórico global. Para comprender su alcance es conveniente conocer sus antecedentes científicos principales. (13)

Biología Tradicional: Se desconocía el papel que jugaban los microorganismos en la elaboración de productos tales como el vino, el queso, la cerveza y el pan; para su producción se empleaban recetas que pasaban de generación en generación.

Biología Clásica: En el siglo XIX se descubrió el mecanismo a través del cual los microorganismos transformaban la leche en queso, la uva en vino, la malta en cerveza, etc, además de la gran utilidad de los microorganismos como fuente de obtención de enzimas. Este conocimiento permitió mejorar los procesos de producción y obtener productos de alta calidad.

Estos avances hicieron posible la fabricación de nuevas sustancias de gran utilidad al hombre, como por ejemplo la penicilina.

En 1982, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) la define como “la aplicación de la ciencia y la ingeniería al procesamiento de materiales por agentes biológicos para la obtención de bienes y servicios”.(34)

Para el Instituto de Estudios Sociales Avanzados (CSIC) la define como “el conjunto de técnicas que utiliza organismos vivos para obtener productos o modificarlos, mejorar plantas o animales, para desarrollar microorganismos con fines bien determinados”.(34)

Biología Moderna: Esta basada en los conocimientos adquiridos sobre la célula, la herencia, los genes y las sustancias que lo componen. Gracias a ello es posible modificar los genes para lograr que las células realicen funciones para las cuales no estaban originalmente programadas. A través de estas técnicas, hoy, pueden obtenerse productos tales como la insulina, pruebas precisas para detectar enfermedades tales como el SIDA y la hepatitis, plantas con un mayor contenido de nutrimentos y ganado que produce más leche.(14)

El término biotecnología moderna, se refiere a los avances científicos que en las últimas décadas se ha venido desarrollando en la rama de la genética, la cual es muy importante regular debido a que son procesos que no se pueden dar de una manera natural.

Por lo tanto la biotecnología moderna se entiende como la aplicación de técnicas in vitro de ácido nucleico, incluido el ácido desoxirribonucleico (ADN) recombinante y la inyección directa de ácido nucleico a las células u órganos.(49)

La biotecnología posee potencial no sólo de crear nuevos negocios de alto valor agregado, sino también de transformar industrias convencionales proveyendo una ventaja competitiva en los mercados internacionales en diversos sectores como la agricultura, el medio ambiente, la industria química, el procesamiento de alimentos, el sector pecuario y el farmacéutico.(49)

A partir de esta información, se observa que el origen de la biotecnología se remonta al establecimiento de los primeros cultivos y a la cría de los animales en las sociedades humanas primitivas con el fin de contar con alimentos y pieles constantes. Cuando el hombre primitivo modificó sus hábitos nómadas y se estableció, los productos obtenidos a partir de los cultivos y de los primeros animales domesticados llegaron a ser vitales para su sobrevivencia. Estos biotecnólogos primitivos descubrieron que eran capaces de incrementar el rendimiento y mejorar el de los cultivos a través de la selección de las semillas de las plantas deseadas, o de conservar las características de docilidad y productividad de los animales domésticos, a través de su cruce selectiva.(12)

Esta primera expresión de la biotecnología permite al hombre hacerse sedentario y establece la base de la agricultura y de la futura civilización. Posteriormente, los primeros biotecnólogos, aunque desconocían cómo transformaban a la materia prima en los productos deseados usaron empíricamente levadura para la elaboración de pan y para fermentar algunas bebidas alcohólicas, así como diversas bacterias para producir queso y el yogurt. En esta primera generación de biotecnologías, las tradicionales, lo importante era solucionar un problema muy serio ¡conservación de alimentos! La biotecnología ha progresado continuamente, gracias a una sucesión permanente de hallazgos científicos, tecnológicos y productivos. La segunda generación de biotecnologías, caracterizada por la producción industrial de lácteos, bebidas alcohólicas y sustancias químicas como el ácido cítrico, vinagre y vitaminas, se basa en el mejoramiento de procesos tradicionales y por la selección de microorganismos mejor adaptados para los diversos procesos.

En los últimos años hemos sido testigos del advenimiento y la consolidación de la biotecnología moderna, la cual es una actividad multidisciplinaria que se sustenta en el conocimiento científico en áreas como la biología molecular, la bioquímica, la ingeniería bioquímica, la biología celular, la microbiología y la inmunología, entre otras. El conocimiento científico permite al hombre hoy seguir produciendo a partir de organismos vivos y además, saber exactamente cómo ocurren los diferentes procesos biológicos. (51)

De hecho, lo que separa a la biotecnología tradicional de la biotecnología moderna no es el principio de utilizar a varios organismos, sino las técnicas para hacerlos. Actualmente la biotecnología es una colección de técnicas que,

aplicadas principalmente a las células y a las moléculas, posibilitan el obtener beneficios concretos.

Gracias al entendimiento actual de los procesos biológicos, las áreas en las que se puede aplicar la biotecnología se han aplicado enormemente (al igual que los problemas que hay que solucionar). Ya no se trata solamente de conservar alimentos, sino de prevenir y tratar enfermedades, remediar la contaminación, obtener mejores materias primas e incrementar la calidad y disponibilidad de alimentos. (12)

HISTORIA DE LA BIOTECNOLOGÍA

Las bases de la biotecnología moderna se iniciaron cuando se inventó el microscopio; este aparato permitió a Robert Hooke, en 1663, observar la estructura microscópica de un pequeño trozo de corcho.(8)

Las diminutas cámaras que observó le recordaron las celdas de un monasterio, fue por eso que las llamo células.

Posteriormente, Antón Van Leeuwenhoek observó la existencia por primera vez de algunos microorganismos. Sin embargo, no fue sino hasta 1838 cuando el biólogo alemán Matthias Schleiden formuló su teoría (Teoría Celular) que establece que todos los seres vivos se componen de células. Poco tiempo después, el investigador alemán Rudolph Virchow, tras observar directamente el crecimiento y la división de las células que daban lugar a otras nuevas, estableció que “todas las células se derivan de una célula original”. Para mediados del siglo XIX, los biólogos claramente reconocieron el principio fundamental de la teoría celular que señala que “todos los organismos están

compuestos por células, que son capaces de reproducirse y de desarrollar procesos básicos para su mantenimiento”, lo cual implica que la vida en nuestro planeta está conectada por líneas de descendencia, cuyo origen se remonta a una o más células originales.(8)

El antecedente importante de la ciencia genética trata de quien hoy es conocido como el padre de la genética, Mendel que fue un fraile agustino aficionado a la botánica y quien en 1866 publicó los resultados de unas investigaciones que había realizado pacientemente en el jardín de su convento, estas consistían en cruzar distintas variedades de guisantes y comprobar cómo se transmitían algunas de sus características a la generación siguiente.(9)

Mendel intuyó que existía un factor en el organismo que determinaba cada una de estas características, actualmente a estos factores se les denomina genes, palabra derivada de un término griego que significa “generar”. Observando los resultados de cruzamientos sistemáticos, elaboró una teoría general sobre la herencia, conocida como leyes de Mendel. Así ciertas características de las plantas progenitoras como altura, color, forma de semilla, eran heredados a la descendencia en proporciones que no variaron significativamente y que así podrían ser predecibles, estableciendo así la teoría de que la variación entre la plantas progenitora y sus descendientes era debida a las unidades aparecidas de factores de herencia, factores a los que se les dio el nombre de genes por Wilhelm Johannsen en 1905. Mendel concluyó que cada individuo lleva dos unidades para una característica dada, pero solo transfiere una de ellas a cada descendiente o progenie. Describió que algunas variantes de una característica particular son dominantes sobre otras, siendo que si se heredan conjuntamente,

el carácter dominante se expresa, mientras que el recesivo o no dominante no se observa. (7)

Los trabajos de Mendel fueron publicados en 1866 en un periódico austriaco, y redescubiertos en 1900 por Hugo de Vries, Carl Erich Correns y Erich Von Tschermak Seysenegg, de forma independiente con sus propios estudios.

Alrededor de 1935 se descarta por Francesco Redi el concepto de generación espontánea, posteriormente se concluye que los seres vivos se reproducen sexualmente, (Antón Van Leeuwenhoek y William Harvey). Con Mendel se establecen las leyes de la herencia.(9)

En 1857 Pasteur enuncia la teoría biológica de fermentación, considerada como importante en el desarrollo de la ciencia y termino con la idea de la generación espontánea.

Por su parte Charles Darwin en 1859 dio a conocer su teoría que establece, primero, que cualquier especie está relacionada con todas las demás por medio de sus antepasados comunes, por mucho que difieran en su apariencia actual; y, segundo, que el registro del pasado evolutivo está presente en el interior de todo ser viviente.(8)

En 1871 se aísla el ADN en el núcleo de la célula.

En 1883 Francis Galton acuña el término eugenesia.

En 1887 se descubre que las células reproductivas constituyen un linaje continuo, diferente de las otras células del cuerpo.(12)

En 1903 Walter Sutton concluyó que la información hereditaria se localiza en los cromosomas y en 1911 se postuló que los genes tenían forma lineal.

En 1906 el zoólogo. Estadounidense Thomas H. Morgan pudo elaborar la teoría cromosómica de la herencia donde estableció de manera inequívoca la localización física de los genes en la célula. Gracias a esta teoría se pudo dar también una explicación definitiva a los casos en los que se cumplían con exactitud las leyes de Mendel.

En los años 30 se especuló sobre que el ADN era el elector crítico de genes, cuya existencia fue descubierta en 1869 por el suizo Frederick Miescher. Fue hasta finales de los años 20 que la química básica del ADN había sido determinada.(9)

Philip White en Estados Unidos, Roger Gautheret y Piere Nobercourt en Francia comenzaron experimentos que llevaron al crecimiento ilimitado de raíces de plantas en 1934 y células en cultivo y órganos génesis in Vitro en 1939.

En los 40`s los biólogos americanos, George Beadle y Edward Tatum, investigaron la transmisión de rasgos hereditarios de hongos, mostraron que los genes eran responsables de la formación de enzimas que regulan funciones bioquímicas.

Hoy se conoce que los genes controlan la formación de proteínas que comprenden el metabolismo celular en los organismos.

La habilidad de obtener moléculas de ADN recombinante y de identificar y colocar genes fue articulada con los trabajos de Braun en 1941.

En 1944 Avery, MacLeod y McCarty identifican la composición química del material genético con la determinación de los ácidos nucleicos.

En 1953 James Watson y Francis Crick determinan la estructura del ADN partieron de unas fotografías del ADN obtenidas por rayos X, y las utilizaron para descubrir que las moléculas de ADN están formadas por una doble hélice, es decir, dos hilos perfectamente enrollados. Cada una se constituye a parte de una secuencia a base de nucleicas, cuatro en total: adenina (A), guanina (G), citosina (C) y timina (T), que representan las letras moleculares del mensaje genético.

El aislamiento en 1969 y fusión en 1970 de protoplastos vegetales y generación de plantas a partir de ellos en 1971 demostraron su utilidad para la producción directa de ADN llevando así a la obtención de plantas transgénicas.

En 1972, cuando investigadores de la Universidad de Stanford crearon la primera molécula recombinante, que obtuvieron de cortar el ADN de dos fuentes diferentes, una bacteria y un virus para realizar una reacción enzimática en una molécula de ADN funcional, híbrida.(9)

Con el desarrollo de la biotecnología y técnicas de ADN recombinante se poseen herramientas para introducir genes determinados de una variedad amplia de fuentes en las plantas para expresar rasgos específicos deseados.

En 1973 Stanley Cohen y Herbert Boyer desarrollaron técnicas de ingeniería genética, esto es, cortar el ADN de un ser vivo e introducirlo en otros organismos, haciendo así los primeros organismos genéticamente modificados.

Se considera que en 1983 al realizarse los experimentos que permitieron introducir un gene bacteriano en una planta se dio origen a la biotecnología moderna agrícola.(8,9) (Figura 1)

Hoy día uno de los avances más importantes dentro del campo de la ingeniería genética es el conocidísimo caso de la oveja Dolly, que fue creada mediante clonación, lo que es el uso de la biotecnología para producir un organismo vivo de otro ya existente, mediante reproducción asexual. (Figura 2)

LA BIOTECNOLOGÍA MODERNA EN MEXICO.

En nuestro país, las aplicaciones biotecnológicas no son del todo nuevas, ya que desde el año 1988, se presentó la primera solicitud para la liberación al medio ambiente de un organismo transgénico. Así mismo, desde el año 1983 los investigadores nacionales demostraron la posibilidad de manipular a las plantas mediante el uso de la ingeniería genética.(12)

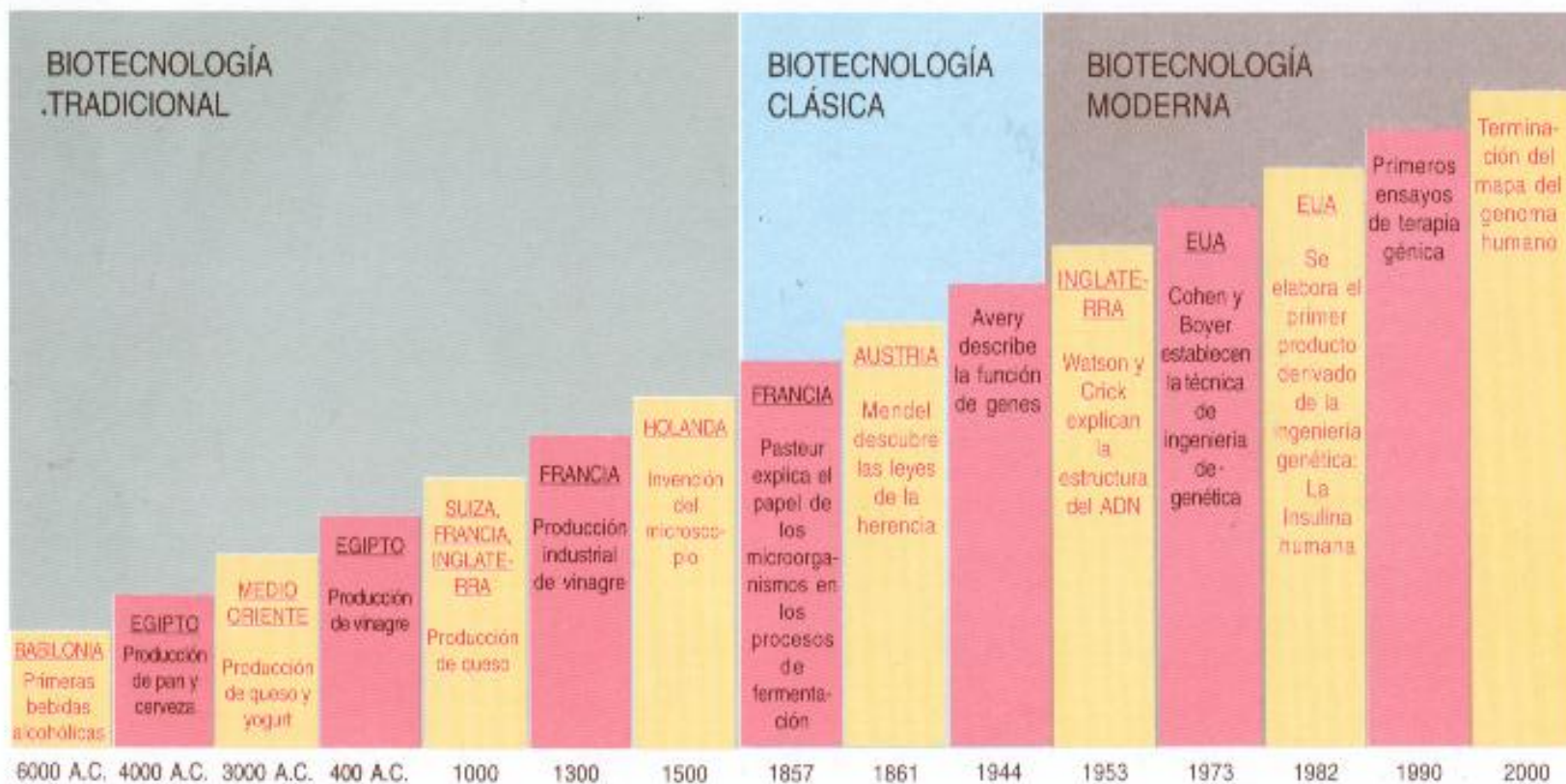
En México se cuenta con varias instalaciones de investigación de excelencia que trabajan temas de biotecnología. Más de trescientos investigadores en México se dedican de tiempo completo a investigar diversos aspectos de la biotecnología, y algunas de sus aportaciones al campo han sido determinantes para su desarrollo. Existen varios postgrados de excelencia en la que se preparan a los nuevos biotecnólogos. Sin contar con las múltiples empresas dedicadas a producir bebidas alcohólicas y derivados lácteos, en el país

existen más de setenta empresas biotecnológicas que producen la mayor parte de los más de cien productos biotecnológicos que se encuentran en el mercado mexicano. También hay empresas con calidad tecnológica importante y que han puesto en el mercado fármacos producidos enteramente en México por técnicas de ingeniería genética. Un sector particularmente dinámico de empresas que usan técnicas biotecnológicas lo constituyen aquellas dedicadas al tratamiento de aguas y de gases residuales. (8)

En México, la capacidad para producir plantas transgénicas se inicio con la creación del Departamento de Ingeniería Genética de Plantas de la unidad Irapuato, en el centro de investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV/IPN). Hoy en día, ya se han incorporado a esta línea de desarrollo científico y tecnológico otros grupos de investigación de instituciones nacionales. (15)

En resumen, la infraestructura y los recursos humanos con los que cuenta México para la biotecnología tienen una alta calidad. Sin embargo, esta capacidad es pequeña en relación con la biotecnología de países desarrollados, la población del país y con el valor económico de la producción agrícola.

Figura 1. La biotecnología, su evolución y eventos científicos fundamentales para su desarrollo



Fuente: La biotecnología, su evolución y eventos científicos. (8)

GENETICA INGENIERIA GENETICA.

Es una rama de la genética que se concentra en el estudio del ADN que con las tecnologías adecuadas permite alterar o modificar el material genético de las células para producir productos biológicos con una actividad biológica deseada, utiliza la técnica conocida como ADN recombinante (ADN_r), sin embargo esta técnica no es la única, pero si la más aplicada. Se encarga de la modificación de las características de un organismo en un sentido predeterminado mediante la alteración de su material genético. (12)

La ingeniería genética tiene numerosas aplicaciones en campos diversos, que van desde la medicina hasta la industria, pues suele utilizarse para conseguir que determinados microorganismos como bacterias o virus aumente la síntesis de compuestos, formen compuestos nuevos, o se adapten a medios diferentes. Sin embargo, son dos las técnicas de manipulación genética usadas en las que se aprecia el campo vasto de aplicación de esta ciencia, la ingeniería genética: terapia genética y biotecnología.

