



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

ALIMENTOS TRANSGENICOS, BIOTECNOLOGIA
Y POLEMICA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A :
ALFREDO OLVERA VERA

ASESORA: PH D SARA E VALDES MARTINEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO. 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Alimentos transgénicos, Biotecnología y Polémica.



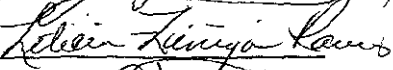


que presenta el pasante: Alfredo Olivera Vera
 con número de cuenta: 7529633-7 para obtener el TITULO de:
Ingeniero en Alimentos

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.

'POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU'

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 23 de Enero de 2001

- >RESIDENTE I.Q. Fernando Maya Servín 
- LOCAL Ph.D. Sara E. Valdés Martínez 
- SECRETARIO Q.F.I. Leticia Zúñiga Ramírez 
- PRIMER SUPLENTE M. en C. Ismael Hernández Mauricio 
- SEGUNDO SUPLENTE I.A. Ma. Luisa Ordoñez Silva 

*Dedico este modesto trabajo
de tesis a:*

Mis padres: Gonzalo y Sara.

*Mi esposa e hijos: Enriqueta,
Ana Lilia, Juan Manuel y
Alfa.*

*A mis Maestros que con su
ayuda hicieron posible este
trabajo, especialmente a los
profesores de la FES-C.*

Índice

	Página
Objetivos	1
1. Antecedentes	
Polémica mundial de los alimentos transgénicos	2
Los Puntos de vista acerca de los Alimentos transgénicos	4
Empresas y grupos de investigación científica que intervienen en la creación de alimentos transgénicos.	4
Grupos Ecologistas y organismos no gubernamentales.	8
Organismos mundiales y gubernamentales.	13
2. Que son los alimentos transgénicos	
Definición de Biotecnología y Breve historia de su desarrollo	18
Alimentos transgénicos definición	31
Explicación breve de genética	46
Cuales son hoy los alimentos transgénicos	50
Riesgos potenciales	57
3. La Economía y los transgénicos	
El comercio mundial de alimentos	68

4. La situación Alimentaria

Dependencia alimentaria	79
-------------------------	----

5. Situación actual

Acuerdos internacionales sobre los transgénicos	87
---	----

Investigación	89
---------------	----

6. Los alimentos transgénicos en México

Cultivo de transgénicos en México	94
-----------------------------------	----

Regulación	97
------------	----

Algunos cultivos transgénicos en México	99
---	----

Legislación	103
-------------	-----

7. Discusión	104
---------------------	------------

8. Conclusiones	138
------------------------	------------

Referencias	147
-------------	-----

Anexos	152
--------	-----

Bibliografía	162
--------------	-----

Objetivos

En los últimos meses en varias partes del mundo se escucha y se habla de Alimentos Transgénicos, Biotecnología, Ingeniería Genética, Clonación. En los medios masivos de comunicación como televisión, radio periódicos e Internet no hay semana o día en el que no se dé información sobre alguno de estos términos, desconocidos para la mayor parte de la población, inclusive para las personas preparadas académicamente, por lo que la información recibida no es tomada en cuenta o pasa desapercibida entre una cantidad alta de información cotidiana, sin embargo para un número cada vez más creciente de personas en todo el mundo estas palabras crean dudas y preocupación en algunos casos. Estas dudas han generado mayor demanda de información y por tanto ahora existen varios puntos de vista de todos los sectores de la sociedad y es claro que se seguirá generando mucha información acerca de estos temas. ¿Es importante saber de estos términos, ¿Deben las personas estar enteradas de que relación existe con vida y su medio?, ¿Tienen importancia para la Ingeniería en Alimentos?

El presente trabajo tiene como objetivos principales:

- **Reunir información técnica que permita contar con los elementos para entender la importancia de los Alimentos Transgénicos.**
- **Mostrar un panorama general de los Alimentos Transgénicos desde el punto de vista de la Ingeniería en Alimentos contemplando los siguientes aspectos:**
 - La polémica acerca de este tipo de alimentos, y algunas razones de la controversia.
 - La relación con la Biotecnología
 - Técnicamente que son los alimentos transgénicos.
 - Cuales son hoy estos alimentos y cuales son las implicaciones económicas y sociales de su cultivo y transformación
 - El caso de México.
 - La relación con la Ingeniería en Alimentos.
- **Analizar y discutir la información sobre los Alimentos Transgénicos en el mundo y en México.**

1. Antecedentes

◆ Polémica mundial de los alimentos transgénicos.

Los sucesivos escándalos alimenticios que han sacudido a Europa en los últimos tiempos, como el problema de las "vacas locas" ¹ en Inglaterra, las dioxinas presentes en los pollos en Bélgica y la Coca Cola contaminada en diferentes países del viejo continente, han creado una postura crítica de los consumidores europeos ante cualquier alimento elaborado con sustancias no tradicionales, y desconfianza en la capacidad fiscalizadora de sus entes reguladores en estas materias.¹

Esta situación ha derivado en un rechazo tajante al consumo de alimentos transgénicos, acentuado tras la publicación del controvertido Informe Pusztai² y, más tarde, al publicarse un experimento de laboratorio que mostró que el polen de un maíz resistente a herbicidas resultaba mortal para la mariposa Monarca.²

El asunto de los transgénicos se ha convertido ahora en un gran debate caracterizado por una mezcla de ciencia, política, economía y ética.³

En Gran Bretaña, el Príncipe Carlos de manera pública y reiterada declara su oposición a los organismos genéticamente modificados (OGM), llamados "alimentos Frankenstein" por la prensa británica. En México, activistas encapuchados trepan al monumento del Ángel de la Independencia y cuelgan cartelones de protesta contra la importación de maíz transgénico. En la India, los manifestantes toman por asalto estaciones experimentales y

¹ Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB) La epidemia fue encontrada por primera vez en 1991. Se cree que consumir productos cárnicos infectados de EEB, pueden causar en los humanos una variante de la enfermedad de Jakob-Creutzfeldt, que también destruye el cerebro y que ha cobrado unas 50 víctimas en Inglaterra.

² En 1998, el científico Dr. Arpad Pusztai del Instituto Rowett de Aberdeen (Escocia), comunicó los resultados de sus investigaciones sobre los potenciales efectos de los OGMs sobre la salud. Tras alimentar ratas con papas transgénicas había comprobado que éstas presentaban impactos sobre su salud. Preocupante resultaba la atrofia parcial del hígado en las ratas alimentadas con papas transgénicas, incluso en un período tan corto como 10 días. Organos fundamentales para el sistema inmunológico como el bazo o el timo se encontraban frecuentemente afectados.

El Instituto Rowett emitió un comunicado en el que criticaba la «falta de validez científica» del estudio y despidió a Pusztai de su organización.

Cerca de un año después de la polémica, y de recibir el apoyo y el rechazo de miembros de la comunidad científica, Pusztai, publicó los métodos y resultados de su investigación en la revista científica The Lancet. Los datos, tan esperados por los científicos, fueron considerados decepcionantes, pues no permitían concluir que los transgénicos sean peligrosos para la salud, ni lo contrario. Además la Royal Society de Inglaterra considera que el estudio presenta problemas de procedimiento y validez estadística

arrancan de cuajo las plantas genéticamente modificadas de las parcelas de ensayo. En Italia, manifestantes desnudos y empapados con pintura roja que simula sangre arrojan tomates genéticamente manipulados al Secretario de Agricultura estadounidense, que está de visita en el país, para demostrar su oposición a las importaciones de maíz y soya transgénicos.

Esta polémica ha desembarcado en América Latina, donde se ha llegado incluso a especular que el consumo de estos alimentos podría producir cáncer. Sin duda la difusión de este tipo de aseveraciones, sin fundamento científico, demuestra que estamos ante una sociedad desinformada, que desconoce los alcances del tema.

El problema de los alimentos transgénicos se está conociendo por algunos grupos ecologistas, como el de la "comida Frankenstein". La expresión, una simplificada pero eficaz, imagen de las dudas que pesan sobre los mismos, está destinada al frente mediático en un conflicto de intereses en donde los consumidores actúan en notoria desventaja.⁴

Los alimentos transgénicos, suscitan entre los consumidores inquietud por sus posibles consecuencias perjudiciales sobre la salud. Esta inquietud no está probada, ni está fundada en argumentos científicos; pero es indiscutible que los consumidores tienen derecho a saber si lo que adquieren o ingieren ha sido manipulado genéticamente y en qué grado, deben disponer, por tanto, de la máxima información sobre la naturaleza de los productos que compran; y deben ser las empresas productoras y comercializadoras las que se hagan responsables de esa información. Se ha argumentado que existe gran dificultad para saber con certeza la procedencia de los cultivos y si estos son transgénicos o no, pero es mejor imponer una vía de información, aunque sea imperfecta, que instalarse en la desinformación con el pretexto de que es difícil obtenerla. En una encuesta realizada en Europa³, más de dos tercios de los encuestados estaban en contra de las plantas transgénicas, pero, ante la afirmación de algunos que "los tomates normales no tienen genes y los transgénicos sí", una proporción similar de estos encuestados se declaraba de acuerdo con ella o ignorante del asunto; resultaba evidente que eran muchos los que no sabían, pero sí contestaban.

En una sociedad en la que no se considera a la ciencia parte de la cultura y en la que ignorar hechos básicos y simples sobre los seres vivos está incluso bien visto, es más fácil crear un clima de hostilidad y más difícil hacer una labor didáctica - que ante una en la que exista un mínimo conocimiento científico elemental.⁵

En Latinoamérica a diferencia de Europa y EE.UU. el interés por el presente y futuro de los alimentos transgénicos ha demostrado tener un alcance muy limitado

⁴ Encuesta realizada en España y Europa por el Eurobarómetro Revista Bioplanet España.

en la opinión pública, en su gran mayoría desconocedora de las implicancias del tema

◆ Los Puntos de vista acerca de los Alimentos transgénicos.

En el debate de los alimentos transgénicos existe una marcada diferencia de los puntos de vista y argumentos de los diferentes grupos que en él intervienen, a pesar de que existen numerosos enfoques, podemos agruparlos de la siguiente forma:

- Empresas y grupos de investigación científica que intervienen en la creación de alimentos transgénicos.
- Grupos Ecologistas y organismos no gubernamentales
- Organismos mundiales y gubernamentales.

A continuación se exponen los argumentos más importantes de cada grupo.

- Empresas y grupos de investigación científica que intervienen en la creación de alimentos transgénicos.
 - Los Alimentos Transgénicos ayudarán a la situación alimentaria del mundo.

El aumento de la población mundial, sigue un ritmo impresionante, algunos pronósticos estiman que en el año 2020 haya 7,500 millones de habitantes. En 30 años se doblaría la población mundial, un aumento en el que el 90% puede surgir del tercer mundo. Este aumento en la población implica como es claro una creciente demanda de alimentos entre muchas otras necesidades.

Actualmente, casi 800 millones de personas padecen de desnutrición, 1100 millones no tienen una nutrición adecuada, subsistiendo debajo de los niveles de pobreza (FAO, 1999). En el caso de los países de Latinoamérica y el Caribe, a pesar de la abundancia de recursos naturales y las inversiones continuas para el desarrollo, la pobreza rural e inseguridad alimentaria afectan persistentemente a más de 55 por ciento de la población rural y un tercio está en pobreza extrema (el ingreso inferior al necesario para adquirir una canasta básica de alimentos)

Además, en seis de once países de los cuales se tiene información de varios años, la pobreza extrema ha aumentado desde el inicio de los años ochenta ⁶

Aunque las técnicas agrícolas y ganaderas han evolucionado mucho, no se han resuelto todavía los graves problemas de ámbito mundial, como el de hacer sostenible el desarrollo económico, desterrar el hambre o reducir el impacto sobre el medio ambiente.

Algunos expertos estiman que la biotecnología, y en particular la ingeniería genética y los productos obtenidos de ella, como los alimentos transgénicos, podrían contribuir a resolver estos problemas endémicos, pues se podría pasar de una ganadería y una agricultura cuantitativas a otras más cualitativas, es decir, con la obtención de especies vegetales y animales mejor adaptadas al entorno, resistentes a enfermedades y plagas, con mayor rendimiento, se reduciría también el impacto en el medio natural (como resultado de un mejor aprovechamiento de fertilizantes y menor necesidad de pesticidas entre otros).

La mayor parte de los analistas de aspectos alimentarios sostiene que la biotecnología es una fuente capaz de garantizar el crecimiento de la producción de alimentos, a nivel mundial. No hay más tierras disponibles en zonas aptas para la agricultura, pero existe una mayor necesidad de alimentos que sólo puede suplirse por dos vías: avanzar sobre zonas ecológicamente sensibles (la selva tropical, con la consiguiente pérdida de biodiversidad) o profundizar en las zonas actualmente bajo cultivo.⁷

Dando por hecho que no se puede ampliar la superficie cultivada, dado el problema de la escasez cada vez mayor de agua, y dado que se está llegando al límite de la productividad de los cultivos, se tiene que hacer un esfuerzo mayor para seguir aumentando la productividad de los cultivos por otros medios, y salvaguardando la viabilidad ecológica de los ecosistemas agrarios y silvestres. La innovación tecnológica es clave en esta tarea, y dentro de ella habría que lograr una nueva revolución verde, entendiendo por tal nuevas maneras de aprovechar el potencial de los genomas vegetales (y de otros organismos) para aumentar la producción de alimentos sin dañar el ambiente.⁸

Para satisfacer las necesidades crecientes de alimentos para la población se deben encontrar nuevas y apropiadas tecnologías que elev en el rendimiento de los cultivos. Los recientes desarrollos en la biotecnología animal han producido por ejemplo, somatotropina bovina (BST), que ahora se utiliza extensamente para aumentar la producción de leche. Actualmente, grandes áreas comerciales se plantan con

variedades transgénicas e híbridos de algodón, maíz y papas que contienen genes, que efectivamente controlan diversas plagas de insectos.⁹

Ha habido grandes avances en el desarrollo de plantas transgénicas de algodón, maíz, colza (nabo), soya, remolacha y trigo con tolerancia a diversos herbicidas. Esto puede llevar a una reducción en el uso de herbicidas. Obviamente, la reducción del daño a los cultivos por plagas y enfermedades aumenta el rendimiento. Finalmente, los experimentos preliminares han demostrado que los genes insertados de algunas especies pueden ayudar a los cultivos a soportar condiciones de sequía.

Una gran parte de la comunidad científica considera lo anterior un avance que permitirá mejorar el rendimiento de los cultivos y minimizar el uso de plaguicidas, fertilizantes y otras sustancias químicas que hasta ahora han constituido un mal menor para la agricultura intensiva, pero una creciente amenaza para la salud y el medio ambiente.

Según el punto de vista de sus promotores, el mercado dispondrá de productos naturales con el proceso de maduración controlado con lo que el aspecto de los productos agropecuarios será impecable; existirán plantaciones que generen sus propias defensas contra ataques externos; Tendrán una productividad y una riqueza de proteínas garantizada, e incluso el medio ambiente se beneficiará por cuanto se reducirá la dependencia de fertilizantes y herbicidas químicos; disminuirá la necesidad de consumo de agua y se aumentará la resistencia al frío o a la sequía allí donde sea necesario.¹⁰

- o La alteración genética de las plantas de cultivo es tan vieja como la agricultura.

Los agricultores neolíticos domesticaban las variedades silvestres basándose en ciclos de selección artificial repetidos, recogiendo en cada generación las plantas que presentaban mayores semillas, tallos que facilitaban la recolección o ciclos de floración coordinados para hacer más práctica la cosecha.

En realidad, la mayoría de las plantas de cultivo tradicionales, según ha demostrado recientemente la genética, contienen un pequeño número de mutaciones (alteraciones genéticas) responsables de esas características, muy curiosamente, varias de esas mutaciones son las mismas en el maíz domesticado en América, en el trigo desarrollado en Oriente Próximo y en el sorgo africano.¹¹

La ingeniería genética permite ahora llevar a cabo, en pocos años y de forma controlada, lo que antes podía costar décadas o siglos, o conseguir efectos que sólo

estaban en los sueños de los agricultores, pero que eran imposibles con las viejas técnicas de cruce y selección.

- o La resistencia antibiótica.

Un argumento usado en contra del consumo de alimentos transgénicos, es que pudiera tenerse resistencia a los antibióticos, debido a que en la modificación genética, suelen usarse genes de resistencia antibiótica como "marcadores". Este es un problema de salud público serio, es causado principalmente por el sobreuso o mal uso de antibióticos. Se ha estudiado cuidadosamente si el uso de genes ("marcadores") en los cultivos genéticamente modificados pudiera dar problemas de salud pública y no se ha encontrado ninguna evidencia de esto.

El riesgo potencial de traslado de genes de resistencia a las plantas de la bacteria utilizadas en la transgénesis es muy bajo.¹²

- o Los beneficios de la Biotecnología¹³

La Biotecnología (de la cual se derivan los alimentos transgénicos) ofrece varios beneficios, si esta es bien aprovechada.

Los beneficios agrícolas

Las nuevas tecnologías como la biotecnología ofrece una manera responsable para reforzar la productividad agrícola hoy y en el futuro. Con la biotecnología, se pueden identificar las características genéticas específicas, se pueden aislar transferir a los cultivos valiosos. Esta técnica es más precisa y eficaz que el mejoramiento tradicional y puede aumentar la producción de alimentos a través de los más altos rendimientos. Es posible obtener cultivos resistentes a pesticidas, resistentes a insectos y mejorar su calidad nutritiva

- o La biotecnología proporciona los beneficios medioambientales significativos.

Reduce la necesidad de aplicación de pesticidas, cuando al tener las plantas la habilidad de protegerse de ciertas plagas y enfermedades.

Reduce la cantidad de agua requerida para riego, la erosión de la tierra y emisiones de gases de efecto invernadero, a través de las prácticas de cultivo más sustentables.

Mejora productividad de los cultivos, lo cual es importante, si se toma en cuenta que la superficie cultivable están disminuyendo en todo el mundo.

- o Las mejoras de calidad de los alimentos.

El uso de biotecnología también permite los perfeccionar la calidad de los alimentos, de los rendimientos de la cosecha retardo en la maduración, aunados a beneficios en el transporte. En el futuro, los consumidores podrán disfrutar de alimentos con mejor sabor y más nutritivos, al alcanzar objetivos como:

- ✓ La reducción de características indeseables como las grasas saturadas en los aceites de cocina
- ✓ Modificación de ácidos grasos en el aceite de soya.
- ✓ La eliminación de alérgenos
- ✓ Aumento en los nutrimentos que las ayuden a reducir el riesgo de enfermedades
- ✓ La inclusión de nutrimentos apropiados como la vitamina A en los alimentos consumidos normalmente como parte de la dieta (hay ya avances en la inclusión de beta caroteno en arroz)

- Grupos Ecologistas y organismos no gubernamentales.

La posición de diferentes grupos ecologistas abarca también varios puntos de vista, habiendo posiciones extremas que ven en los alimentos transgénicos una grave amenaza contra el hombre y el medio ambiente con pocos o nulos argumentos científicos, Hasta posiciones, que analizan críticamente y con bases firmes los riesgos de estos alimentos. En el presente trabajo se exponen los puntos de vista que tienen como argumentación bases, científicas o sociales sustentadas.

La respuesta de los grupos ecologistas a los argumentos a favor de los transgenicos:

- Los grupos interesados en los transgénicos presentan a estos avances como la única alternativa capaz de garantizar las necesidades crecientes de alimentos en

un futuro próximo y en algún caso caracterizarla como “el mayor esfuerzo ético imaginable”

- Comparan la conveniencia de los alimentos transgénicos con los logros obtenidos en similar sentido por la industria farmacéutica.
- Afirman que millones de personas vienen consumiendo estos productos, sin saberlo, sin que les haya ocurrido nada
- Minimizan la posibilidad de que un gen escape a otras variedades naturales afirmando que la misma no está probada o que su riesgo es ínfimo
- Descalifican las protestas a estos productos como simples maniobras proteccionistas de países atrasados en investigación biotecnológica.
- Atribuyen las críticas a fundamentalistas del medio ambiente y a grupos de ideología de izquierda exclusivamente
- Asimilan los riesgos de estos avances con los de otras tecnologías, como inevitables y a favor del progreso.

Augurar una disminución de costos que se reflejará en alimentos baratos para todo el mundo.

- Presentan como inviable el desarrollo de las nuevas técnicas de agricultura tradicional como aporte a la creciente demanda de alimentos, afirman que el etiquetado encarecerá sustancialmente los costos.¹⁴

La siguiente es la opinión Miguel Altieri profesor de la Universidad de California Berkeley.⁴

o Cuestionamiento Ético de la Biotecnología¹⁵

Las críticas ambientalistas a la biotecnología cuestionan las suposiciones de que la ciencia de la biotecnología está libre de valores y que no puede estar equivocada o mal utilizada, y piden una evaluación ética de la investigación en ingeniería genética y sus productos. Quienes proponen la biotecnología son considerados como que tienen una visión utilitaria de la naturaleza y favorecen el libre intercambio (trade-off) de las ganancias económicas por el daño ecológico, indiferentes ante las consecuencias que pueda tener para los seres humanos. En el corazón de la crítica están los efectos biotecnológicos sobre las condiciones sociales y económicas y los valores religiosos y morales que conllevan a preguntas como:

⁴ Riesgos ambientales de los cultivos transgénicos: una evaluación Agroecológica Miguel Altieri.

- ¿Deberíamos alterar la estructura genética de todo el reino viviente en nombre de la utilidad y las ganancias?
- ¿Es la constitución genética de todos los seres vivos la herencia común de todos, o puede ser adquirida por las corporaciones y de ésta manera convertirse en propiedad privada de algunos?
- ¿Quién dio a las compañías individuales el derecho a monopolizar grupos enteros de organismos?
- ¿Los biotecnólogos se sienten los dueños de la naturaleza? Es esta una ilusión construida sobre la arrogancia científica y la economía convencional, ciega a la complejidad de los procesos ecológicos?
- ¿Es posible minimizar los conceptos éticos y reducir los riesgos ambientales manteniendo los beneficios?

A fines de los 80, una publicación de Monsanto indicaba que la biotecnología revolucionaría la agricultura en el futuro con productos basados en los métodos propios de la naturaleza, haciendo que el sistema agrícola sea más amigable para el medio ambiente y con mayores beneficios para el agricultor. Más aún, se proporcionarían plantas con defensas genéticas autoincorporadas contra insectos y patógenos. Desde entonces, muchos otros han prometido varias recompensas que la biotecnología puede brindar a través del mejoramiento de cultivos. El dilema ético es que muchas de estas promesas son infundadas y muchas de las ventajas o beneficios de la biotecnología no han podido o no ha sido hecha realidad. Aunque es claro que la biotecnología puede ayudar a mejorar la agricultura, dada su actual orientación, la biotecnología promete mas bien daños al medio ambiente, una mayor industrialización de la agricultura y una intrusión mas profunda de intereses privados en la investigación del sector público. Hasta ahora el dominio económico y político de las corporaciones multinacionales en la agenda de desarrollo agrícola ha tenido éxito a expensas de los intereses de los consumidores, campesinos, pequeñas fincas familiares, la vida silvestre y el medio ambiente.

Es urgente para la sociedad civil tener una mayor participación en las decisiones tecnológicas para que el dominio que ejercen los intereses corporativos sobre la investigación científica sea balanceado por un control público más estricto. Las organizaciones públicas nacionales e internacionales tales como FAO, CGIAR, etc , tendrán que monitorear y controlar que los conocimientos aplicados no sean propiedad del sector privado para proteger que tal conocimiento continúe en el dominio público para beneficio de las sociedades rurales. Deben desarrollarse

regímenes de regulación controlados públicamente y emplearlos para monitorear y evaluar los riesgos sociales y ambientales de los productos de la biotecnología.

Finalmente la tendencia hacia una visión reduccionista de la naturaleza y la agricultura promovida por la biotecnología contemporánea debe ser revertida por un enfoque más holístico de la agricultura, para asegurar que las alternativas agro ecológicas no sean ignoradas y que sólo se investiguen y desarrollen aspectos biotecnológicos ecológicamente aceptables. Ha llegado el momento de enfrentar efectivamente el reto y la realidad de la ingeniería genética. Como ha sido con los pesticidas, las compañías de biotecnología deben sentir el impacto de los movimientos ambientalistas, laborales y campesinos de modo que reorienten su trabajo para el beneficio de toda la sociedad y la naturaleza. El futuro de la investigación con base en la biotecnología estará determinado por relaciones de poder y no hay razón para que los agricultores y el público en general, si se le da suficiente poder, no puedan influir en la dirección que la biotecnología deberá tomar para así cumplir con las metas de la sostenibilidad.