La ingeniería genética facilita la transferencia de genes entre organismos no solamente estrechamente relacionados, sino también entre organismos distintos. (11)

MANIPULACIÓN GENETICA.

La modificación genética es el proceso de transferir artificialmente la información específica de un tipo de organismo a otro; involucra la inserción de genes para producir material genético alterado.

Como ya vimos la genética se encarga del estudio de la transferencia de características en una misma especie, ahora bien dicha transferencia se lleva a cabo regularmente en los organismos de una manera sexual, esto es, la información genética se transmite de manera vertical, de padres a hijos; al contrario de los que ocurre cuando se emplea la tecnología para el intercambio de información genética que ocurre de manera horizontal, es decir, se intercambia mayoritariamente secuencias cortas de ADN y RNA y estas son transmitidas por vectores con independencia generacional y de las barreras biológicas que imponen la especie, de ahí que pueda ser óbice el hecho de que una característica no corresponda a una especie.

En el proceso de manipulación genética que es “la introducción de un gen extraño en una célula”, encontramos que esta célula, generalmente un embrión; o sea un producto del huevo fecundado no tiene al principio, un solo núcleo, sino dos, el del espermatozoide y el del óvulo que lo conformaron (luego esto se unirá para formar el núcleo del nuevo). Dicho huevo se extrae, y fuera se le introduce material genético, que son fragmentos de ADN contenidos en los genes. Al introducir material genético extraño, se pretende producir nuevos caracteres hereditarios que no estaban en el material genético original. Esta técnica se realiza mayormente en mamíferos, sin embargo también se ha llevado a cabo en plantas, pero el hecho de que se realice más fácilmente en animales se debe a que la célula vegetal posee una rígida pared celular.

La primera empresa en lograr la comercialización de un producto de ADN recombinante fue Genetech con la insulina humana registrada con la marca Humulin.

Las herramientas necesarias de esta metodología son:

- a) Un método para aislar a un gen definido a partir del ADN total de un organismo;
- b) Una manera para hacer muchas copias del gen seleccionado;
- c) Una forma para introducirlo en otro organismo: y
- d) Un método para estar seguros de que la introducción del gen ajeno en el organismo hospedero fue exitosa.

A continuación, se describe la forma en la que se logra cada una de estos pasos. (8)

Primero, se extrae el ADN de la célula (bacteria, animal o vegetal) por medio de técnicas seguras y bien establecidas, posteriormente éste se corta en trozos específicos. Las tijeras moleculares que llevan a cabo esta función no son sino un tipo de proteínas llamadas *enzimas de restricción*, que tienen la propiedad de cortar justo en el lugar deseado.

Actualmente en el mercado existen cientos de enzimas de restricción distintas, por lo que se puede seleccionar diferentes sitios de corte dentro del ADN de acuerdo al interés perseguido (figura 2). La capacidad de cortar en trozos al ADN, facilita el aislamiento y modificación de los genes individuales.

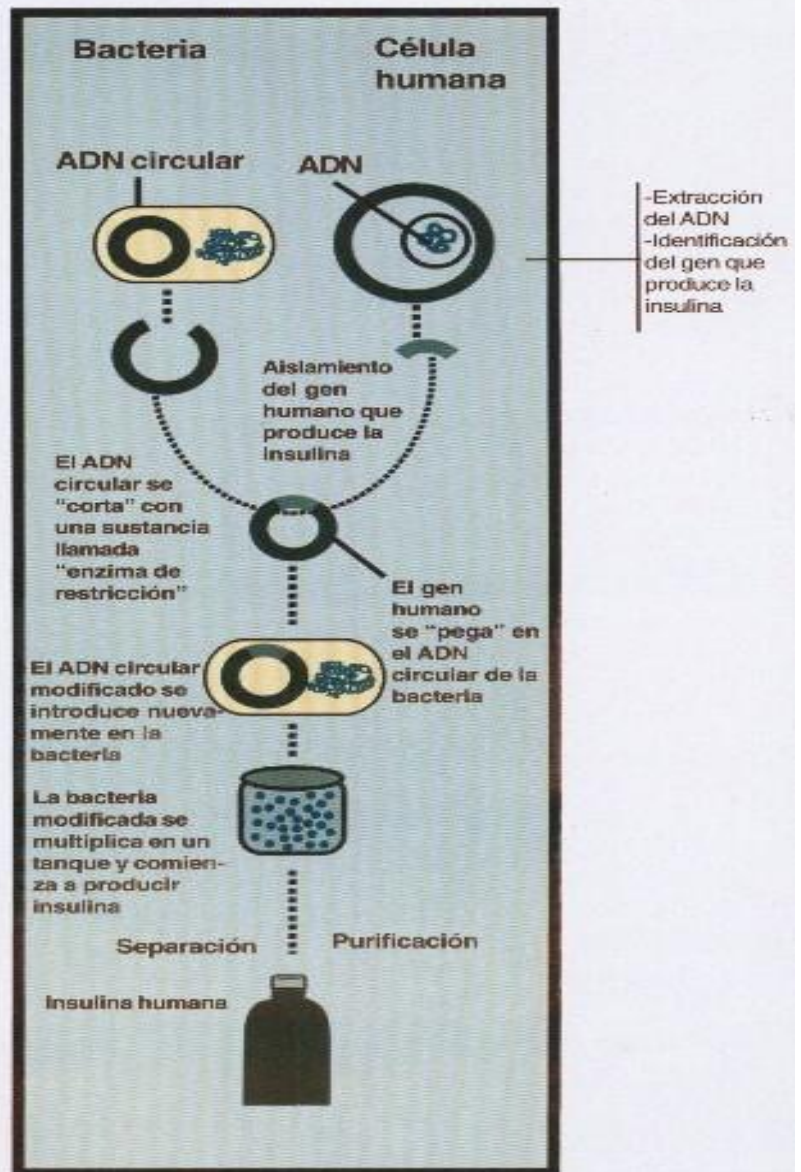
Los trozos de ADN de la célula que contienen al gen de interés son mezclados con el ADN especial (obtenidos a partir de una bacteria) que se llama *plásmido*. Un plásmido es un anillo de ADN (los dos extremos de la molécula del ADN están unidos). Este ADN circular también es cortado por la tijera molecular específica en unos sitios determinados (figura3)

Los extremos de los trozos del ADN de la célula y los extremos del ADN circular son compatibles entre sí. Sin embargo, éstos no se unen espontáneamente. Para que esto suceda es necesaria la intervención de un pegamento molecular. De nueva cuenta, este pegamento es una enzima que se llama ligasa. El resultado es un plásmido híbrido que contiene al gen del organismo donador.

El plásmido híbrido debe ser introducido a bacterias para que este se multiplique indefinidamente, aprovechando la facilidad y velocidad que tienen las bacterias para reproducirse, y el gen que nos interesa pueda ser identificado a través de métodos específicos.

La ventaja del uso de la tecnología de ADN recombinante sobre la hibridación es que la primera permite el traslado de genes específicos bien caracterizados al organismo de una planta, su precisión es mayor, pues la segunda involucra el traslado de todos los genes de cada progenitor y requiere rondas repetidas de cruce y variaciones para producir la combinación deseada, mientras que la biotecnología usa normalmente una o dos generaciones de descendencia para completar el traslado del gen. Cuestiones que se permitieron en el último tercio del siglo pasado, independientemente de las técnicas de hibridación realizadas a principio del mismo, y de otras técnicas que ya habían ofrecido al ser humano obtener plantas diferentes a las que la naturaleza había otorgado.(35)

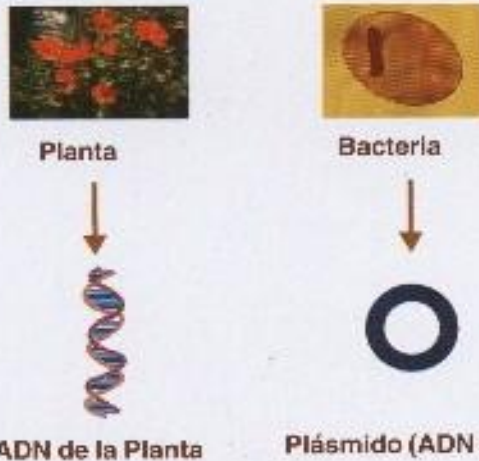
Figura 2.-Producción de Insulina mediante Ingeniería Genética.



Fuente: Producción de Insulina mediante Ingeniería Genética(8)

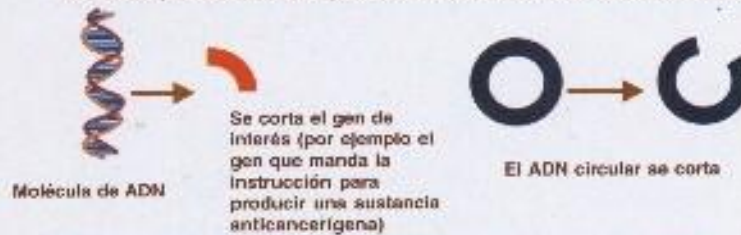
Figura 3.-Construyendo un organismo nuevo.

Paso 1. Extracción del ADN de cualquier organismo (por ejemplo, el de una planta) y el ADN de una bacteria.

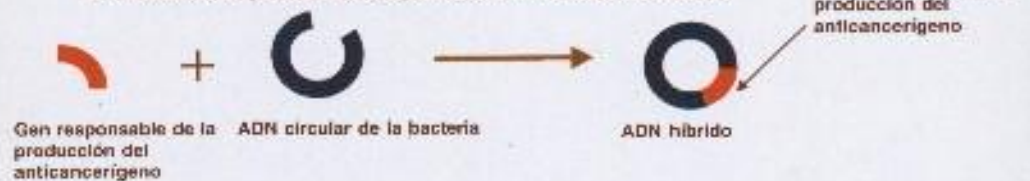


Paso 2. Corte y confección del ADN híbrido (el cual lleva el gen de interés).

I. Corte: ¡El uso de las tijeras moleculares!, Las enzimas de restricción.



II. Confección: ¡El uso del pegamento molecular! La ligasa.



Paso 3. Introducción del ADN híbrido de un organismo nuevo (en este caso, una bacteria).



Fuente: Construyendo un Organismo Nuevo (8)

ADN recombinante

La tecnología del ADN recombinante, constituye una mezcla de técnicas unas son nuevas y otras proceden de diferentes campos de la ciencia, como la genética microbiana.

Los procesos implicados para la obtención de ADN recombinante (ADNr) mediante ingeniería genética. Consiste en transferir el gen de una especie donante, el cual se introduce en el ADN de otra especie igual o diferente de la partida, es decir en la especie receptora del gen. Para ello, es necesario extraer el ADN de la especie donadora, purificarlo y después realizar una fragmentación del ADN, por la enzima de restricción que actúan como tijeras y van dejando extremos cohesivos. Con la misma enzima de restricción, podemos cortar dos ADN de diferente especie y originar los mismos extremos cohesivos en ambos ADNs, que se pueden unir entre sí y formar una cadena híbrida de ADN conocida como ADN recombinante (ADNr). De esta forma, se consigue transferir el gen de una especie en el ADN de otra especie igual o distinta a la original. Una vez que hemos fragmentado el ADN de la especie donante, el cual contiene el gen que deseamos, se procede a identificar el trozo de ADN que porta el gen que queremos transferir. A continuación, éste fragmento de ADN o gen se inserta en un vector. Normalmente, el vector empleado suele ser un plasmido proveniente de bacterias domesticadas, éste presenta un solo punto de corte por donde actúan las enzimas de restricción, quedando un círculo abierto, con los mismos extremos cohesivos que el ADN donante que contiene el gen a transferir. Al poner en contacto el fragmento de ADN donante con el plasmido se unen por sus extremos de cohesión esa unión origina un nuevo plasmido, el cual es transferido a una bacteria.

Después, ésta se siembra de forma aislada en un medio de cultivo y rápidamente se multiplica formando una colonia. De esta forma se obtienen múltiples copias del ADNr por clonación de bacterias. Este ADNr contiene el gen que deseamos transferir.(35)

Hasta el momento, los mayores éxitos en la transferencia de genes para obtener plantas transgénicas, se ha conseguido con *Agrobacterium*, la cual puede considerarse como el primer ingeniero genético, pues su particular mecanismo de acción: es capaz de modificar genéticamente la planta hospedadora, de forma que permite su reproducción. Esta bacteria es una auténtica provocadora de un cáncer en la planta en la que se hospeda, provocando así diferentes modificaciones a las células de esa planta, transformándola y modificándolas.

La introducción de un gen extraño a una célula vegetal, se realiza mediante las bacterias *Agrobacterium tumefaciens* y *A. rhizogenes*, debido a que las células vegetales están recubiertas de una gruesa capa de celulosa y de hemicelulosa. Estas bacterias son capaces de originar tumores en las raíces y en el cuello de plantas superiores, provocando una infección a consecuencia del plasmado Ti (este plasmado es un vector que esta exento de las partes nocivas e innecesarias y, mediante el se tranfieren los genes al organismo hospedero). Se emplea *Agrobacterium* por la capacidad que esta tiene para integrarse en el ADN cromosómico de las células radicales de las plantas, mediante el plasmado Ti. Figura 4

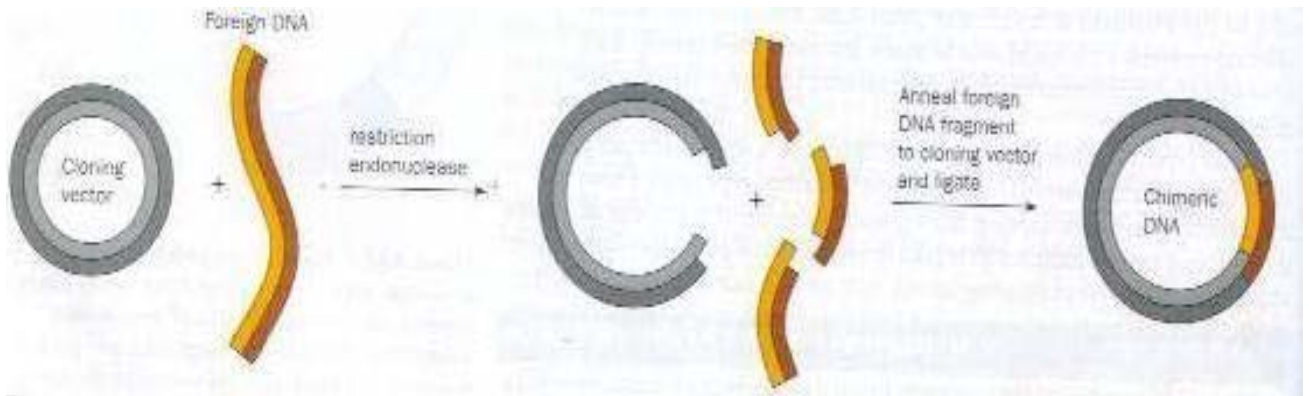


Figura 4. Construcción de una molécula de ADN recombinante (24)

La producción de plantas transgénicas ha sido posible gracias al desarrollo de metodologías que permiten la transferencia de ADN entre organismos y al avance de las tecnologías de cultivo de tejidos. Los sistemas alternativos de transformación genética de plantas surgen principalmente en un intento por transformar especies de monocotiledóneas, las cuales no resultaban compatibles con el sistema mediado por *Agrobacterium* dada su alta especificidad de hospedante. Es así como se idean diferentes métodos de transferencia directa que prescinden de vectores biológicos (virus, *Agrobacterium*) para introducir información genética exógena a las células vegetales, lo que logran por medio de procedimientos de naturaleza química, fisicoquímica, o mecánica. La transferencia directa de ADN puede lograrse a través de diferentes métodos físicos tales como bombardeo de tejidos o células con micropartículas (biolística) cubiertas de ADN, permeación de membranas celulares al ADN, inducida por corrientes eléctricas (electroporación), tratamientos químicos (polietilenglicol (PEG)), abrasión con fibras de silicio, microinyección y láser.

BIOBALISTICA.

La **biolística, biobalística o bombardeo con micropartículas** es un proceso ideado y refinado John Sanford, Theodore Klein, Edward Wolf y Nelson Allen en la Universidad de Cornell en la década de los 80', que permite introducir ADN desnudo virtualmente en cualquier tipo de célula. En este procedimiento el ADN es introducido en las células por medio de partículas microscópicas aceleradas a velocidades supersónicas, que atraviesan la pared y la membrana celular. Los microproyectiles son partículas aproximadamente esféricas (de 0.4 a 2.0 micrómetros de diámetro), constituidas de materiales densos como tungsteno u oro, a las que se adhiere el ADN que se desea transferir a las plantas.(59)

Para acelerar las micropartículas se utilizan "macroproyectiles" que son impulsados a grandes velocidades por un choque de gas, derivado de una explosión química, explosión eléctrica de una gota de agua, o descarga de un gas inerte comprimido (ej. Helio, nitrógeno). Las células o tejidos blanco se disponen de tal forma que presentan la máxima superficie de exposición durante el disparo, en una área de cerca de 5 cm de diámetro.

En los primeros experimentos se usaron partículas de tungsteno aceleradas con un dispositivo de explosión de pólvora. La pistola de genes, desarrollada inicialmente en la Universidad de Cornell (Nueva York), opera de forma similar a una pistola. Un cartucho vacío de calibre 22 dispara al interior de las células una salva de microproyectiles metálicos revestidos de ADN. Otras pistolas o cañones utilizan descargas eléctricas o gas a alta presión para propulsar los proyectiles revestidos de ADN.(59)

Ventajas del método.

El método de bombardeo de micropartículas podría considerarse lo más cercano a un mecanismo "universal" de transferencia de genes, ya que por su naturaleza totalmente física, es independiente del tipo de célula blanco y ha sido utilizado no sólo para introducir ADN exógeno a células vegetales, sino a células de una gran variedad de organismos tales como bacterias, algas, hongos, células animales, y aún animales y plantas intactas. Adicionalmente, el proceso biobalística parece ser al presente el único medio de transformar de modo reproducible organelos celulares, como mitocondrias, y cloroplastos.