Aunque hay muchas aplicaciones de la ingeniería genética en la agricultura, el enfoque actual de la biotecnología está en el desarrollo de cultivos tolerantes a herbicidas, así como en cultivos resistentes a plagas y enfermedades. Corporaciones Transnacionales (CTNs) como Monsanto, DuPont, Novartis, etc., quienes son las principales corporaciones interesadas en la biotecnología, ven en los cultivos transgénicos una manera de reducir la dependencia de insumos, tales como pesticidas y fertilizantes. Lo irónico es que la biorevolución está siendo empujada por los mismos intereses que promovieron la primera ola de agricultura basada en agroquímicos, pero ahora, equipando cada cultivo con nuevos "genes insecticidas," prometen al mundo pesticidas más seguros, reduciendo la agricultura químicamente intensiva y a la vez haciéndola más sustentable.

La mayoría de las innovaciones en biotecnología agrícola están orientadas hacia la búsqueda de ganancias en lugar de la búsqueda de una respuesta a las necesidades humanas, por consiguiente el énfasis de la industria de la ingeniería genética realmente no es resolver los problemas agrícolas, sino el incremento de la rentabilidad de la agricultura. Esta aseveración es apoyada por el hecho que por lo menos 27 corporaciones realizan investigaciones sobre plantas tolerantes a los herbicidas, incluyendo a las ocho más grandes compañías de pesticidas del mundo, Bayer, Ciba-Geigy, ICI, Rhone-Poulenc, Dow/Elanco, Monsanto, Hoescht y DuPont,

y virtualmente todas las compañías de semillas, muchas de las cuales han sido adquiridas por compañías químicas

En los países industrializados, de 1986 - 1992 el 57% de todos los ensayos de campo para probar cultivos transgénicos involucraron tolerancia a los herbicidas, y el 46% de solicitantes al USDA para pruebas de campo fueron compañías químicas. Algunos de los cultivos actualmente diseñados para la tolerancia genética a uno o más herbicidas incluyen: alfalfa, canola, algodón, maíz, avena, petunia, papa, arroz, sorgo, soya, remolacha, caña de azúcar, girasol, tabaco, tomate, trigo y otros. Está claro que creando cosechas resistentes a sus herbicidas, una compañía pueden extender los mercados de sus productos químicos patentados. El mercado de los pesticidas se ha estimado en más de \$500 millones para el año 2000.

Aunque algunas pruebas son conducidas por universidades y organizaciones de investigación avanzadas, la agenda de investigación de tales instituciones está cada vez más influida por el sector privado. El 46% de empresas de biotecnología apoyan la investigación biotecnológica en las universidades, mientras 33 de los 50 estados en USA tienen centros universidad-industria para la transferencia de biotecnología. El desafío para tales organizaciones públicas no sólo será el asegurar que los aspectos ecológicos de no daño al ambiente de la biotecnología se investiguen (tales como fijación de N, tolerancia a la sequía, etc.), sino también supervisar y controlar cuidadosamente la difusión de conocimiento aplicado de libre propiedad al sector privado, para garantizar que tal conocimiento continúe en el dominio público para el beneficio de toda la sociedad.¹⁶

o Investigaciones inconclusas.

Mientras los agricultores estadounidenses dedican cada vez más superficie a plantar semillas transgénicas (hasta el 40 por ciento o más en algunos cultivos como soya y maíz), los ecologistas aseguran que los estudios realizados sobre los efectos que tiene a largo plazo comer alimentos transgénicos son insuficientes. Plantean, además, los riesgos ambientales que implica desarrollar cultivos resistentes a las plagas y las sustancias químicas; y tienen miedo de que estos organismos acaben con las especies nativas.¹⁷ Por otro lado, subsisten las suspicacias ante los "milagros" científicos, las nuevas tecnologías y las legislaciones imperfectas, así como la noción de que la industria biotecnológica estadounidense ha sido poco sutil a la hora de introducir nuevos alimentos por las gargantas de los consumidores atemorizados.¹⁸

Por ello, David Baltimore —Premio Nóbel de Medicina y Fisiología en 1975, e investigador del Instituto Tecnológico de Massachusetts— es partidario de que las universidades y los centros de investigación reasuman el control de las investigaciones biotecnológicas, como ocurrió en sus orígenes, allá por los años cincuenta. A mediados de los setenta, sin embargo, las técnicas estaban muy avanzadas y se habían abaratado lo suficiente para que las firmas privadas, a menudo creadas de la nada por científicos de procedencia pública, se animaran a entrar en un campo cuyas aplicaciones en la medicina, la agricultura y, más tarde, el medio ambiente, eran y siguen siendo de una magnitud incalculable.

Lo más grave, según Baltimore, es que las empresas, ilusionadas por los primeros resultados económicos, interrumpieron las investigaciones y no se dieron tiempo para estudiar los efectos a largo plazo. "La mayoría de los proyectos de este tipo requieren un desarrollo muy largo, entre diez y quince años. Si una empresa sólo tiene la idea de producir el primer hallazgo, lo más probable es que en dos o tres décadas se tope con resultados desagradables. En consecuencia, las universidades e instituciones de investigación deben realizar toda la investigación completa y no entregarla a la iniciativa privada para su comercialización hasta que pasen unos quince años..."

- o Resistencia a antibióticos

Los informes de Greenpeace y otros ecologistas insisten en que el consumo de los OGM podría volver al ser humano resistente a ciertos antibióticos, al tiempo que se destacan factores sociopolíticos, como el hecho de que el agricultor perdería su privilegio de volver a plantar las semillas al pertenecer éstas a la compañía agroquímica. Para otros, generalizar el principio de precaución podría dar lugar a una alimentación segura y cara para los más pudientes frente a otra más permisiva para quienes carezcan de recursos

- Organismos mundiales y gubernamentales

- o Posición de la ONU sobre biotecnología

Propuesta de convención internacional sobre biotecnología con base en los siguientes principios:

- 1 - Se deberán examinar métodos alternativos y enfoques biotecnológicos y se escogerán los más seguros y eficientes con relación a los costos.
- 2 - Las instituciones de investigación y asistencia técnica deberán disponer de recursos proporcionales para otras alternativas. En este nivel, el conocimiento de las sociedades tradicionales debe ser respetado como fuente válida e importante a ser aprovechada;
- 3 - La investigación en materia de biotecnología debe tener como objetivo atender las necesidades públicamente definidas, el bien común y el bien de las futuras generaciones;
- 4- Previo a cualquier uso de la biotecnología debe hacerse una evaluación inicial y pública de los impactos ambientales, socioeconómicos y culturales. Ese análisis debe ser realizado en cooperación con el público, de forma clara y democrática, con derecho a aceptar o no tales actividades biotecnológicas;
- 5- La protección del medio ambiente requiere análisis profundo, de largo alcance y ecológico en cada etapa de la biotecnología, es decir, investigación, producción agrícola, productos farmacéuticos, introducción intencional de organismos genéticamente modificados (OGM) en el medio ambiente, y comercialización de productos biotecnológicos,
- 6- Participación plena de las ONGs y otras organizaciones de la sociedad civil en el proceso de toma de decisiones del gobierno, con total acceso a la información pertinente;
- 7- Los procedimientos normativos habrán de tener como base el "principio de precaución", que significa que mientras las consecuencias sean dudosas ó inciertas, las actividades biotecnológicas no deben ser realizadas. La estructura y las normas respecto de la prueba de que no habrá daños estará a cargo de un comité donde estén representados por igual el gobierno, las entidades de investigación, ONGs, organizaciones sociales y quienes proponen la actividad. Los costos de la prueba serán de cargo de los proponentes;
- 8- Las compañías e instituciones de investigación responsables por estas nuevas biotecnologías deben reparar todos los daños que puedan causar, sin perjuicio de otras sanciones;
- 9- Las organizaciones y gobiernos que tengan como objetivo manipular organismos y/o sus productos por medio de la ingeniería genética, no podrán hacerlo, sean en su país ó en el exterior, sin previa consulta y conocimiento de la población que como consecuencia de estas actitudes pueda resultar afectada

10- Las estructuras genéticas de toda la biota no deben ser consideradas como recursos económicos, por eso todas las formas de patente de seres vivos deben ser prohibidas;

11- Admitiendo la inmoral e injustificada realidad legal y económica de la patente de los seres vivientes, el derecho de los agricultores y de los pueblos indígenas a controlar sus propios recursos tradicionales deben ser protegidos;

12- El derecho fundamental del público a tener conocimiento por medio de informaciones claras si los productos y los organismos comercializados han sido manipulados genéticamente y cuál fue el modo de manipulación;

13- La biotecnología no deberá ser desarrollada ni utilizada jamás con fines militares ¹⁹

- o Posición de la FAO sobre biotecnología.²⁰

LA FAO SUBRAYA EL VALOR POTENCIAL DE LA BIOTECNOLOGIA PERO INVITA A LA PRECAUCION

La biotecnología ofrece instrumentos poderosos para el desarrollo sostenible de la agricultura, la pesca y la actividad forestal, así como de las industrias alimentarias y puede contribuir en gran medida a satisfacer las necesidades de una población en crecimiento y cada vez más urbanizada, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en su primera declaración sobre biotecnología, publicada en marzo de 2000. Sin embargo, la FAO invita a "un prudente análisis caso por caso para determinar los riesgos y beneficios de cada organismo modificado genéticamente "específicamente responder a " las preocupaciones legítimas por la bioseguridad de cada producto antes de proceder a su recomendación" ²¹

La declaración se ha hecho pública con motivo de la apertura de la reunión del Grupo de Acción Especial sobre Alimentos obtenidos por medios biotecnológicos de la Comisión del Codex Alimentarius que se realizó en Chiba (Japón) del 14 al 17 de marzo de 2000. El Grupo de Acción elaborará normas, directrices o recomendaciones, según proceda, para alimentos derivados de biotecnologías o características introducidas en alimentos por métodos biotecnológicos

Junto con la Organización, Mundial de la Salud, la FAO forma la secretaría de la Comisión del Codex Alimentarius⁵ que es un organismo intergubernamental con 165 países miembros. Su objetivo es la protección de la salud de los consumidores, la garantía de métodos equitativos de comercio y el fomento de la coordinación de las normas de alimentación.

La FAO reconoce que la ingeniería genética puede contribuir a elevar la producción y productividad en la agricultura, silvicultura y pesca. Puede dar lugar a mayores rendimientos en tierras marginales de países donde actualmente no se pueden cultivar suficientes alimentos para alimentar a sus poblaciones. La FAO indica que "existen ya ejemplos de la ayuda que la ingeniería genética presta para reducir la transmisión de enfermedades humanas y animales gracias a nuevas vacunas. Se ha aplicado la ingeniería genética al arroz para que contenga pro vitamina A (beta-caroteno) y hierro, lo que podría mejorar la salud de muchas comunidades de bajos ingresos. Otros métodos biotecnológicos han dado lugar a organismos que mejoran la calidad y consistencia de los alimentos o que limpian derrames de hidrocarburos y eliminan metales pesados en ecosistemas frágiles.

El cultivo de tejidos ha producido plantas que elevan los rendimientos de los cultivos proporcionando a los agricultores material vegetal más sano. La selección con la ayuda de marcadores y la caracterización del ADN permiten desarrollar genotipos mejorados de todas las especies vivientes de forma mucho más rápida y selectiva. Proporcionan también nuevos métodos de investigación que pueden contribuir a la conservación y caracterización de la biodiversidad.

No obstante, la FAO reconoce también la preocupación por los riesgos potenciales que plantean algunos aspectos de la biotecnología. Tales riesgos pueden clasificarse en dos categorías fundamentales: los efectos en la salud humana y de los animales y las consecuencias ambientales.

Se debe que actuar con precaución para reducir los riesgos de transferir toxinas de una forma de vida a otra, de crear nuevas toxinas o de transferir compuestos alérgicos de una especie a otra, lo que podría dar lugar a reacciones alérgicas imprevistas en la población. Entre los riesgos para el medio ambiente cabe señalar la posibilidad de fecundación cruzada que podría dar lugar, por ejemplo, al desarrollo de malas hierbas más agresivas o de parientes silvestres con mayor resistencia a las enfermedades o a los estreses abióticos, trastornando el equilibrio del ecosistema. También se puede perder biodiversidad, por ejemplo, como

⁵ Codex Alimentarius de la FAO ver anexo.

consecuencia del desplazamiento de cultivos tradicionales por un pequeño número de cultivos modificados genéticamente".

La FAO solicita un sistema de evaluación de base científica que determine objetivamente los beneficios y riesgos de cada organismo modificado genéticamente. "Es necesario evaluar los posibles efectos en la biodiversidad, el medio ambiente y la inocuidad de los alimentos, y la medida en que los beneficios del producto o proceso compensan los riesgos calculados. El proceso de evaluación deberá tener en cuenta la experiencia adquirida por las autoridades nacionales de normalización al aprobar tales productos. También es imprescindible un seguimiento cuidadoso de los efectos de estos productos y procesos después de su recomendación a fin de asegurar que sigan siendo inocuos para los seres humanos, los animales y el medio ambiente".²²

Las inversiones en la investigación biotecnológica tienden a concentrarse en el sector privado y a orientarse hacia la agricultura en los países de ingresos más altos donde hay mayor poder adquisitivo para sus productos, dice la FAO "Dada la contribución potencial de las biotecnologías para incrementar el suministro de alimentos y superar la inseguridad y la vulnerabilidad alimentaria, hay que hacer lo posible para conseguir que los países en desarrollo en general y los agricultores con pocos recursos, en particular, se beneficien más de la investigación biotecnológica, manteniendo a la vez su acceso a una diversidad de fuentes de material genético. La FAO propone que se atienda esta necesidad mediante un mayor financiamiento público y un diálogo entre los sectores público y privado".

La FAO presta asistencia a sus Estados Miembros, especialmente a los países en desarrollo, para que obtengan los beneficios derivados de la aplicación de biotecnologías en la agricultura, la silvicultura y la pesca, por ejemplo, mediante la Red de cooperación técnica en biotecnología vegetal para América Latina (REDBIO), en la que participan 33 países. La Organización ayuda también a los países en desarrollo a participar de forma más eficaz y equitativa en el comercio internacional de productos básicos y alimentos. Facilita información y asistencia técnica, así como análisis socioeconómicos y ambientales, sobre las principales cuestiones mundiales relacionadas con las novedades tecnológicas.

La Comisión de la FAO sobre Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, un foro intergubernamental permanente, está elaborando un Código de conducta sobre biotecnología con el fin de elevar al máximo los beneficios de las biotecnologías modernas y reducir al mínimo los riesgos. El Código se basará en consideraciones científicas y tendrá en cuenta las repercusiones ambientales,

socioeconómicas y éticas de la biotecnología. La Organización también está trabajando para establecer un comité internacional de expertos sobre ética en la alimentación y la agricultura.

2. Que son los alimentos transgénicos.

◆ Definición de Biotecnología y Breve historia de su desarrollo.

El término "Biotecnología" se ha introducido recientemente en el lenguaje popular, desde la mitad de la década de los años 70, como resultado del gran potencial resultante de la aplicación de las técnicas de biología molecular. Parece que ésta palabra se utilizó por vez primera al comienzo de los años 20 en el Reino Unido cuando sus miembros fundaron un Instituto de Biotecnología.²³ No obstante, los procesos biotecnológicos son muy anteriores a esa fecha; datan de hace unos 5.000 años cuando se descubrió la producción de bebidas alcohólicas por fermentación. La Biotecnología se ha definido de diversas formas, una definición general es "La aplicación de organismos, sistemas y procesos biológicos en las industrias manufactureras y de servicio" Esta definición en la práctica significa "la biología aplicada para la obtención de productos de valor para el hombre". Otra posible acepción es: "conjunto de técnicas aplicadas a los organismos vivos, o a parte de ellos, destinados a la producción alimentaria y no alimentaria". De hecho, la Biotecnología no existe como una disciplina científica ni es un campo interdisciplinario sino más bien es multidisciplinar que abarca una amplia variedad de áreas temáticas distintas.²⁴

El interés actual de la biotecnología se ha estimulado por el potencial que puede derivarse de la unión entre procesos y métodos biológicos (algunos antiguos, otros nuevos) y las técnicas de ingeniería y electrónicas. Los frutos de la Biotecnología han nacido a partir de las ciencias biológicas, en particular, la Microbiología, Genética, Biología Molecular y Bioquímica y la Ingeniería Química en su sentido más amplio.

socioeconómicas y éticas de la biotecnología. La Organización también está trabajando para establecer un comité internacional de expertos sobre ética en la alimentación y la agricultura.

2. Que son los alimentos transgénicos.

◆ Definición de Biotecnología y Breve historia de su desarrollo.

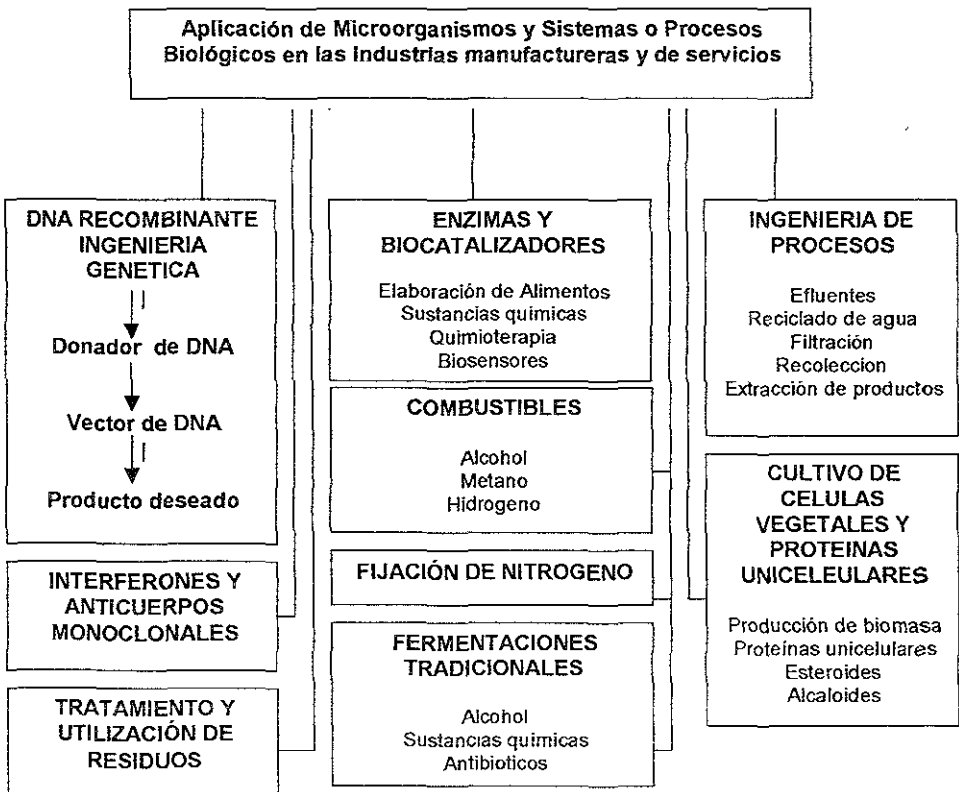
El término "Biotecnología" se ha introducido recientemente en el lenguaje popular, desde la mitad de la década de los años 70, como resultado del gran potencial resultante de la aplicación de las técnicas de biología molecular. Parece que ésta palabra se utilizó por vez primera al comienzo de los años 20 en el Reino Unido cuando sus miembros fundaron un Instituto de Biotecnología.²³ No obstante, los procesos biotecnológicos son muy anteriores a esa fecha; datan de hace unos 5.000 años cuando se descubrió la producción de bebidas alcohólicas por fermentación. La Biotecnología se ha definido de diversas formas, una definición general es "La aplicación de organismos, sistemas y procesos biológicos en las industrias manufactureras y de servicio" Esta definición en la práctica significa "la biología aplicada para la obtención de productos de valor para el hombre". Otra posible acepción es: "conjunto de técnicas aplicadas a los organismos vivos, o a parte de ellos, destinados a la producción alimentaria y no alimentaria". De hecho, la Biotecnología no existe como una disciplina científica ni es un campo interdisciplinario sino más bien es multidisciplinar que abarca una amplia variedad de áreas temáticas distintas.²⁴

El interés actual de la biotecnología se ha estimulado por el potencial que puede derivarse de la unión entre procesos y métodos biológicos (algunos antiguos, otros nuevos) y las técnicas de ingeniería y electrónicas. Los frutos de la Biotecnología han nacido a partir de las ciencias biológicas, en particular, la Microbiología, Genética, Biología Molecular y Bioquímica y la Ingeniería Química en su sentido más amplio.

Tradicionalmente la biotecnología tiene muchas aplicaciones. Un ejemplo sencillo es el composteo, el cual aumenta la fertilidad del suelo permitiendo que microorganismos del suelo descompongan residuos orgánicos. Otras aplicaciones incluyen la producción y uso de vacunas para prevenir enfermedades humanas y animales. En la industria alimenticia, la producción de vino y de cerveza se encuentra entre los muchos usos prácticos de la biotecnología.²⁵

La biotecnología moderna está compuesta por una variedad de técnicas derivadas de la investigación en biología celular y molecular, las cuales pueden ser utilizadas en cualquier industria que utilice microorganismos o células vegetales y animales. Esta tecnología permite la transformación de la agricultura. También tiene importancia para otras industrias basadas en el carbono, como energía, productos químicos y farmacéuticos y manejo de residuos o desechos. Tiene un enorme impacto potencial, porque la investigación en ciencias biológicas está efectuando grandes avances.²⁶ En la siguiente figura se muestra algunas de las aplicaciones de la Biotecnología encuadradas en grandes campos:

Figura 1. Las áreas de la Biotecnología



La biotecnología no es nueva, se inició cuando los primeros cazadores-recolectores se asentaron y se aseguraron el sustento mediante el cultivo de plantas y la cría de animales. Sirva como dato que de las cuatro especies salvajes de gallina que inicialmente se conocían, hoy disponemos de más de 40 razas diferentes, todas ellas fruto de sucesivos cruces, selecciones y mejoras. El hombre lleva varios miles de años modificando los vegetales que utiliza como alimento. Por ejemplo, las coles de Bruselas, la coliflor, el brócoli y el colinabo son variedades artificiales de la misma planta (aunque no lo parezcan). Lo mismo se puede decir de las decenas de variedades de manzanas, maíz, papas, trigo, etc. etc. Los antecedentes salvajes de muchas de estas plantas, cuando existen, son tan poco parecidas que no serían reconocidos como tales por alguien que no fuera experto.²⁷ Una de las industrias más antiguas del mundo, la elaboración de cerveza, depende de un proceso típicamente biotecnológico. El mejoramiento de animales domésticos se considera también biotecnología, si aceptamos la definición de biotecnología como la explotación de organismos vivos para beneficio del hombre. En términos generales, el hombre no está satisfecho con la productividad de los organismos en su estado silvestre, por consiguiente, se requiere de mejoramiento para realizar un cambio permanente en la composición hereditaria del organismo con el fin de aumentar la productividad del producto deseado (proteína, carbohidratos o alcohol)

Sin embargo, estos procedimientos se basaban en el ensayo y el error, y no fue hasta mediados del siglo 19, con los trabajos de Pasteur, cuando se sientan las bases de un método sistemático para establecer los mecanismos que controlan los fenómenos biológicos. Otro hito en la historia de la biotecnología fue el nacimiento de la genética, gracias a los estudios de Mendel. Los conocimientos científicos hasta entonces obtenidos tenían su aplicación en la agricultura y la ganadería

Otro avance del siglo 19, fue de Darwin, quien en sus estudios concluyó que las especies no son fijas e inalterables, sino que son capaces de evolucionar durante el tiempo, para producir nuevas especies. Adicionalmente, Darwin suministró una posible explicación sobre como podría ocurrir esta evolución. Él observó que miembros individuales de una especie dada presentan una gran variación, y propuso que algunos de ellos podrían estar más acondicionados para el ambiente en el que se encontraban, que los otros menos acondicionados. Por consiguiente, los individuos más aptos producirían más descendencia que los menos aptos.

Eventualmente, este proceso, denominado por Darwin como selección natural (publicado en 1859) causaría una modificación en las características de la población y aquellos rasgos que favorecieran la supervivencia y la reproducción se mantendrían y se propagarían, mientras que los rasgos menos favorables se harían menos comunes o desaparecerían. En el mejoramiento de plantas o animales ocurre algo similar, aunque es el hombre y no la naturaleza quien provee la presión selectiva a través de la selección de las características o rasgos que se desean mantener.

Los principios básicos de herencia fueron descubiertos por Gregor Johann Mendel, monje Agustino de, Austria. Sus estudios ahora clásicos en la herencia de rasgos en los chícharos (*Sativum pisum*), los inició en 1856 con pequeños cultivos en un huerto de un monasterio, con estos estudios fundó las bases para la ciencia moderna de la genética. Al contrario de investigadores anteriores que intentaron explicar todas las variaciones en la herencia, Mendel se concentró sus esfuerzos en unos rasgos observados en un programa de siembra controlado.

Mendel encontró ciertos rasgos de las plantas de las progenitoras como altura o, color, lozanía, forma de la semilla, eran heredados a la descendencia en proporciones que no variaron significativamente, y de esa forma eran predecibles. De estos resultados, él estableció un juego de reglas para explicar cómo se pasan las características de una generación a la siguiente y estableció teoría que la variación entre la planta progenitora y sus descendientes era debida a las unidades apareadas de "factores" de herencia. "Los factores" de herencia sugerida por Mendel se les dio el nombre "los genes" por Wilhelm Johannsen en 1905.