La biobalística ha sido utilizada con éxito para producir plantas transgénicas a partir de una gran variedad de tejidos vegetales, entre los que se incluyen hojas, meristemas, embriones en desarrollo, embriones maduros, callos embriogénicos, suspensiones celulares, etc. Los principales logros en la obtención de plantas transgénicas por medio de este método, incluyen especies de gran interés económico como son la soja, el maíz, el arroz, el sorgo, la papaya, la caña de azúcar, el trigo y el espárrago. También se ha utilizado para transformar microorganismos como levaduras, el moho *Aspergillus* y el alga *Chlamydomonas*.(59)

Limitaciones

Esta metodología de transformación tiene ciertas limitaciones. Algunos tejidos oponen una resistencia natural a la penetración de las partículas, dada por cutículas endurecidas, paredes celulares lignificadas o superficies vellosas. Sin embargo, los principales limitantes del método continúan siendo la baja relación entre el total de células sometidas al bombardeo y el número de células que logran incorporar de manera permanente la información genética

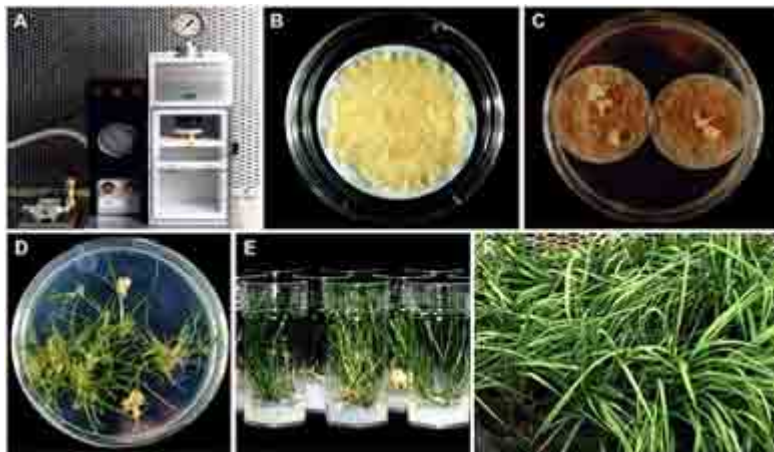
transferida, como así también la alta frecuencia de múltiple inserción de copias del transgén o re-arreglos del mismo, dentro del genoma vegetal.

A pesar de estas desventajas, la versatilidad de la aceleración de partículas para introducir transgenes ha superado muchas de las barreras asociadas a otros métodos de transformación.(59)

Transformación Genética de gramíneas por bombardeo Figura 5:

- (A) PDS/1000 dispositivo biolístico usado para bombardeo de micropartículas
- (B) Células en suspensión plaqueadas sobre papel previo al bombardeo.
- (C) Callos obtenidos en selección post-bombardeo.
- (D), (E) Plántulas transgénicas de los callos resistentes obtenidos en selección.
- (F) Plantas transgénicas creciendo en invernadero

Foto tomada de www.noble.org/For/Biot/GeneticTransformation



Tenemos además el método que propone la introducción de ADN en células desprovistas de pared celular, utilizando sustancias permeabilizantes de la membrana plástica y aplicando pulsos eléctricos de alto voltaje que abren poros en la membrana, (**electroporación**) y la microinyección, o inyección directa de ADN en el núcleo de las células vegetales.(59)

VECTORES VIRICOS.

Los vectores víricos son virus modificados no patógenos, que contienen un gen terapéutico que entra en las células a tratar. Los métodos sintéticos utilizan policationes, moléculas orgánicas que, por su carga positiva, se unen al DNA, cargado negativamente, y así entran en las células.

Los vectores víricos están hechos al menos de dos componentes, el genoma vírico modificado y la estructura del virión que lo rodea. Además, el ácido nucleico del virus en un vector diseñado de la terapia genética es cambiado de muchas formas. El objetivo de estos cambios es anular la capacidad de crecimiento del virus en las células diana mientras se mantienen su capacidad para desarrollarse en forma de vector en el envoltorio asequible o células auxiliares, dar espacio en el genoma vírico para la inserción de secuencias de ADN exógeno e incorporar nuevas secuencias que codifiquen y capaciten la expresión apropiada del gen de interés. De esta forma, podemos considerar que los ácidos nucleicos del vector comprenden dos elementos: esas secuencias víricas esenciales que permanecen y la unidad de transcripción para el gen exógeno.

Por lo tanto, todas las secuencias víricas no esenciales deberían ser eliminadas, así idealmente, un vector contendrá solo aquellas secuencias de ácidos nucleicos de virus necesariamente requeridas.(59)

Cualquiera que sea el método usado, el gen es insertado en forma aleatoria en uno o más cromosomas de las células receptora. Es necesario identificar la célula que recibe el gen insertado, cultivándolas. Una vez insertado el gen

extraño es más fácil trasladarlo a otras plantas mediante técnicas tradicionales conocidas como de fitomejoramiento.

CAPITULO III.

ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS.

A lo largo de la historia del hombre, este ha buscado modificar los alimentos que ha encontrado en la naturaleza, para obtener así los mismos con mejores propiedades, o incluso otros, es el caso de las coles de Bruselas, la coliflor y el brócoli que son variedades artificiales de la misma planta. Lo mismo se puede decir de las diferentes variedades de manzana, maíz, papa, trigo, etc. (9)

En la ciencia uno de los principios por los que se creyó que era posible la modificación ya de una manera artificial, no natural, fue la afirmación de Darwin en sentido de que las especies no son fijas e inalterables, sino por el contrario, que son capaces de evolucionar y que los sujetos más aptos al ambiente eran los que tenían más descendencia y podían vivir más tiempo.

La ingeniería genética permite ahora llevar a cabo, en pocos años y de forma controlada, lo que antes podía llevar décadas o siglos, o lo que aún no se contemplaba siquiera en la mente de los agricultores. La ingeniería genética se utilizó inicialmente (por su alto costo) para producir sustancias de uso farmacéutico, como la insulina, modificando genéticamente microorganismos. Con los posteriores desarrollos, se obtuvieron algunas otras sustancias para uso industrial.

La biotecnología moderna implica la producción de organismos vivos que poseen ciertas características novedosas de material genético que no existían antes en la naturaleza, la principal diferencia que se establece entre la

biotecnología y la biotecnología moderna, es la aplicación de modernas técnicas para el cruzamiento entre especies muy diferentes.(6)

Estas nuevas técnicas rompen las barreras naturales de cruzamiento entre especies y reduce de manera drástica el tiempo que se requiere para producir nuevas combinaciones genéticas. Paradójicamente, en ocasiones también se reduce el tiempo necesario para evaluar cuidadosamente las características positivas y negativas de éstos nuevos cultivos pueden tener para la producción y el medio ambiente. (28)

Así pues los transgénicos también llamados Organismos Genéticamente Modificados (OGMs), son organismos cuyo material genético ha sido modificado de una forma que no puede ser lograda por técnicas normales de reproducción: .La planta transgénica contiene uno o más genes que han sido insertados en forma artificial en lugar de que la planta los adquiriera mediante la polinización que es el mecanismo natural o normal. La porción de genes insertados (llamados transgen) puede provenir de otra planta no emparentada o de una especie por completo diferente: por ejemplo, el **maíz Bt**, que produce su propio insecticida, contiene un gen de una bacteria. Las plantas que tienen transgenes a menudo son llamadas genéticamente modificadas o cultivos OGM.(60)

Cabe ahora preguntarnos que si los alimento transgénico o si los organismos genéticamente modificados destinados a la alimentación son alimentos propiamente dichos. Al respecto el departamento de tecnología de la Universidad de Zaragoza, de los alimentos indica que podemos considerar los siguientes grupos:

- Sustancias empleadas en el tratamiento de los animales para mejorar la producción. El mejor ejemplo es la hormona de crecimiento bovina recombinante utilizada para aumentar la producción de la leche. Se utiliza en Estados Unidos, pero no en la Unión Europea.
- Sustancias empleadas en la industria alimentaria, obtenidas en microorganismos por técnicas de ADN recombinante, por ejemplo, la quimosina (cuajo) recombinante, usada ya en la Unión Europea para la fabricación de queso. Se ha comprobado que no tiene riesgos para el consumo.
- Animales transgénicos que segreguen en su leche una proteína humana, o que tenga un contenido menor de lactosa, etc. No existen todavía a nivel comercial.

“Un organismo transgénico es aquel que ha recibido, por cualquier método, un gene distinto al de su propia especie”, según afirma el Doctor Xavier Soberón Mainero, director del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Así tenemos que son transgénicos los organismos que mediante técnicas de ingeniería genética han sido modificados.

Sin embargo algunos consideran que los transgénicos son “los productos logrados mediante manipulación genética, con tecnología que altera el desarrollo natural de las plantas y rompen los límites entre las especies con consecuencias gravísimas para el equilibrio ecológico de cualquier región del planeta” (27)

Para establecer correctamente el término transgénico, se hace referencia a la expresión de un gen proveniente de una especie en otra distinta. Conocidos los

genes que causan un determinado genotipo, de interés, es posible la introducción selecta en plantas o animales, de tal manera que se mantengan integrados en el genoma original, de forma estable, y sean funcionales a lo largo de sucesivas generaciones. A partir del genoma de un individuo donador se aísla el gen que interesa expresar, se modifica in Vitro y se introduce, ya sea en el genoma de un organismo receptor que puede ser un animal, un vegetal o un microorganismo. En este contexto, organismos transgénicos, son estrictamente, los que contienen genes de otra especie, pero la denominación de alimentos transgénicos es más amplia e incluye prácticamente todos los alimentos en cuya creación total o parcial se utilizan técnicas de ingeniería genética: en particular, los alimentos o ingrediente que contienen o consisten en organismos genéticamente modificados, o que contienen productos procedentes de organismos genéticamente modificados. Algunas de la aceptaciones para los transgénicos son OGMs y su equivalencia en inglés GMOs, plantas transgénicas, entre otras.

CLASIFICACIÓN DE LOS OGM

Se puede clasificar los cultivos de organismos genéticamente modificados de la siguiente manera:

- Bt protegidos contra insectos y reducen el uso de pesticidas. Las plantas producen una proteína tóxica solo a ciertos insectos que se encuentra en una bacteria común de la tierra llamada el thuringiensis o Bt, así tenemos modificados el maíz, algodón, papa, y están en estudio el girasol, la soya, canola, trigo, tomate etc.
- Tolerante a herbicidas, que permitan a los agricultores aplicar herbicidas específicos para controlar plagas vegetales sin dañar el

cultivo, actualmente tenemos la soya, algodón, maíz, canola y arroz, y están estudiando la remolacha y el trigo.

- Resistente a enfermedades, dotados contra enfermedades virales de plantas, equivalentes a una vacuna en la planta, actualmente tenemos las papas dulces, yuca, arroz, maíz, calabaza, papaya y están en estudios de tomate y el plátano.
- Modificación de contenido graso, reducen la necesidad de procesar en su obtención y crean productos más saludables, actualmente tenemos la soya con reducción de grasa saturada, y están en estudio el girasol y el cacahuete.
- Retardo de maduración, obteniendo así más sabor, color y textura, resistencia en el transporte y mayor vida de anaquel, actualmente le tomate, en estudio la frambuesa, fresa, plátano y piña.

La obtención de organismos transgénicos destinados a la alimentación nos ha llevado a la obtención de plantas resistentes a virus, bacterias, hongos, insectos y herbicidas; plantas con características mejoradas y/o nuevas, por ejemplo incremento en el contenido de proteína, almidón, aceite, plantas madurez retardada, etc. Plantas con mayor eficiencia fotosintética; plantas resistentes a los herbicidas, agentes agrobiológico, como bioinsecticidas, y biofertilizantes, de hecho los productos más exitosos han sido los bioinsecticidas, en particular el *Bacillus Thuringiensis* Bt.

PRESENCIA DE LOS OGMs EN EL MUNDO.

Las primeras pruebas experimentales de campo con organismos genéticamente modificados se llevaron a cabo en Francia y Estados Unidos en 1986. Durante

el periodo 1986-1995, se realizaron cerca de 15,000 pruebas en 34 países, con 56 cultivos a los que se les dieron 6 características agronómicas nuevas. De 1996 a 1997 se hicieron 10,000 pruebas incluyendo 4 nuevos cultivos y un total de 10 características. Respecto al promedio anual de los diez años previos, para 1997 se había multiplicado por siete el número de pruebas.(36)

La era de los denominados “alimentos transgénicos” para el consumo humano directo se abrió el 18 de mayo de 1994, cuando la Food and Drug Administration de Estados Unidos autorizó la comercialización del primer alimento con un gen extraño, el tomate “Flavr Savr”, modificado para que retardar su madurez, evitando que produjera una enzima esencial en el proceso de senescencia. A partir de ese momento, se han obtenido cerca del centenar de vegetales con genes ajenos insertados, que se encuentran en distintas etapas de su comercialización, desde los que representan ya un porcentaje importante de la producción total en algunos de los países hasta los que están pendientes de autorización.

Todo esto permitió acumular información científica abundante sobre las relaciones de estos cultivos mejorados genéticamente con su medio ambiente. En varios países, principalmente Estados Unidos, Canadá, China y Argentina, ya se han aprobado para su liberación al medio ambiente y para consumo, un número importante de OGMs en cultivos básicos como maíz, papa, soya, algodón, colza (canola), calabaza, remolacha, y papaya. La segunda generación de transgénicos corresponde ha plantas en las que la introducción o modificación de un gen les confiere una nueva propiedad de interés agronómico o alimentario. Su éxito ha sido tal que para el 2002 se habían sembrado con ellas 58.7 millones de hectáreas en el mundo, 27% en países en

vías de desarrollo, a pesar de la enorme controversia generada en torno. En ella se concentra en un bloque la postura de países con capacidad para usar los transgénicos, según el porcentaje total de superficie destinada al cultivo de organismos genéticamente modificados (OGMs) con el que participan : Estados Unidos(66%), Argentina (23%), Canadá (6%), China (4%) y 12 países más con el (1%). En el 2002 se sumaron Colombia, Honduras y la India. En otro bloque esta la Unión Europea, con una situación muy favorable en términos de autosuficiencia alimentaria y líder de opinión de todos aquellos países que, generalmente que por presiones de grupos ambientalistas, han detenido la aplicación de la biotecnología en el campo. (36)

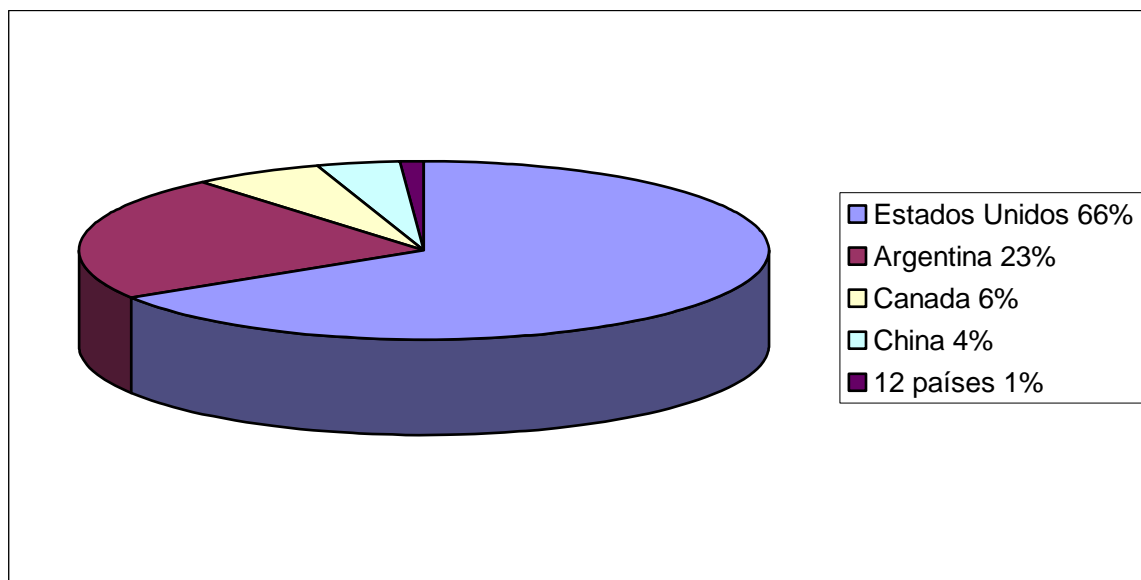


Figura 6. Países productores de OGMs (36)

PRESENCIA EN LA UNION EUROPEA

La postura de la Unión Europea frente a los Organismos Genéticamente Modificados, dedicados a la agricultura es particular, pues es aquí donde existe gran renuencia a la comercialización de estos organismos, algunos dicen que esto se debe a la desconfianza de la ciencia y la agricultura por el caso de las vacas locas, que ha incrementado el interés en la producción al consumidor, y el caso de la fiebre aftosa, pues esta región es la que ha sido más dañada por ambas circunstancias.

Sin embargo a pesar de la renuencia de esta región para aceptar que se comercialicen abiertamente los organismos genéticamente modificados, se ha encontrado que sí ha habido introducción de los mismos en sus mercados. Según un informe de la Asociación Médicos Británicos “los principales tipos de cultivo de OGM en desarrollo para uso en el Reino Unido son la colza, remolacha azucarera y forrajera, maíz y papa. Productos alimenticios que se venden corrientemente para consumo humano en ese país. (53)

Otro ejemplo de que se utilizan organismos genéticamente modificados en la Unión Europea es el de la quimosina modificada genéticamente que se encuentra disponible y es usada como cuajo en los quesos. El mercado para estos productos es el considerable, pues el 60 % de los alimentos procesados contienen derivados de la soya modificada.

Monsanto, una de las principales empresas transnacionales señala que actualmente, más de la mitad de la producción mundial de soya proviene de cultivos mejorados genéticamente, y la Unión Europea es la zona que más consume este alimento.

Ante la renuencia de los consumidores los borradores de leyes de la Unión Europea expusieron que se permitirán importaciones de cultivos convencionales con 1 % de contaminación de organismos genéticamente modificados, pero que mientras se permiten nuevos cultivos transgénicos, se incrementará 3 millas la zona de seguridad entre cultivos convencionales y los transgénicos. estas medidas de

EL PAPEL DE LA FAO SOBRE LOS OGM.

El papel de la FAO en el uso y creación de transgénicos es muy importante, ya que los procesos más evolucionados para la creación de los mismos, se han desarrollado en las áreas agrícolas y pecuarias, relacionadas directamente con la alimentación. (50)

A raíz de la preocupación mundial por el uso de transgénicos y sus posibles efectos al medio ambiente y la salud humana, la FAO, realiza su declaración al respecto del uso de la biotecnología, señalando lo siguiente:

- Reconoce que la ingeniería genética puede contribuir a elevar la producción y productividad de la agricultura, silvicultura y pesca. Puede dar lugar a mayores rendimientos en tierra marginales de países donde actualmente no se pueden cultivar alimentos suficientes para alimentar a sus poblaciones (54). Señalando los importantes avances que se han obtenido para la creación de nuevas vacunas, alimentos con mayores propiedades nutritivas y la creación de un mayor potencial para el cultivo en zonas en las que anteriormente era difícil el desarrollo de las plantaciones, solucionando algunos problemas agronómicos tradicionales.
- Reconoce también la preocupación por los riesgos potenciales que plantean algunos aspectos de la biotecnología. Tales riesgos pueden clasificarse en dos categorías principales:
 - a) Los efectos de la salud humana y animales
 - b) Consecuencias ambientales

En este punto la FAO, reconoce la importancia de la protección de la biodiversidad, y de las especies nativas, así como la conservación “in situ” que deben desarrollar los países megadiversos y centros de origen para así evitar hibridaciones o desplazamientos no deseados.

- Apoya un sistema de evaluación de base científica que determine objetivamente los beneficios y riesgos de cada organismo modificado generalmente. Para ello hay que adoptar un procedimiento prudente caso por caso para afrontar las preocupaciones legítimas por la bioseguridad de cada producto o proceso antes de homologación. En este punto se reconoce los principios del Protocolo de Cartagena, relativo a las modificaciones previas, la evaluación de su liberación al medio ambiente, el seguimiento de sus procesos, sus efectos y aunque no lo menciona, reconoce el principio precautorio.
- Considera que hay que hacer lo posible para conseguir que los países en desarrollo en general y los agricultores con pocos recursos, en particular, se benefician más de la investigación biotecnológica, manteniendo a la vez su acceso a una diversidad de fuentes de material genético. Proponiendo para este punto una mayor participación y financiamiento al sector público, así como un diálogo y concertación entre los sectores público y privado.(54)

Dicha manifestación implica también la participación de sus organismos como la Red de Cooperación Técnica en Biotecnología vegetal para América Latina (REDBIO), que ayuda a sus miembros a participar de una forma eficaz en el comercio internacional de productos básicos y alimentos, así como facilitar

información y asistencia técnica, análisis económico y ambiental, respecto a las novedades tecnológicas.

La Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF), cuya secretaría funciona en la Sede de la FAO, constituye el mecanismo mundial de fijación de normas para la armonización de las medidas fitosanitarias. En relación con esto la CIPF organizó una consulta sobre su cooperación con el CDB para seguir armonizando los reglamentos y normas de bioseguridad destinados a proteger la salud de las plantas, y en particular la evaluación y gestión de los riesgos.

Para alcanzar este fin, la CIPF estableció un grupo de trabajo exploratorio de composición abierta sobre los aspectos biosanitarios de los OGM, la bioseguridad y las especies exóticas invasivas, que se reunió en junio 2000. El compromiso de la FAO en este sentido es seguir intensificando su labor normativa y consultiva sobre la armonización de los métodos de análisis de riesgos en relación con el ensayo y la liberación de OGM.

Las normas sobre inocuidad de los alimentos se examinan en la comisión del Codex Alimentarius. El Codex ha establecido un grupo de acción intergubernamental especial sobre alimentos obtenidos por medios biotecnológicos, con el objeto de examinar normas, directrices u otras recomendaciones, según proceda, para alimentos obtenidos por medios biotecnológicos o características introducidas en un alimento mediante biotecnologías, basándose en datos científicos y análisis de riesgo y teniendo en cuenta, cuando sea apropiado, otros factores legítimos pertinentes para proteger la salud de los consumidores y promover prácticas leales en el comercio de alimentos. (58)

Este grupo de acción celebró su primera reunión en Japón, en marzo 2000. La FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS) iniciaron una serie de consultas mixtas de expertos sobre la evolución de inocuidad de los alimentos obtenidos por medios biotecnológicos. La primera de ellas se celebró en Ginebra de mayo a Junio del 2000 y abordó la metodología y procedimientos para llevar a cabo evaluaciones de riesgos de alimentos modificados genéticamente; la segunda, que obtuvo lugar en Roma en enero 2001, se dedicó a examinar la alergenidad de los alimentos modificados genéticamente. El Comité del Codex sobre etiquetado de los alimentos también trabaja actualmente en la formulación de recomendaciones para el etiquetado de los alimentos obtenidos por medios biotecnológicos. (58)

Finalmente como podemos ver en el ámbito internacional, se tiene una gran preocupación por los posibles efectos al medio ambiente, el comercio y la salud, respecto a la utilización de transgénicos, por lo que las entidades de asistencia mundial como la CDB, FAO y OMS, se han coordinado para la homologación de las normas en la materia.

La protección a la diversidad y la salud humana, ha sido el eje principal de toda ésta coordinación entre distintos sectores que en algún momento hubieren parecido totalmente incompatibles.

Un problema muy grave que se presenta en el caso de México, es que su principal socio comercial los Estados Unidos, como ya mencionamos no es signatario de la CDB(Convención sobre la Diversidad Biológica), ni el protocolo de Cartagena, por lo que al surgir un conflicto comercial, éste se solucionaría a través de las normas de la OMC o los paneles que establece el Tratado de Libre Comercio de Norteamérica (TLC), y no por las normas

establecidas dentro del protocolo, subordinándose los aspectos ambientales a las normas comerciales. (23)

OGM EN MEXICO.

En México los transgénicos siguen creando polémica sobre si son o no de beneficio para el ser humano, pero lo cierto es que ya se encuentran en el mercado y se consumen sin que muchas veces se sepa. (37)

El debate ha alcanzado un clímax, particularmente a raíz de que en el 2001 el gobierno de México presentara evidencia por medio de los titulares del Instituto Nacional de Ecología (INE) y de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), junto con un grupo de investigación independiente de la Universidad de Berkeley, California, liderado por Ignacio Chapela, de que maíz criollo cultivado en áreas remotas de la Sierra de Oaxaca y Puebla estaba contaminado con productos transgénicos.

Recientemente, Norman Ellstrand, y Lesley Blancas, de la Universidad de Riverside, California, así como Angel Kato, del Colegio de Postgraduados del Estado de México, presentaron de manera independiente un par de documentos durante la reunión de la organización Internacional Pugwash en la UNAM, cuyo objetivo era analizar los riesgos y consecuencias que podrán traer consigo la introgresión de transgenes en maíz criollo mexicano, así como en sus parientes silvestres. (38)

En repetidas ocasiones, Ezequiel Ezcurra titular del Instituto Nacional de Ecología (INE), así como Elena Álvarez-Buylla del Instituto de Ecología de la UNAM, han alertado sobre la reciente experimentación en maíz, que le

conferiría la posibilidad de producir plásticos, aceites industriales e incluso antibióticos, con las terribles consecuencias que no es difícil imaginar si es que estos transgenes lograran contaminar campos de cultivos destinados a consumo humano. (38)

México es considerado oficialmente productor de alimentos transgénicos, es decir, de aquellos que han sido modificados genéticamente. (37)

En el 2003, 7 millones de agricultores de 18 países cultivaron 15 % más de hectáreas con respecto al 2002.

Se calcula que México en el 2001 tuvo una superficie cultivada de 35 mil hectáreas. (37)

La Secretaría de Agricultura acordó darles a las empresas Dupont, Novartis, Monsanto y Savia, firmas que constituyeron la empresa Agrio Bio para promover sus transgénicos y un subsidio del 90 % de los costos de regalías y semillas de algodón, soya, canola, ajonjolí y cártamo, sin embargo dicho subsidio se destina a la investigación.

Aunque a pesar de existir una declaratoria por parte del gobierno mexicano en cuanto a la moratoria de uso de organismos genéticamente modificados destinados a la alimentación o alimentos transgénicos, en México ya se realiza la siembra de maíz transgénico en el norte del país, reconoció por primera vez el Director Técnico de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos genéticamente modificados(Cibiogem), Eduardo Casas Díaz, quien aseguró que esta actividad no constituye riesgos para el grano. Sin embargo no se hace referencia sobre la agricultura regional ni la salud humana o animales de la región.

En nuestro país organismos no gubernamentales como Greenpeace, argumentan que nuestras autoridades han introducido organismos genéticamente modificados, en específico señalan a la Secretaría de Salud de haber violado cinco artículos (194,282bis,1bis,283,286) de la Ley General de Salud, así como el Reglamento de Control Sanitario de productos y servicios al no exigir a los exportadores e importadores del grano la notificación o solicitud que por ley se requiere para la introducción de este tipo de productos. (9)

La organización internacional Greenpeace ha publicado una serie de productos que contienen organismos genéticamente modificados. La lista que a continuación se presenta no agota todas las marcas y productos transgénicos que se consumen en el país, y son válidos sólo para México ya que cada empresa tiene políticas diferentes para la elaboración en cada país. (61)

La siguiente lista de empresas y sus productos que contienen transgénicos si está confirmada con análisis de laboratorio: (61)

- ❖ MASECA: Maseca con vitaminas (Gruma, S.A. de C.V.)
- ❖ MINSA: Masa de nistamal instantanea (Grupo Minsa S.A. de C.V.)
- ❖ LA UNICA: Tortilla, Tortillinas de masa fresca y tostadas planas (Grupo Minsa S.A De C.V.)
- ❖ MISION: Tortillas 100% de maíz (Gruma)
- ❖ MILPA REAL: Tostadas de Maíz (Bimbo)
- ❖ KELLOGG´S: Korn Flakes, Corn pops, Corn Flakes granulados y Froot Loppes (Kellogg´s de México, S.A. de C.V.)

Esta lista significa que prácticamente todos los mexicanos que consumimos maíz de las tortillerías Maseca nos alimentamos de maíz transgénico, según Greenpeace.

La siguiente lista está elaborada de acuerdo a las declaraciones escritas que han proporcionado algunas empresas procesadoras de alimentos, no se basan en pruebas de laboratorio. Estas empresas no garantizan que sus productos no contienen organismos genéticamente modificados (OGMs) o sus derivados:

- ❖ CLEMENTE JACQUES: Mermeladas (Anderson Clayton and Co-Unilever)
- ❖ SMUCKER'S: Mermeladas (J.M. Smucker de México, S.A. de C.V.)
- ❖ DEL FUERTE: Enlatados de Chipotles adobados y Granos de elote; Catsup (Alimentos del Fuerte, S.A. de C.V.)
- ❖ KARO: Alimentos para bebés Miel de Maíz, de Maple (Cicina Productos de Maíz, S.A de C.V)
- ❖ CAPULLO: Aceite Vegetal Comestible (Anderson Clayton and Co-Unilever)
- ❖ GAMESA: Mamut, Florentinas, Saladas, Marías (Grupo Gamesa S.A de C.V.)
- ❖ MARINELA: Gansito, Pingüinos, Choco Roles (BIMBO)

No existe actualmente ninguna norma de etiquetado en México de los productos que han sido genéticamente modificados. Esto tiene varias consecuencias:

- Los consumidores no tienen opción de decidir cuales productos quieren o no comprar.

- Evita un mecanismo para vigilar enfermedades que ocurrieron a partir del consumo de transgénicos, y
- Evita la posibilidad de denunciar a las empresas que producen estos productos si llegan a ser nocivos para la salud humana y el medio ambiente.

OTROS ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS

Chile Habanero. En Mérida Yucatán, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestal, Agrícola y Pecuario (INIFAP) realiza investigaciones para mejorar la genética del chile habanero y cumplir con las demandas del mercado industrial internacional.

En entrevista, el líder de proyectos de investigación del INIFAP, Octavio Pozo, expuso que a la fecha los estudios realizados en relación con esa hortaliza se enfocan a los sistemas de producción y para satisfacer las necesidades del ramo gastronómico.

Sin embargo, mencionó que “por su alto contenido de capcicina y caroteno, el chile habanero ha despertado el interés de la industria estadounidense y europea para la fabricación de anticorrosivos, cosméticos, colorantes y saborizantes artificiales de calidad”.(39)

Dalias. La utilización de Deminozide redujo la altura de las matas de Dalia en un 29 % lo que puede ser una alternativa para la producción de plantas ornamentales que se desarrollan en macetas pequeñas informo Antonio Laguna Cerda, especialista del centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma del Estado de México.

El programa de mejoramiento genético de la dalia que se realiza en la UAEM, busca generar una tecnología de producción de plantas en macetas que permita evaluar, genotipos seleccionados en condiciones comerciales. (39)

PRODUCCION DE OGMs EN MÉXICO.

Según fuentes oficiales, de los ensayos de producción transgénicos en México desde 1982 hasta mayo del año 2000. En estos 18 años se han otorgado 151 permisos (otorgados por la Secretaria de Salud) a las empresas y otras instituciones para el cultivo de transgénicos en 16 estados del país (50% de las entidades del país), en un área total aproximada de 200 mil hectáreas, de las cuales más del 90% de ellas corresponden a la empresa transnacional Monsanto y principalmente para el cultivo de algodón y soya transgénicos.

En 1982 se solicitó el permiso para el cultivo de jitomate que representa en este año el 0.6% de todos los permisos otorgados durante los últimos 18 años. Diez años después, en 1992, se otorgaron 4 permisos (2.6%); 6 autorizaciones en 1993 (3.9%); 8 en 1994 (5.2%); 9 en 1995 (5.9%); 29 en 1996 (19.2%); 36 en 1997 (23.8%); 31 en 1998 (20.5%); 22 en 1999 (14.5%); y 5 hasta el mes de mayo de 2000 (3.3%).

De los 151 permisos otorgados para el cultivo de transgénicos, 33 fueron para la siembra de maíz; 28 para algodón; 15 para tomate; 14 para jitomate; 13 para soya; 10 para calabacita; 5 para papa; 4 para papaya, melón y tabaco cada uno; 3 para el trigo; dos para canola; y un permiso para cada uno de los siguientes productos: lino, chile, plátano, piña, clavel, alfalfa y arroz. Además, un permiso para microorganismos, otro para el BT modificado genéticamente y uno más para Rhizobium Etli.(60)

CAPITULO IV

LA BIOSEGURIDAD Y LAS LEYES QUE RIGEN A LOS OGM EN MÉXICO Y EN EL MUNDO.

LA BIOSEGURIDAD.

La bioseguridad nació con la ingeniería genética. Los científicos que participaron en el desarrollo de la biotecnología moderna a principios de la década de los 70`s comprendieron que, si bien las nuevas técnicas ofrecían enormes potencialidades, también existía temor sobre los eventuales riesgos de su aplicación. Quienes vivieron de cerca esa etapa del desarrollo de la biotecnología recuerdan bien las enormes especulaciones seguidas en diversos círculos. Ante esto, los propios científicos decidieron convocar a una reunión que tuvo lugar en Asilomar, California, en 1975. El propósito era decidir sobre los mecanismos necesarios para mantener bajo control potencial de la ingeniería genética. Dado que no se tenía suficiente conocimiento, la comunidad científica, en un acto de responsabilidad frente a la sociedad, propuso unilateralmente una moratoria al uso de la ingeniería genética, mientras se generaba el conocimiento suficiente para la aplicación segura.

Pocos años más tarde, en una segunda convención realizada, también en Asilomar, los científicos, después de generar más conocimiento sobre la ingeniería genética acordaron levantar la moratoria y, entonces, establecer normas claras para continuar la investigación de este campo tan prometedor. Ya no era necesario prohibir la investigación, pues se tenía información suficiente para controlar riesgos. La bioseguridad había nacido.

De esta manera, a principios de la década de los 80's se elaboraron las primeras reglas para llevar a cabo investigación con organismos genéticamente modificados (OGM) en los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos (NIH). Las regulaciones de entonces se enfocaron principalmente a dos aspectos: proteger a los investigadores que trabajaban con este tipo de materiales y asegurar que los OGM permanecieran confinados dentro de laboratorios en tanto se tuviera evidencia suficiente para su liberación segura. Así, primeras reglas establecieron los niveles de seguridad que deben tener los laboratorios para evitar fugas accidentales de organismos y material vivo. (29)

Ahora, la necesidad de conocimientos para la bioseguridad se centra básicamente en los aspectos de evolución de riesgos para la salud de los alimentos derivados de OGM y para el ambiente y la biodiversidad en los casos asociados a la aplicación de la ingeniería genética a la agricultura. No hay que olvidar que las necesidades de regulación de la bioseguridad agrícola y alimentaría se presentan años después de las primeras normas desarrolladas por INH (Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos), porque las aplicaciones de la ingeniería genética en la agricultura ocurren más tarde. De hecho, los primeros cultivos modificados genéticamente fueron autorizados para su aplicación comercial hasta 1996. Desde entonces, la importancia económica de los productos elaborados con biotecnología moderna para este sector se ha hecho evidente. Los agricultores que usan materiales modificados genéticamente tienen ahorros importantes, por lo que el mercado global de estos cultivos ha pasado de 500 millones de dólares en 1996 a una cifra que se espera alcance los 3,000 millones en el año 2000. (29)

Sin embargo, los cuestionamientos de diversos sectores de la sociedad sobre la seguridad de los alimentos derivados de la nueva biotecnología son frecuentes, lo cual implica un nuevo reto para la bioseguridad.

Por ello, el alcance del concepto de bioseguridad se ha ampliado. Hoy se entiende por bioseguridad el conjunto de conocimientos que facilita la evolución de riesgos, así como la legislación y regulación necesarias para autorizar el uso seguro de procesos biotecnológicos y productos modificados genéticamente. (49)

EL PROTOCOLO DE BIOSEGURIDAD.

La evolución de riesgos en materia de impacto al ambiente y a la biodiversidad ha sido objeto de una negociación internacional, puesto que se reconoció que, tanto por el comercio internacional como por su migración natural, existe un flujo antifronterizo de OGM que requeriría de reglas de bioseguridad específicas. Por ello, en el marco de la Convención sobre la Diversidad Biológicas, acordada en Montreal, Canadá y firmado en Nairobi, se negoció durante varios años un protocolo internacional de bioseguridad que fijara criterios comunes para la evolución de riesgos. Este instrumento, conocido como Protocolo de Cartagena, fue acordado en enero del 2000 y ha empezado a ser firmado por diferentes naciones. En él se introducen nuevos criterios de evaluación de riesgos, como el análisis de impacto socioeconómico y el principio precautorio.

1. Uno de los puntos principales del protocolo es el “principio precautorio”, que en síntesis puede resumirse de la siguiente manera: si un país considera que no hay bases científicas sólidas que garanticen

que los OGM son inofensivos al ser humano y al ambiente, entonces puede impedir las importaciones de dicho producto.

Principales aspectos de los anexos técnicos del protocolo de Bioseguridad

Anexo 1.- Información requerida en las notificaciones que deben realizarse.

1. Datos completos del importador.
2. Identidad de OGM y el nivel de seguridad del mismo.
3. Datos taxonómicos del organismo receptor del gen.
4. Centro de origen y diversidad de organismos receptor del gen
5. Descripción del ácido nucleico o la modificación introducida, técnicas usadas y las características resultantes del OGM.
6. Métodos sugeridos para el manejo, almacenamiento, transporte y utilización seguros.
7. Situación reglamentaria del OGM en el país exportador.

Anexo 2. Información requerida sobre los OGM destinados a uso directo como alimento animal o humano o para procesamiento.

1. Datos completos de la dependencia gubernamental que toma la decisión de aprobarlo.
2. Datos completos del gen modificado, la técnica empleada y las características del OGM
3. Datos taxonómicos del organismo receptor del gen.
4. Los usos aprobados del OGM.
5. Informe sobre la evolución del riesgo.