Los experimentos de Mendel también lo llevaron a concluir que cada individuo lleva dos unidades para una característica dada, pero solamente transfiere una de ellas a cada descendiente o progenie. Adicionalmente, describió que algunas variantes de una característica particular son dominantes sobre otras. Si se heredan conjuntamente, el carácter dominante se expresa, mientras que el otro, variante recesivo, no se observa.

Los descubrimientos de Mendel se informaron primero en un periódico austriaco de poca difusión en 1866, donde llamaron la atención hasta 1900, cuando el Hugo de Vries de los Países Bajos, Carl Erich Correns de Alemania, y Erich von Tschermak Seysenegg de Austria los redescubrieron, de forma independiente mientras realizaban sus propios estudios de la herencia. En 1903, Walter Sutton concluyó que esa información hereditaria se localiza en los cromosomas, y en 1911 se postuló que los genes se ordenan de forma lineal.

A mediados de los años treinta, se especuló ampliamente que el ácido desoxirribonucleico ADN era el elector crítico de genes. La existencia de ácido nucleico fue descubierta antes, en 1869, por el bioquímico suizo Frederick Miescher, pero no se prestó mucha atención a este hallazgo, fue hasta el siglo 20, cuando se investiga ampliamente los ácidos nucleicos. A finales de los 1920s, la química básica de ADN había sido determinada.

Un periodo crucial del enigma genético tuvo lugar durante los años cuarenta, cuando dos biólogos americanos, George Beadle y Edward Tatum, investigaron la transmisión de rasgos hereditarios en hongos. Ellos mostraron que los genes eran responsables de la formación de enzimas específicas que regulan las todas las funciones bioquímicas. Subsecuentemente su trabajo abrió el camino para que ellos (junto con Joshua Lederberg) recibieran el 1958 Premio Nóbel en fisiología y medicina. El concepto que cada gen gobierna la formación de una sola enzima era la tesis principal. Se conoce ahora que los genes controlan la formación de proteínas que comprenden el metabolismo celular en los organismos todo vivientes.

Un descubrimiento crítico ocurrió en 1953, cuando James Watson, un bioquímico americano, y Francis Crick, un biofísico británico, describieron la estructura de la hélice doble de ADN. Las técnicas desarrolladas por Rosalind Franklin y Maurice Wilkins cuyos estudios radiografiaron la difracción de ADN sugirieron que una estructura de doble-espiral, y a partir de ahí Watson y Crick pudieron construir el modelo molecular tridimensional de ADN. Por su trabajo, Watson, Crick, y Wilkins compartieron el 1962 Premio Nobel en fisiología y medicina. Este gran descubrimiento sentó las bases para estudios extensos apuntados a descifrar el código genético y a los adelantos en las aplicaciones prácticas de genética.

Se sabe ahora que es ADN es, como Watson y Crick demostraron, una estructura helicoidal doble compuesta de dos segmentos largos compuestos de sólo cuatro bases químicas simples: adenina, timina, guanina, y citosina. El orden en que estas bases se unen, forma la base del código de ADN, guardando químicamente la información genética. Los genes son segmentos de ADN que contiene información para producir una proteína que, a su vez, determina los rasgos en el organismo. El ADN gobierna cada proceso bioquímico dentro de la célula y el organismo

El campo de biología molecular ganó una de sus herramientas más poderosas en la tecnología del ADN recombinante (rADN) en 1972, cuando investigadores en la Universidad de Stanford crearon la primera molécula recombinante. Los científicos encabezados por Paúl Berg recibieron el Premio Nobel por su trabajo de enzimas encontradas en las bacterias que llamaron "las enzimas de la restricción", por cortar

ADN de dos fuentes diferentes (una bacteria y un virus) y que pudieran realizar una reacción enzimática en una molécula de ADN funcional, híbrida. En 1973, Stanley Cohen, otro investigador de Stanford, y Herbert Boyer de la Universidad de California en San Francisco trabajaron más allá transfiriendo una molécula recombinante en una bacteria donde funcionó junto a los propios genes de la bacteria. Haciendo con esto los primeros organismos "genéticamente modificados".

La identificación del material genético como ADN y la descripción y comprensión de su estructura y funciones requirieron una enorme cantidad de trabajo. Durante la década de 1970, los científicos desarrollaron nuevos métodos para combinar segmentos de ADN y para transferir porciones de ADN de un organismo a otro. Este conjunto de técnicas es conocido como la tecnología del ADN recombinante o la ingeniería genética. Durante las últimas tres décadas se ha presentado un crecimiento enorme en los avances en genética. Son precisamente estos avances, en nuevas técnicas para la comprensión y la modificación de los genes de los organismos vivos, que han producido un incremento en el interés y en las inversiones en biotecnología. Poco después de estos descubrimientos, uno de los científicos (Boyer) se volvió un cofundador de la primera compañía de biotecnología del mundo, Genentech que utilizó las bacterias genéticamente modificadas para producir terapéuticos útiles al ser humano.²⁸

- o La genética y la Cruza de cultivos Clásica.

El desarrollo de la genética en el siglo 20 fue muy importante por la mejora en la cruce de plantas. Desde los años veinte, las técnicas refinadas de la cruce tradicional han producido nuevas variedades de los cultivos con rendimientos más altos, mayor resistencia a las pestes y enfermedades, y otras cualidades deseables. La modificación genética a través de estos métodos ha dado un gran avance a la productividad agrícola.

Anteriormente al conocimiento de los principios de genética, la cruce de las plantas dependía del conocimiento práctico y la experimentación, para desarrollar los cultivos mejorados. Uno de los agricultores más exitosos en América, Luther Burbank, introdujo nuevas variedades de papas, verduras y frutas usando, hibridación y selección sin entrenamiento botánico formal o conocimiento de genética.

En 1908, el botánico americano George Shull desarrolló híbridos de maíz que produjeron rendimientos más altos que las variedades originales, sugirió que estos

híbridos pudieran usarse en las granjas en lugar de las variedades usadas. Sin embargo, el inconveniente con el método de cruce única, que Shull desarrolló, en las generaciones subsecuentes de las plantas perdían su mejora.

Durante muchos años, el desarrollo de híbridos en los países en vías de desarrollo, particularmente en los trópicos, estuvo detrás del desarrollo en los países industrializados. Después de la Segunda Guerra Mundial, el mundo en vías de desarrollo empezó a aplicar los híbridos con buen efecto. La introducción de un trigo enano por Orville Vogel en los años cuarenta, llevó a una tremenda mejora en el rendimiento del grano. El trabajo subsecuente en los años cincuenta llevó a grandes aumentos en los rendimientos de trigo, arroz, y otros cultivos importantes por campesinos de subsistencia en el mundo en vías de desarrollo. Norman Borlaug, un americano, ganó el Premio Nobel en 1970 por su trabajo desarrollado de mejora de variedades del trigo en México. La fuerte mejora en la diversidad de los cultivos y rendimientos fue apoyada por cambios en el riego, la fertilización y usos de pesticidas. Estas mejoras han ayudado a la alimentación una población mundial creciente y se conoce como "la Revolución Verde"

En los años recientes, se han desarrollado técnicas genéticas avanzadas para realizar cruces de plantas sexualmente incompatibles que no podrían ocurrir sin la intervención humana. Por ejemplo, se han cruzado avena con especies silvestres distantemente relacionadas, para aumentar la resistencia a las plagas y el contenido de proteína. La fusión de protoplastos *in vitro*, las técnicas de traslado de genes, y selección del haploide somaclonal, duplicando, la inducción de poliploides, además de métodos físicos y químicos de mutagenesis se han usado para producir una variedad amplia de cambios genéticos de los que se seleccionan las plantas con los rasgos superiores. Estos métodos de la modificación genética han permitido la hibridación entre plantas de la misma especie, especies diferentes, e incluso de géneros diferentes para crear variedades mejoradas del maíz, avena, papa, arroz, tomate, y trigo, entre otros.

A pesar de los adelantos en la comprensión de la herencia en la planta, la cruce tradicional basada en la hibridación sexual es un proceso que puede tomar 15 años o más antes de que un cultivo esté listo para el mercado. La cruce tradicional está determinada por la combinación de miles de genes que dan rasgos deseables e indeseables.

En el caso del desarrollo de la biotecnología vegetal, hay dos componentes importantes e independientes: cultivo de tejidos y biología molecular. Mientras que

los inicios del cultivo de tejidos vegetales puede encontrarse durante las primeras décadas del siglo 20, los estudios moleculares se iniciaron hasta 1970. Las bases científicas para el desarrollo de los sistemas de cultivo de células y tejidos vegetales se fundamentan en: la teoría celular de Schleiden (1838) y Schwann (1839) la cual enuncia que células individuales en un organismo tienen la "capacidad de vida independiente"; y en el concepto de regulación hormonal del crecimiento vegetal. Aunque se realizaron intentos de cultivar células y tejidos vegetales aislados desde 1902, estudios formales, organizados y detallados solamente comenzaron hacia los 1930s. Estos estuvieron influenciados por el descubrimiento en 1934/1935 de la primera sustancia natural reguladora del crecimiento vegetal, la auxina ácido indolacético.

Simultáneamente Philip White en los Estados Unidos, Roger Gautheret y Pierre Nobercourt en Francia comenzaron experimentos que llevaron al crecimiento ilimitado de raíces de plantas (1934) y células en cultivo y a la organogénesis *in vitro* (1939). Durante el transcurso de su trabajo con el cultivo de células de raíces de plantas de tomate infectadas con virus, White también observó que raíces subcultivadas frecuentemente se encontraban libres de virus. Esta observación llevó posteriormente al uso de cultivos de meristemas para la eliminación de virus y a la micropropagación y estableció las bases para el trabajo actual de micropropagación industrial a nivel mundial.

El descubrimiento de las citoquininas y el hallazgo de que estas, en combinación con las auxinas regulan la morfogénesis de brotes (1957), fue una piedra angular importante en el desarrollo de técnicas para la regeneración de plantas a partir de células en cultivo. Al mismo tiempo se describió la formación de embriones somáticos a partir de cultivos de callos y células en suspensión provenientes de zanahoria. Aunque ya se podía obtener regeneración de plantas a partir de cultivos de tejidos o de células mediante organogénesis o embriogénesis somática, hasta 1980 la regeneración de plantas estuvo limitada a algunas especies dicotiledóneas como modelo, y la mayoría de especies de leguminosas, monocotiledóneas y leñosas continuaban sin crecimiento sostenido y regeneración en cultivo *in vitro*. Estos problemas se fueron superando eventualmente mediante el uso cuidadoso y sensato de los reguladores de crecimiento y de las condiciones de crecimiento.

El aislamiento (1969) y fusión (1970) de protoplastos vegetales, y la regeneración de plantas a partir de ellos (1971), han demostrado su utilidad para la introducción directa de DNA llevando a la obtención de plantas transgénicas y para estudios básicos en función de promotores y regulación de genes

La producción de plantas haploides a partir de cultivos de anteras (1964) y posteriormente de microsporas se ha dirigido hacia la obtención rápida de líneas homocigotas para el mejoramiento vegetal. Esta tecnología, igual que la fusión de protoplastos, no ha respondido a las expectativas iniciales aunque se han obtenido algunas variedades útiles de arroz y de algunos otros cultivos. De manera similar, la presunción de que la variación generada en el cultivo (variación somaclonal) *in vitro*, podría ser útil y explotada para ampliar la base genética de los cultivos.

Simultáneamente con el desarrollo de sistemas eficientes para la regeneración de plantas a partir de cultivo de células, se han venido presentando avances muy significativos en los sistemas de transferencia de genes seleccionados a células vegetales y en la producción de plantas transgénicas. Los inicios de estos logros se remontan al descubrimiento de la arquitectura tridimensional del DNA por Watson y Crick (1953), complementada 20 años más tarde por el aislamiento de las enzimas de restricción y el desarrollo de la tecnología del ADN recombinante (rDNA). La habilidad de obtener moléculas de ADN recombinante y de identificar y clonar genes, fue articulada con los trabajos pioneros de Braun (1941) sobre la agalla de corona causada por *Agrobacterium tumefaciens*. Esta combinación eventualmente llevó al uso de este patógeno del suelo como vector natural para la transformación genética de plantas por parte de DeBlock y de Horsch (1984). Más recientemente, el sistema de aceleración de partículas (biolística) desarrollado por Sanford (1988) ha mostrado ser una herramienta valiosa para la transformación genética de plantas. Estos dos métodos son los más utilizados actualmente, y dan cuenta de la mayoría de plantas transgénicas producidas, incluyendo muchas especies de cultivo importantes, en las cuales se han integrado establemente genes de importancia agronómica.

Con el desarrollo de biotecnología y técnicas del rDNA, se poseen las herramientas ahora para introducir los genes determinados de una variedad amplia de fuentes en las plantas para expresar rasgos los específicos, deseados. La ventaja principal de usar la tecnología del rDNA difiere de la hibridación porque permite el traslado de genes específicos, bien caracterizados al organismo de una planta. La precisión de tecnología del rDNA es mucho mayor que la mejora por cruce tradicional, que involucra el traslado de todos los genes de cada progenitor y requiere rondas repetidas de cruce y de varias generaciones para producir la combinación deseada. La biotecnología usa, normalmente una o dos generaciones de descendencia para completar el traslado del gen. Las aplicaciones de tecnología del rDNA han tenido un impacto profundo en la investigación biomédica y la

medicina humana. Por ejemplo, en 1978, Genentech empezó usando esta tecnología para crear las bacterias de bioingeniería para producir la insulina humana, un producto que ha reemplazado la insulina animal. Otros productos de la biotecnología incluyen el activador de plasminógeno de tejido para el tratamiento de pacientes de enfermedades del corazón, los interferones que estimulaban la respuesta inmune entre otros fármacos.²⁹

La biotecnología se ha usado ampliamente en el proceso de alimentos. La quimosina es una enzima que coagula la leche para producir el queso. Hoy, la enzima se purifica de una bacteria que se ha sido modificada genéticamente. La quimosina obtenida por este proceso es estructuralmente idéntica a la forma natural. Aproximadamente 60 por ciento del queso duro producido en los Estados Unidos se elabora con quimosina obtenida de las bacterias genéticamente modificadas.

La transgénesis ofrece muchas posibilidades en los microorganismos, con aplicaciones que van desde la producción (por medio de procesos industriales y agroelaboración) de vacunas y medicamentos recombinantes, las hormonas del crecimiento y el interferón, hasta la obtención de enzimas y proteínas especiales. Las vacunas recombinantes tienen numerosas aplicaciones: no sólo se pueden producir de manera económica, sino que también presentan la ventaja de la inocuidad y la especificidad y permiten establecer una distinción fácil entre los animales vacunados y los infectados naturalmente. La modificación de organismos activadores permite mejorar las propiedades organolépticas y la duración de los productos lácteos y cárnicos, además de conseguirse tasas de fermentación más previsible para facilitar la mecanización. Se han obtenido organismos para la biorrecuperación de la tierra y el agua, la lucha biológica y el mejoramiento de las condiciones edáficas (por ejemplo, cepas de micorrizas y rizobios modificados para una mejor absorción de los nutrientes). Se está trabajando en la mejora del sistema digestivo microbiano del rumen por medio de microorganismos que facilitan la capacidad de acceso y la utilización de los nutrientes por parte del animal.

En la creación de mapas de ligamiento de distintas especies pueden utilizarse marcadores moleculares basándose en DNA. De diversas formas, con el fin de localizar genes particulares, los marcadores cartografiados se utilizan para acelerar la selección en los procedimientos de mejoramiento genético tradicional.

La clonación somática, basada en la demostración muy reciente de la inversión de la aquiescencia del ADN, que permite dicha clonación en las ovejas, ofrece nuevas posibilidades en el mejoramiento de los animales, en la conservación de los recursos zoogenéticos y como mecanismo para una investigación y una capacitación más

rentables. Las técnicas conexas de trasplante de embriones, crioconservación de embriones y de semen e inseminación artificial se utilizan también ampliamente, con resultados alentadores.

La siguiente es una cronología simplificada de la biotecnología

Biotecnología: del cereal a la clonación La biotecnología, como conjunto de herramientas obtenidas del conocimiento de los fenómenos biológicos, nació cuando el hombre manipuló microorganismos, plantas y animales para su propia alimentación:

Hacia el 7000 a. C. Se cultivaban cereales.

Hacia el 6000 a. C. Se fabrica la cerveza en la región de Mesopotamia.

Hacia el 3000 a. C. Los cereales se trituran para obtener harinas.

Hacia el 2000 a. C. Se elabora el queso en Europa.

1857. L. Pasteur enuncia la teoría biológica de la fermentación.

1856 - 1863. J.G. Mendel efectúa ensayos sobre la transmisión de caracteres en chícharos.

1893. E. Büchner realiza estudios sobre extractos de levadura: las enzimas.

A partir de 1940: Se inicia la producción de penicilina y otros antibióticos a partir de cultivos de microorganismos.

1953. J.D. Watson y F.H.C. Crick proponen la estructura del ADN.

Finales de 1970: Insertando un gen en microorganismos, se sintetiza insulina humana para diabéticos.

Inicios de 1980: Introduciendo un gen en una bacteria, se obtiene una hormona de crecimiento (la somatotropina bovina).

A partir de 1990: Se inician estudios para insertar genes en animales y plantas con fines alimenticios.

En 1994 Se inicia el cultivo comercial del primer organismo genéticamente modificado

De 1997-2000 se incrementa fuertemente el cultivo de alimentos transgénicos.

De acuerdo al campo de aplicación la biotecnología puede ser distribuida o clasificada en cinco amplias áreas que interactúan a saber: Biotecnología en salud humana, Biotecnología animal, Biotecnología Industrial, Biotecnología Vegetal y Biotecnología ambiental.

Las técnicas biotecnológicas utilizadas son comunes en los diferentes campos de aplicación de la biotecnología, estas se pueden agrupar en dos grandes grupos de técnicas: Cultivo de tejidos y Tecnología del DNA. La primera trabaja a un nivel superior a la célula (con sus componentes - membranas, cloroplastos, mitocondria, etc.) e incluye células, tejidos y órganos que se desarrollan en condiciones controladas. La segunda, involucra la manipulación de genes que determinan las características celulares (de plantas, animales y microorganismos), lo que significa el trabajar a nivel de DNA: Aislamiento de genes, su recombinación y expresión en nuevas formas y su transferencia a células apropiadas. El principal impacto de las biotecnologías modernas ha sido en el área farmacéutica. El número de productos y servicios disponibles permanentemente se está incrementando para las áreas farmacéutica, agrícola, alimentaria, producción de energía y tratamientos de desechos, limpieza de aguas entre otros

A continuación se describen brevemente:

Biotecnología Animal y en salud humana.

Las biotecnologías proporcionan un amplio rango de usos potenciales en animales y humanos. Por ejemplo, puesto que cada criatura es única, cada una

posee una composición única de ADN. Los individuos de cualquier especie, cruce o línea híbrida pueden ser identificados normalmente por pequeñas diferencias en su secuencia de ADN, tan pequeñas como detectar una diferencia en un millón de letras. Utilizando las técnicas de "Polimorfismo en longitud de fragmentos de restricción" (RFPL) se pueden obtener ADN (identidad molecular). Cualquier organismo puede ser identificado por composición molecular, en consecuencia puede ser usado para determinar las relaciones familiares en litigios de paternidad, para confrontar donantes de órganos con receptores en programas de transplante, unir sospechosos con la evidencia de ADN en la escena del crimen (biotecnología forense), o servir como indicativo de pedigrí para mejoramiento en semillas y ganado.

Biotecnología industrial

Las tecnologías de DNA ofrecen muchas posibilidades en el uso industrial de los microorganismos con aplicaciones que van desde producción (a través de procesos industriales y agro procesos) de vacunas recombinantes y medicinas tales como insulina, hormonas de crecimiento e interferon, enzimas y producción de proteínas especiales. Las vacunas recombinantes tiene gran aplicación no solo pueden ser producidas en forma a menor costo sino que ofrecen ventajas de seguridad y especificidad y permiten fácilmente distinguir entre animales vacunados y naturalmente infectados.

La manipulación genética de vías metabólicas de los microorganismos hace posible convertir eficientemente forrajes pobres en nutrimentos en productos con valor nutrimental en aminoácidos, proteínas y otros componentes especiales.

Biotecnología Vegetal

Con las técnicas de la biotecnología moderna, es posible producir en tiempos relativamente cortos nuevas variedades de plantas con características mejoradas (Ej. mayor producción, tolerancia a condiciones adversas, resistencia a herbicidas específicos y a enfermedades), que puedan ser propagadas con mayor éxito. Aún ciertas plantas incompatibles sexualmente pueden ahora ser cruzadas, y el potencial de nuevas variedades es inmenso. Problemas de enfermedades y control de malezas ahora pueden ser tratados genéticamente en vez de químicos. Aunque falta realizar mucha investigación, y a muchas de las aplicaciones les falta un largo

camino para poder implementarse, el potencial de ventajas y desventajas puede ser en general identificado.

Biotecnología ambiental.

La biotecnología ambiental se refiere a la aplicación de los procesos biológicos modernos para la protección y restauración de la calidad del ambiente.

La biorremediación es el uso de sistemas biológicos para la reducción de la polución del aire o de los sistemas acuáticos y terrestres. Los sistemas biológicos utilizados son microorganismos y plantas. La biodegradación con microorganismos es la opción usada que con mayor frecuencia. Los microorganismos pueden degradar la mayoría de compuestos para suplir sus necesidades energéticas y de crecimiento. Estos procesos de biodegradación pueden o no llevarse a cabo en presencia de aire. En algunos casos, las vías metabólicas que los organismos normalmente utilizan para crecer y obtener la energía pueden también ser utilizados para degradar moléculas de contaminantes. En esos casos, conocidos como cometabolismo, los microorganismos no se benefician directamente. Los investigadores han reconocido una ventaja de éste fenómeno y lo utilizan para fines de biorremediación. La biodegradación completa lleva a una detoxificación de los minerales contaminantes a dióxido de carbono, agua y sales inorgánicas inocuas. La degradación incompleta producirá el rompimiento de productos que pueden o no ser menos tóxicos que los contaminantes originales.

Algunas aplicaciones de la biorremediación son tratamientos de aguas domésticas e industriales, aguas procesadas y de consumo humano, aire y gases de desecho, suelos y tratamientos de suelos y desechos sólidos.

◆ Alimentos transgénicos definición.

Los alimentos genéticamente modificados (OGMs) son fruto de la aplicación de la biotecnología, a través de la utilización de seres vivos o parte de ellos para modificar o mejorar animales o plantas, o para desarrollar microorganismos. Los OGM han sido genéticamente "modificados" mediante la inserción de un gen extraño. Se inserta el gen extraño, que puede provenir de fuentes diversas, para aumentar el

valor del organismo receptor. Los cultivos genéticamente modificados, por lo general se han creado para hacer una de dos cosas:

- (1) Reducir los costos de producción de su cultivo (por ejemplo, por su resistencia a plagas y enfermedades) .
- (2) Incrementar la calidad del producto (por ejemplo, porque mejoran la apariencia, el contenido nutrimental o las características de procesamiento o almacenamiento del cultivo).

Si bien es cierto que los OGM se crean mediante la biotecnología, es importante distinguir entre las dos cosas. La "biotecnología" abarca un campo de investigación muy amplio, del cual la producción de OGM es sólo una parte.

Los OGM se producen mediante ingeniería genética, en el cual genes que confieren características útiles son transferidos de un organismo a otro. La ingeniería genética comienza con la identificación del gen responsable de una característica de interés. (Cabe aclarar que muchas características económicamente útiles son controladas por el efecto conjunto de numerosos genes.) Una vez identificado y aislado el gen, puede ser insertado en una célula —en este caso la célula de una planta de cultivo— usando una de varias técnicas. La más conocida es la que consiste en disparar el gen usando una "pistola de genes", dispositivo que usa estallidos de helio para impulsar directamente en la célula receptora partículas microscópicas recubiertas con muchas copias del gen. En otra técnica usada con frecuencia se emplea una bacteria llamada *Agrobacterium tumefaciens*⁶ como vector viviente.

Otros métodos proponen la introducción de ADN en células desprovistas de pared celular (protoplastos), utilizando sustancias permeabilizantes de la membrana plasmática, como el polietilenglicol, la aplicación de pulsos eléctricos de alto voltaje que abren poros en la membrana (electroporación) y la microinyección, o introducción directa de ADN en el núcleo de las células vegetales.

⁶ *Agrobacterium tumefaciens*, una bacteria fitopatógena. A principio de los años setenta, se demostró que este microorganismo podía transferir ADN proveniente de uno de sus plásmidos (ADN circular extracromosómico) al genoma de las células vegetales. Se estudiaron los mecanismos de transferencia de dicho ADN, con la mirada puesta en el aprovechamiento del sistema para transferir genes heterólogos a plantas. En 1983 se informaba del primer episodio de expresión de un transgén en células vegetales. Al año siguiente se obtuvo la primera planta de tabaco transgénica diseñada por ingeniería genética.

Cualquiera que sea el método de transformación utilizado, el gen extraño es insertado en forma aleatoria en uno o más cromosomas de la célula receptora. Como no todas las células reciben una copia del gen insertado, es necesario identificar las que sí la recibieron cultivando las células receptoras en una serie de medios especiales de cultivo y luego en medios que las inducen a formar pequeñas plantas. Muchas de estas plantas con el tiempo se desarrollan normalmente y son sometidas a una selección para determinar si está presente el gen extraño y si funciona adecuadamente. Una vez insertado un gen en una planta, suele ser mucho más fácil trasladarlo a otras plantas mediante las técnicas tradicionales del fitomejoramiento. Por ejemplo, tan pronto como se ha producido con técnicas de ingeniería genética una planta de maíz transgénico resistente a los insectos, mediante la cruce de esa planta con otras plantas de maíz es posible transferir a las segundas la característica de resistencia.³⁰

La ingeniería genética facilita la transferencia de genes a través de las barreras taxonómicas, es decir, que permite transferir genes no sólo entre organismos estrechamente emparentados (por ejemplo, un gen que confiere resistencia a una enfermedad es transferido del trigo al arroz) sino también entre organismos completamente distintos (por ejemplo, un gen que otorga tolerancia al frío es transferido de un pez a una planta de fresa). En el mejoramiento tradicional, los procesos reproductivos biológicos imponen límites a la recombinación genética erigiendo barreras que impiden el cruzamiento entre organismos biológicamente diferentes y, en consecuencia, o no se da el cruzamiento o la progenie es estéril. Con la ingeniería genética es posible rebasar estos límites "naturales". Con las nuevas técnicas los científicos no están restringidos a utilizar en sus esquemas de mejoramiento genes provenientes sólo de especies afines desde una perspectiva botánica, ya que en teoría pueden obtener genes de todas las especies del planeta, puesto que en términos generales la información se almacena del mismo modo en todas las especies vivas, esto es, en la molécula de DNA. Así, es posible pensar en toda clase de modificaciones, para obtener por ejemplo, frutas que contengan vacunas para determinadas enfermedades, plantas que se desarrollen en suelos salinos, ácidos o tolerantes al frío o la sequía y productos de mayor vida poscosecha, prometiendo una verdadera revolución en el ámbito de los alimentos. Para la producción de individuos transgénicos se utilizan las técnicas del DNA recombinante, que comprenden el aislamiento, clonación, recombinación y reinserción de material genético por medio de diversas técnicas.

La "Tercera Revolución Verde", que es como ha bautizado a la aplicación de técnicas de ingeniería y recombinación genética la parte más interesada en su propagación y asimilación, permite introducirse en el código hasta ahora secreto de la biología celular y manipularlo con distintos fines. En el caso de los alimentos de origen vegetal se ha trabajado básicamente en dos direcciones: resistencia a herbicidas y a plagas de insectos. Todo ello ha sido el fruto de 15 años de experimentación y desarrollo.³¹

La investigación ahora se concentra en transgénicos "de segunda generación" que tendrán mejores cualidades nutrimentales y/o industriales. Desde hace mucho tiempo, se ha tratado de generar variedades con mayor contenido de vitaminas o minerales; con los avances recientes de la ingeniería genética, se espera que se acelere notablemente el progreso en este campo. Las variedades con mayor valor nutrimental resultarán especialmente valiosas en los países en desarrollo, donde millones de personas sufren carencias alimentarias. No obstante, los beneficios no se limitarán al mundo en desarrollo. Los cultivos con mayor valor nutrimental también serán atractivos en los países industrializados porque permiten reducir el consumo de grasas, proteínas y almidones poco saludables. De hecho, ya se han generado variedades de soya y colza que producen aceites más saludables, con cantidades menores de ácidos grasos saturados.

Los OGM con mayor valor nutrimental beneficiarán no sólo a los seres humanos sino también a los animales. Se está trabajando para obtener cultivos para la producción de forraje y grano con un mayor valor nutricional. Los cultivos genéticamente manipulados podrían contribuir a aumentar la tasa de conversión de alimentos, ya que se piensa que, si la composición de aminoácidos del alimento del animal fuera igual a su propio balance de aminoácidos, entonces disminuiría la cantidad global de alimento animal que se necesita y, en consecuencia, se reduciría la contaminación causada por los desechos de origen animal. Los especialistas en salud animal examinan incluso la posibilidad de generar variedades mediante las cuales sería posible suministrar vacunas contra enfermedades comunes.

Las Vacunas comestibles³²

Si una vacuna se puede expresar en una planta, entonces al comer la planta puede tenerse la vacuna, por tanto, ya no sería necesario aplicarla por otros medios. Esto podría beneficiar a los países del tercer mundo donde no hay suficiente infraestructura médica para la vacunación. La primera prueba de "vacunas comestibles" se realizó expresando una proteína de Hepatitis B en papas con que se alimentó a ratones. Los ratones desarrollaron los anticuerpos a la proteína de la

Hepatitis y desarrollaron inmunidad en las mucosas a la infección por el virus. Los experimentos empezaron en 1990 introduciendo la vacuna en papas genéticamente modificadas pero posteriormente se descubrió que los plátanos y los tomates generaban proteínas más estables, permitiendo que la vacuna actuara incluso en tomates posteriormente procesados. A pesar del éxito de los experimentos, su producción no ha sido autorizada por el departamento de agricultura de Estados Unidos ya que no existen todavía licencias para cultivar plantas con vacunas. Las previsiones son que en el 2002 se autorice su producción. Sin embargo, algunos aspectos se deben considerar en las "vacunas comestibles". Ingeriendo demasiada proteína (de las plantas con vacunas) podrían crear una tolerancia en lugar de una respuesta inmune. Tomando en cuenta que la mayor parte de las vacunas provienen de proteínas y que la planta se cocina, las proteínas que no son estables al calor, cocinándolos causarían su desnaturalización.

La investigación transgénica aplicada a cultivos y plantas está trabajando en 6 direcciones concretas que resumen él por qué y para qué de esta tecnología que pretende superar problemas clásicos planteados mediante la introducción de genes correctores.

1. **Resistencia a factores adversos del suelo y del clima.** De esta manera se pretende obtener plantas transgénicas que autogeneren defensas contra la acidificación del suelo, que afecta al 40 por ciento de las tierras cultivadas. Lo mismo se puede referir con relación a cultivos con capacidad para soportar temperaturas extremas de uno y otro signo.
2. **Resistencia a enfermedades y plagas.** En China se cultivan plantas de tabaco transgénicas resistentes a determinados virus que las afectaban crónicamente. También se siembra maíz transgénico resistente al taladro. En esta línea se ha descubierto una bacteria que acumula la proteína Bt que se transforma en enzima tóxica y actúa en el intestino de determinados insectos, provocando su muerte.
3. **Tolerancia a herbicidas.** Se han desarrollado variedades de soja y colza transgénicas, comercializadas ya en el mercado, resistentes a los productos Basta y Roundup. En el primer caso se introducen genes que degradan e inactivan al herbicida; en el segundo, se utilizan otros para codificar una versión insensible de la proteína de la planta que es el blanco del herbicida.
4. **Mejora en la calidad o configuración de una planta.** Con vistas al proceso tecnológico a la que se someterá al final se controla mediante manipulación

genética el tamaño y disposición de las plantas según la maquinaria operativa. En cuanto a la mejora de calidad se destaca el logro de poder retrasar la maduración de los frutos, introduciendo un gen anti-sentido para bloquear las síntesis del etileno, la hormona de la maduración, aplicado al tomate para mantenerlo durante su transporte, volviendo a ser tratado con etileno exógeno cuando el fruto va a ser puesto en el mercado, para que tenga la maduración deseada por el consumidor.

5. **Plantas como bioreactores.** Se trabaja en la obtención de aceites vegetales para consumo, humano, pero también con fines industriales, abriendo nuevas vías de desarrollos la ingeniería genética para poder sustituir a los aceites minerales con el fin de que puedan ser renovables y biodegradables. Otra línea de investigación que ha dado ya sus frutos se ha establecido a partir de la bacteria *Alcaligenes eutrophus* que elabora un polímero de reserva y otros polímeros que pueden ser utilizados a partir de sus tejidos para obtener un tipo de plástico biodegradable para envases y otros fines. Los investigadores de la compañía Monsanto han producido el plástico denominado PHBV a partir de plantas de berros y colza modificada con 4 genes bacterianos.
6. **Capacidad de absorción de materias contaminantes.** Se trabaja en la obtención de plantas tratadas genéticamente para que sean capaces de absorber y transformar residuos de metales pesados como el mercurio, mediante un proceso de fitorremediación. Otros desarrollos se encaminan a obtener cultivos capaces de expresar genes que codifican enzimas degradantes de compuestos orgánicos nitrogenados y clorados.

○ HERRAMIENTAS DE LA INGENIERÍA GENÉTICA DE PLANTAS.

Todo organismo, aún el más simple, contiene una enorme cantidad de información. Esa información se repite en cada una de sus células organizada en unidades llamadas genes, los cuales están formados por ADN. Los genes controlan todos los aspectos de la vida de cada organismo, incluyendo metabolismo, forma, desarrollo y reproducción. De ellos depende la continuidad de la vida, porque constituyen el enlace esencial entre generaciones. Esta transmisión de información genética de los padres a los hijos se denomina herencia.

La Ingeniería Genética es un término que abarca distintos caminos para cambiar el material genético. El ADN (código en el organismo vivo) contiene toda la información

almacenada en una larga cadena de una molécula química que determina la naturaleza del organismo y el cuál caracteriza las particularidades individuales. A excepción de los gemelos idénticos, el mapa genético de cada organismo es único. Los genes individuales son secciones particulares de esta cadena, quienes determinan las características y funciones de los organismos.

La ingeniería genética puede definirse como "La manipulación deliberada de la información genética, con miras al análisis genético o al mejoramiento de una especie". Con el descubrimiento de la estructura del material genético, en 1953, nace la biología molecular y con ello se inicia una nueva etapa en la historia de la biología. El año de 1970 marca otra etapa importante: el comienzo de la manipulación enzimática del material genético, y, por consiguiente, la aparición de la ingeniería genética molecular, que constituye la más reciente evolución de la manipulación genética. Los procedimientos que se utilizan reciben el nombre de métodos del ADN recombinante o clonación molecular del ADN. En el pasado se utilizaban en forma empírica los sistemas biológicos existentes, hoy ya no solamente se seleccionará uno de esos sistemas para llevar a cabo un proceso, sino que se diseñarán genéticamente atendiendo a la posibilidad real de manejar su información genética y la de incorporarles la de otros organismos. La ingeniería genética de plantas ofrece la posibilidad de modular la expresión de genes específicos, que son importantes para un cierto proceso metabólico. Es posible incrementar la expresión de un determinado gene al transformar plantas con una gene químico con un promotor fuerte; o disminuir la expresión usando la tecnología del RNA en sentido inverso (anti-RNA) y así, alterar cuantitativamente el control de flujo de un proceso específico.

- o Beneficios.

La ingeniería genética tiene un gran potencial. Por ejemplo, el gen para la insulina, que por lo general sólo se encuentra en los animales superiores, se puede ahora introducir en células bacterianas mediante un plásmido o vector. Después la bacteria puede reproducirse en grandes cantidades constituyendo una fuente abundante de la llamada insulina recombinante a un precio relativamente bajo, por medio de este proceso de obtención con este proceso de obtención. La producción de insulina recombinante no depende del, en ocasiones, variable suministro de tejido pancreático animal. Otros usos de la ingeniería genética es el aumento de la resistencia de los cultivos a enfermedades, la producción de compuestos

farmacéuticos en la leche de los animales, la elaboración de vacunas, y la alteración de las características del ganado.

La obtención de plantas transgénicas (manipuladas por Ingeniería Genética) depende de la introducción (normalmente en cultivos de tejidos) de ADN foráneo en su genoma, seguido de la regeneración de la planta completa y la subsiguiente expresión de los genes introducidos (transgenes).³³

Normalmente, para que un gen pueda funcionar en la planta, hay que hacer *in vitro* una "construcción genética artificial": para ello se suele colocar delante de la parte codificadora que interesa una porción de ADN que permite esa expresión (promotores, intensificadores de la transcripción) Se puede incluso escoger los promotores: algunos inducen la expresión en casi todos los tejidos de la planta, de forma continua (constitutiva); en cambio, otros logran que el transgén se exprese sólo en determinados órganos o tejidos, o bajo el efecto inductor de alguna sustancia química.

El florecimiento de la Ingeniería Genética vegetal se deben principalmente a dos grandes avances de la década de los 80:

- Protocolos experimentales para la regeneración de plantas completas fértiles a partir de cultivos de células o tejidos *in vitro*.
- Métodos para introducir el ADN exógeno, bien sea de modo directo o indirecto, seguido de su inserción en el genoma y su expresión.

Regeneración de plantas a partir de cultivos:

En principio se intentó a partir de protoplastos, pero es laborioso y no funciona con muchas plantas.

A partir de discos foliares:

La clave consiste en extraer porciones de tejidos inmaduros (explantes), que siguen conservando su potencial morfogénético y cultivarlos en medios nutritivos suplementarios con mezclas de dos tipos de hormonas vegetales: auxinas (que tienden a inducir crecimiento de raíces) y citoquininas (inducen caulogénesis). Lo que se obtiene en principio es un cultivo embriogénico que forma el llamado embrión somático. Éste retiene el potencial morfogénético durante mucho tiempo. De este embrión se puede a su vez regenerar plantas completas normales y fértiles. Estas técnicas han permitido que actualmente se puedan regenerar casi todas las plantas de interés agrícola: cereales, leguminosas, hierbas forrajeras, caña de azúcar, papaya, plátano, etc

- Los métodos por Diseñar una Planta Genéticamente

Actualmente hay dos principales técnicas de modificación genética que se usan:

Inserción de plásmidos Etapas principales:

1. - Se debe aislar el ADN que tiene en código la información genética con el rasgo deseado.

2 - El "nuevo" ADN se une a un anillo redondo de material genético llamado plásmido de traslado. Los plásmidos actúan como transportadores moleculares que llevan los genes de un lugar a otro. Los plásmidos pueden absorberse por medio de una bacteria que lo transfiere a las células de la planta.

3. - La bacteria somete a las células de la planta, mientras libera el plásmido. El nuevo ADN emigra al cromosoma de la planta dónde el gen con el nuevo rasgo se integra permanentemente

4. - Las células modificadas de la planta se identifican y se transfieren a un cultivo para su multiplicación. Cuando las células se reproducen, el nuevo gen se reproduce también

5. - Las células modificadas por la Ingeniería Genética se reproducen en un cultivo especial para diferenciarlas y reproducirlas por medio de técnicas de micropropagación.

6. - Finalmente,, las pequeñas plantas se transfieren de los cultivos del laboratorio a cultivos donde crecen como las plantas normales, exceptuando, ahora llevan un gen que puede darles rasgo benéfico nuevo

- o Biobalística

Esta segunda alternativa usa una técnica de inserción del gen completamente diferente:

1. - Se debe aislar el ADN que tiene en código la información genética con el rasgo deseado.

2 - El ADN "desnudo" que tiene en código el rasgo deseado se impregna en partículas de metal microscópicas.

3 - Las partículas microscópicas se disparan como los proyectiles a las células de la planta. Las balas miniatura, que llevan el gen, penetran las células de la planta, después se retira las partículas de metal

4. - El ADN emigra al núcleo de la célula donde el material genético se integra permanentemente en los cromosomas. El resto del proceso es similar al proceso anteriormente descrito. ³⁴

o Métodos de transformación genética ^{35 36}

- Microbalística (biolística)

La biolística, es un su bombardeo con micropartículas cubiertas con ADN o con cualquier otra biomolécula que se pretenda introducir en células vegetales, se utilizan microproyectiles de oro o tungsteno (químicamente inertes), que gracias al acelerador de partículas salen disparados a velocidad supersónica, lo que les permite atravesar la pared y la membrana de la célula vegetal bombardeada sin causarle daños letales.

Para el bombardeo se puede emplear cualquier tipo de explante vegetal, desde células y protoplastos hasta plántulas completas, pasando por tejidos organizados en embriones y meristemas. En ocasiones se puede incluso prescindir de los métodos de regeneración in vitro necesarios para recuperar plantas a partir de células o de segmentos de tejidos indiferenciados. La biolística tiene limitaciones manifiestas. Algunos tejidos oponen una resistencia natural a la penetración de las partículas, dada por cutículas endurecidas, paredes celulares lignificadas o superficies vellosas. Sin embargo, el principal escollo del método continúa 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. A pesar de la desventaja que representa el bajo número de transformantes producido por un solo episodio de bombardeo, la versatilidad de la aceleración de partículas para introducir transgenes ha superado muchas de las barreras asociadas a otros métodos de transformación, como son el rango de huéspedes de *Agrobacterium*

y las dificultades inherentes al cultivo y regeneración de protoplastos. La biobalística ha demostrado ser la mejor opción para la producción de plantas transgénicas de soya, maíz, sorgo, papaya, espárrago, caña de azúcar, arroz y trigo.

- Co-cultivo de células o tejidos con *Agrobacterium tumefaciens*

La biología de *Agrobacterium tumefaciens*

Agrobacterium tumefaciens bacteria del suelo que lleva haciendo ingeniería genética por su cuenta con las plantas desde hace millones de años y el hombre ha aprendido a aprovechar sus extraordinarias habilidades

La bacteria es un patógeno para las plantas, induce una malformación llamada tumor de agalla. Establece con la planta una especie de "colonización genética" que obliga a la planta a fabricar una sustancia de la que sólo se puede nutrir esta bacteria. El tumor es una especie de fábrica de esas sustancias, para el beneficio único de la bacteria. La bacteria es atraída por sustancias que la planta excreta en sus zonas abiertas por pequeñas heridas. Por allí se introduce, quedando en los espacios intercelulares, y es entonces cuando transfiere a la célula vegetal un trozo de su material genético: una porción de un plásmido (ADN circular extracromosómico bacteriano), que se integrará en alguna zona del genoma de la planta.

En el proceso de infección, el ADN-T (transferible) tiene la propiedad de poder pasar de la célula bacteriana a las células de las plantas, ADN incorporándolo a los cromosomas de éstas. Dicho de forma muy esquemática, la manipulación genética en este caso consiste en incorporar al ADN-T el gen que se desee introducir en la planta. La mayor eficacia de la técnica se consigue utilizando cultivos celulares de hoja o de tallo que son capaces de regenerar plantas adultas completas a partir de células que han sido genéticamente modificadas (transformadas) usando como vector el ADN-T.

El ADN-T entra al núcleo y se inserta al azar en algún sitio del genoma. Allí se expresan dos genes: el de las hormonas que provocan crecimiento descontrolado de las células vegetales (de ahí el tumor), otro que obliga a esas células a fabricar grandes cantidades de "opinas", una sustancia que la planta no puede aprovechar, y la excreta,

Así pues, las bacterias se encuentran con un nicho ideal para nutrirse y multiplicarse: la planta se ha convertido en una especie de esclava metabólica que mantiene el crecimiento de la bacteria en el seno del tumor de la agalla.

La capacidad *Agrobacterium tumefaciens* de introducir genes en las plantas huésped, es aprovechada para introducir genes diferentes en la planta, se modifica el ADN-T en el que se sustituyen por dos genes uno es un marcador para localizar o seleccionar las células que se hayan transformado; el otro es el gen que se quiere modificar en la planta.³⁷

Hasta hace muy poco este sistema no se podía aplicar a monocotiledóneas Pero recientemente, se ha logrado en.

- arroz (aunque de una variedad -Japonica- que no es tan interesante como la Indica)
- maíz

Esto es importante, porque las monocotiledóneas son esenciales, sobre todo en países en desarrollo, y porque este sistema es más fiable que otros (más estable, una sola copia del transgén). Si en el futuro esto se amplía a trigo, cebada, etc , se habría dado un gran paso en la mejora de cereales

Para transformar la planta entera se utilizan dos métodos:

Las semillas de la planta se mezclan con la bacteria y se procede a la germinación y crecimiento del vegetal parece que quedan bacterias retenidas hasta que al llegar la floración transmiten el ADN-T al cigoto

Otro método consiste en sumergir plantas a punto de florecer en un cultivo fresco de *Agrobacterium*, y aplicar vacío

En ambos casos se espera a tener las semillas, se germinan, crecen, se autofecundan, y producen nuevas semillas, a partir de las cuales se pueden buscar los genotipos/fenotipos de interés.

- Micropropagación

Se realiza *in-vitro* la multiplicación y /o regeneración plantas bajo condiciones asépticas y controladas los medios e contienen nutrientes de la planta y reguladores de crecimiento Los materiales normalmente usados son los embriones, pedazos de tallos, las raíces, hojas etc

Aparte de sus ventajas de propagación rápida, pueden usarse también la micropropagación para generar plantas libre de enfermedades.

o Tipo de Modificaciones

- antisentido

Durante los primeros años, la Ingeniería Genética de plantas era aditiva: añadía uno o dos genes concretos. Pero tiene la limitación de que existen pocos genes individuales que logren mejoras por sí solos (resistencia a virus, a larvas de insectos, a ciertos herbicidas ..)

Desde mediados de los 80 se comenzó la estrategia sustractiva: el ADN que se introduce inhibe o bloquea de alguna manera la expresión de un gen de la planta (p. Ej. anular algún gen de algún rasgo no deseado).

En el caso de los vegetales con genes antisentido, el gen insertado produce un mRNA que es complementario del mRNA de la enzima cuya síntesis se quiere inhibir. Al hibridarse ambos mRNA de la enzima no produce su síntesis. En el caso de los tomates "Flavr-Savr" la enzima cuya síntesis se inhibe es la poligalacturonasa, responsable del ablandamiento y senescencia del fruto maduro. Al no estar activo, esta enzima el proceso es muy lento, y los tomates pueden recogerse ya maduros y comercializarse directamente. Los tomates normales se recogen verdes y se maduran artificialmente antes de su venta con etileno, por lo que su aroma y sabor son inferiores a los madurados de forma natural. En este caso, el alimento no contiene ninguna proteína nueva. La misma técnica se ha utilizado para conseguir una soja con un aceite con alto contenido en ácido oleico (80 % o más, frente al 24% de la soja normal), inhibiendo la síntesis del enzima oleato desaturasa.

o Algunos rasgos modificados en plantas

Las siguientes son algunas características que se han modificado en diferentes plantas por medio de Ingeniería Genética.³⁸

Resistencia a plagas Protección de la propia planta contra plagas como insectos, hongos y virus

- Frente a larvas de insectos (coleópteros, lepidópteros, dípteros.) con gen Bt, que codifica insecticida natural de especies de *Bacillus*.
- Frente a hongos (e insectos), usando genes vegetales que codifican enzimas hidrolíticas como quitinasa, glucanasa. etc
- Los genes de inhibidores de proteasas o de alfa-amilasas que afectan al comportamiento alimentario y reproductivo de muchos insectos. Cuando se colocan bajo el control de promotores específicos de semillas permiten protegerlas durante su almacenamiento. No suponen una excesiva presión selectiva, por lo que es menos probable la selección de mutaciones de insectos resistentes

Cualidades del producto como:

- Evitar que se estropee por procesos fisiológicos
- Control de la maduración
- En papas, evitar la aparición de manchas negras cuando se golpean. Hasta ahora se recurre a añadir sulfitos, pero estos aditivos son tóxicos, se ha logrado con estrategias antisentido, bloquear el gen de la PPO con lo que disminuye la producción de las melaninas que confieren el color oscuro tras los golpes.

Modificaciones útiles para la industria de elaboración tales como:

- Aumento del contenido en sólidos del tomate disminuye los costos de fabricación de salsas y baja el precio de transporte.
- Recientemente se ha abierto la posibilidad de manipular los genes de las gluteninas, lo que permitirá lograr masas especiales en la elaboración del pan y derivados

Mejora de las propiedades nutritivas dentro de las cuales están:

- Muchos granos y semillas usados en alimentación humana y animal son deficientes en alguno(s) de los 10 aminoácidos esenciales. El grano de maíz

tiene bajo contenido en lisina, por lo que hay que suplir la dieta del ganado con alguna leguminosa o con lisina cristalina de fermentación microbiana

- Se han realizado experimentos en los que se manipula una ruta metabólica para evitar la retroinhibición de la lisina sobre las enzimas clave, con lo que aumenta el contenido en este aminoácido en el grano
- En Australia se ha logrado un trébol transgénico que posee alto contenido en aminoácidos azufrados, lo que hace que las ovejas que se alimentan de él den más y mejor lana.
- Las plantas como biorreactores.