Anexo 3. Evolución del riesgo.

1. La evaluación del riesgo que debe hacerse de forma transparente y científicamente competente.
2. La falta de conocimientos científicos no se interpretarán necesariamente como indicadores de un determinado nivel de riesgo, de la ausencia de riesgo o de la existencia de un riesgo aceptable.
3. La evolución del riesgo debe realizarse caso por caso.
4. Entre los aspectos a evaluar se encuentran los siguientes:
 - Identificación de posibles efectos adversos a la diversidad biológica.
 - Evaluación de la probabilidad de ocurrencia de los riesgos.
 - Estimación del riesgo general.
 - Recomendación sobre si los riesgos son aceptables. (55)

BIOSEGURIDAD Y ALIMENTOS.

Con respecto a la bioseguridad alimentaria, el objetivo es evaluar los alimentos genéticamente modificados y sus derivados desde el punto de vista de toxicidad, alergenicidad y contenido de nutrimentos.

Ante la preocupación creciente de diversos sectores de la sociedad, particularmente en Europa, en 1995, la FAO convocó a la primera reunión de especialistas para revisar los aspectos relacionados con la dirección de la evaluación del riesgo en materia de inocuidad alimentaria de los OGM llegando a una primera serie de recomendaciones que fue complementada en 1997 durante una segunda reunión celebrada en Roma.

La consideración de partida fue asegurar y mantener el bienestar del consumidor y apoyar el comercio internacional. Uno de los primeros

consensos fue la de establecer la diferencia entre peligro y riesgo. El primer término se refiere a la presencia de elementos químicos o algún agente o condición física que puede causar daño a la salud, mientras que riesgo se refiere a la estimación de la probabilidad de efectos adversos a la salud, a través de la ingestión de alimentos.(27)

Se reconoció que el desarrollo de la normatividad en materia de bioseguridad en alimentos debe estar fundamentada en una metodología rigurosa que incluya los siguientes tres elementos para análisis de riesgo:

- La evaluación del riesgo
- El manejo y control del riesgo
- La comunicación del riesgo

La Filosofía de evaluación de riesgo.

Para determinar si un OGM es un alimento que puede ingerirse sin peligro alguno, éste es sometido a pruebas para determinar su calidad nutritiva, toxicidad y sustancias alergénicas presentes. Los resultados obtenidos se comparan con los registrados para alimentos producidos a través de métodos tradicionales y que ya se encuentran autorizados para su consumo.

La evaluación de los OGM y sus derivados, se basa en conceptos novedosos que han sido desarrollados por diferentes organizaciones internacionales tales como la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO), el Codex Alimentarius (que es la autoridad internacional más destacada en relación con la inocuidad y seguridad alimentaria), la Organización Mundial para la Salud (OMS). Los dos conceptos principales son “rasgo nuevo” y “equivalencia sustancial”.(55)

El concepto de rasgo nuevo se refiere a la nueva característica que ha sido introducida al alimento modificado genéticamente, algunas veces denominado “nuevo”.

Un alimento considerado nuevo se define como: Una sustancia, incluyendo microorganismos, que no tienen una historia de uso seguro como alimento.

Un alimento que ha sido fabricado, preparado, preservado o empacado mediante un proceso que:

- i. No ha sido previamente aplicado a dicho alimento, y
- ii. Ocasiona que el alimento sufra un cambio mayor; lo que significa cambios en el alimento que lo coloque fuera de los límites aceptados de variaciones naturales para dicho alimento respecto de la composición, estructura o valor nutricional del alimento o sus efectos fisiológico generalmente reconocidos; la manera en la cual el alimento es metabolizado en el cuerpo humano, o la seguridad microbiológica, la seguridad química o el uso seguro del alimento.

Con relación a la equivalencia sustancial, este concepto fue desarrollado por OCDE (Organización para la Cooperación y desarrollo Económico) y establece que si un alimento nuevo o nuevo componente del alimento es equivalente a un alimento o componente existente, entonces el alimento nuevo puede ser tratado de la misma manera respecto a la seguridad. Es decir el nuevo alimento, tiene el mismo nivel de seguridad de su contraparte tradicional. En 1996, se respaldó el concepto de equivalencia sustancial en la evaluación de seguridad de alimentos derivados de la biotecnología.

Como consecuencia, la identificación de la equivalencia sustancial no es una evaluación de seguridad es si misma, sino una aproximación analítica para la evaluación de un alimento nuevo en relación con uno que ya existe y una larga historia de consumo seguro.

Al determinar la equivalencia sustancial, los elementos críticos que se identifican son los nutrientes y las sustancias tóxicas que pudieran contener un alimento nuevo. En otras palabras, lo que se trata es de identificar el valor nutritivo y garantizar la seguridad para el consumidor en general.

Otro principio fundamental para la evaluación de riesgo, es el relacionado con el enfoque basado en el producto. Esto quiere decir que los alimentos nuevos (al igual que las plantas modificadas genéticamente) están relacionados sobre la base de las características del producto que se ofrece al consumidor, y no el proceso específico mediante el cual se fabricó.

Etiquetado de los alimentos genéticamente modificados.

Las relaciones sobre el etiquetado de alimentos genéticamente modificados varían de país en país. Canadá y Estados Unidos tienen un sistema donde el etiquetado de OGM no es obligatorio. Europa, por su parte, sí ha hecho obligatorio el etiquetado.

En el caso de México, este tema esta aún en discusión. En el año 2000, se aprobó en la Cámara de Senadores el etiquetado obligatorio; sin embargo, esta iniciativa fue rechazada en la Cámara de Diputados.

La discusión central ha girado en torno a la información que debe incluirse en la etiqueta, pues se trata, en principio, de proporcionar al consumidor datos

valiosos que le orienten sobre la calidad y seguridad del alimento y no de dar elementos técnicos que no le sean relevantes.

LA REGULACIÓN DE LA BIOSEGURIDAD EN MÉXICO.

En México, la reglamentación de productos biotecnológicos, se basa principalmente en la Constitución, que establece las líneas generales que tiene que seguir la dependencia gubernamentales, La Ley General de Salud, Ley General de Sanidad Vegetal, la Ley Federal sobre Metrología y Normatización, la Ley Federal sobre la Producción, Certificación y Comercio de Semillas, diversas normas oficiales y otros ordenamientos reglamentarios.

En lo relativo a productos de origen vegetal manipulados por ingeniería genética, en 1988, la Dirección General de Sanidad Vegetal, la Secretaría de Agricultura, decidió convocar a un grupo de expertos en biología molecular, genética, agronomía, fitomejoramiento, microbiología, ecología, entomología, bioquímica y salud para formar el Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola, como órgano de seguridad de dicha Dirección.

Posteriormente, con base a la experiencia del Comité y de otros países, se emitió la Norma Oficial Mexicana NOM-056-FITO-1995.(12)

Norma Oficial Mexicana NOM-056-FITO-1995, Por la que se establece los requisitos fitosanitarios para la movilización nacional, importación y establecimiento de pruebas de campo de organismos manipulados mediante la aplicación de ingeniería genética.

Esta Norma Oficial Mexicana, publicada en el diario oficial de la Federación el 11 de julio de 1996, es el primer instrumento de carácter jurídico que se

establece con el fin de regular el amplio campo de transgénicos. Dicha Norma, regula y establece los requisitos fitosanitarios para la movilización nacional, importación y establecimientos de prueba de campo de organismos manipulados mediante la aplicación de ingeniería genética, es decir transgénicos.

Su fundamento jurídico se encuentra en los artículos 1ro, 2do, 6to, 23 fracción 1,29 y 43 de la Ley Federal de Sanidad Vegetal, en los cuales se menciona la obligación de regular y promover la sanidad vegetal, diagnosticar y prevenir la diseminación e introducción de plagas vegetales, sus productos y subproductos; establecer medidas fitosanitarias; y regular la efectividad biológica, aplicación, uso y manejo de insumos, el desarrollo y prestación de actividades y servicios fitosanitarios, así como uso y manejo de material transgénico en programas experimentales o en el combate de plagas, mediante la expedición del certificado fitosanitario.

Dicha Norma tiene por objeto el establecer el control de la movilización dentro del territorio nacional, importación, liberación, y evaluación en el medio ambiente o en pruebas experimentales de organismos manipulados por ingeniería genética para uso agrícola y obliga a su cumplimiento a, toda institución oficial, privada y personas físicas que de alguna forma intervengan en el proceso de movilización y liberación al medio ambiente, así como la evaluación de productos transgénicos. (12)

La Norma mencionada no incluye un protocolo específico que se deba seguir desde la primera solicitud de ensayo del OGM hasta su desregularización, la cual implica libertad de uso, y la comercialización de productos, esto significa

una carencia en el marco regulatorio que ha comenzado a cubrirse recientemente.

La regulación sobre el uso de productos provenientes de plantas modificadas genéticamente producidos localmente o que se importan para consumo humano directo e indirecto se expresan en el decreto que la reforma General de Salud del 7 de mayo de 1997. En el Capítulo XII define a los productos biotecnológicos y después establece que las disposiciones y especificaciones relacionadas con el proceso, características y etiquetado de estos productos se establecerán en las normas oficiales correspondientes. Dichas normas están en preparación.

Para el caso de la utilización de OGM importados para la formación de productos alimenticios, el Artículo 286bis menciona que el importador debe presentar el certificado sanitario expedido por la autoridad sanitaria del país de origen o por los laboratorios nacionales o extranjeros acreditados por la Secretaría de Salud o SECOFI.

El Reglamento General de Salud en Materia de Investigación para la Salud especifica criterios técnicos para regular la aplicación de los procedimientos relativos a la correcta utilización de los recursos destinados a ella y establece los principios científicos y éticos y las normas de seguridad en el caso de utilizar materiales que conlleven a riesgos para la salud humana. Este reglamento establece buenas bases para la regulación sobre el manejo de los OGM, pero se refiere específicamente a actividades de investigación confiadas en espacios de laboratorios.

Como puede observarse, en México, los productos provenientes de plantas modificadas genéticamente están regulados a nivel general pero no existen todavía las normas específicas, aunque el 9 de agosto de 1999 avanzó un paso más, al reformarse el reglamento de la Ley General de Salud.

Sigue siendo evidente la necesidad de contar con reglas claras para la importación de OGM, las normas oficiales para la evaluación de las equivalencias sustancial y mejores mecanismos de comunicación con la sociedad sobre los beneficios y eventuales riesgos de los OGM. También es urgente contar con la reglamentación necesaria para la eventual autorización de la siembra comercial de variedades de plantas mejoradas genéticamente.

El protocolo de Cartagena establece un marco general para el movimiento transfronterizo de OGM, con ésta queda sentada la base para la eventual reforma regulatoria que deba hacer el país para estar conforme, no sólo con el protocolo, sino también con otros acuerdos internacionales que regulan el comercio. No puede olvidarse que debe evitarse erigir barreras técnicas al comercio si ésta no tiene un fundamento científico sólido.

Las experiencias que ha tenido México muestran claramente que el uso de agrobiotecnologías avanzadas requiere una organización más compleja en la que tanto el Gobierno como las empresas y los productores requieren mayor capacidad tecnológica y recursos humanos especializados. También esta experiencia indica la necesidad de coordinación entre diferentes sectores administrativos a nivel Federal, Estatal e Internacional. Dicha necesidad de coordinación se hace aun más urgente cuando los productos derivados de los OGM se acercan a su introducción al mercado.

Para enfrentar estos retos, en noviembre de 1999, se creó la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM), integrada por los titulares de las Secretarías de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural; Educación ; Salud; Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca; Comercio y Fomento Industrial; y Hacienda y Crédito Público, así como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

La CIBIOGEM está asistida por un Comité Técnico integrado por representantes de todas las secretarías involucradas, para tratar todos los asuntos operativos relacionados con la regulación y vigilancia de la bioseguridad, y por el Consejo Consultivo de Bioseguridad, integrado actualmente por trece científicos mexicanos de diferentes instituciones y especialidades, cuya función es servir como órgano de consulta obligatoria en todas las decisiones a tomarse en esta materia. (18)

En síntesis la Legislación Mexicana y los instrumentos regulatorios relacionados con el consumo seguro de alimentos derivados de OGM requiere normas específicas, que sean desarrolladas a partir de procesos participativos; también se necesita incrementar sustantivamente los mecanismos de comunicación con empresas, productores, académicos, funcionarios gubernamentales, legisladores y la sociedad en general sobre los beneficios, eventuales riesgos, regulaciones y decisiones tomadas en relación con las nuevas biotecnologías.

Las leyes actuales constituyen una buena base pero es importante que las complementen con los instrumentos operativos que se han mencionado apegándose siempre a los principios de protección de la salud y el medio

ambiente, aperturas a la participación de la sociedad y la búsqueda permanente de directrices claras para todos. (49)

ES APROBADA POR LA CAMARA DE DIPUTADOS LA LEY DE BIOSEGURIDAD EN MÉXICO.

México, D.F. (Notimex).- La Cámara de Diputados aprobó el 19 de Febrero del 2005 la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, la cual es la primera que regulará en el país la producción, introducción, manejo y consumo de este tipo de productos y semillas.

En medio de protestas del grupo ambientalista Greenpeace, se aprobó con 319 votos a favor del PRI y PAN, 105 en contra del PRD y PT, así como 17 abstenciones, esta reforma que fue devuelta al Senado, ya que sufrió algunas modificaciones.(63)

En tribuna, el diputado del PRI, Ulises Adame de León, fundamentó el dictamen y destacó que la nueva normatividad permitirá regular el uso de los llamados transgénicos y evaluar los posibles riesgos a la salud humana, medio ambiente y diversidad biológicas.

Consideró que una vez que entre en vigor, se reducirá el uso de fertilizantes y plaguicidas químicos agresivos, se disminuirá el consumo de agua en la agricultura y se incrementará la productividad y competitividad en el sector. Además se mantendrá un régimen especial de protección al maíz, dijo, y agregó que la nueva ley permitirá la mejora de especies agrícolas y ganaderas,

las cuales tendrán mejor calidad y valor nutritivo agregado, además de reducir la importación de alimentos.

Durante la sesión en el Palacio Legislativo y cuando se aprobaba en lo particular esta ley, un integrante de Greenpeace se descolgó a rapel desde un balcón de prensa por las paredes del recinto con una manta para protestar lo que calificó de "Ley Monsanto".

Ello provocó la interrupción por algunos minutos del debate. "Sólo beneficia a las transnacionales y se asegura los intereses de una elite reducida en México y atenta contra miles de campesinos", dijo la vocera de Greenpeace, Cecilia Navarro.

De acuerdo con el dictamen aprobado, la nueva ley se apega al llamado "Protocolo de Cartagena", que entró en vigor para México el pasado 11 de septiembre de 2003.

El Protocolo establece medidas de bioseguridad sobre ese tipo de organismos, como la obligación de que en las importaciones o exportaciones de granos para la alimentación animal o humana, se incluya una leyenda que advierta que pueden contener productos transgénicos.

El nuevo marco legal reglamenta el conocimiento y conservación de los

recursos genéticos, su etiquetación, la responsabilidad por los daños que pueden ocasionar, así como sus aspectos comerciales.

También autoriza la importación de transgénicos destinados al consumo humano o al procesamiento de consumo humano, al igual que los empleados en la salud pública, cuando hay plagas o contaminantes que ponen en peligro a especies animales, vegetales o acuícolas.

En el caso del maíz, del cual México es una de las naciones con mayor diversidad de especies, se estableció un candado en la ley para evitar su degeneración, al igual que la de otros cultivos de origen mexicano, que fija "un régimen de protección especial", aunque no especifica cuál.

El dictamen también precisa la competencia de la Secretaría de Agricultura de México en la creación, desarrollo, importación y exportación de microorganismos modificados (hongos, bacterias, protozoarios, virus y viroides, entre otros), que tengan fines productivos agropecuarios, acuícolas y fitozoosanitarios.

En uno de los articulados de la ley se establece la obligación de fortalecer la investigación en materia de bioseguridad para obtener "conocimientos suficientes" que permitan evaluar los posibles riesgos de los Organismos Genéticamente Modificados (OGM).

"El etiquetado de semillas o material vegetativo destinados a la siembra, cultivo y producción agrícola, quedará sujeto a las normas oficiales mexicanas

y en él se especificará que se trata de OGMs, las características de la combinación genética y sus implicaciones", señala.

Al inicio del debate, el diputado federal del PRD, Víctor Suárez Carrera, solicitó una "moción suspensiva" a este dictamen, lo cual fue rechazado por la mayoría.

Argumentó que la misma tendrá un impacto negativo en el medio ambiente y la salud, además de que causará una invasión de alimentos transgénicos en México. (63)

IMPACTO DE LOS OGMs EN LA SALUD EN MÉXICO.

Los posibles daños a la salud es uno de los temas que más preocupación ha generado. Se trata de un cuestionamiento de sentido común e inmediato: la falta de evidencia no significa ausencia de riesgo. Existen muchos casos de productos ya comercializados que han tenido que retirarse del mercado porque se comprobó, luego de dañar a muchas personas, que sí tenían efectos directos o colaterales en la salud. No es fácil detectar los efectos negativos en la salud humana, pero hasta ahora la discusión se ha centrado en dos temas: reacciones alérgicas y resistencia a antibióticos.(59)

En el caso de las alergias, las nuevas proteínas, producto de los genes introducidos, puedan ser alergénicas. Los genes que mayor preocupación y debate han generado son los resistentes a antibióticos, pues no tienen ninguna función en la planta a la que son introducidos; se utilizan en el laboratorio durante el proceso de manipulación genética y se denominan *genes marcadores*. Su objetivo es facilitar el trabajo de los biólogos moleculares

para encontrar las células en que se logró la modificación deseada. Expertos en microbiología han manifestado que estos genes pueden transferirse a bacterias intestinales de humanos y animales a través de la alimentación, así como a otros microorganismos que habiten en el ambiente. Los microorganismos que puedan integrar estos genes en su material genético serían resistentes al antibiótico; esto es muy preocupante en el caso de bacteria patógenas.

Diversas instituciones internacionales han alertado contra su utilización, entre ellas la Unidad de Agentes Bacterianos del Instituto Pasteur, responsable del Centro Nacional sobre Mecanismos de Resistencia a Antibióticos de Francia; el Consejo Médico de Berlín, la Asociación Médica Británica, y los gobiernos de Suiza, Alemania, Francia, Reino Unido, Grecia, Luxemburgo, Austria, Estados Unidos, Noruega, e India.(59)

En México, no obstante que Greenpeace entregó a la Secretaría de Salud información sobre la resistencia a antibióticos y el maíz *Bt* de Novartis, una de las variedades transgénicas que importamos de Estados Unidos, se desconoce si la dependencia tomó medidas al respecto. Igualmente, ignoramos si se han tomado medidas con relación al consumo animal.