No sólo se puede hacer ingeniería genética para fines agrícolas, sino que también se puede transferir genes que hagan que las plantas fabriquen sustancias valiosas en la industria farmacéutica o química. plantas transgénicas convertidas en fábricas vivas (biorreactores) de sustancias de alto valor agregado.

El atractivo de esto es enorme, ya que se puede disponer de campos de tabaco, girasol, tomate, colza, etc., produciendo enormes cantidades de sustancias difíciles o caras de obtener por otros medios. Además, a diferencia de las fermentaciones industriales, aquí no hacen falta grandes inversiones ni trabajadores especializados. Ya hay ensayos a pequeña escala de plantas productoras de medicamentos:

- encefalina
- seroalbúmina humana
- interferón humano
- Vacunas comestibles (p. Ej. , tomate-vacuna antirrábica para animales).

Sin embargo, quizá lo más espectacular ha sido comprobar que las plantas pueden fabricar anticuerpos monoclonales funcionales. Incluso son capaces de ensamblar correctamente la IgA dimérica, con su cadena J y su componente secretor. Esto es muy interesante, ya que no es fácil de obtener por otros métodos. Se han hecho pruebas con éxito que demuestran que confieren protección mucosa pasiva en boca (contra caries), tracto intestinal, etc.

Posibilidad de protegernos comiendo fruta fresca transgénica (que lleven incorporadas vacunas para ciertas enfermedades)

Primeros ensayos de producción en plantas (colza, soja) de plásticos totalmente biodegradables (PHA, polihidroxialcanoatos a partir de genes bacterianos)

- o Explicación breve de genética

LOCALIZACION Y ESTRUCTURA DEL MATERIAL HEREDITARIO

El DNA es la ubicación de la información hereditaria y está contenido en estructuras conocidas como cromosomas. Las células contienen cromosomas que se duplican antes de la división celular. En este capítulo se analiza la estructura del DNA de procariontes y eucariontes, y el mecanismo mediante el cual se duplica el DNA durante el crecimiento y división celular. Se estudia la naturaleza del código genético, tal como el mecanismo mediante el que la estructura del DNA imparte la información que da como resultado la síntesis de proteínas. Se explica también la base molecular del gen, los tipos de mutación y los mecanismos de mutagénesis.

El material genético es DNA

En 1944, se demostró que el DNA (ácido desoxirribonucleico) es el material que transfiere información genética de una bacteria a otra. Ahora se sabe que, con pocas excepciones, el DNA es la información hereditaria de los sistemas biológicos. El DNA es un polímero cuyas unidades están constituidas por cuatro nucleótidos distintos. Cada nucleótido consta de tres componentes: 1) una unidad desoxirribosa; 2) un grupo fosfato, 3) una base nitrogenada que puede ser una purina (adenina o guanina) o una pirimidina (citosina o timina).

La molécula de DNA tiene polaridad porque los nucleótidos están unidos por su residuo fosfato, cada uno de los cuales une el átomo de carbono 3' de una molécula de desoxirribosa, con el átomo de carbono 5' de la siguiente molécula de desoxirribosa. Lo anterior da un enlace fosfodiéster 3'-5' y, por convención, las secuencias de DNA se escriben con el radical fosforil libre a la izquierda. Las secuencias del lado 5' de un nucleótido a menudo se denomina "cuesta arriba" y las del lado 3' se denominan "cuesta abajo". Además de las bases comunes descritas anteriormente, pueden surgir algunas bases raras mediante la adición de grupos metil e hidroxil, como la base hidroximetilcitosina que reemplaza a la citosina en algunos bacteriófagos.

Generalmente el DNA es una hélice doble

Los primeros experimentos químicos demostraron que la adenina y la timina, así como la guanina y la citosina, se presentan en cantidades equimolares en el DNA.

Con esta información y con datos obtenidos por cristalografía de rayos X, Watson y Crick pudieron proponer su modelo tridimensional para la estructura del DNA. Concluyeron que la cadena de polinucleótidos es una doble hélice, el diámetro de la cadena es de 2 nm, la cadena cambia de dirección cada 3-4 nm, la distancia entre bases es de 0.34 nm y la hélice se compone de dos cadenas de polinucleótidos.

El esqueleto de las dos cadenas que se enrollan entre sí está formado por grupos azúcar-fosfato de polaridad opuesta. Las bases están dispuestas en ángulos rectos con respecto al esqueleto hacia el centro de la molécula, lo cual permite la unión de la guanina con la citosina y de la adenina con la timina mediante enlace de hidrógeno. El hecho de que las bases se unan sólo en estas combinaciones es una característica del DNA.

Las moléculas de DNA varían en longitud y empaquetamiento

Las moléculas de DNA sólo se pueden analizar con ayuda de un microscopio electrónico y se ha encontrado que aparecen de diversas formas en diferentes organismos. El DNA de los procariontes es de forma circular y se dice que estos organismos tienen un solo cromosoma. El contenido de DNA en estas bacterias es bajo como en las células de *Escherichia coli* (3.8×10^6 pares de kilobases). Los eucariotes tienen complejidad genética mayor y grandes cantidades de DNA. Las moléculas de DNA lineal tienen la forma de los cromosomas que están ubicados en el núcleo. Los eucariotes inferiores, como los hongos, tienen poca cantidad de DNA. Por ejemplo, la levadura *Sacharomyces cerevisiae* tiene 34 pequeños cromosomas con aproximadamente 14×10^6 pares de kilobases por célula. La cantidad de DNA tiende a aumentar en los organismos más complejos, por ejemplo, las células del hombre contienen 5.6×10^9 pares de kilobases, pero, en particular, las plantas y los anfibios parecen tener mucho más DNA. La rana tiene 45×10^9 pares de kilobases por célula, en tanto que el maíz posee 30×10^9 pares.

Los cromosomas de los eucariotes tienen estructuras características determinadas por las proteínas (histonas) asociadas al DNA. Tanto las moléculas de DNA circular como las de los cromosomas lineales, se enrollan varias veces sobre sí mismas, lo cual reduce la longitud de la estructura, misma que es estabilizada por las proteínas asociadas. En las células humanas el DNA se extendería hasta 230 mm de longitud, pero en el núcleo está empaquetado en un organelo cuyo diámetro es de aproximadamente 5×10^{-6} mm.

El empaquetamiento del DNA de los cromosomas eucarióticos está asociado con muchas proteínas, siendo las más estudiadas las histonas, las cuales son

responsables de la estructura de la cromatina (fibras de nucleoproteína) y en el transcurso de la evolución se han conservado en gran medida.

o LA REPLICACION DEL DNA ES SEMICONSERVATIVA

Cuando una célula se divide en dos, cada una de las células hijas contiene el complemento total de información genética (excepto en las divisiones que originan óvulos y espermatozoides). El DNA debe replicarse en forma precisa, lo cual se logra mediante la separación de dos cadenas, seguida por la asociación de los nucleótidos de las hebras sencillas con las bases complementarias mediante puentes de hidrógeno. Esto implica la asociación de la guanina con la citosina y la de la adenina con la timina. A continuación los nucleótidos que se han asociado con los de la cadena sencilla, los primeros se unen entre sí. La síntesis del DNA nuevo la realizan las enzimas conocidas como DNA polimerasas. El DNA se sintetiza en forma continua sobre una cadena del DNA (cadena 3'-5') conocida como cadena principal, empero, la cadena 3'-5' está mal orientada para síntesis continua mediante la enzima DNA polimerasa. En esta cadena de DNA, la síntesis ocurre en fragmentos de aproximadamente 100 nucleótidos, llamados fragmentos de Okasaki.

La replicación del DNA significa, por tanto, la asociación de una cadena original con una nueva y se dice es semiconservativa. Hay otras enzimas que participan en la síntesis de DNA. Entre estas están el ácido ribonucleico que actúan como iniciadoras de la replicación del DNA, y el DNA ligasa que sirve para unir entre sí fragmentos adyacentes. Hay otras enzimas encargadas de relajar el enrollamiento del DNA para permitir la replicación en las horquillas de replicación. El proceso de tal actividad es más complicado en los eucarotas debido a la estructura cromosómica más compleja.

En *Escherichia Coli*, la replicación del DNA comienza en un sitio específico de los cromosomas llamado Ori C, este es un tramo de 440 pares de bases (pb) cuya función normal da por resultado la replicación del DNA lejos de este origen en ambas direcciones. El análisis de otros sitios de iniciación de replicación de DNA procariótico han revelado regiones conservadas repetidas de 12 pb con zonas espaciadoras de 16 pb. Probablemente éstas permiten la unión de las proteínas del DNA en las secuencias conservadoras y la iniciación de la replicación del DNA.

Aunque la replicación del DNA en los eucariotas se comprende menos, se han hecho algunos adelantos mediante el uso de la levadura *Sacharomyces cerevisiae* como sistema modelo. A partir de este organismo se han aislado secuencias que

permiten replicar pequeñas moléculas circulares de DNA llamadas plásmidos. Las secuencias se denominan *Autonomously Replicating Sequences*, ARS, (secuencias de replicación autónoma) es posible que funcionen de forma similar a *ori C*.

ACIDO RIBONUCLEICO (RNA)

La expresión de la información genética contenida en el DNA es transmitida por una molécula de RNA mensajero. Esta transfiere la información del DNA al sitio donde se efectúa la síntesis de proteínas, las ribosomas. La diferencia entre el RNA y el DNA. Es que en el RNA la base uridina está en lugar de la timina, el azúcar ribosa reemplaza a la desoxirribosa y, por lo general, es una molécula de una sola hebra, aunque sus bases se pueden asociar mediante puentes de hidrógeno para dar origen a regiones internas de doble hebra.

Transcripción del DNA.

El RNA mensajero que transfiere la información genética es transcrito del DNA mediante una enzima RNA polimerasa dependiente del DNA. Para que esto ocurra las cadenas de DNA deben separarse sólo una cadena se usa como molde con las bases de RNA unidas por puentes de hidrógeno con el DNA. La RNA polimerasa dependiente del DNA, cataliza la formación de enlaces fosfodiéster entre las unidades nucleotídicas que parten del extremo 5del DNA. *E. Coli* posee sólo una de estas polimerasas, pero los eucariotas tienen por lo menos cuatro clases, que posiblemente reconocen secuencias distintas de unión o iniciación.

La RNA polimerasa de *E. coli*, que ha sido objeto de estudios detallados, es un tetramero (cuatro subunidades). Se necesita un polipéptido adicional denominado sigma para la iniciación exacta; algunas veces, se requiere de un factor, rho, para terminar la transcripción.

El RNA mensajero (m RNA) es sólo uno de varios tipos de moléculas de RNA que se encuentran en la célula. El tamaño del RNA varía entre procariontas y eucariotas. En los primeros, a menudo se codifican varios mensajes en una sola molécula de m RNA, pero en las eucariotas los transcritos primarios, los m RNA, a menudo son mucho más grandes que el mRNA maduro final, el cual es el resultado del proceso del mRNA. Una característica importante del m RNA es que no sólo contiene la información para proteínas específicas, sino también otras secuencias laterales que intervienen en el mecanismo de la síntesis de proteínas.

El RNA ribosomal (r RNA) es el componente estructural principal de las ribosomas, que son el sitio de los ribosomas, que son el sitio de la síntesis de proteínas. En los procariontas hay tres moléculas distintas de r RNA, en tanto que en

los eucariotas hay cuatro. Hay múltiples copias de especies de r RNA en el DNA, que junto con las proteínas conforman las subunidades grandes y pequeñas de los ribosomas.

El RNA de transferencia (r RNA), es el menor de los RNA, con aproximadamente 80 nucleótidos. En una célula existen alrededor de 40 a 60 especies diferentes de r RNA. Este se distingue de los otros RNA por contener frecuentemente nucleótidos poco comunes.

Los rRNA tienen similitudes considerables: la estructura secundaria incluye configuraciones asociadas internas. Cada r RNA contiene una secuencia característica conocida como anticodón, situada en el extremo de un lazo no asociado en un extremo 3' del r RNA está una secuencia C.C.A. a la cual se pueden unir aminoácidos específicos. Las moléculas de r RNA portadoras de aminoácidos, junto con el mensaje transcrito en el m RNA, permiten que la información genética se traduzca en los ribosomas en una proteína.

EL CODIGO GENETICO

En la descripción del material hereditario, su replicación y transcripción y el sitio de la traducción, no se hizo mención de la naturaleza del código genético en sí. La unidad funcional del DNA es el gen y en este contexto el código genético de (o clave genética) un gen individual dirige la síntesis de una proteína específica mediante la transcripción hacia el m RNA, seguida por la traducción hacia una proteína en los ribosomas. Los genes también llevan la información para las moléculas de RNA.³⁹

◆ Cuales son hoy los alimentos transgénicos.

Por ahora se utilizan unos cuantos vegetales modificados genéticamente en el mundo, que serían los auténticos "alimentos transgénicos" ⁴⁰

1. El primer alimento disponible para el consumo producido por ingeniería genética fue el tomate "Flavr Svr" Este tomate había sido modificado para que resistiera mas tiempo después de madurar, evitando que produjera un enzima esencial en el proceso de senescencia ("apochamiento")

2. Otro producto importante es la soya transgénica. En este caso, lo que se ha

hecho es introducir un gen que la hace resistente a un herbicida, el glifosato, conocido por su nombre comercial de Roundup (Monsanto).

3. El maíz transgénico se ha obtenido para que sea resistente a un insecto, el taladro del maíz, y a un herbicida, el glufosinato. Por lo que respecta al herbicida, vale lo dicho para la soya. En cuanto a la resistencia contra el insecto, se obtiene insertando en el maíz el gen de una proteína insecticida de una bacteria. Esta proteína insecticida es inocua, y su uso está autorizada incluso en la llamada "agricultura ecológica"

Las perspectivas de esta tecnología son muy amplias. Ya existen varias docenas de plantas mas a punto de comercializarse, y en los próximos años su número ascenderá a centenares

4. Aunque todavía no existen, están ya en desarrollo los vegetales con un gen diferente, para consumo alimentario directo. Estos vegetales como papas, frutas, etc., con genes que les confirieran resistencia a insectos, heladas, salinidad, etc. Estos productos exigirían un examen minucioso en cuanto a seguridad (toxicidad a corto y largo plazo, alergias) antes de su comercialización.

La siguiente es una tabla de Productos de Biotecnología agrícola en el Mercado de Norte América ⁴¹ ⁴²

Tabla 1.

Producto	Productor	Características
Maíz LibertyLink®	AgrEvo	Introducido en 1997 en los Estados Unidos y 1998 en Canadá, el Maíz de LibertyLink® permite al agricultor aplicar el herbicida Liberty®
Canola de LibertyLink®	AgrEvo	Introducido en 1995, la Canola de LibertyLink® permite aplicar el herbicida Liberty®.
Maíz StarLink	AgrEvo	Introducido en 1998, estas plantas expresan un tóxico de proteína a varias plagas del lepidopteros que permiten menos uso de insecticida.

Maíz CLEARFIELD™	Cyanamid	Introducido en 1992, el maíz es tolerante a herbicidas a base de imidazolinona.
Canola SMART®	Cyanamid	Introducida en 1995, la canola es tolerante a herbicidas a base de imidazolinona
Algodón Bollgard BXN	Calgene, LLC	Estas plantas de algodón requieren menos herbicidas y insecticidas.
Colza Laurical®	Calgene, LLC	Colza con un 35 % mas de laurico fuente de materias primas para jabones, detergentes y reemplazo de manteca cacao
Maíz Híbrido DeKalBt™	DeKalb Gentic Corporation	Aceptado en 1997, Estos híbridos tienen protección a las plagas "borer" del maíz.
Maíz DeKalb Brand Roundup Ready®	DeKalb	Aceptado en 1998 DeKalb ofrece varios híbridos con la resistencia al herbicida Roundup de Ultra™
Maíz Híbrido DeKalb GR	DeKalb	Aceptado en 1996, cultivos tolerantes a los herbicidas a base de glufosinato.
Tomate FreshWorld Farms®	DNAP Holding Corporation	El tomate es un tomate fresco desarrollado a través de variación somaclonal para tener mejor color, sabor y textura y una vida de anaquel de 10 a 14 días.
Tomate FreshWorld Farms Endless Summer®	DNAP Holding Corporation	El tomate "Interminable" es una versión genéticamente modificada, esta en el mercado desde 1993 su vida de anaquel es de entre 30 a 40 días después de la cosecha Los científicos de la compañía usaron la tecnología de Transwitch® para suprimir producción de etileno, la hormona que causa en tomates y otras frutas maduración.
Mini-pimienta Dulce	DNAP Holding Corporation	la mini-pimienta dulce tiene un nuevo sabor dulce, color rojo profundo y es casi sin semillas.

FreshWorld los Farms®	Corporation	
Tomate Cereza FreshWorld Farms®	DNAP Holding Corporation	El tomate cereza se desarrollo por su mejor sabor, color y textura.
Maíz híbridoG-Stac™	Garst Seed Company	Híbridos de Maíz que contienen los genes para protección a borer de maíz europeo (B.t.) y genes para la resistencia al herbicida de Liberty® y genes para la resistencia al herbicida a base de imidazolinona .
Chymogen®	Genencor International	Chymogen es la versión biotecnología-producida de la enzima quimosina que se encuentre en terneros, y que hacen que la leche cuaje para producir el queso
Algodón Bollgard®	Monsanto	Introducido en 1996, e un algodón con el gen de Bollgard de Monsanto que le infiere habilidades de protección contra plagas de algodón, bollworms rosa
Papa NewLeaf®	Monsanto	Introducido en 1995, la Papa de NewLeaf® fue el primer cultivo comercial en ser protegido contra plagas de insectos a través de la biotecnología. Gracias a un gen de una variedad del B.t. las bacterias, la Papa de NewLeaf® es resistente al escarabajo rojo de la papa.
(rBST) Posilac®	Monsanto	BST es una hormona que en las vacas que los inducen producir la leche. el rBST mejora la producción de leche de 10 a 15 por ciento. Fue aceptada por la FDA en 1993
Algodón Roundup® Ready	Monsanto	Aceptado en 1996, este algodón aplicaciones de herbicida de Roundup®.
Soyas Roundup Ready®	Monsanto	Introducidas en 1996, las Soyas permiten aplicar el herbicida Roundup® .
Maíz Roundup	Monsanto	Aceptado en 1997 permite aplicaciones de herbicida de

Ready®		Roundup®.
Maíz YieldGard™	Monsanto	El gen de YieldGard proporciona protección a la plaga "borer" de maíz .
Maíz NatureGard®	Mycogen	Este maíz expresa un tóxico de proteína a la plaga "borer" de maíz y reduce o elimina la necesidad de los insecticidas.
Maíz IMI	Mycogen	El Maíz híbrido puede tolerar aplicación de herbicidas de imidazolinona.
Girasol de alto Oleico	Mycogen	Girasol modificado por mutagenesis para producir aceite de girasol que es bajo en los ácidos grasos "trans" , no requiere hidrogenación y tiene mayor estabilidad a la temperatura.
Cacahuete de alto Oleico	Mycogen	plantas del Cacahuete modificadas por el mutagenesis para producir mayor contenido en el oleico los resultados ácidos en la vida más larga para las nueces, dulce y manteca del cacahuete
Maíz NK Knockout™, Maíz Híbrido NK YieldGard™ , Sweetcorn Attribute™ B.t	Novartis	Novartis ha producido algunas variedades de semillas, que se han modificado para proporcionar protección natural contra ciertas plagas.
Soyas Roundup Ready®	Novartis	Introducidas en 1996, las Soyas permiten aplicar el herbicida Roundup® .
Soyas de alto ácido oleico	Optimum Quality Grains, L.L.C	Estas soyas producen un aceite que contiene un nivel más alto de ácido del oleico que lo normal y también contiene más bajos niveles de grasa saturada. El aceite disminuirá la necesidad de hidrogenación química que genera los ácidos grasos "trans".

Soya baja en linolenico	Optimum Quality Grains, L.L.C	Con menos de 3.5 por ciento de linolenico produce un aceite con mayor estabilidad y que reduciendo la necesidad de hidrogenación.
Soya baja en grasas saturadas	Optimum Quality Grains, L.L.C	El aceite obtenido de esta soya contiene 50 por ciento menos de grasas saturadas resultando en un aceite similar a el de canola.
Girasol de alto oleico	Optimum Quality Grains, L.L.C	Aumenta la estabilidad del aceite obtenido, mejorando su uso en el cocinado de alimentos.
Chy Max®	Pfizer	Chy Max® es otra versión de la enzima quimosina.
Tomate de mayor Pectina	Zeneca	Tomates que han sido genéticamente modificados par mantener su firmeza y retener su pectina durante el proceso de obtención de pasta de tomate.

Tomada de "Agricultural Biotech Products on the Market".
Food AG Biotech.

Con la información de la tabla anterior se puede clasificar de forma general los cultivos de OGM de la siguiente manera.

- **BT.**

Las cultivos Bt están protegidos contra insectos y reducen el uso del pesticida. Las plantas producen una proteína tóxica sólo a ciertos insectos que se encuentra en una bacteria común de la tierra llamada el thuringiensis, o Bt.

Actuales : maíz, algodón, papa

En estudio: girasol, soya, canola, trigo, tomate.

- **Tolerantes a herbicidas.**

Los cultivos tolerantes a herbicidas permiten a agricultores aplicar un herbicida específico para controlar las plagas (vegetales) sin el daño al cultivo.

Actuales : soya, algodón, maíz, canola, arroz.

En estudio: trigo, remolacha,

- **Resistentes a enfermedades.**

Los cultivos resistentes enfermedades están dotados contra las enfermedades vírales de las plantas equivalentes a una vacuna en la planta.

Actuales: papas dulces, yuca, arroz, maíz, calabaza, papaya.

En estudio. tomate, plátano.

- **Modificación de contenido graso.**

Los aceites obtenidos de semilla modificadas para freído de alimentos mantienen su estabilidad a las temperaturas altas, reducen la necesidad de procesas en su obtención y crean los productos más saludables.

Actualmente son: Los aceites con alto oleico o bajo linolenico, soya con reducción de grasa saturada ⁴³

En estudio: Con alto contenido de ácido esteárico. girasol, cacahuete y soya

- **Retardo en Maduración.**

Frutas y verduras que tienen mejor sabor, color y textura, son más firmes para el transporte y con mayor vida de anaquel

Actualmente. tomate

En estudio: frambuesa, fresa, tomate cereza, plátano, piña.

- Riesgos potenciales.

Como se mencionó anteriormente en los puntos de vista acerca de los alimentos transgénicos existen posiciones contrastantes, a continuación se exponen los puntos de vista de quien están a favor de estos productos, y quienes están en contra. Algunos de estos puntos de vista coinciden en los riesgos, más no en la gravedad que pueden representar.

- Argumentos sobre los riesgos de quienes están a favor del OGM.

- Riesgos para la salud humana.

Los opositores de la ingeniería genética se han concentrado en resaltar la amenaza que representan los OGM para la salud humana. Si bien no hay pruebas de que ninguno de los transgenes encontrados en los alimentos genéticamente modificados sea nocivo para el ser humano, una preocupación expresada con frecuencia es que el consumo difundido de estos alimentos pudiera llevar a un aumento de enfermedades resistentes a los antibióticos de amplio espectro. Esta preocupación surgió porque los plásmidos vectores mediante los cuales se insertan los genes extraños a veces también contienen genes de resistencia a los antibióticos (aunque estos genes no se expresan). Algunos especialistas en salud temían que, si estos genes estaban presentes en los alimentos transgénicos en cantidades excesivas, se acumularían en los organismos de los consumidores y, finalmente, causarían un aumento de enfermedades resistentes a los antibióticos. Más recientemente, se ha mitigado esa preocupación porque los investigadores han ideado técnicas de transformación que evitan el empleo de plásmidos vectores que contienen genes de resistencia a los antibióticos.

El ser humano, como todos los seres vivos, obtiene los nutrientes básicos para el crecimiento y todas las actividades de la vida de materiales químicos complejos como proteínas, las grasas, los carbohidratos entre otros (alimentos). Estos compuestos químicos son degradados por el proceso digestivo normal, en componentes relativamente simples que se re-sintetizan en las moléculas complejas

dentro de nuestros cuerpos. En ese sentido, nosotros somos lo que comemos. Algunos de nuestros alimentos contienen ADN de plantas, animales y microorganismos, pero hasta donde ahora se sabe, este ADN no se integra directamente en nuestra propia composición genética. Comiendo alimentos genéticamente modificados es, por tanto, improbable que modifique nuestros genes. Algunas preocupaciones se han expresado, por la posibilidad de que el ADN, en algunas circunstancias, se integre al nuestro, vía las bacterias del intestino, pero esto es muy improbable, dado que no ha ocurrido después de milenios de comer productos no genéticamente modificados. Por otra parte en la mayoría de los alimentos, el ADN ya está degradado por el proceso industrial.⁴⁴

Otro posible riesgo generado por los OGM es que las personas con alergias sufran reacciones después de ingerir alimentos genéticamente modificados que contengan proteínas alérgicas introducidas desde fuentes externas. En otras palabras, alguien alérgico a los cacahuates podría sufrir una reacción después de consumir soya transgénica en la que se haya insertado un gen del cacahuete. Como son muy pocos los genes que producen compuestos nocivos, hay muy poco riesgo de que eso suceda. Aun cuando el gen insertado diera como resultado la producción de un compuesto nocivo, las probabilidades de que éste llegara al consumidor son insignificantes teniendo en cuenta las pruebas de inocuidad tan rigurosas a las que deben ser sometidos todos los productos nuevos (incluyendo los OGM).