Para Greenpeace la principal preocupación es el impacto en el ambiente, es decir la pérdida de biodiversidad (erosión genética) y la afectación de los ecosistemas, que a la larga puede generar problemas de salud. En México, como en otros países en vías de desarrollo, la problemática ambiental está muy ligada a problemas de salud, derechos humanos y desarrollo.

IMPACTO EN LA AGRICULTURA.

Aunque las y los campesinos pobres no pueden pagar estos nuevos cultivos, su siembra se puede contaminar vía flujo genético. De ocurrir esto, se ignora qué impacto tendrá a mediano y largo plazos. Las y los campesinos no sólo enfrentarán la presencia de nuevos genes en sus cultivos, sino también un problema legal, pues los transgenes están patentados.

Algunos productores cambiaron sus sistemas agrícolas y han empezado a trabajar lo que se conoce como "producción orgánica", que limita el uso de sustancias químicas y se opone a los transgénicos.

PRODUCCION DE ALIMENTOS

La falta de alimentos, uno de los argumentos de la industria agrobiotecnológica para impulsar la comercialización de OGM, no se debe sólo a la forma de producción y la tecnología aplicada; involucra factores sociales, económicos y ambientales generados por sistemas de producción tecnificados que demandan mucha energía para producir altos rendimientos.

La desertificación por la agricultura comercial intensiva, la ganaderización, el impulso de plantaciones forestales comerciales, entre otros, contribuyen a que la población pobre no se beneficie de la riqueza generada por los nuevos sistemas de producción. Se privilegia la producción agrícola para alimentación animal, productos de exportación e industria.

Muchas propuestas de las transnacionales se refieren a alimentos pensados para una población urbana y un poder adquisitivo alto y no con problemas de nutrición. Es perverso argumentar que con los transgénicos se resolverán los problemas de malnutrición de la población pobre al ofrecerles arroz rico en hierro y vitamina A o maíz rico en aminoácidos. La solución es generar condiciones que le permitan a la población, adquirir diversos productos

alimentos para obtener las moléculas necesarias para un buen desarrollo y no que su dieta se base en uno o dos productos. (59)

CAPITULO V

La investigación para el conocimiento y el mejoramiento de los cultivos nuevos y tradicionales con fines alimenticios, de salud e industriales ha sido una preocupación constante de la comunidad científica.

El crecimiento de la población mundial y en especial de los países en desarrollo, el énfasis de los gobiernos y de los organismos internacionales en los aspectos preventivos y el enfoque de un nuevo paradigma de los alimentos para el naciente milenio, han creado la necesidad de desarrollar e implementar tecnologías más eficientes y confiables que permitan producir, en un menor tiempo, alimentos mejorados, inocuos y ecológicamente compatibles. Esta ha sido la razón y la meta del campo de la biotecnología moderna aplicada a la industria, la alimentación, la nutrición y la salud. (16)

Con tal diversidad de aplicaciones, las posibilidades de retornos económicos – aunque muy variables, son impresionantes. Desde 1995 comienza el cultivo comercial de variedades de plantas transgénicas. Se estima que en 1999 aproximadamente 40 millones de hectáreas de tierra fueron plantadas con variedades transgénicas de más de 20 especies de plantas, de las cuales las más importantes comercialmente fueron el algodón, el frijol de soya y la colza. (51). Estas hectáreas fueron cultivadas en países que son los más importantes productores y exportadores agrícolas como son Argentina, Australia, Canadá, China, Francia, México, Sudáfrica, España y Estados Unidos. Aproximadamente el 15 % del área está localizada en economías emergentes. El valor del mercado global de cultivos transgénicos creció de US \$75 millones en 1995 a US \$1640 millones en 1998 (31).

SOYA TRANSGENICA.

La soya, que inicialmente era una planta importada casi sin importancia utilizada principalmente para forraje, se ha convertido en los últimos 50 años en una de las principales especies cultivadas para obtener semillas comerciales en los Estados Unidos y parte de Canadá.

Se han efectuado muchas investigaciones genéticas con la planta de soya. La gran amplitud de variación de esta especie ha facilitado la identificación de caracteres simples que se pueden distinguir fácilmente. Se pueden seleccionar fácilmente líneas genéticas que se produzcan idénticamente así mismas, debido a que la soya es una especie que se autofecunda. La soya es fácil de cultivar y se pueden producir varios centenares de semillas de una sola planta. Aun cuando el procedimiento del cruzamiento es una operación laboriosa, puede llevarse a cabo con habilidad y con éxito si se tiene práctica para ello.

Los resultados de los estudios genéticos realizados con la soya han sido revisados por varios investigadores (17). En los informes respectivos se encuentran datos relacionados con la forma de herencia de más de 40 caracteres, el símbolo que se le asigna a cada uno de ellos y la relación de dominantes a recesivos. Muchos de los caracteres estudiados son aspectos cualitativos de las plantas, como el color de los cotiledones, de los tallos, de las flores, de las semillas y de las vainas, la forma y número de las hojas, el tiempo de crecimiento del tallo, la ramificación del tallo y las deficiencias de la clorofila. También se han estudiado la herencia de algunos caracteres de naturaleza cuantitativa, como la maduración, componentes del rendimiento y el contenido de aceite y de proteína.

METODOS DE MEJORAMIENTO DE LA SOYA.

Para el mejoramiento de la soya se usan los mismos métodos que para otras especies: a) Introducción, b) selección y c) hibridación.

a) **Introducción.** Durante el siglo XIX se efectuaron introducciones aisladas de soya, pero el cultivo nunca llegó a establecerse firmemente. Antes de 1908 se cultivaban en Estados Unidos más de ocho variedades, siendo entonces cuando el departamento de Agricultura inició un programa intensivo de introducciones de nuevas variedades del lejano Oriente.

Las introducciones originales variaban ampliamente en precocidad, altura, tipo de planta tamaño y color de la semilla y en muchos otros aspectos. Después de cultivar las introducciones y catalogar sus características, se agruparon de acuerdo con su probable adaptación y uso y se enviaron a los Estados Unidos para pruebas posteriores. Algunas de dichas introducciones fueron multiplicadas y distribuidas como variedades nuevas. Otras fueron reseleccionadas o utilizadas como progenitores en cruza. Esas introducciones constituyeron el germoplasma utilizado para la creación de las nuevas variedades comerciales productivas que se cultivan en la actualidad.(32)

b) **Selección.** Después del periodo en el que la mayor parte de las nuevas variedades de soya se obtuvieron a partir de introducción, hubo un tiempo en que la selección fue el medio principal usado para obtener nuevas variedades en los Estados Unidos. Muchos de los lotes de semillas introducidas eran impuras en la época de su distribución o se presentaron plantas sobresalientes como resultado de cruza naturales o de mutaciones. Lógicamente, se hicieron esfuerzos para purificar esas variedades mediante selección. La mayor parte

de las variedades obtenidas por selección se originaron a partir de una sola planta o de selecciones de líneas puras. La selección masal se ha utilizado rara vez como método para la obtención de nuevas variedades.

c) **Hibridación.** Después de purificar las primeras introducciones por selección y de multiplicar y distinguir las líneas superiores, el siguiente paso para el mejoramiento de la soya fue combinar las características sobresalientes de las mejores variedades por medio de la hibridación. En consecuencia, la hibridación sustituyó a la selección como medio de mejoramiento de la soya.
(32)

OBJETIVOS DE MEJORAMIENTO DE LA SOYA.

Los objetivos más importantes del mejoramiento de la soya son:

- **Alto rendimiento.** El rendimiento de una planta de soya está determinado por el tamaño y número de las semillas producidas. El número de semillas a su vez depende del número de nudos por planta, del número de vainas por nudo, del número de semillas por vaina y del tanto por ciento de semillas abortivas. Si se puede establecer la relación entre cada uno de estos factores y el rendimiento se podría mejorar para alta producción, sintetizando en una variedad la combinación más conveniente de dichos caracteres. Se han obtenido resultados extraordinarios en la mejora de la capacidad de rendimiento de la planta de soya. Las segregaciones transgénicas para rendimiento son al parecer comunes, ya que ha sido posible obtener líneas superiores por su producción en casi cualquier población segregante. También ha sido posible mejorar el rendimiento como consecuencia del mejoramiento de

otras características de la planta como maduración apropiada, la resistencia al desgrane y la resistencia a las enfermedades. La producción de aceite se ha podido incrementar mejorando las plantas tanto para una mayor producción de semillas, como para un contenido más alto de aceite.

- Precocidad para adaptación a la zona de producción. Una maduración apropiada es el factor más importante para la adaptación de una variedad a una determinada latitud. La planta de soya es particularmente sensible al número de horas de oscuridad a que esta expuesta cada día, ya que el número de horas bajo dichas condiciones determina que la planta produzca o no flores.
- Capacidad de permanecer en el campo sin acame y sin desgrane. Se han obtenido resultados extraordinarios en la creación de variedades de soya que pueden permanecer en el campo sin acame y conservar sus semillas hasta la cosecha sin desgrane. Ambas cualidades son necesarias en una variedad que se vaya a cosechar mecánicamente combinadas. No existe relación entre las dos características, ya que una depende de las características del tallo y la otra es inherente a las características de las vainas en la variedad.
- Resistencia a las enfermedades. Para la obtención de soya resistente a las enfermedades se debe buscar fuentes de resistencia, transfiriendo los genes de resistencia a variedades adaptadas por medio de hibridación. Es preciso que el fitomejoramiento tenga suficientes conocimientos sobre la enfermedad su incidencia, su importancia y el ciclo biológico y especialización del organismo causal de cada una de las enfermedades.
- Calidad. Son varias las características que afectan la calidad de la semilla de soya, entre las más importantes se pueden considerar:

- I. Color de tegumento de la semilla. La semilla de soya puede ser de color amarillo, verde, negro, café o combinaciones de esos colores, habiéndose encontrado todos ellos en las variedades que se introdujeron en Estados Unidos. El color de la semilla que se utilizan para heno o abonos verdes no tienen importancia, por lo que se han cultivado para dichos propósitos, variedades con semillas moteadas o de color oscuro. Para propósitos de obtención de aceite se ha creado una cierta preferencia por las variedades con semillas amarillas debido a que dicho color es más atractivo y se le ha asociado en la industria con un alto contenido de aceite. Se ha demostrado que el color del tegumento de la semilla no afecta ni al contenido ni al color del aceite. Sin embargo, la semilla de pigmento oscuro da un color desfavorable a la torta, haciéndola de aspecto menos atractivo. Como resultado de esto el grano negro o café se vende a menor precio que el de color amarillo o verde.
- II. Calidad y contenido de aceite. El contenido de aceite y su calidad son dos características cualitativas que el fitomejoramiento debe tomar en consideración. El contenido de aceite depende de la variedad y del medio ambiente en el que se cultiva.
- III. Contenido de proteína. El contenido de proteína de soya varía entre 35 y 50 % . La torta de soya se utiliza en la preparación de alimento para el ganado y otros subproductos industriales. En general, el contenido de proteína varía inversamente con el contenido de aceite. Esto no es difícil de comprender si se considera que la planta no puede sintetizar al mismo tiempo máximos contenidos de aceite y proteína. Como resultado de esto, la selección para un mayor contenido de proteína tenderá a la formación de variedades con un menor contenido de

aceite y viceversa. Las condiciones del medio ambiente afecta al contenido de aceite como también el de la proteína, pero en sentido inverso. La herencia del contenido de proteína no se puede separar de la herencia del contenido de aceite debido a la relación inversa que existe entre estos dos factores.

OBTENCION DE SOYA TRANSGÉNICA

Desde 1983 quedó demostrado que la técnica de *agrobacterium tumefaciens* era la más apta para su aplicación en plantas de hojas anchas como la soya, que el nuevo gen queda insertado permanentemente en el ADN de la soya y que es transmitido de generación en generación de acuerdo a las leyes de la herencia. El paso siguiente consistiría en el cultivo de los tejidos para la generación de plantas de soya enteras.(25)

Soya resistente a herbicidas.

El uso de herbicidas responde a la necesidad de controlar malezas que invaden los cultivos. Inhibiendo el rendimiento, reduciendo la calidad y provocando enfermedades transmitidas por ellas. Dicho control puede hacerse manualmente, lo cual demanda gran cantidad de mano de obra, o utilizando productos químicos. Esta última alternativa presenta la dificultad de que necesita hacer múltiples aplicaciones de herbicidas, cuidando no dañar el cultivo. Mediante la modificación genética, varios cultivos importantes se han hecho resistentes a herbicidas específicos, de baja toxicidad. Así se ha facilitado una administración de herbicidas mucho más eficiente que tiene como resultado importantes ahorros en el uso de tales productos, con los consecuentes impactos a la economía y el medio ambiente.(18)

Tal es el caso de la soya Transgénica *Roundup Ready*; que se comercializa desde 1996 en los Estados Unidos, Canada y Argentina. (25)El mejoramiento genético de la soya por medios tradicionales, como hibridación y selección, se ha orientado a incrementar su rendimiento potencial. Los logros han sido sustanciales. Por ejemplo, entre 1940 y 1970 su rendimiento se incrementó en 25%. Algunas características en las que se ha centrado el mejoramiento incluye la altura reducida de las plantas, tamaño y calidad de la semilla, calidad del aceite, resistencia a la fragmentación, a insectos y a nemátodos. Sin embargo, el problema de su baja tolerancia a herbicidas no ha podido ser resuelto por medios tradicionales. Esta planta tiene una tolerancia muy limitada a los herbicidas utilizados para eliminar malezas de los cultivos debido a su baja capacidad para detoxificarse de los químicos utilizados en altas concentraciones. El daño por herbicidas a la planta de soya a menudo se deba a las condiciones variables del clima, tales como un aumento anormal de la lluvia. (18)

Por otro lado, en los Estados Unidos hay un herbicida de glifosato llamado "Roundup", que es un herbicida sistematico de amplio espectro, no selectivo, por lo que antes de la aparición de la soya transgénica debería ser aplicado en presiembra o preemergencia, dado que ataca tanto a las malezas como al cultivo desarrollo vegetativo. Es absorbido a través del follaje y se transloca por toda la planta vía floema, siguiendo la ruta de los fotosintatos. Los síntomas del control se manifiestan sobre el vegetal entre 2 y 4 días después de la aplicación en especies anuales y de 7 a 10 días en las perennes. El glifosato inhibe en la planta tratada la producción de Enol piruvil shinkimato

fosfato sintetasa (EPSP) una enzima que es esencial para la generación de tres aminoácidos, sin los cuales la planta no puede crecer ni seguir viviendo. (18)

El Roundup es considerado muy efectivo para solucionar los problemas de malezas que tienen que enfrentar cada año los agricultores. Este herbicida, sin embargo, daña a las variedades convencionales de la soya. Para solucionar este problema, utilizando técnicas de ingeniería genética, se creó una variedad de soya transgénica tolerante a este herbicida (variedad “Roundup Ready”), que contiene el gen de una bacteria que vive naturalmente en el suelo *Agrobacterium sp* (con la denominación de la especie CP 4) a la masa hereditaria de los frijoles de soya. Este gen está contenido en una forma similar en la misma planta. El gen estructural contiene además una secuencia de activación (promotor), así como un segmento que codifica la síntesis de una secuencia de péptidos. Esta secuencia de péptidos dirige a su vez la síntesis en el lugar donde surte efecto, en los cloroplastos. El gen transferido produce en la planta una enzima de función análoga (EPSPS), que sin embargo tiene una tolerancia alta al glifosfato. Esta enzima se encarga de que la planta pueda seguir produciendo todos los aminoácidos importantes. (16) De esta manera, se puede utilizar el herbicida que normalmente mataría a la soya. Esta variedad ha sido adaptada rápidamente por los agricultores estadounidenses quienes han incrementado la extensión de tierra cultivada con soya transgénica debido al hecho de que se aplica hasta después de que haya germinado la mala hierba y sólo si hay necesidad, es posible lograr ahorros considerables en la cantidad de herbicida usado. (18)

Cuadro 5. Soya Transgénica cultivada en Estados Unidos tolerante a herbicidas

Soya transgénica tolerante a herbicida cultivada en Estados Unidos	
Año	Hectáreas
1996	0.40
1997	4
1998	11
1999	14

Fuente: (16)

En 1994 se obtiene la aprobación de la Food and Drug Administration (FDA) y del United States Department of Agricultura (USDA) y en 1995 la Agencia Ambiental de ese país (Environmental Protection Agency) da su aprobación con la cual la soya transgénica resistente al glifosato de Monsanto puede ser comercializada a nivel mundial desde el año 1996. (16) Entre las ochenta compañías que comercializarán por primera vez en la historia del mejoramiento, o semillas de soya obtenidas por ingeniería genética se encuentran: Asgrow, Campbell, Cargill, Cenex, Dekalb, Novartis y Pioneer.

Los frijoles de soya resistentes a un herbicida son igual de seguros y valiosos que los frijoles de soya convencionales. Tanto autoridades estatales como institutos científicos independientes de los Estados Unidos de Canadá, Japón, Unión Europea y de Alemania han examinado este frijol de soya modificado genéticamente, guiándose por los criterios más estrictos. Todos han llegado a la conclusión de que el frijol de soya de la nueva generación no difiere en cuanto a su composición de frijol convencional y, por lo tanto, no supone ningún riesgo ni para la salud humana ni la animal, y tampoco es un peligro para el medio ambiente.

Algunos cultivos resistentes a herbicidas se hibridizan con malezas silvestres y las convierten en hierbas realmente invasivas. Además el material transgénico en general se puede diseminar a través del polen, afectando a diversas especies y a su vez el equilibrio ecológico y no hay forma de medir este tipo de riesgo. Estos argumentos son los que más seguidores han conseguido, e especial grupos ambientalistas. (33) La transferencia de resistencias a plantas o hierbas silvestres sólo es posible cuando se trata de plantas de familias cercanas. En las zonas de cultivo de los frijoles de soya no existen especies tan cercanas. La excepción a esta regla está conformada por los casos de Asia, la zona de la cual proviene originalmente el frijol de soya, Australia y las islas del Pacífico. Y al igual que todos los demás herbicidas, también en este caso quedan unos mínimos restos de herbicida Roundup que no sobrepasan las tolerancias permitidas en los Estados Unidos y en la Unión Europea.(16)

Se puede decir que la soya resistente a herbicidas no tiene ninguna consecuencia en su procesamiento ya que se refiere a productos elaborados con base al fríjol de soya, como son el aceite, la lecitina o la soya triturada. Y tampoco en el caso de las numerosas aplicaciones del aceite de soya en la fabricación de otros alimentos para humanos y animales. Por una razón sencilla: el aceite, la soya triturada y la lecitina productos del fríjol de soya biotecnológicamente desarrollada son sustancialmente iguales a los productos provenientes de frijoles convencionales.(16)

Los contenidos de grasa, fibra cruda e hidratos de carbono se mantienen sin variación. Lo mismo es válido para las demás sustancias, como por ejemplo las lecitinas. Solamente queda modificada el 0.03% del peso fresco del fríjol

debido a la enzima proteica que se agregó y que no se puede determinar en forma activa ni en el aceite ni en la soya triturada.

Debido al tratamiento con calor (“tostado” aproximadamente 110°C) esta proteína se desnaturaliza de la misma manera que la proteína convencional. En diversos ensayos de alimentación animal se demostró que también la proteína nueva se disuelve rápidamente y por lo tanto no tiene efectos negativos.

Al medir los contenidos de nutrimentos brutos, de aminoácidos, así como de sustancias no favorables en las diferentes soyas trituradas no resultó ninguna diferencia entre las distintas procedencias. Otro hecho que aboga por el argumento de que el metabolismo de la célula funciona perfectamente, es el hecho de que los contenidos de azúcares y de fitoestrógenos son análogos. Los resultados de los análisis se mueven dentro de los márgenes usuales, según queda constatado mediante numerosas investigaciones para frijoles de soya convencionales. Esto excluye la posibilidad de que el valor nutritivo haya sido modificado mediante la intervención genética.

Así mismo, no existen diferencias sustanciales entre frijoles de soya convencionales y aquellos modificados mediante la tecnología genética. Por lo tanto no fueron modificadas ni las características sensoriales ni aquellas que puedan determinar el valor nutritivo. Investigaciones con ratas y animales domésticos que habían sido alimentados con soya de diferentes orígenes no reportaron ninguna diferencia en cuanto a absorción o aprovechamiento del forraje.

Se alimentó a vacas lecheras con frijoles de soya genéticamente modificados comparados con frijoles de soya convencionales triturados en crudo. La

producción láctea fue muy alta -35 kg/día- y no se influyó sobre la composición de la misma. Ensayos análogos con soya triturada usada como alimento para pollos dieron como resultado, después 42 días de engorda, una masa final de los animales de 2.2 Kg. No hubo diferencias en cuanto al peso, el aprovechamiento de forraje y masa de músculo pectoral de los pollos que fuera atribuible al origen de la soya.(16)

No existen hasta la fecha reportes de efectos nocivos de la soya transgénica, quizás con lo que más se ha relacionado, sea con algunos aspectos de alergenicidad, aunque esto no se ha podido comprobar, ya que sabemos que los procesos alérgicos dependen mucho de la susceptibilidad de cada persona.

Hace tres años se transformó un cultivo de soya para mejorar su composición química, para que expresara una concentración alta del aminoácido metionina del cual comúnmente es deficiente este grano. Para ello, se le hizo expresar proteínas de la nuez de Brasil, un alimento al que muchas personas son alérgicas. Se comprobó que la soya así transformada expresaba proteínas de la nuez de Brasil ricas en metionina, pero también responsable de la alergenicidad de esta última. En un principio, esta soya resolvería un problema específico en nutrición animal, pero podría ocasionar otro si las personas alérgicas a la nuez de Brasil, no se les advirtiera del riesgo. Esto es especialmente problemático porque la soya se usa como única fuente de proteína en la alimentación de los niños alérgicos a la leche.(33)

Una reglamentación correcta y estricta en la comercialización, usos y transporte de productos transgénicos evitaría en gran medida muchos de los

problemas, para que el uso de estos productos sea adecuado y evitar riesgos para la salud humana. (33)

ULTIMOS AVANCES CIENTIFICOS EN MÉTODOS DE DETECCIÓN DE SOYA TRANSGÉNICA.

Los organismos genéticamente modificados (OGM) son productos de la tecnología genética caracterizados por el mejoramiento de las propiedades funcionales. Esto es logrado por la introducción de un gen que expresa una proteína nueva confiriendo nuevas características, tales como tolerancia a los herbicidas y resistencia a virus e insectos. Un promotor, un gen estructural y un terminador es el principal componente de la introducción del DNA extraño.

En muchos países, es obligatorio etiquetar los alimentos si exceden de un cierto nivel en contenido de OGM. Por ejemplo en Europa y Japón han establecido límites del 1 al 5 % respectivamente de material genéticamente modificado. La ejecución de estos valores límites han creado una demanda del desarrollo de técnicas de análisis de detección confiables de OGM, altamente sensibles y automatizables.(42)

La detección de OGM y materiales derivados puede ser lograda por la identificación de una u otra expresión de las proteínas codificadas por la secuencia transgénicas o DNA introducido. El análisis del DNA es el preferido para la detección de OGM, debido a su estabilidad superior comparada con proteínas, especialmente en comidas procesadas.

La secuencia de DNA objetivo usada frecuentemente para proyección de OGM incluye control genético de elementos de los constructores, tanto como

los genes desde vectores clonados codificados para resistencia antibiótica. El promotor 35s de los virus de los mosaicos de los coliformes y el terminador napoline synthase (NOS) de *agrobacterium tumefaciens* son los elementos regularmente más comúnmente usados para la producción de plantas transgénicas. Se estima que 100 ng de DNA extraídos de soya contiene 80 000 copias de DNA genómico. Si solo 1% de esta cantidad es de origen OGM, entonces el reto es detectar 800 copias de genoma de soya genéticamente modificada en el fondo de cerca de 80 000 genoma inalterado. Por lo tanto, la amplificación de DNA por **reacción de cadena de polimerasa (PCR)** constituye un paso esencial de los métodos usados para la detección de OGM. Usualmente un mayor número de ciclos de amplificación (40 a 50) son formados.(42)

Los métodos basados en secuencias de DNA común con potencial para la detección de OGM a sido desarrollado. Los productos de amplificación son usualmente analizados por **electroforesis en gel de agarosa**. Otras técnicas tales como **electroforesis capilar**. Han sido también usadas para la separación y detección de de productos de PCR. Los métodos electroforeticos, de cualquier modo, no proporcionan ninguna información sobre secuencias. Para verificar las secuencias amplificadas, se utilizan métodos tales como la división específica de los amplicones por endonucleasas de restricción, manchas de Souther seguida por hibridación con pruebas de DNA específico para la secuencia del blanco, secuenciaciones directas o ensayos de PCR-encajonado. La investigación es llevada a cabo en tiempo real de PCR y biosensores.

Bio-quimiluminiscencia, la emisión de luz por estados generados químicamente generados, fueron introducidos en análisis de ácidos nucleicos, en respuesta a la necesidad de alternativas para los marcajes radiactivos. Los métodos bio-quimiluminimétricos a pesar de la relativamente baja cantidad de campos, ofrece una alta detectabilidad y rangos dinámicos en comparación con los espectrofotometricos y fluorometricos, porque los problemas comienzan cuando la dispersión de la excitación de la radiación y la fluorescencia de los componentes de la muestra son evitados. A pesar de esta ventaja distintiva, la bio-quiluminicencia no ha sido explotada como una técnica de detección de análisis de OGM.(42)

Aequorin es una fotoproteína compuesta de una cadena polipeptida de 189 aminoácidos de coelenterazine y oxígeno, que esta unido a coelenterazine como peroxido participando en el intercambio de Ca^{2+} . El aequorin puede ser detectado a nivel atómico en presencia de exceso de Ca^{2+} . Por estas características únicas, el aequorin es un excelente reportero de moléculas para el desarrollo de ensayos unidos.

Extracción de DNA de soya

La extracción del DNA proveniente del polvo de soya fue ejecutado usando el equipo de la marca NeudeoSpin , siguiendo las instrucciones de manufactura con modificaciones menores. De 40-100 mg de soya en polvo fue transferida tuvo de reacción estéril, siguiendo con la adición de 50 ml de amortiguador de lisis Cl y 10 ml RnaseA. La mezcla fue incubada a 60 C por 30 min. La mezcla fue entonces centrifugada en 11000 g durante 5 min. 300 μ l del supernatant fue transferido NudeoSpin y centrifugado por 5 min en 11000 mg. Para la solución clarificada 300 μ l de amortiguador unido C4 y 200 μ l de

etanol fueron añadidos. La solución mezclada, transferida a la columna NudeSpin , y centrifugada en 11000 g por un minuto. La columna fue lavada en 400 µl de amortiguador limpio CW y centrifugada en 11000 g por un minuto. Entonces, 100µl de amortiguador elution CE, precalentado a 70 C, y fue añadido a la columna seguida de una incubación a 70 C por 5 min. El DNA fue separado dando vuelta a la columna en 11000 g por un min. La integridad tanto la cantidad de DNA extraído, fue determinada usando 1 % de gel de agarosa por electroforesis y marcadores de DNA.

La electroforesis en gel de agarosa y el método de PCR son las técnicas más usadas para la detección de OGM. El método de bioluminimetrico ofrece alta detectividad (cerca de 80 veces), y permite la confirmación de las secuencias amplificadas por un ensayo rápido de hibridación post-PCR. Además, permite que muchas muestras sean analizadas paralelamente en un solo ensayo.

En conclusión podemos decir que el método de bioluminimetrico fue desarrollado para la detección de soya transgénica pero también sirve para la detección de cualquier otro organismo genéticamente modificado al igual que el método de Reacción de cadena de polimerasa.(42)

El Departamento de Tecnología sanitaria de la escuela del oeste de China de higiene publica, y la Universidad de Sicuani, Chengdu en China, desarrollaron un método rápido para la detección de soya genéticamente modificada resistente al glifosato. El método de PCR se realizo con cebadores diseñados en este estudio para amplificar los genes de la soya transgenica. El promotor CaMV-35S, el interruptor NOS y gen de CP4-EPSPS. Una **electroforesis capilar con la inducción de fluorescencia láser** se desarrollo y aplico al análisis rápido de los productos de PCR usando un 50x de longitud. El método

propuesto puede descubrir los tres genes del heterogenous que existe en la soya genéticamente modificada bajo la optimización simultánea de PCR y electroforesis capilar. En conclusión en comparación con la electroforesis de gel de agarosa comparado con el método de electroforesis con el descubrimiento de fluorescencia de laser inducido es más rápido, sensible y exacto y es conveniente para el descubrimiento de soya genéticamente modificada.(46)

Método de Souther para la detección de soya transgénica.

La característica esencial de la técnica es la transferencia de moléculas de DNA de soya separadas por electroforesis en gel de membranas de nylon o nitrocelulosa. El DNA de soya se desnaturaliza ya sea antes o durante la transferencia colocando el gel en una solución alcalina. Después de que se completa la transferencia, el DNA se inmoviliza en la membrana por secamiento o formación de enlaces transversales con el filtro inducido por luz UV. A continuación el DNA reactivo (sonda) conteniendo la secuencia de interés se hibrida o reasocia con el DNA inmovilizado en la membrana. La sonda se reasociará (formando una doble hélice) únicamente con la molécula de DNA en la membrana que contenga una secuencia de la sonda. La sonda que no se reasoció se retira por lavado de la membrana, y la membrana lavada se expone a una película de rayos X que detecta la presencia de la radiactividad de la sonda unida. Después del revelado del autorradiograma, las bandas oscuras muestran la posición o las posiciones de la secuencia de DNA que se han hibridado con la sonda.(41)

BENEFICIOS DE LA SOYA TRANSGENICA

- ❖ Momento de control: no se encuentra limitado por ningún estado particular de desarrollo del cultivo. Según Monsanto, el grado de tolerancia de esta soya, resulta independiente de la dosis de Roundup y también del momento de desarrollo en que se aplique ya que no existen alteraciones de las características agronómicas ni variaciones en el rendimiento final de estas variedades cuando se le aplica Roundup, desde la emergencia hasta el llenado del grano, frente a las mismas variedades no tratadas con Roundup.(25)
- ❖ Amplio y eficiente espectro de control de malezas emergidas: Tanto gramíneas como latifoliadas pueden ser controladas por el herbicida. Con efecto similar a los herbicidas convencionales.
- ❖ Buen control de malezas perennes.
- ❖ Combinación del control químico con la cobertura del cultivo.
- ❖ No presentaría residualidad para los cultivos posteriores.
- ❖ No requiere la utilización de surfactantes, aditivos o buffer
- ❖ Puede o no ser aplicado junto con herbicidas residuales. Las empresas sugieren que es innecesario la aplicación en mezclas con herbicidas residuales para controles posteriores. Generalmente se indica que los herbicidas residuales afectaran a alguno de los beneficios del sistema de producción con soya RR, tal como la no resistibilidad en cultivos posteriores o eventuales daños al cultivo. Asimismo, otro factor a tomar en cuenta es la compatibilidad de los herbicidas.
- ❖ Independencia de la dosis aplicada con respecto al grado de tolerancia de la soya transgénica. En ensayos a campo se ha llegado a demostrar la tolerancia a más de 9 litros de Roundup/ha (Monsato)

- ❖ Espacio temporal ajustado a las malezas por controlar, no supeditado al estado fenológico del cultivo.
- ❖ Posibilidad de aplicar en postemergencia, en mezclas de tanque con aquellos insecticidas normalmente utilizados en el cultivo.(Monsato)
- ❖ Comodidad para el productor por su sencillo sistema de aplicación (dosis diluidas en un volumen de 80-120 litros de agua limpia, con impactos de 30 a 40 gotas/cm²), o nuevos productos granulados.(25)
- ❖ Aplicable en los planteos de labranza mínima y siembra directa.
- ❖ Permitiría una mejor planificación de la empresa agropecuaria.
- ❖ Mayor flexibilidad en el manejo de independencia climática, al poder decidir sin apresuramientos los tratamientos a realizar (especialmente en los casos de soya de segunda).
- ❖ Disminución relativa de los costos de los herbicidas.
- ❖ Los contenidos de grasa, fibra cruda e hidratos de carbono se mantienen sin variación. Lo mismo es válido para las demás sustancias, como por ejemplo las lecitinas. Solamente quedan modificadas 0.03% del peso fresco del frijol de soya debido a la enzima proteica que se agregó y que no se puede detectar en forma activa ni en el aceite ni en la soya triturada (16)
- ❖ No existe diferencia en las propiedades organolépticas de la soya modificada genéticamente(16)
- ❖ No produce riesgos para la salud ni provoca malformaciones congénitas. Se han llevado a cabo más de 1800 pruebas en los Estados Unidos; varios años de investigación, y otros tantos de consumo de soya modificada genéticamente, y no han mostrado aun ningún daño a la salud. Estas variedades han sido aprobadas por las autoridades de salud y del gobierno antes de ser liberadas al público, e incluyen además, los

criterios de las instancias nacionales, y las organizaciones internacionales como la OMS y la FAO con el propósito de garantizar la protección del consumidor. Estas pruebas toman en consideración principalmente tres aspectos: a) la composición y características del producto original, b) las características que fueron modificadas para producir el nuevo producto y c) las características y composición del nuevo alimento comparado con el alimento convencional.

- ❖ El Departamento de Microbiología de la Universidad de Tennessee, y el Centro Nacional de biotecnología de Soya en la Universidad de Missouri, realizaron en conjunto una investigación sobre la expresión transgénica de la soya *Lotus Japonicus* Apirasa (nucleotido fosfohidrolasa EC 3.6.1.15) en plantas como la soya se demostró que la apirasa juega un papel importante en el transporte de fosfato y movilización (Thomas Et. 1999), incrementa el crecimiento y transformación de fosfato (usando cualquiera de los dos, fosfato inorgánico o ATP), durante la neurotransmisión animal y esto se refleja en un crecimiento de la planta y de los animales que la consumen.(43)

- ❖ Otra de las investigaciones realizadas a las semillas de soya con respecto a los bajos niveles de fitato realizada por el Departamento de fisiología y patología de las plantas en Estados Unidos es incrementar la disponibilidad de fósforo mientras también elimina la necesidad de suplir la fitato. Dos posibles estrategias para alterar los niveles de fitato en semillas de soya incluye bloquear el sendero de fitato biosintético o degradar el fitato en semillas en desarrollo. La alteración de los pasos en la biosíntesis del fitato tiene la potencial desventaja de afectar muchos otros procesos celulares incluyendo fósforo inositol, para este

estudio se aproximó la reducción de fitato expresado en transgen fitasa durante el desarrollo de la semilla para modificar la composición final de la cosecha de la semilla. Expresando el transgen de fitasa bajo control de un embrión promotor específico, la acumulación de fitato en semillas de soya es alterada durante el desarrollo y la actividad de las enzimas no es requerida después de la cosecha de las semillas maduras o durante la alimentación animal. La comida de soya baja en fitato mejoraría la disponibilidad de fósforo contenido en estiércol animal.(41)

RIESGOS DE LA SOYA TRANSGENICA

- ❖ El agricultor debe tomar en cuenta: que en la empresa agropecuaria, con lotes de cultivo y en distintas fases fenológicas, e incluso potreros con soyas tradicionales y soya RR, demarcar claramente los lotes con soya RR y los que no lo son, pues una aplicación errónea a la deriva del glifosato puede llegar a devastar los cultivares tradicionales
- ❖ Falta de conocimiento real del producto o escasa demanda profesional, frente a una técnica que aparenta ser sencilla.
- ❖ La soya modificada genéticamente puede llegar a ocasionar alergias debido a que producirá proteínas que nunca han sido probadas.
- ❖ La alergia es una reacción exagerada del organismo contra las sustancias (normalmente proteína) extraña a él, la soya (o cualquier vegetal) tiene miles de proteínas extrañas para el hombre por lo que si existe la posibilidad de una alergia.(son mejor o peor).(16)
- ❖ El polen de la soya modificada genéticamente puede escapar y ocasionar la creación de súper malezas, aumentando la incidencia de

plagas y en consecuencia grandes problemas con los cultivos tradicionales.