Las alergias a los alimentos son causadas por la respuesta inmunológica anormal a sustancias en los alimentos estas sustancias son normalmente proteínas. Las reacciones alérgicas pueden manifestarse por síntomas que van desde problemas cutáneos o gastrointestinales leves, hasta respuestas graves que pueden ser mortales. Virtualmente todos los alérgenos de los alimentos son proteínas, pero sólo una fracción pequeña de las proteínas presentes en los alimentos es alérgica. Debido a que la modificación genética se basa en la introducción de nuevas proteínas, el potencial alérgico de estos alimentos debe ser evaluado. Las alergias de los alimentos pueden involucrar varios tipos de respuestas inmunológicas anormales. El tipo más común de alergias de alimentos es causado por la inmunoglobulina E (IgE). IgE manifiesta reacciones de hipersensibilidad inmediata, porque los síntomas ocurren de minutos a unas horas después de la ingestión del alimento. Las reacciones IgE, pueden manifestarse por: polen, esporas del medio, pelos de animales, venenos de insectos y otros estímulos del medio ambiente, así como alimentos. Estas s alérgicas afectan entre 10-25% de la población los países

desarrollados, aunque las alergias a los alimentos sólo representan una porción pequeña de todas las enfermedades alérgicas. Otro tipo de los alimentos es la reacción de hipersensibilidad tardía, donde el ataque de síntomas ocurre más de 8 horas después de la ingestión del alimento

Se agrupa en ocho grupos los alimentos en los que ocurre el 90% o más de las reacciones alérgicas graves. Estos alimentos son: leche de vaca, huevo, pescado, los crustáceos (camarones, cangrejo, langosta), cacahuete, soyas, algunos tipos de almendra y nueces y trigo.⁴⁵

- Riesgos para la salud animal

Algunas de las preocupaciones acerca de la posible amenaza que representan los OGM para la salud humana también han sido expresadas en relación con la salud animal. Como el ganado y las aves de corral consumen grandes cantidades de maíz y soya (que pueden haber sido genéticamente modificados), la posibilidad de que esto genere resistencia a los antibióticos ha sido señalada por algunos ganaderos. Si los OGM provocaran un aumento de la resistencia a los antibióticos, éstos podrían volverse ineficaces, lo cual incrementaría el costo de mantener la salud de los animales. También se ha expresado la preocupación de que la resistencia a los antibióticos pudiera ser transferida a las personas que consumen productos de origen animal. Hasta el momento, no hay pruebas que demuestren que el consumo de alimentos genéticamente modificados haya afectado la salud animal, pero dichos alimentos no han estado en el mercado el tiempo suficiente para efectuar ensayos alimentarios a largo plazo y, por consiguiente, tal vez sea prematuro concluir que se ha resuelto definitivamente la cuestión. No obstante, el hecho de que las técnicas de transformación ya no utilizan genes de resistencia a los antibióticos indica que, si no se han detectado problemas hasta el momento, no es probable que se presenten en el futuro

- Riesgos para el medio ambiente

El aspecto de los OGM que probablemente suscite la mayor polémica son sus repercusiones a largo plazo en el medio ambiente.

Un riesgo obvio asociado con cualquier cultivo (transgénico o de otro tipo) que haya sido mejorado para que sea resistente a los insectos es la posibilidad de que los insectos que se pretende combatir desarrollen con el tiempo resistencia a las

toxinas producidas por el cultivo. Respecto a los cultivos genéticamente modificados con Bt, algunos ambientalistas argumentan que es probable que surja resistencia al Bt con bastante rapidez ya que los insectos están continuamente expuestos a las toxinas producidas por este gen. De hecho, varias especies de insectos comunes, incluyendo plagas tan importantes como la catarineta de la papa (*dorifora*) y la polilla de la col, ya han desarrollado resistencia al Bt (no obstante, hay que señalar que esa resistencia es resultado de la exposición a aspersiones con Bt, no a cultivos transgénicos con Bt). Esto ha generado interrogantes acerca de la duración de la resistencia a los insectos de los cultivos genéticamente modificados y ha llevado a algunos a preguntarse si los beneficios justificarán los costos de producir esos cultivos.

Otro riesgo vinculado con la posible aparición de resistencia en los insectos es que el Bt podría perder su eficacia como plaguicida de uso tópico. Los plaguicidas basados en el Bt se usan para combatir plagas en diversos cultivos frutales y hortalizas. Como el Bt es de origen natural, esos plaguicidas son especialmente populares entre los productores que practican la agricultura orgánica. Si la siembra difundida de cultivos transgénicos con Bt promoviera la aparición de insectos resistentes al Bt, esos productores podrían sufrir pérdidas importantes. También se podría producir la aparición de insectos resistentes al Bt como consecuencia del empleo excesivo de la aspersión de plaguicidas, pero esto es menos probable porque la exposición a las toxinas es menos continua.

Ya sea en plantas transgénicas o aplicado como insecticida tópico, el Bt tendrá que formar parte de un método de Manejo Integrado de las Plagas (MIP) para mantener su utilidad a largo plazo. Una estrategia para retrasar la aparición de resistencia al BT consiste en aumentar la toxicidad de las plantas transgénicas incrementando la cantidad de toxina presente en la planta o escalonando varios tipos diferentes de genes Bt para producir un cóctel de toxinas naturales. Otra estrategia es crear refugios para los insectos, es decir, zonas exentas de cultivos transgénicos donde pueden continuar viviendo los insectos no resistentes. Estos insectos no resistentes se aparearán con los expuestos al Bt, con lo cual se mantendrá la susceptibilidad de la población general. En Estados Unidos, se recomienda a los agricultores mantener el 20% de la superficie cultivada como refugio y usar allí los métodos tradicionales de control de insectos con el fin de asegurar la supervivencia de insectos no resistentes. Hasta la fecha, no se ha determinado si esta estrategia funciona. El acatamiento de esta recomendación por parte de los agricultores podría llegar a ser un problema porque, si los cultivos

transgénicos son muy rentables, ellos tendrán fuertes incentivos para hacer trampa y no sembrar tierras como refugios.

En contraste con quienes se preocupan porque los cultivos con Bt no son suficientemente eficaces, otros piensan que lo serán en demasía, porque matarán insectos no dañinos. El estudio de la Universidad de Cornell sobre la mariposa monarca, que recibió tanta publicidad, mostró un aumento de la mortalidad de larvas de monarca alimentadas con polen de maíz transgénico con Bt, lo cual plantea la posibilidad de que pueda dañar a insectos que no constituyen una plaga (Losey, Rayor, Carter 1999). Desde que se publicó ese estudio, investigadores de la Universidad Estatal de Iowa han señalado que no se deben extrapolar esos resultados, pues fueron obtenidos en condiciones de laboratorio, muy diferentes de las condiciones reales que afrontan las mariposas monarcas silvestres (Rice 1999). Actualmente se realizan investigaciones para determinar si existe este peligro en el campo.

Además de la atención puesta en los posibles riesgos ambientales de la resistencia de los insectos, también se ha expresado preocupación por el empleo de la resistencia a los herbicidas. El principal riesgo en este caso es que los genes de la resistencia a los herbicidas pudieran pasar de los cultivos transgénicos a otras especies silvestres o cultivadas y producir "supermalezas" que resistan los métodos tradicionales de control. Para combatir esas supermalezas, los agricultores tendrían que utilizar herbicidas más fuertes y quizá más nocivos para el medio ambiente. La preocupación se justifica, ya que numerosos estudios han demostrado que las plantas de cultivos pueden cruzarse con plantas que crecen en campos vecinos y así pasarles estos genes. Por otra parte, la amenaza para el medio ambiente varía mucho de un lugar a otro, dependiendo en parte de las especies ahí presentes. Por ejemplo, aunque siempre existe cierta posibilidad de que los genes pasen del maíz transgénico al no transgénico en campos vecinos, las probabilidades de una transferencia inadvertida a parientes silvestres varían notablemente. En África o Asia, hay pocas probabilidades de que la resistencia a los herbicidas pase del maíz a un pariente silvestre ya que, como el maíz no es autóctono en esas regiones, no tiene parientes silvestres. En cambio, en México y América Central la amenaza sería mucho mayor porque ahí todavía existen los parientes silvestres de los que surgió el maíz cultivado

- o La posición de la FAO sobre los riesgos es:

La "fuga" de genes de OMG puede dar lugar a un fomento de la proliferación como malas hierbas de especies silvestres compatibles sexualmente. La inclusión en las plantas de genes novedosos para la resistencia a los herbicidas puede aumentar la presencia de malas hierbas resistentes a determinados productos agroquímicos. La inclusión en las plantas de resistencia a las plagas se debe evaluar cuidadosamente, debido a la posible aparición de resistencia en las plagas y los posibles efectos secundarios para organismos beneficiosos. Si un OMG se hubiera de clasificar como plaga de las plantas, entraría en el ámbito de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF).

Otra preocupación en relación con los OMG es la posible producción inadvertida de toxinas y alérgenos. En 1962 se creó la Comisión del Codex Alimentarius para aplicar el Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, cuya finalidad es "proteger la salud de los consumidores y asegurar prácticas equitativas en el comercio de productos alimenticios". Las normas, directrices y otras recomendaciones del Codex se reconocen expresamente en el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la OMC, y también se las considera como "normas internacionales" en el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio. La Comisión del Codex Alimentarius está estudiando la elaboración de una norma general para la aplicación de las disciplinas básicas de la inocuidad y el control de los alimentos a los productos alimenticios obtenidos mediante biotecnología. El asesoramiento de anteriores consultas de expertos de la FAO/OMS en este sector se utilizará como orientación para las condiciones que se requieren en el caso de los alimentos preparados por medio de biotecnología. Ante todo están los aspectos de la posible alérgenicidad, la posible transferencia de genes procedentes de OMG, la patogenicidad derivada del organismo utilizado, los aspectos nutricionales y el etiquetado.

Desde 1995 se está negociando un protocolo del CDB relativo a la bioseguridad, que se ocupa de manera particular de los movimientos transfronterizos de los organismos vivos modificados. Se espera que el protocolo se adopte en una Conferencia Extraordinaria de las Partes en el Convenio en 1999. Los países deben recibir ayuda para elaborar la legislación apropiada y establecer órganos de reglamentación idóneos para todos los aspectos de la bioseguridad. La legislación nacional debe estar en consonancia con los instrumentos internacionales y reflejar las posiciones nacionales.

De acuerdo a varios autores, oponentes a los OGM, los riesgos ecológicos más serios que presenta el uso comercial de cultivos transgénicos son⁴⁶:

- Riesgos potenciales que pueden implicar las plantas transgénicas
- Efecto directo sobre el hombre:
 - La proteína codificada por el transgén no debe ser tóxica para el hombre
 - Posibles efectos alergénicos
 - La aprobación de los productos transgénicos debe ser analizada caso por caso
- Efecto ambiental:
 - Dispersión incontrolada de la descendencia de la planta transgénica
 - Transferencia del transgén a otras variedades no transgénicas o a otras especies afines
 - Inducción de resistencia a los productos transgénicos por parte de los agentes patógenos y plagas
 - La expansión de los cultivos transgénicos amenaza la diversidad genética por la simplificación de los sistemas de cultivos y la promoción de la erosión genética;
 - La potencial transferencia de genes de Cultivos Resistentes a Herbicidas (CRHs) a variedades silvestres o parientes semidomesticados pueden crear supermalezas,
 - CRHs voluntarios se transformarían subsecuentemente en malezas;
 - El traslado horizontal vector-mediado de genes y la recombinación para crear nuevas razas patogénicas de bacteria,
 - Recombinación de vectores que generan variedades del virus más nocivas, sobre todo en plantas transgénicas diseñadas para resistencia viral sobre la base de genes virales,
 - Las plagas de insectos desarrollarán rápidamente resistencia a los cultivos que contienen la toxina de Bt;

- El uso masivo de la toxina de Bt en cultivos puede desencadenar interacciones potencialmente negativas que afecten procesos ecológicos y a organismos benéficos.
- Creación de "Super Malezas".

Aunque existe la preocupación que los cultivos transgénicos se puedan convertir a su vez en malezas, el mayor riesgo ecológico es que liberaciones a gran escala de cultivos transgénicos pueden resultar en el flujo de transgenes de los cultivos a otras plantas silvestres que entonces pueden transformarse en malezas. El proceso biológico que preocupa aquí es la introgresión, es decir, la hibridación entre especies de diferentes plantas. La evidencia indica que tales intercambios genéticos entre malezas silvestres y cultivos ya ocurren. La incidencia de shattercane (*Sorghum bicolor*), una maleza emparentada con el sorgo y el flujo genético entre el maíz y el teosinte demuestran el potencial de los cultivos emparentados a volverse serias malezas. Esto es preocupante dado que varios cultivos en los Estados Unidos son cultivados en proximidad con sus parientes sexualmente compatibles. Hay también cultivos que crecen en las proximidades de malezas silvestres que no son parentes íntimos pero pueden tener algún grado de compatibilidad cruzada tales como los cruces de *Raphanus raphanistrum* X *R. sativus* (rábano) y de *Sorghum halepense* X maíz sorgo.

- Reducción de la Complejidad del Agroecosistema.

La remoción total de malezas vía el uso de herbicidas de amplio-espectro puede llevar a impactos ecológicos indeseables, dado que se ha documentado que un nivel aceptable de diversidad de malezas en los alrededores o dentro de los campos de cultivo puede jugar un papel ecológico importante, tal como la estimulación del control biológico de plagas, o la mejora de la cobertura protectora contra la erosión del suelo, etc

Lo más probable es que los CRHs refuercen el monocultivo al inhibir las rotaciones y los policultivos ya que la diversificación es imposible si se usan cultivos susceptibles a los herbicidas combinados con los CRHs. Tales agroecosistemas empobrecidos en su diversidad vegetal proveen las condiciones óptimas para el crecimiento libre de malezas, insectos y enfermedades dado que muchos nichos

ecológicos no están siendo ocupados por otros organismos. Es más, los CRHs a través del incremento de la efectividad del herbicida, podrían reducir aun más la diversidad vegetal, favoreciendo cambios en la composición y abundancia de la comunidad de malezas, favoreciendo especies competitivas que se adaptan a un amplio-espectro de tratamientos de post-emergencia.

- Riesgos Ambientales de los Cultivos Resistentes a Insectos

Según la industria, los cultivos transgénicos insertados con genes de Bt prometen reemplazar el uso de insecticidas sintéticos en el control de plagas de insectos. Puesto que la mayoría de los cultivos tienen una diversidad de plagas de insectos, insecticidas todavía tendrán que ser aplicados para controlar plagas diferentes a los insectos del orden Lepidópteros que son los susceptibles a la endotoxina expresada por el cultivo.

Por otro lado, se tiene conocimiento de que varias especies de Lepidoptera han desarrollado resistencia a la toxina de Bt en pruebas de campo y de laboratorio, sugiriendo que los mayores problemas de resistencia se desarrollan en cultivos transgénicos donde la expresión continua de la toxina crea una fuerte presión de selección. Dado que se ha aislado una diversidad de genes de la toxina Bt, los biotecnólogos argumentan que si se desarrolla resistencia pueden usarse formas alternativas de la toxina Bt. Sin embargo, dado que es probable que los insectos desarrollen resistencia múltiple o resistencia cruzada, tal estrategia también está condenada al fracaso.

Basándose en experiencias pasadas con pesticidas, otros han propuesto planes de manejo de la resistencia con cultivos transgénicos, tales como el uso de mezclas de semilla y refugios. Además de requerir la difícil tarea de una coordinación regional entre agricultores, los refugios han presentado un éxito restringido con los pesticidas químicos, debido al hecho que las poblaciones de insectos no están restringidas a un agroecosistema cerrado, y los insectos que entran están expuestos a cada vez más bajas dosis de la toxina en la medida que el pesticida se degrada

- Impactos Sobre Otros Organismos

Conservando la población de plagas a niveles sumamente bajos, los cultivos de Bt pueden hambrear a los enemigos naturales en la medida que estos insectos

benéficos necesitan una cantidad pequeña de presa para sobrevivir en el agroecosistema. Los insectos parásitos serían los mayormente afectados porque ellos son más dependientes de huéspedes vivos para su desarrollo y supervivencia, mientras que algunos predadores podrían teóricamente alimentarse de presas muertas o agonizantes.

Los enemigos naturales también podrían afectarse directamente a través de las interacciones a niveles intertróficos. Evidencias en estudios realizados en Escocia sugieren que los áfidos son capaces de secuestrar la toxina del cultivo Bt y transferirla a sus predadores (coccinélidos), a su vez afectando la reproducción y la longevidad de los coccinélidos benéficos. El secuestro de sustancias químicas secundarias de las plantas por herbívoros, quienes luego afectan el comportamiento de parásitos no es raro. La posibilidad de que las toxinas de Bt que se muevan a través de las cadenas alimenticias presenta serias implicaciones para el control biológico natural en agroecosistemas.

Las toxinas de Bt pueden incorporarse al suelo a través del material vegetal que se descompone, pudiendo persistir durante 2-3 meses, resistiéndose a la degradación ligándose a las partículas de arcilla mientras mantienen la actividad de la toxina. Tales toxinas de Bt que terminan en el suelo y el agua proveniente de los desechos de cultivos transgénicos puede tener impactos negativos en los organismos del suelo y en los invertebrados acuáticos así como en el proceso de reciclaje de nutrientes. Todos estos aspectos merecen una investigación mas seria

- o Efectos Río Abajo.

Una efecto medioambiental mayor, como resultado del uso masivo de la toxina de Bt en algodón u otro cultivo ocupando una inmensa superficie del paisaje agrícola, es que agricultores vecinos con cultivos diferentes al algodón, pero que comparten complejos similares de plagas, puede terminar con poblaciones de insectos resistentes colonizando sus campos. Es posible que plagas de insectos del orden Lepidópteros que desarrollan resistencia al Bt en algodón, se muevan a los campos adyacentes donde los agricultores usan Bt como un insecticida microbiano, dejando así a los agricultores indefensos contra tales plagas, en la medida que ellos pierden su herramienta de control biológico. ¿Quién sería responsable por tales pérdidas?

- o Impactos de los Cultivos Resistentes a Enfermedades.

Algunos científicos han intentado diseñar plantas resistentes a infecciones patogénicas incorporando genes para productos vírales dentro del genoma de las plantas. Aunque el uso de genes para la resistencia a virus en cultivos tiene beneficios potenciales, hay algunos riesgos. La recombinación entre el ARN del virus y un ARN viral dentro del cultivo transgénico podría producir un nuevo patógeno que lleve a problemas de enfermedad más severos. Algunos investigadores han mostrado que recombinaciones ocurren en plantas transgénicas y que bajo ciertas condiciones se puede producir una nueva raza viral con un rango alterado de huéspedes

La posibilidad que las plantas transgénicas resistentes a virus pueda ampliar el rango de huéspedes de algunos virus o pueden permitir la producción de nuevas razas de virus a través de la recombinación y /o la transcapsidación exigen una investigación experimental cuidadosa.⁴⁷

- o Punto de vista ecológico.

Desde el punto de vista ecológico se ha denunciado la posibilidad de que al crear las variedades transgénicas resistentes a herbicidas se incrementará notablemente el uso de éstos con los posibles efectos secundarios negativos de contaminación del suelo y del agua.

Por otro lado, en especies alógamas (de fecundación cruzada) existe la posibilidad de que una parcela sembrada con plantas transgénicas contamine con su polen a otras parcelas vecinas no transgénicas del mismo cultivo. Por ejemplo, si el polen de un campo de maíz transgénico poliniza plantas normales de una parcela próxima, la semilla que se produzca en esta parcela puede haber incorporado el gen *Bt* transmitido por el polen; es decir, sería transgénica. También podría ocurrir que la resistencia al herbicida de una variedad transgénica se transfiriera por fecundación interespecífica espontánea a una especie silvestre afín, con el consiguiente daño para la agricultura. ¿Se va a legislar respecto a medidas de aislamiento (distancia, barreras naturales, etc) de los cultivos transgénicos? Estas medidas se aplican durante el periodo de experimentación, pero es prácticamente imposible mantenerlas una vez autorizada su comercialización. De hecho, es importante señalar que ya se ha descrito un primer caso de transferencia de un gen que da resistencia a un insecticida en plantas transgénicas de colza a plantas de rábano

que se habían cultivado en su proximidad, poniendo de manifiesto que se ha hecho realidad una posibilidad teórica. Sin duda alguna, esta evidencia científica dará más fuerza a las argumentaciones de los que se oponen a la utilización de las plantas transgénicas. No obstante -sin menoscabo de la prudencia aconsejable en relación con la utilización de cultivos transgénicos- es importante poner de manifiesto que situaciones similares pueden producirse con plantas mejoradas mediante procedimientos genéticos convencionales.

3. La Economía y los transgénicos.

◆ El comercio mundial de alimentos

Los beneficios que podrían generar los cultivos genéticamente modificados no han pasado inadvertidos para las empresas que producen y venden insumos agrícolas. La mayoría de las grandes empresas que dominan el mercado de semillas están invirtiendo en la ingeniería genética de cultivos. Al contrario de lo que sucede con el fitomejoramiento tradicional, que se efectúa en todo el mundo, gran parte de la investigación sobre cultivos transgénicos se realiza en países industrializados, principalmente en América del Norte y Europa Occidental (aunque ahora muchos países en desarrollo han iniciado investigaciones de ingeniería genética). Por tanto la investigación sobre productos transgénicos se ha concentrado en los cultivos de importancia económica en esos países, como la soya, el maíz, el algodón, la colza, la papa y el tabaco.

Entre las principales empresas de la industria semillera mundial (con un valor de 23 mil millones de dólares) figuran DuPont/Pioneer, Monsanto/Pharmacia & Upjohn, Novartis, Aventis, Groupe Limagrain y Advanta, cuyos ingresos combinados sumaron 56 mil millones de dólares en 1997. Sin embargo, estas empresas multinacionales representan sólo la punta del iceberg de esa industria, ya que son apoyadas por cientos de empresas de investigación más pequeñas, fabricantes de equipo especializado y laboratorios de universidades, de los cuales obtienen productos y servicios esenciales.

Aunque la investigación sobre cultivos genéticamente modificados se inició hace ya unos decenios, hace poco que éstos alcanzaron la etapa de distribución. En los

que se habían cultivado en su proximidad, poniendo de manifiesto que se ha hecho realidad una posibilidad teórica. Sin duda alguna, esta evidencia científica dará más fuerza a las argumentaciones de los que se oponen a la utilización de las plantas transgénicas. No obstante -sin menoscabo de la prudencia aconsejable en relación con la utilización de cultivos transgénicos- es importante poner de manifiesto que situaciones similares pueden producirse con plantas mejoradas mediante procedimientos genéticos convencionales.

3. La Economía y los transgénicos.

♦ El comercio mundial de alimentos.

Los beneficios que podrían generar los cultivos genéticamente modificados no han pasado inadvertidos para las empresas que producen y venden insumos agrícolas. La mayoría de las grandes empresas que dominan el mercado de semillas están invirtiendo en la ingeniería genética de cultivos. Al contrario de lo que sucede con el fitomejoramiento tradicional, que se efectúa en todo el mundo, gran parte de la investigación sobre cultivos transgénicos se realiza en países industrializados, principalmente en América del Norte y Europa Occidental (aunque ahora muchos países en desarrollo han iniciado investigaciones de ingeniería genética). Por tanto la investigación sobre productos transgénicos se ha concentrado en los cultivos de importancia económica en esos países, como la soya, el maíz, el algodón, la colza, la papa y el tabaco.

Entre las principales empresas de la industria semillera mundial (con un valor de 23 mil millones de dólares) figuran DuPont/Pioneer, Monsanto/Pharmacia & Upjohn, Novartis, Aventis, Groupe Limagrain y Advanta, cuyos ingresos combinados sumaron 56 mil millones de dólares en 1997. Sin embargo, estas empresas multinacionales representan sólo la punta del iceberg de esa industria, ya que son apoyadas por cientos de empresas de investigación más pequeñas, fabricantes de equipo especializado y laboratorios de universidades, de los cuales obtienen productos y servicios esenciales.

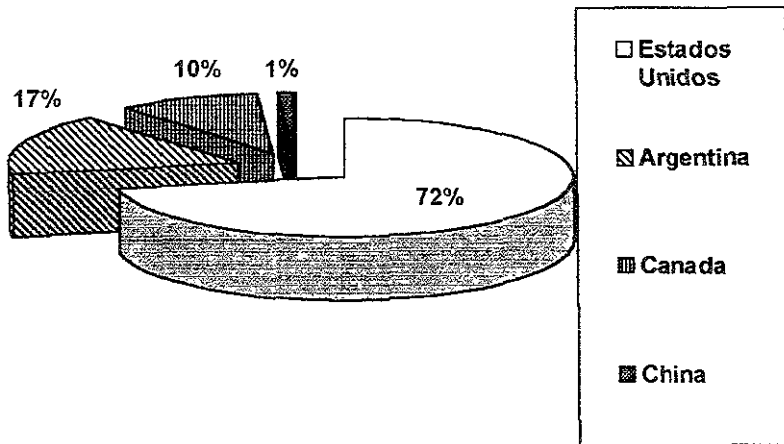
Aunque la investigación sobre cultivos genéticamente modificados se inició hace ya unos decenios, hace poco que éstos alcanzaron la etapa de distribución. En los

últimos años, los cultivos genéticamente modificados se han ido introduciendo en los campos de los agricultores y se producen hoy día en muchos países tanto desarrollados como en desarrollo

Sin incluir a China, la superficie sembrada con cultivos transgénicos aumentó de 1.7 millones de ha en 1996 a 11.0 millones de ha en 1997 y a 27.8 millones de ha en 1998. Las ventas mundiales de cultivos transgénicos han crecido en forma similar: aumentaron de US\$ 235 millones en 1996 a US\$ 670 millones en 1997 y a US\$ 1.5 mil millones en 1998

Entre 1996 y 1999, 12 países (8 desarrollados y 4) en desarrollo, contribuyeron a aumentar en más de 20 veces (23.5) el área de cultivos transgénicos a nivel mundial. El índice de adopción de los cultivos no tiene precedentes y es el más alto entre las nuevas tecnologías según los estándares de la industria agrícola. Este alto índice de adopción refleja la satisfacción de los agricultores con productos que ofrecen beneficios significativos como la posibilidad de contar con un control más flexible y oportuno de los cultivos, obtener una mayor productividad o retorno por hectárea, y un medio más sano gracias al uso cada vez menor de pesticidas convencionales. El conjunto de todos estos beneficios contribuye al desarrollo de una agricultura más sostenible. En 1999 el área de cultivos transgénicos a nivel mundial aumentó en un 44%, es decir, 12.1 millones de hectáreas: De 27.8 millones de hectáreas en 1998 a 39.9 en 1999. En este mismo año, se sembraron siete cultivos transgénicos con fines comerciales en doce países, y tres de ellos (Portugal, Rumania y Ucrania) plantaron cultivos transgénicos por primera vez.

Los siguientes son los países con cultivos transgénicos según su participación a escala mundial. Estados Unidos de América con 28.7 millones de hectáreas representan el 72% del área global; Argentina con 6.7 millones de hectáreas equivalentes al 17%; Canadá con 4.0 millones de hectáreas que representan el 10%; China con aproximadamente 0.3 millones de hectáreas que equivalen al 1%; Tanto Australia como Sudáfrica plantaron 0.1 millones de hectáreas de cultivos transgénicos en 1999. Con un porcentaje inferior a 1% del área global, México, España, Francia, Portugal, Rumania y Ucrania que plantaron menos de 0.1 millones de hectáreas.



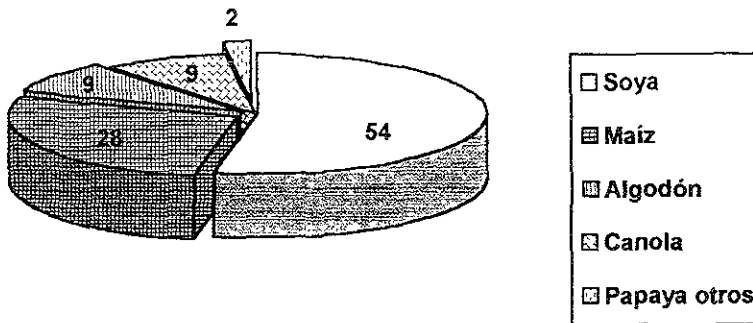
Tomada de "Análisis general de los cultivos transgénicos comercializados 1999 Clive James Presidente de la Junta de Directores de ISAAA".

Gráfica 1. Participación por País.

o Distribución por cultivo

Los siete cultivos transgénicos plantados en 1999, en orden descendente según el área total, fueron la soya, el maíz, el algodón, la canola, la papa, el chayote y la papaya. La soya y el maíz transgénico ocupan el primer y segundo lugar entre los cultivos más plantados en 1999, con un 54 % y 28 % respectivamente del área total de cultivos transgénicos a nivel mundial. El algodón (3.7 millones de hectáreas) y la canola (3.4 millones de hectáreas) compartieron el tercer puesto en 1999, cada una con aproximadamente 9% del área total. La papa, el chayote y la papaya cubrieron menos de 1% del área total de cultivos transgénicos en 1999.

Gráfica 2. Distribución por cultivo.



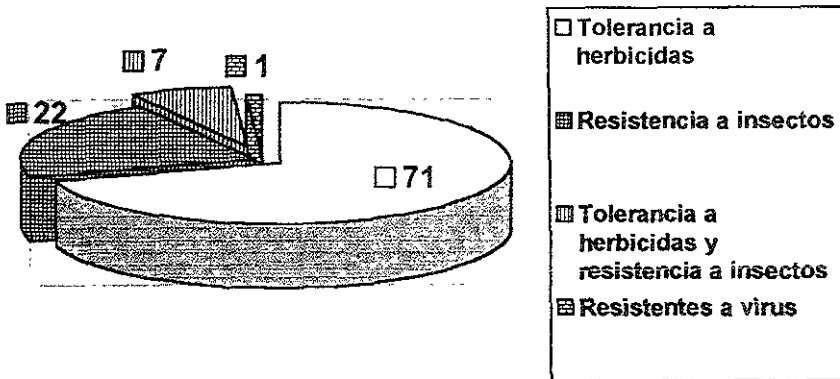
Tomada de "Análisis general de los cultivos transgénicos comercializados 1999 Clive James Presidente de la Junta de Directores"

o Distribución por rasgo.

La distribución relativa a los principales rasgos transgénicos en 1999 fue el mismo que en 1998. La tolerancia a herbicidas ocupa claramente el primer lugar con 71% tanto en 1998 como en 1999. Los cultivos resistentes a insectos disminuyeron del 28% en 1998 a 22% en 1999. Sin embargo, el uso de genes injertados con resistencia a insectos y herbicidas aumentó significativamente en los Estados Unidos en los cultivos de maíz y algodón, del 1% en 1998 (0.3 millones de hectáreas) a 7% o 2.9 millones de hectáreas en 1999, es decir, aumentó 8.7 veces.

los rasgos resistentes a los virus en los cultivos de la papa, el chayote y la papaya aumentaron menos del 1% equivalentes a menos de 0.1 millones de hectáreas tanto en 1998 como en 1999.

Gráfica 3 Distribución por rasgo.

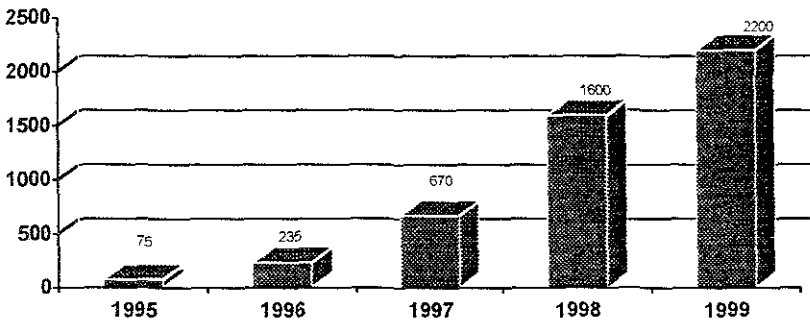


Tomada de "Análisis general de los cultivos transgénicos comercializados: 1999 Clive James Presidente de la Junta de Directores de ISAAA".

- o Valor del mercado global

El mercado global para los productos de cultivos transgénicos se estimaron en 75 millones de dólares para 1995; Las ventas se triplicaron en 1996 y nuevamente en 1997 y alcanzaron 235 y 670 millones respectivamente, aumentaron más del doble en 1998 hasta 1,600 millones y aumentaron mas de un tercio en 1999 alcanzando alrededor de 2,100 a 2,300 millones de dólares. Por esta razón las ganancias resultantes de los cultivos transgénicos ha aumentado aproximadamente treinta veces en cinco años, de 1995 a 1999. Se espera que el mercado internacional de cultivos transgénicos alcance alrededor de 3 mil millones en el año 2000, 8 mil millones en el 2005, y 25 mil millones en el 2010

Gráfica 4. Mercado global (Millones de dólares)



Tomada de "Análisis general de los cultivos transgénicos comercializados 1999 Clive James Presidente de la junta de Directores.

o Las perspectivas

La cantidad de países con cultivos transgénicos ha aumentado de 1 en 1992 a 6 en 1996, a 9 en 1998, y a 12 en 1999. Se espera que las áreas bajo cultivos transgénicos aumenten lo cual probablemente ocurrirá a partir del 2000, reflejando las mayores tasas de adopción hasta el momento y un alto porcentaje de los principales cultivos transgénicos en Estados Unidos de América, Argentina y Canadá.

En el 2000, se espera que en los países de América Latina que actualmente tienen cultivos transgénicos se expandan ligeramente las áreas de los cultivos actuales y que se introduzcan productos con un solo o varios rasgos, mientras Brasil, aún sujeto a la aprobación reguladora y la demanda del mercado, posiblemente produzca transgénicos oficialmente por primera vez en el 2000. Se espera un gran aumento de las áreas destinadas a cultivos transgénicos en China, con un crecimiento sostenido y diversificación en Sudáfrica, Australia y los países de Europa del este que ya comercializan estos productos. India posee material transgénico para comercializar pero el mismo se encuentra en espera de la aprobación final. Los temas centrales que influirán en la adopción de cultivos transgénicos en el año 2000 incluyen la aceptación del público, lo cual rige la demanda del mercado, y las regulaciones. Estos dos aspectos y el etiquetado de los productos alimenticios derivados de plantas modificadas genéticamente continuarán siendo factores esenciales que influirán el cultivo de transgénicos con fines comerciales y el consumo de productos alimenticios genéticamente modificados en los países de la Unión Europea.⁴⁸

- o Transnacionales involucradas.

El comercio mundial de alimentos es muy complejo, existen grandes empresas transnacionales que manejan gran parte del mercado estas son gigantes de alimentos y bebidas. Son quienes más probablemente se transformen en actores visibles y dominantes en los próximos años. El valor total de las ventas de alimentos a nivel mundial se estima en unos 2 billones de dólares es decir, seis veces y media mayor que el de las compañías farmacéuticas. En 1997 las ganancias de la compañía más grande del mundo (Nestlé, 45.300 millones de dólares) superaron el total global de la industria de semillas (23 000 millones), el total de la industria agroquímica (31.000 millones) y de la industria veterinaria (17 000 millones). Los ingresos de Nestlé en 1997 triplicaron los de la empresa farmacéutica líder (Aventis, con 13.700 millones).

Las 10 principales corporaciones de alimentos y bebidas tienen ventas por valor de 233.000 millones de dólares anuales. De acuerdo con analistas de la industria, las 10 principales compañías son responsables de un 16% del comercio mundial de alimentos.⁴⁹

Tabla 2

Compañía	País	Ventas en 1997 Millones de dólares	% de Ventas alimentos y bebidas
Nestlé SA	Suiza	45.380	95%
Philip Morris Co Inc.	EE.UU.	31.890	44%
Unilever Plc/NV	Reino Unido & Holanda	24 170	50%
ConAgra, Inc.	EE UU	24.000	100%
Cargill, Inc	EE.UU.	21 000	38%
PepsiCo, Inc	EE.UU.	20.910	100%
Coca-Cola Co	EE.UU	18 860	100%
Diageo	RU	18.770	93%
Mars Inc	EE.UU	14.000	100%
Danone	Francia	13 970	94%

Tomada de "Los Gigantes Genéticos, ¿Dueños del Universo? 4/30/1999 RAFI - Publications

o Las 10 Principales Compañías Agroquímicas

Las 10 principales compañías agroquímicas venden por 26.200 millones de dólares, o sea 85% de los 30.900 millones que totalizan el mercado global de agroquímicos.

Tabla 3.

Compañía	País	Ventas en 1997 Millones dólares
Aventis Group	Francia	\$4.554
Novartis	Suiza	\$4 199
Monsanto	EE.UU.	\$3.126
Zeneca/Astra	Reino Unido/Suecia	\$2.674
DuPont	EE UU.	\$2.518
Bayer	Alemania	\$2.254
Dow AgroSciences	EE.UU.	\$2.200
American Home Products	EE UU	\$2.119
BASF	Alemania	\$1.855
Sumitomo	Japon	\$717

Tomada de "Los Gigantes Genéticos. ¿Dueños del Universo? 4/30/1999 RAFI - Publicacions transnacionales".

En la producción de estos alimentos las principales corporaciones multinacionales tienen inversiones millonarias y producciones agrícolas con un peso muy importante en las balanzas comerciales de los EE.UU., el principal exportador de biotecnología, y de los países integrantes del llamado Grupo de Miami; Canadá, Australia, Argentina, Chile y Uruguay. Su rápida irrupción en los campos de cultivo y su comercialización especialmente en Estados Unidos, Argentina y Canadá comenzó a finales de la década de los '80, y experimentó un crecimiento explosivo, entre 1996 y 1998 la superficie sembrada de plantas transgénicas creció de 1,78 millones de hectáreas a 27,8 millones, dedicadas especialmente a maíz y soya. Actualmente se calcula que existen cerca de 40 millones de hectáreas de cultivos transgénicos en el mundo, la mayoría, un 86 por ciento, en EE.UU. El resto se reparte principalmente entre Canadá, China, Chile y Argentina. Las plantaciones más representativas sometidas a esta nueva tecnología son de soya, maíz, algodón, colza, tabaco, tomate y papa. En fase de desarrollo existen productos vegetales como el melón, la lechuga, cereales, pepinos, pimientos y manzana.

La mayoría de las innovaciones en biotecnología agrícola son motivadas por criterios económicos por lo tanto la finalidad de la industria de la ingeniería genética es obtener ganancias ⁵⁰

Debido a que las biotecnologías requieren grandes capitales, ellas continuarán condicionado el patrón de cambio de la agricultura en los Estados Unidos, aumentando la concentración de la producción agrícola en manos de las grandes corporaciones. Como en el caso de otras tecnologías que ahorran mano de obra, al aumentar la productividad, la biotecnología tiende a reducir los precios de los bienes y a poner en marcha una maquinaria tecnológica que deja fuera del negocio a un número significativo de agricultores, especialmente de pequeña escala.

Ya que la biotecnología es una actividad principalmente comercial, ésta realidad determina las prioridades de qué investigar, cómo se aplica y a quién beneficiará.

En general las compañías de biotecnología dan énfasis a un rango limitado de cultivos para los cuales hay mercados grandes y seguros, dirigidos a sistemas de producción de grandes capitales.

Los productos de la biotecnología debilitarán las exportaciones de los países del tercer mundo, especialmente de los productores de pequeña escala. El desarrollo, vía biotecnología, del producto "Thaumatin" es apenas el comienzo de una transición a edulcorantes alternativos que reemplazarán al mercado del azúcar del tercer mundo en el futuro. Se estima que alrededor de 10 millones de agricultores de caña de azúcar en el tercer mundo podrían enfrentar una pérdida de su sustento cuando los edulcorantes procesados en laboratorio comiencen a invadir los mercados mundiales. La fructosa producida por la biotecnología ya ha capturado cerca del 10% del mercado mundial y ha causado la caída de los precios del azúcar. Tal limitación de las oportunidades no se limita a los edulcorantes. Aproximadamente 70,000 agricultores productores de vainilla en Madagascar serán afectados por la producción de una firma de Texas de vainilla en sus laboratorios de biotecnología. La expansión de las palmas aceiteras clonadas por Unilever incrementarán de manera sustancial la producción de aceite de palma con consecuencias para los agricultores que producen otros aceites vegetales (de cacahuete en Senegal y de coco en Filipinas)

o El caso Monsanto.⁵¹

Monsanto Co. Se ha sido uno de los motores más importantes de la introducción de semillas transgénicas en el mundo. Si bien no pudo introducir sus semillas transgénicas con la celeridad deseada en Europa, debido a la gran resistencia que desarrollaron alianzas de consumidores, ambientalistas, científicos, agricultores y

público preocupado por los impactos ambientales y sociales de estas nuevas tecnologías, finalmente, el cabildeo masivo de la industria biotecnológica lo logró. Monsanto ha estado muy activa en introducir sus semillas transgénicas en países del Sur y del Este europeo, donde se sirve de informaciones incompletas, vacíos legales y/o la parcialidad de institutos públicos para crear situaciones de hecho, haciendo caso omiso a los riesgos para la salud de productores y consumidores, ambientales, económicos y en las economías campesinas y sus formas de vida. En años pasados, Monsanto adquirió la empresa Agracetus, subsidiaria de la multinacional Grace, para lograr el control de la "patente de especie" sobre la soya transgénica otorgada a esta empresa.

En los últimos dos años, Monsanto ha estado en el centro de operaciones multimillonarias para lograr el control del mercado biotecnológico en agricultura. Las principales han sido:

- Febrero 96-mayo 98. obtiene la totalidad de las acciones de la semillera Dekalb por U\$S 2470 millones.
- Enero 97: la totalidad de Holden Foundation Seed, por U\$S 1000 millones.
- Mayo 98: La totalidad de la firma Delta & Pine Land, dedicada a la semilla de algodón, por 1900 millones de dólares. La compra de D & P fue motivada para lograr el control de la tecnología "Terminator".
- Realiza un *Joint Venture* con Cargill, la cerealera más grande del mundo, para desarrollar nuevos productos. No se anunció el monto de la inversión.
- Junio 98: se fusiona con American Home Products en un intercambio de acciones por 35.000 millones de dólares. Esta operación significó ocupar el 6º lugar en las transacciones más grandes entre empresas de la historia de EE.UU.
- En el mismo mes compra el departamento de semillas de Cargill con la excepción de las sedes de EE UU., Gran Bretaña y Canadá, por 1400 millones de dólares. La compra de Cargill incluyó las instalaciones de investigación, producción y campos experimentales de semillas en 24 países del mundo y la distribución en 51 países.
- Julio 98: Compra Plant Breeding International Cambridge Ltd. (PBI) a Unilever por valor de 525 millones, logrando así una base en Europa. La PBI produce y comercializa entre otras semillas trigo, colza y papa en los mercados de Reino Unido, Francia y Alemania.

Con estas operaciones, la nueva supermultinacional opera en las tres Américas, Europa, Asia y Africa, aspirando a controlar la comercialización de varios productos

claves del comercio agrícola internacional y de la alimentación mundial, tales como soya, papa y trigo.

Aunque la biotecnología tiene la capacidad de crear una variedad mayor de plantas comerciales, las tendencias actuales de las CTNs son abrir amplios mercados internacionales para un solo producto, creando así las condiciones para la uniformidad genética en el paisaje rural. Además, la protección de patentes y los derechos de propiedad intelectual apoyados por el GATT, inhiben a los agricultores de re-usar, compartir y almacenar sus semillas aumentando así la posibilidad de que pocas variedades lleguen a dominar el mercado de semillas. Aunque un cierto grado de uniformidad de los cultivos puede tener ciertas ventajas económicas, tiene dos inconvenientes ecológicos. Primero, la historia ha mostrado que una gran área cultivada con un solo cultivo es muy vulnerable a un nuevo patógeno o plaga. Y, segundo, el uso extendido de un solo cultivo lleva a la pérdida de la diversidad genética.

4. La situación Alimentaria

◆ Dependencia alimentaria

Situación y perspectivas generales de la biotecnología en el tercer mundo

Aprovechando las clasificaciones del Banco Mundial y de la FAO, los países en vías de desarrollo se pueden clasificar en cuatro categorías en función de sus relaciones actuales o potenciales con la investigación en biotecnología agroalimentaria⁵²:

1. Países con poco interés, instalaciones e implicación (como Bangladesh, Burma, Nepal, Sri Lanka y Vietnam)
2. Países con programas en biotecnología convencional, que estudian implantar técnicas recientes, pero que aún usan pocas biotecnologías modernas (Filipinas, Indonesia, Malasia, Pakistán, Tailandia)

ESTA TESIS NO ESTÁ
EN LA BIBLIOTECA

claves del comercio agrícola internacional y de la alimentación mundial, tales como soya, papa y trigo.

Aunque la biotecnología tiene la capacidad de crear una variedad mayor de plantas comerciales, las tendencias actuales de las CTNs son abrir amplios mercados internacionales para un solo producto, creando así las condiciones para la uniformidad genética en el paisaje rural. Además, la protección de patentes y los derechos de propiedad intelectual apoyados por el GATT, inhiben a los agricultores de re-usar, compartir y almacenar sus semillas aumentando así la posibilidad de que pocas variedades lleguen a dominar el mercado de semillas. Aunque un cierto grado de uniformidad de los cultivos puede tener ciertas ventajas económicas, tiene dos inconvenientes ecológicos. Primero, la historia ha mostrado que una gran área cultivada con un solo cultivo es muy vulnerable a un nuevo patógeno o plaga. Y, segundo, el uso extendido de un solo cultivo lleva a la pérdida de la diversidad genética

4. La situación Alimentaria

- ◆ Dependencia alimentaria.

Situación y perspectivas generales de la biotecnología en el tercer mundo.

Aprovechando las clasificaciones del Banco Mundial y de la FAO, los países en vías de desarrollo se pueden clasificar en cuatro categorías en función de sus relaciones actuales o potenciales con la investigación en biotecnología agroalimentaria⁵²

1. Países con poco interés, instalaciones e implicación (como Bangladesh, Burma, Nepal, Sri Lanka y Vietnam).
- 2 Países con programas en biotecnología convencional, que estudian implantar técnicas recientes, pero que aún usan pocas biotecnologías modernas (Filipinas, Indonesia, Malasia, Pakistán, Tailandia).

ESTA TESIS NO SE
VIA BIBLIOTECA

3. Países con política y programas nacionales en biotecnologías tradicionales pero que han establecido vínculos con países industrializados para la formación de científicos y la adquisición de nuevas tecnologías (ejemplos: India y China).
4. Países con una política y un programa nacional de investigación en biotecnologías modernas, complementado por fuertes vínculos con los sectores público y privado de países industrializados (Ej. : República de Corea).

Aunque algunos países en desarrollo poseen ya un incipiente sector biotecnológico (semillas híbridas, técnicas de micropropagación, etc.) que nutre a sus mercados internos, la mayoría de ellos son deficitarios en las sofisticadas técnicas derivadas de la Biología Molecular. Aun países pequeños sin infraestructura investigadora se podrían beneficiar de los avances biotecnológicos, (bajo la forma de nuevas semillas y otro material propagable) en la medida en que sean capaces de usar y diseminar este material. Ello no constituye problema con las semillas de cereales, pero incluso el manejo de plantas que se propagan vegetativamente se ha vuelto fácil mediante las técnicas de micropropagación, que logran plantas libres de patógenos.

El estado de la biotecnología varía mucho de unos países a otros. En África la situación es bastante deficiente. Pero otros países (India, China, Brasil, Egipto, Indonesia, Malasia) ya cuentan con programas propios de biotecnología enfocada adecuadamente a mejora vegetal de cosechas locales, y la mayoría ya emplean técnicas de marcadores moleculares que les serán muy útiles en la caracterización de su germoplasma y en el desarrollo racional de la mejora. Incluso existen auténticos centros de excelencia, como el IRRRI de Filipinas (centrado en el arroz), el CIAT de Colombia o el ICGEB de Nueva Delhi (este último bajo la égida de la UNESCO, con un centro "hermano" en Trieste, Italia). Estos centros trabajan en estrecha colaboración con instituciones académicas del Primer Mundo y son capaces de incorporar y aplicar tecnologías de vanguardia.

Algunas compañías multinacionales han iniciado programas en conjunto al Tercer Mundo.

- Monsanto está transfiriendo tecnología a Costa Rica (mejora de plátanos, piña, café y palmas) y México (papa)

- Pioneer Hi-Bred trabaja en colaboración con empresas de varios países para mejorar variedades locales de maíz, sorgo y girasol, y posee instalaciones de producción de semillas en varios países en desarrollo.
- El Servicio Internacional para la adquisición de Aplicaciones Biotecnológicas (ISAAA) está financiado, aparte del 60% recibido por entidades filantrópicas, y del 30% de agencias bilaterales, por un 10% de empresas biotecnológicas: Novartis, Agrevo, Pioneer y Monsanto.

Según expertos, muchos países del Tercer Mundo no necesitan tanto las biotecnologías de última generación basadas en el ADN recombinante, cuanto apoyo a técnicas intermedias, como la clonación y micropropagación a partir de cultivos de tejidos, fusión de protoplastos, fermentación, etc., que pueden acomodarse más fácilmente a su capacidad de I+D e integrarse en programas tradicionales de mejora vegetal y elaboración de alimentos.