- ❖ En los países donde nunca se sembró la soya, al importar esta variedad genéticamente mejorada , existe el peligro de que estos cultivos se extiendan en el campo, en el bosque, y provoquen cambios en la vida silvestre, afectando así la riqueza de la biodiversidad de ese país.(16)
- ❖ Pueden contaminar a sus congéneres silvestres, reduciendo así la biodiversidad, tal es el caso que ocurrió en Chiapas donde las autoridades de la SAGARPA aceptaron la siembra de 8000 ha de
- ❖ Soya transgénica, misma que siguió los procedimientos de evaluación de riesgos que establece la NOM-056-FITO-1995, y donde se publico en diarios locales información donde se indica que la soya transgénica daño a los cultivos de plátano y cacao.(62)
- ❖ La soya transgénica puede reducir la flora y fauna silvestre, así como biodiversidad, al destruir los insectos benéficos que son alimento para las aves.
- ❖ Quedan restos químicos en el frijol de soya después de la aplicación del herbicida Roundup. La Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Litoral en Esperanza Argentina, realizaron un estudio sobre los residuos de glifosato en soya transgenica, en las hojas y tallos de soya los residuos de glifosato fueron de 1.9 a 4.4 kg (-1mg) y de 0.1 a 1.8 kg (-1 mg) en los granos. (48)
- ❖ El no etiquetar los productos que contienen soya genéticamente modificada niega el derecho a los consumidores la decisión de consumirlos o no. (16)
- ❖ Según estudios realizados por el Departamento de patología de las plantas y el Departamento de horticultura de la Universidad de

Wooster, el fósforo es abundante en las semillas de plantas en forma de fitato (también conocido como ácido fitico, mio-inositol hexakisfosfato o IP_6) y es degradada por actividad enzimática de la fitasa durante la germinación. Similar a otros cultivos importantes, la soya contiene de 60-80% en el total de su semilla de fósforo en forma de fitasa. La soya es procesada para producir comida, la cual es comúnmente usada en alimentación animal debido a su alto contenido de proteínas. El fitato en la dieta animal no es digerida con facilidad por los animales no rumiantes y es excretado en el estiércol. Dependiendo del tratamiento de la comida, una porción significativa del fitato puede permanecer sin digestión aún en animales rumiantes. La utilización ineficiente de fitato necesita la adición de fosfato suplemental en las raciones de comida animal para óptimos requerimientos para el crecimiento.⁴¹

- ❖ Otra propiedad antinutritiva del fitato es su habilidad para reaccionar con cationes minerales como potasio, magnesio y calcio, para formar fitin, el cual se acumula en los cuerpos de proteína de la semilla. La quelación del mineral por fitato reduce la disponibilidad de hierro y zinc, conduciendo a deficiencias minerales.⁽⁴³⁾
- ❖ El extendido uso de comida de soya en la alimentación de ganado y la inhabilidad para utilizar fósforo fitasa puede conducir a serias consecuencias ambientales, debido a que el estiércol de los animales que consumen este tipo de soya es rico en fósforo e incrementa los niveles de fósforo en los suelos de los campos de cosechas y tiene mucha facilidad para liberarse en los arroyos y lagos. El incremento de afluencia de fósforo en los cuerpos de agua, donde el fósforo es limitado, puede incrementar el crecimiento acuático y el agotamiento del oxígeno.⁽⁴¹⁾

Actualmente, la información que se maneja sobre sus resultados responde casi en su totalidad a ensayos y comparaciones de quienes conducen los cultivos transgénicos. Por ello, es evidente que falta el conocimiento e información producida por organizaciones más neutrales.

ANALISIS

Como ya se menciona a lo largo del presente trabajo la biotecnología se ha desarrollado a lo largo de una serie de conflictos acerca de si en realidad es un beneficio para la humanidad o es solo un riesgo más que debemos de correr para terminar con la desnutrición en el mundo.

Con la tecnología transgénica se ha logrado reducir considerablemente la pérdida por transporte y comercialización de los alimentos.

En el caso de la soya se ha creado una variedad que es resistente al Roundup, las ventajas directas fueron que se ahorraron hasta un tercio de la cantidad de herbicida que se usa y que además, sólo requiera éste. En lugar de herbicidas de suelo se puede aplicar éste, hasta después de que haya germinado la mala hierba y hacerlo una más en la fase de crecimiento.

Por el contrario los detractores tienen dudas sobre las ventajas de utilizar este tipo de técnicas ya que puede afectar la biodiversidad además de que quedan restos químicos en el frijol de soya después de la aplicación del herbicida.

Otra preocupación que originan los alimentos transgénicos y que los ha puesto en la cúspide del debate internacional en los últimos meses, es el de sus riesgos potenciales directos para la salud del consumidor. Aunque antes de ponerlos al mercado, se evalúan mediante análisis físicos, químicos, sensoriales, toxicológicos, entre otros y dichas evaluaciones se publican en revistas científicas o en Internet, los autores trabajan para la misma compañía que los produce. Además muchas veces carecen de evaluaciones de las posibles consecuencias de su ingestión a largo plazo y no consideran efectos finos como aquellos que se dan en el sistema inmunológico. Es importante

señalar el riesgo de la desaparición de especies silvestres por el empleo de semillas modificadas en terrenos que han sido aptos para la agricultura.

Uno de los puntos más difíciles relacionados con salud y alimentos transgénicos es el de las alergias alimentarias. Tal es el caso de la soya modificada con un gen de la nuez de brasil que causa alergias a ciertas personas y si no son advertidas sobre esta modificación podría causar un gran problema así mismo se han reportado alergias en el norte de nuestro país por el consumo de fresas y cacahuates modificados genéticamente.

Durante los últimos años las Naciones Unidas han examinado ventajas y desventajas de esta forma de biotecnología, para incorporarla a las practicas y regulaciones que se utilizan con los alimentos tradicionales, pero ha habido dificultades para encontrar compatibilidad entre la bioseguridad y el libre comercio. Por ejemplo los comerciantes en Estados Unidos tienen que etiquetar los productos que contienen soya o maíz modificado genéticamente.

Dentro de los aspectos que pudieran ser de interés a futuro, se encuentra el análisis de la mejora metabólica por la activación de ciertas enzimas que participan en el transporte y utilización del fosfato y ATP (el cual sabemos que es de gran importancia en las reacciones oxidativas y de energía), por las semillas modificadas, lo cual repercutiría en el crecimiento y desarrollo de las mismas proporcionando mayores ventajas.

Otro aspecto que va ganando cada vez mayor importancia es la utilización de nuevas metodologías como el método de Souther, PCR, Bioquimioluminiscencia, cada vez mas sensibles y precisas para la detección de soya en algunos productos alimenticios con la finalidad de llevar mejor el

control de calidad de dichos productos, con lo cual se esta mejorándole trabajo realizado en la industria de alimentos.

Es evidente que hace falta más información científica que respalde la decisión del consumo de dichos alimentos y sobre todo reevaluar las leyes existentes para su comercialización, uso y aplicación en los mercados mundiales para evitar riesgos innecesarios para su consumo.

CONCLUSIONES

- ❖ El problema alimentario en el mundo ha originado la necesidad de crear alimentos de mayor calidad nutricional, mayor vida de anaquel y sobre todo alimentos inocuos. El surgimiento y desarrollo de la tecnología de manipulación y modificación genética ha dado como resultado la creación de los llamados alimentos transgénicos.
- ❖ Las técnicas de ingeniería genética utilizadas para la creación de dichos alimentos transgénicos se ha utilizado durante muchos años y se han ido modernizando con el paso del tiempo para mejorar.
- ❖ Entre los alimentos que se han modificando se encuentra la soya, un alimento de consumo mundial especialmente en los países orientales. El cultivo de la soya transgénica se ha incrementado en países como Estados Unidos y Argentina; pero el desarrollo de esta ha generado una gran polémica entre sus beneficios y sus riesgos.
- ❖ La creación de una variedad de soya resistente a herbicidas llamada Roundup que es una variedad transgénica de la cual se sabe que se ha disminuido en un 25% la aplicación de herbicida lo cual beneficia a los agricultores de esta variedad de soya.
- ❖ Otro de sus beneficios es que contiene el mismo valor nutritivo que la soya cultivada tradicionalmente y por lo tanto no tiene ninguna consecuencia al ser procesada, inclusive pudiera mejorar dicho valor nutritivo.
- ❖ La soya genéticamente modificada no tiene cambios en su sabor, color y olor ya que no se modifico ninguna de estas características con respecto a la soya transgénica.

- ❖ Debido a la utilización del herbicida en esta variedad de soya se sabe que si tiene una concentración mínimo del herbicida en la semilla que puede afectar a los animales y al ser humano, pero ha un no se han realizado suficientes estudios para conocer con exactitud el efecto nocivo que esta causa para el ser humano y los animales que lo consumen.
- ❖ Otro problema al que nos enfrentamos con esta nueva variedad de soya es el entorno ecológico. Según los estudios realizados si podrían ser afectada las variedades nativas de soya si no hay una distancia tolerable entre los cultivos ya que a través de la polinización natural puede variar a la soya cultivada tradicional al igual que a otras variedades de cultivos.
- ❖ Una de las desventajas de la utilización de herbicidas es que con la utilización puede crear una maleza resistente a este mismo y crear un problema mayor.
- ❖ Hablando de la comercialización de la soya genéticamente modificada también ha surgido una gran controversia a nivel mundial, a pesar de existir diferentes organismos que regulan la comercialización como el Protocolo de Cartagena o el Protocolo de Bioseguridad, que trata de controlar la creación de los OGMs para seguridad del la humanidad. En México existe la norma NOM-056-FITO-1995, que ayuda a regular la importación y exportación de los OGMs. Aunque no ha sido modificada esta ley desde su creación en 1995, lo que considero insuficiente ya que a partir de esta fecha han surgido muchas modificaciones en torno a los OGMs y en cuestión de bioseguridad.

- ❖ Las últimas investigaciones en torno a la soya genéticamente modificada las han realizado diferentes universidades de Estados Unidos y países orientales como China, en las cuales se han realizado investigaciones de diferentes técnicas de detección como son la de PCR, métodos de Shouter, bioluminimétricos, etc los cuales facilitan la detección de la soya transgénica en alimentos procesados con una gran exactitud, que además son rápidos y muy confiables.
- ❖ Para concluir puedo decir que los organismos genéticamente modificados sí son una solución para la problemática de la alimentación mundial pero aún hace falta investigar a largo y mediano plazo los efectos nocivos, si es que se presentan, para los animales y el hombre. Además debe haber un seguimiento constante y que lleve a la actualización y/o modificación de las leyes de bioseguridad para su mejor comercialización.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Saumell H. “Soya. Información técnica para su mayor conocimiento y cultivo”, Hemisferio sur, Buenos Aires Argentina. Pp 1-5
- 2) Milton P.(1992), Mejoramiento Genético de las cosechas, Limusa, pp 243-248
- 3) Almanza M.S., Díaz C.C., Solleiro R. y Castañon I. R. Usos y aplicaciones de la biotecnología moderna, Asociación Americana de Soya México y Centro América, 2000 pp 8-16
- 4) Badui,S(1990). Soya en Química de Alimentos, Alambra 2da Edición México,
- 5) Macrae and others Encyclopaedia of Food Science Food Technology and Nutrition Vol. 8 Ed. Academic Press., San Diego USA 1993 pp 4229,4240-41.
- 6) López M. A. (2000) La biotecnología, Tercer Milenio Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México
- 7) Potle, Norman N., Hotchkis, Joseph H. (1999), Ciencia de los alimentos, Acribia España
- 8) Almanza M. S., Díaz C. C.(2000), Biotecnología para todos, Asociación Americana de soya pp 1-8 Cambio Tec A.C.
- 9) Pacheco M. B. Control en la importación de productos transgenicos, Tesis para obtener el Título de Lic. en Derecho Facultad de Derecho UNAM 2003.
- 10) Steven Ch.(1991), Producción de Leche de soya. Asociación Americana de soya. México pp 1-8 21-25
- 11)Álvarez, P. M., Gutiérrez, I. S.(2001), Protocolo de Bioseguridad Un repaso de su proceso histórico Trabajo presentado en la Universidad Nacional

de San Martín, Escuela de Postgrado, Maestría en Gestión Ambiental, Materia Derecho Ambiental Internacional, Docente Dra María C. Zeballos de Sisto

12) Miranda M. F.(2003), Propuesta para la regulación Jurídica de transgenicos de los cuales México es el centro de origen Tesis para obtener el título de Lic en Derecho Facultad de Derecho.

13) Grace E. (1997). La biotecnología al desnudo: promesas y realidades. Editorial Anagrama. Barcelona, pp 23-27

14) Hellemans A., Bunch B. (2000)The Timetables of Science. Simon and Schuster Publisher, NY U.S.A. pp 660

15) Tinoco S., (1999) Diez años de bioseguridad en México, Taller de bioseguridad, México.

16) Kim N.(2002) Preguntas y respuestas acerca del tema de la soya biotecnológicamente desarrollada. Asociación Americana de la Soya.

17) Morse,W.J., and J.L. Cartter, Improvement in Soybeans. Yearbook of Agriculture, 1997,pp 1154-1189,U.S. Departament of Agriculture, Whashington,D.C.

18) Braverman V.,López G. R., Saint M. B. (2003) Usos y aplicaciones de la Biotecnología Moderna, Asociación Americana de la Soya

19) Loyo R. J.,(1996.)Adaptación de un ensayo inmunoenzimatico para cuantificar proteína de soya en salchichas. Tesis para obtener el título de Ing Químico. Facultad de Química

20) Sánchez A. (1995),Cultivos Oleaginosos, Editorial Trillas, México pp 11-22

21) Flores y Cano J. L.(1996), Identificación de los principales parámetros en la elaboración de cajeta en base a leche de soya, Tesis para obtener el título de Ing Químico, Facultad de Química.

- 22)Deutsche F.(2001), Tabla de composición de los alimentos ,Editorial Acriba S.A. Zaragoza España 2001 pp 193
- 23)Almanza M.S;Díaz C.C. y Solleiro R.J. (2003),Acceso a los Recursos Genéticos, Asociación Americana de Soya Políticas publicadas de Biotecnología.
- 24)Voet D.,Voet J., Pratt C (1999). Fundamentals of Biochemistry. Difusion Científica Latinoamericana.
- 25)Pengue A. W. (2002) Cultivos transgénicos ¿hacia donde vamos?

HEMEROGRAFIA

- 26) Markley, K. S.,(2003) Soybean Products Interscience Publishers,1(4): 3,105, 109
- 27) El financiero, viernes 9-03-01 Biopirateria y transgénicos Asociada es al Puebla-Panamá p.28
- 28)CONACYT y la CONABIO coordinación;(2003) Organismos vivos modificados en la agricultura mexicana: desarrollo biotecnológico de la diversidad biológica,. México abril de 1999. p.p. 4
- 29) James, C.(1997). Global Status of Transgenic Crops in 1997. Executive Summary ISAAA Briefs 15(5) ISAAA, Ithaca, N.Y.
- 30) Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente D.O.F. 28 de Enero 1996 y sus reformas del 13 de Diciembre de 1996.
- 31)Persley G.Siedwond,J.N.,Gasson,M.(1999) Application of Biotecnology to Crops:Benefits and Risks Cast Issue Paper 12 December.
- 32)Jones D.F., and H.K. Hayes.(2000) The purification of soybean varieties.Connecticut Agricultural Experiment Station Report (40):348-353
- 33) Calderón B. A. (1999) Los productos Transgénicos ¿Moustros o

Maravillas? Cuadernos de Nutrición Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Hermosillo Sonora. 22(5):288-212

34)Gonzalez L.M., Chavez L. y Estrada A. (2003) La biotecnología y sus aplicaciones al sector agroalimentario Revista de tecnología e higiene de los alimentos. 12(346):67-74

35)Rodríguez L. M.,Blanca H. R.(2003) La biotecnología y sus aplicaciones al sector Agropecuario. Revista de Tecnología e Higiene de los alimentos, (340): 67-71

36) López M. Agustín (2004) Alimentos Transgénicos: impacto en la nutrición. Ciencia y Desarrollo Transgénicos. 30(175):34-49

37)Geier B.(2004) Agrored Al servicio de la Agricultura Alimentos Alternativos 5(42): 5 -7

38)Peregrina K. (2002)Maíz Transgénicos ¿Por qué el debate? Agrored Al servicio de la Agricultura, 3(26):22-23

39)Agrored Al servicio de la Agricultura(2002) “Chile habanero, buena opción para productores Yucatecos.5(54): 4-5

40)Noticias, (2004) Brasil Desarrolla un nuevo tipo de soya Bt Alimentaria 26 (4):8

41)Chiera J.,Finer J.J. and Grabau E. A. (2004)Ectopic expresión of a soybean phytase in developing seeds of *Glycine max* to improve phosphorus availability Plant Molecular Biology 56:895-904.

42)Glynou K, Ioannou P.C. and Chistopoulos T.K. (2004) Detection of transgenes in soybean via a polymerase chain reaction and simple bioluminometric assay based on a universal aequorin-labeled oligonucleotide probe Anal Bioanal chem. 378: 1748-1753.

- 43)McAlvin B. C.and Stacey G.(2005) Transgenic Expression of the Soybean Aparase in *Lotus japonicus* Enhances Nodulation Plant Physiology 137:1456-1462
- 44)Zeng P., Vadnais D. A. and Polacco J.C. (2004) Refined glufosinate selection in *Agrobacterium*-mediated transformation of soybean (*Glycine max*) Plant Cell Rep 22:478-482
- 45)MacRae T.C., Baur M.E., Boethel D.J. and Fitzpatrick B.J.(2005) Laboratory and field evaluations of transgenic soybean exhibiting high-dose expression of a synthetic *Bacillus thuringiensis* cry1A gene for control of Lepidoptera. Econ Entomol 98(2):577-587
- 46)Zhou Y.,Li YQ, Su N, Pei X.F.,Yong L.(2005) Rapad análisis of genetically modifed soybean by a duplex PCR-capillary electrophoresis system with laser-induced fluoescence detection Siuchuan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban 36(1): 119-123
- 47)Wang P., Wang G. and Ji J.(2004) Research progress on system of transgene in soybean Yi Chuan_26(6) 969-976
- 48)Arregui M.C., Sanchez D., Maitre M.I. and Scotta R (2004) Monitoring glyphosate residues in transgenic glyphosate –resistant soybean Pest Manang 60(2): 163-166
- 49)Almanza,M.S.. y Co Politicas publicas en Biotecnología: Bioseguridad. Asociación Americana de Soya 2000

INTERNET

- 50) CambioTec <http://www.unam.mx/geit/cambiotec/marco.html>
- 51) FAO <http://www.fao.org/agris>
- 52) Revista Bioplanet: <http://www.bioplanet.net/>
- 53) Reviste Electrónica de Biotecnología (Universidad Católica de Valparaíso-CONICYT) <http://www.ejb.ucv.cl>
- 54) <http://www.milksei.unizar.es/transge.htm>. Universidad de Zaragoza,
- 55) Declaracion de la FAO sobre biotecnología <http://www.fao.orgbiotech/stat.asp>
- 56) Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del convenio de la Diversidad Biológica. <http://www.biodiv.org/excop1/pdf/spa/Cartagena-protocol-sp.pdf>
- 57) <http://www.milksci.unizar.es/transge.htm>, Ingeniería Genética
- 58) <http://www.geocites.com.Reseach>
- 59) Aspectos Reglamentarios: Asesoramiento Jurídico y Técnico sobre cuestiones de reglamentación. , <http://www.fao.orgbiotech.act4.asp.com>
- 60) <http://www.proquebiotecnología.com>
- 61) <http://www.fobomade.org.bo>
- 62) <http://www.foodfordchiapas.net/spanish/noticias>
- 63) <http://www.rebellion.org/economia/02032grosset.htm>
- 64) <http://www.lajornada.com.mx>