Ejemplos recientes de proyectos biotecnológicos avanzados relacionados con el Tercer Mundo:

- Arroces transgénicos resistentes al virus del moteado amarillo (RYMV) Este virus, endémico de África, provoca grandes pérdidas de hasta casi el 100% en los arrozales sometidos a irrigación. La mejora tradicional por hibridación fue incapaz de generar líneas resistentes, pero recientemente, por ingeniería genética se han logrado variedades (de distintas procedencias geográficas) resistentes a este patógeno
- Maíces resistentes al virus del estriado (MSV): en este proyecto actúa como intermediario el Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agro-biotecnológicas (ISAAA), e implica la colaboración entre varios equipos africanos (de Kenia y Sudáfrica) y el Centro John Innes (Reino Unido), con financiación de la Fundación Rockefeller, y transferencia de tecnología por parte de la multinacional Novartis
- Se está intentando crear variedades de plantas resistentes a sequía, para impulsar la productividad de las amplias zonas semiáridas del continente.
- Otro ejemplo de colaboración es el desarrollo de papas dulces resistentes a cierto virus, proyecto en el que participa el Instituto de Investigación Agrícola de Kenia (KARI), con financiación de la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID) y la empresa Monsanto. Proyectos semejantes, siempre con variedades locales, se están poniendo en marcha con plátano, caña de azúcar y frutos tropicales (véase Wambugu, 1999)

- Variedades de maíz y trigo resistentes al aluminio, aptas para crecer en suelos tropicales con altos contenidos de este metal. Variedades de mandioca (género *Manihot*) con bajo contenido en cianuro. La mandioca de la que se deriva la tapioca, es el alimento básico de cientos de millones de africanos, consumiéndose sus hojas y raíces. El procesamiento de la mandioca (frita, hervida, en polvo o fermentada) lo realizan mayoritariamente las mujeres, y tradicionalmente comenzaba con la maceración en agua del tubérculo pelado o machacado, durante 6 o 7 días, con lo que se diluye el cianuro que contiene de forma natural. Recientes prácticas de acortar ese período han conducido a numerosos casos de intoxicación, de ahí el interés de las cepas bajas en cianuro.
- En breve puede que se comercialice una variedad de batata (papa dulce) mejorada por ingeniería genética para mejorar su calidad proteica.
- Un grupo de investigación argentino ha logrado a partir de variedades de papas sudamericanas, versiones transgénicas resistentes a varios patógenos (virus, hongos y bacterias, incluyendo la destructiva *Erwinia*).
- Las variedades de plátano han sido renuentes a la mejora por métodos clásicos, debido en buena parte a que la mayoría de los cultivos comerciales son triploides. Mediante ingeniería genética, un grupo de la Universidad Católica de Lovaina (Bélgica) ha logrado plantas resistentes al hongo que más pérdidas ocasionan en estos cultivos. Por otro lado, en el Instituto Boyce Thompson de Investigación Vegetal están en camino de lograr variedades comerciales que incorporan antígenos de *Escherichia coli* causantes de diarreas (frecuentes en los trópicos y con gran incidencia sobre todo en la población infantil), de modo que puede que en breve tengamos deliciosas vacunas comestibles.
- Investigación en biotecnología en América Latina

El sector de alimentos en la Región de Latinoamérica se caracteriza, entre otros factores, por la dependencia creciente en los alimentos que importa, principalmente los cereales, poco crecimiento de la producción agrícola y pobreza que afecta sectores amplios de población sobre todo la rural. Dentro de este contexto, la frecuencia creciente de factores medioambientales y climáticos adversos como la sequía, desertización, corrosión de la tierra, las tormentas, huracanes, y los cambios

continuos en uso de la tierra para otras actividades económicas, está produciendo una reducción significativa de las áreas agrícolas.

El éxito de proyectos y actividades está limitado por el conocimiento de los diferentes grupos de investigación en la biotecnología. Este factor determina la viabilidad de lograr los resultados en un cierto término y determina el procedimiento de la investigación y los riesgos relacionados.⁵³

Un segundo factor se une estrechamente con las posibilidades de financiamiento, que dependen de las prioridades estipuladas por las fuentes de apoyo. Frecuentemente, los laboratorios e instituciones son atraídos particularmente por proyectos de los que los productos puede comercializarse rápidamente a un buen precio, como las plantas ornamentales y frutales, y aquellos que permiten una ampliación de infraestructura y algunos proyectos en conjunto con compañías transnacionales.

Aunque la Región se caracteriza por el desarrollo bajo en la biotecnología vegetal, el número total de investigadores bajo los sistemas de la investigación nacionales es aproximadamente 11,000. En la actualidad, más de 1800 científicos de los que 1,000 son postgraduados, está trabajando en la biotecnología principalmente en las universidades, centros de la investigación internacionales, e instituciones públicas y privadas (REDBIO 1999).

Sin embargo, debido a la dispersión de los grupos, poca interacción con el sector productivo y ausencia de programas regionales para organizar y promover las actividades científicas, el impacto real de la investigación está considerablemente limitado

Los Programas nacionales deben identificar objetivos y prioridades en cada área, para promover la colaboración regional, teniendo apoyo financiero y fortaleciendo el traslado de biotecnología apropiada y normas del bioseguridad a los productores, promoviendo la aplicación de resultados válidos.

- o Las aplicaciones de biotecnologías modernas en América Latina y el Caribe

Varios estudios han atraído la atención a las ventajas biotecnológicas de la región su desarrollo tradicional en la agricultura y silvicultura; su inmensa diversidad de especies y microorganismos; su abundancia de recursos naturales: capacidad científica adecuada en algunos países para la medicina y biología, pero los factores restrictivos son limitada o inexistente unión entre los sectores académicos y

productivos; falta de financiamiento; falta de apoyo político; poco interés en los compromisos a largo plazo; y una escasez de fondos en las universidades y centros de la investigación, para realizar investigaciones relacionadas

Los fondos limitados para el desarrollo de biotecnología ha producido duplicación de esfuerzo y ha reducido los incentivos para los científicos. Por otra parte el potencial de la biotecnología moderna se atrasa por la insuficiente investigación en las disciplinas estratégicas como las genética y la biología molecular.

La biotecnología en la región está haciendo contribuciones prácticas a la agricultura, y en menor magnitud a la silvicultura y a la ganadería.

Por las razones antes mencionadas, la biotecnología se ha enfocado más a la agricultura, como en los países desarrollados. La biotecnología vegetal se ha sido aplicado principalmente a: (i) la fijación natural de nitrógeno por las bacterias, (ii) el micropropagación de material de élite; (iii) la conservación, intercambio y uso de los recursos genéticos; y (iv) la mejora genética a través de cultivo de la antera, variación somaclonal, la fusión del protoplastos y regeneración de la planta, e ingeniería genética. La actividad en la ganadería se ha enfocado principalmente a: (i) diagnóstico de enfermedades; (ii) en fertilización in vitro y traslado de embriones, y (iii) la producción de patógenos para fabricación de vacunas.

La biotecnología no se ha aplicado a la silvicultura en gran magnitud por razones técnicas y porque las especies involucradas son plantas perennes con los ciclos de vida largos. Se ha realizado trabajo en las especies leñosas principalmente orientado hacia la investigación y el desarrollo de multiplicación de coníferos y las especies de hoja ancha; La clonación de árboles de rápido crecimiento (por ejemplo el híbrido del Eucalipto en Brasil); la búsqueda de marcadores bioquímicos y la conservación de recursos del bosque.

La mayoría de los países iberoamericanos se encuentran en un proceso de análisis de la información relativa a semillas y alimentos transgénicos, y algunos de ellos aún no autorizan la comercialización de dichos productos, ni la importación de las semillas.

En el caso de las semillas, en Chile se presenta una situación particular. No se permite la importación de semillas genéticamente modificadas, destinadas al cultivo y comercialización, pero sí la siembra de semillas transgénicas que empresas de orientación biotecnológica (como Monsanto, Novartis y Pioneer) ingresan al país con el fin de multiplicarlas y reexportarlas

El caso de Argentina es diametralmente opuesto. Se trata del segundo productor mundial de organismos transgénicos, detrás de Estados Unidos, con más de cuatro millones de hectáreas dedicadas a esos cultivos, en especial de soya y maíz, previéndose el inicio de la producción de girasol, alfalfa y hortalizas genéticamente modificados. En Argentina operan con total libertad las transnacionales Novartis, Agrevo y Monsanto, y los empresarios de la Asociación de Semilleros Argentinos reclaman al gobierno mayor velocidad para la liberación de estos cultivos. Sin embargo, en dicho país existe gran expectación frente al rechazo de los consumidores europeos hacia los productos modificados genéticamente, debido a que parte importante de sus cosechas se exportan a ese continente, sin especificar si se trata o no de productos transgénicos, situación que se repite en varios países del cono sur

Entre tanto, en Brasil el ministro de Medio Ambiente, se ha declarado contra la liberalización inmediata de alimentos transgénicos, sugiriendo que se realicen estudios de impacto ambiental, los secretarios de agricultura de los 27 estados federados aprobaron en mayo 1999 una resolución pidiendo la prohibición de cultivos comerciales. A pesar de esas medidas, es sabido que en forma ilícita existe un enorme mercado negro de semillas transgénicas provenientes de Argentina.

En Uruguay el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca autorizó este año la realización de varias siembras experimentales, pero aún no liberó el cultivo de productos transgénicos. El Comité de Análisis de Riesgo de Materiales Transgénicos, integrado por varias instituciones estatales uruguayas y encargado de recibir las solicitudes de las empresas, se rige hasta ahora por los criterios generales aplicados en otros países. En Paraguay empresas estadounidenses y argentinas han solicitado permiso para introducir semillas transgénicas de soya y maíz, pero el gobierno aún no da una respuesta y creó una Comisión de Bioseguridad, que integran instituciones estatales y organizaciones no gubernamentales (ONG), debido al amplio debate que se ha generado sobre los transgénicos.

En Bolivia el Foro sobre Ambiente y Desarrollo (Fobomade) se moviliza ante el anuncio de la empresa Monsanto de Argentina, que solicitó la evaluación de campo de soya y algodón transgénicos para lo cual el gobierno boliviano ha conformado el Comité Nacional de Bioseguridad.

- o El caso de China

- o El caso de China.

Una década después de que los insectos y los pesticidas destruyeron el algodón cultivado en las llanuras del Norte de China, el algodón regresa y lo hace gracias a la ingeniería genética.

La historia observa que Beijing ha concentrado miles de millones de dólares en la investigación sobre modificación de los genes de cultivos y hortalizas, de animales y de seres humanos. El esfuerzo está dando sus frutos: en el último año, el gobierno ha aprobado una docena de nuevos tipos de arroz, papas, tomates, maíz y árboles, todos desarrollados nacionalmente. Mientras que la ingeniería genética de animales y de medicinas está menos desarrollada, un investigador chino tiene un proyecto muy publicitado para reproducir el panda, el animal nacional de China, y promete éxito en el plazo de dos años.

De hecho, los principales beneficios de los alimentos modificados genéticamente como: Producciones más altas, costos más bajos, acometen la mayor preocupación en China y en el resto del mundo en desarrollo: cómo alimentar y vestir a sus enormes poblaciones. Dado que los mil trescientos millones de consumidores chinos exigen más carne y productos lácteos, los investigadores estiman que las producciones de alimentos tendrá que triplicarse para garantizar la paz. La cantidad de tierra cultivable en China está disminuyendo debido a la extensión de los desiertos y la erosión, forzando a China a controlar las corrientes de agua, convirtiendo algunas tierras bosques y prados en cultivables. Otras opciones, como la utilización de pesticidas y el riego, se utilizan.

El otro aliciente para la aplicación de la biotecnología en China es la ocasión de ganar un reconocimiento global como gran potencia científica, un esfuerzo que está ya dando sus frutos en una zona rural de Beijing. En un edificio brillante, blanco, rodeado por campos de maíz, 130 científicos del Centro de Investigación Nacional Norteño del Grupo Genético están haciendo la contribución de China al proyecto del genoma humano, un esfuerzo ambicioso de descifrar la estructura genética del cuerpo humano. Como único país en desarrollo en este proyecto que agrupa a seis naciones, China ha ganado el reconocimiento buscado. Como mucha de la investigación genética de China, el trabajo aquí es menor comparado con el trabajo hecho en países más ricos: China descifrará el 1% de los genes y se unió al proyecto de nueve años en 1999.

Mientras que la investigación es el primer paso, China sabe que será una superpotencia en genética solamente cuando pueda comercializar los resultados de sus científicos.⁵⁴

5. Situación actual.

♦ Acuerdos internacionales sobre los transgénicos.

Los gobiernos de más de 150 países, conscientes de los riesgos que corren la diversidad biológica y la salud humana con el aumento de la investigación y la aplicación comercial de la biotecnología genética, coincidieron en que el Convenio sobre la Diversidad Biológica debía considerar la necesidad y las modalidades de un protocolo de ese tipo. Poco después que el convenio fue abierto para su firma en 1992, el Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA) creó cuatro grupos especiales de expertos para asistir a las Partes Contratantes en la identificación de sectores prioritarios para la aplicación del Convenio. El Grupo IV de Expertos del PNUMA consideró de máxima importancia elaborar un protocolo sobre bioseguridad. La gran mayoría de sus miembros exhortó a comenzar el trabajo de inmediato, dado que las reglamentaciones y procedimientos sobre bioseguridad ya estaban muy a la zaga de los desarrollos tecnológicos, en un contexto en que, por un lado la industria presionaba por la comercialización de una serie de productos resultado de la ingeniería genética, y por el otro aumentaban los conocimientos científicos sobre sus riesgos para la ecología y la salud. Hubo una especial preocupación por la falta de reglamentación de las transferencias transfronterizas en los experimentos o ensayos de campo, especialmente de los países industrializados a los países en desarrollo. Estados Unidos, si bien no es una Parte del Convenio, rechazó la necesidad de un protocolo, y el representante de la OCDE propuso que, antes de considerar la creación de un instrumento internacional, se adoptara un enfoque gradual para establecer las capacidades nacionales.⁵⁵

En las dos reuniones preparatorias del Comité Intergubernamental sobre el Convenio, realizadas en 1993 y 1994, el tema de un protocolo sobre bioseguridad fue el centro de interés de los delegados. Una gran mayoría de países coincidieron en la necesidad de un protocolo de bioseguridad y recomendaron que la Conferencia de las Partes, en su primera reunión, considerara la posibilidad de ponerse a trabajar de inmediato en un protocolo de bioseguridad. Cuando la Conferencia de las Partes

Mientras que la investigación es el primer paso, China sabe que será una superpotencia en genética solamente cuando pueda comercializar los resultados de sus científicos ⁵⁴

5. Situación actual.

♦ Acuerdos internacionales sobre los transgénicos.

Los gobiernos de más de 150 países, conscientes de los riesgos que corren la diversidad biológica y la salud humana con el aumento de la investigación y la aplicación comercial de la biotecnología genética, coincidieron en que el Convenio sobre la Diversidad Biológica debía considerar la necesidad y las modalidades de un protocolo de ese tipo. Poco después que el convenio fue abierto para su firma en 1992, el Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA) creó cuatro grupos especiales de expertos para asistir a las Partes Contratantes en la identificación de sectores prioritarios para la aplicación del Convenio. El Grupo IV de Expertos del PNUMA consideró de máxima importancia elaborar un protocolo sobre bioseguridad. La gran mayoría de sus miembros exhortó a comenzar el trabajo de inmediato, dado que las reglamentaciones y procedimientos sobre bioseguridad ya estaban muy a la zaga de los desarrollos tecnológicos, en un contexto en que, por un lado la industria presionaba por la comercialización de una serie de productos resultado de la ingeniería genética, y por el otro aumentaban los conocimientos científicos sobre sus riesgos para la ecología y la salud. Hubo una especial preocupación por la falta de reglamentación de las transferencias transfronterizas en los experimentos o ensayos de campo, especialmente de los países industrializados a los países en desarrollo. Estados Unidos, si bien no es una Parte del Convenio, rechazó la necesidad de un protocolo, y el representante de la OCDE propuso que, antes de considerar la creación de un instrumento internacional, se adoptara un enfoque gradual para establecer las capacidades nacionales.⁵⁵

En las dos reuniones preparatorias del Comité Intergubernamental sobre el Convenio, realizadas en 1993 y 1994, el tema de un protocolo sobre bioseguridad fue el centro de interés de los delegados. Una gran mayoría de países coincidieron en la necesidad de un protocolo de bioseguridad y recomendaron que la Conferencia de las Partes, en su primera reunión, considerara la posibilidad de ponerse a trabajar de inmediato en un protocolo de bioseguridad. Cuando la Conferencia de las Partes

se reunió por primera vez en Nassau, Bahamas, del 28 de noviembre al 9 de diciembre de 1994, su primera decisión importante fue crear un grupo de trabajo "ad hoc" de composición abierta de expertos, designado por los gobiernos. Solicitó, pues, a la Secretaría del Convenio, que creara un grupo de 15 especialistas designados oficialmente por los gobiernos, el cual contaría con la asistencia de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), para elaborar un documento de referencia que sería presentado al grupo de trabajo ad-hoc de composición abierta de expertos designado por los gobiernos en la reunión que debía celebrarse en Madrid del 24 al 28 de julio de 1995. Este documento de referencia (conocido como el Informe del Cairo del Grupo de Expertos) se elaboró en la reunión del grupo en El Cairo en mayo de 1995. Luego fue presentado para su discusión al grupo de trabajo de Madrid.

- o La Comisión Europea crea en abril 2000 un grupo científico de alto nivel para decidir sobre biotecnología.

La Comisión Europea presentó el 27/04/2000 en Bruselas a los componentes de un grupo científico de alto nivel que tendrá como misión informar al Ejecutivo comunitario sobre cuestiones relacionadas con la biotecnología, como la clonación de embriones humanos, los organismos genéticamente modificados (OGM), la identificación del genoma humano o la obtención de determinadas patentes. Así, aunque en principio dicho grupo no se pronunciará directamente sobre los temas, resolverá las cuestiones que la propia Comisión le plantee, y le ayudará a resolver disyuntivas para la toma de decisiones políticas, como la moratoria sobre las importaciones de OGM o la permanencia del "principio de precaución". En la primera reunión del equipo, se abrirá un debate entre todas las partes implicadas, desde el Parlamento Europeo hasta los medios de comunicación, pasando por la comunidad científica y los consumidores; y que culminará con la celebración de una cumbre sobre biociencia en noviembre de 2000.

Este grupo completará al ya existente Grupo de Alto Nivel sobre Bioética, que se encarga de opinar sobre los aspectos filosóficos de determinadas aplicaciones científicas y avances tecnológicos relacionados con las ciencias de la vida.

- o Grupo de Acción Intergubernamental Especial del Codex sobre Alimentos obtenidos por medios Biotecnológicos.

Este grupo especial se formó en 1999, durante la 23ª reunión de la Comisión del Codex Alimentarius, y como otros comités del Codex está formado por delegados de los gobiernos, científicos y representantes de los consumidores y de la industria. La primera función del grupo, cuyo mandato es por cuatro años, consiste en "formular normas, directivas u otros principios, donde sea oportuno, sobre los alimentos obtenidos con medios biotecnológicos".⁵⁶

El análisis de riesgos es el elemento central de las actividades de la Comisión del Codex Alimentarius, y consta de los siguientes tres aspectos: evaluación, gestión y difusión de información

El objetivo del grupo especial es establecer un sistema internacionalmente aceptado de evaluación de la inocuidad de los alimentos en el ámbito de la biotecnología, que a la vez defienda la salud del consumidor y fomente prácticas comerciales justas. Además, el grupo especial se ocupará de asegurar que las normas, directrices y principios incorporados en los tratados multilaterales sobre el medio ambiente, como el Protocolo sobre Bioseguridad, y en los acuerdos multilaterales de comercio, como los de la Ronda Uruguay de la Organización Mundial del Comercio se apoyen mutuamente.

◆ Investigación.

o CGIAR.

Se estableció en 1971 para apoyar los trabajos de varios centros de la investigación agrícolas internacionales (IARCs). Hoy el sistema de CGIAR consiste en 18 IARCs, con ser de apoyo recibido de unos 40 donadores.

CGIAR es un programa complejo de investigación y las actividades relacionadas. Sus metas son:

- Conservación de recursos naturales (es decir tierra, agua, bosques y germplasma) para la producción sustentable;

- Mejorar la productividad de cultivos prioritarios, ganado, árboles y peces, y su integración en los sistemas de la producción sustentables;
- Mejorar cultivos, ganado, recursos forestales y productos de la pesca en las áreas rurales y "urbanas a través de la tecnología de post-cosecha.
- Establecer políticas apropiadas para el aumento de productividad de recursos naturales.
- Fortalecer los recursos humanos e instituciones para favorecer una mayor investigación en los sistemas de los países en vías de desarrollo.

CGIAR cree que puede ayudar de dos formas fundamentales: manteniendo el flujo de información necesaria y germoplasma (la semilla y materiales) entre países desarrollados y aquellos en vías de desarrollo, asegurando que las necesidades agrícolas de los países en vías de desarrollo no se pierdan en el esfuerzo de la investigación general.

La mayoría del IARCs están, o probablemente se involucrarán, en la investigación de la biotecnología. Esto incluye la biología celular y molecular y las nuevas técnicas derivadas de éstas para mejorar la composición genética de cultivos y animales.

Los IARCs representarán un papel importante adaptando las herramientas de la biotecnología a las necesidades del desarrollo de la agricultura.

- o El papel de IARCs en las redes de la investigación avanzadas.

Muchos centros internacionales juegan un papel crucial en redes de investigación avanzada que se unen a los centros de las instituciones de la ciencia básicas. Las redes ayudan a la investigación del objetivo, desarrolla las metodologías, establece los nuevos cauces de la investigación, extiende el conocimiento de investigación y proporciona medios para adquirir las nuevas tecnologías. Los centros pueden unir sus propios programas con aquéllos de instituciones rurales de países avanzados y en vías de desarrollo, en los problemas de interés mutuo.⁵⁷

La red más antigua, es la Rockefeller Foundation, red en la biotecnología de arroz, establecido en 1985. esta red une los laboratorios adelantados en Europa y los Estados Unidos, con el Instituto de la Investigación del Arroz internacional (IRRI) y el Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CIAT). En la red se están desarrollando los mapas Moleculares del arroz y se han clonado los genes potencialmente útiles de arroz, incluso el gen "oryzacystatin", un inhibidor de las enzimas digestivas de plagas de insectos.

La formación de la Red de Biotecnología de Yuca en 1988 en el CIAT, involucra a científicos en América Latina, África, Europa y los Estados Unidos, realiza investigación en la yuca, involucra el estudio de la bioquímica y genéticas de la cianogenesis (formación de HCN, ácido cianhídrico, en las plantas). Los resultados ayudarán a definir los objetivos de la investigación: para eliminar el cianuro de la planta, o para aumentar la actividad de la enzima específica que reduce la presencia de compuestos del cianogenicos. Otro objetivo extenso es la producción de semilla en conjunto con el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) y CIAT.

El Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Centro Internacional para el Maíz y Mejora del Trigo (CIMMYT) también está usando eficazmente las redes. CIP que trabaja con la papa y camote, ha establecido una red extensa de colaboración con instituciones en los Estados Unidos, China, Israel y Europa para las actividades en la ingeniería genética y análisis de marcadores moleculares RFLP. Los esfuerzos como este le han permitido a CIP obtener acceso a la especialización científica de una manera rentable.

CIMMYT esta participando en RFLP de maíz conectado a una red de computadoras bajo el programa EUREKA que consolida pautas en Europa. Esta red consiste en instituciones públicas y privadas en Francia, Alemania, los Países Bajos e Italia. Sus metas son utilizar los marcadores moleculares (RFLPs) para complementar el mapa genético de maíz, CIMMYT produce el germoplasma; para identificar (el mapa) los Sitios de Rasgos Cuantitativos (QTLs) para los caracteres agronómicos importantes; y para desarrollar las estrategias. CIMMYT también participa en el la Iniciativa Tríticeae Mapping Internacional (ITMI), una red de científicos interesados trazando el trigo y el genomas relacionados.

CIAT - la investigación de la Biotecnología se inicia en el periodo de 1980 a 1984, con énfasis en el cultivo de tejidos por conservar el germoplasma de la yuca y la mejora del germoplasma de arroz. En 1985 la Unidad de Investigación de Biotecnología (BRU) se estableció. BRU se enfocó en el germoplasma de los cultivos de CIAT y se ha extendido para incluir el estudio de microorganismos seleccionados y técnicas bioquímicas moleculares modernas. CIAT también estableció varios proyectos de la investigación en colaboración con las instituciones rurales desarrolladas en los Estados Unidos y Europa trabajar en la yuca, la biotecnología de arroz y marcadores moleculares para los estudios evolutivos en el frijol. La investigación adicional incluye la caracterización de mecanismos involucrada en la resistencia y tolerancia al estrés bióticos y abióticos en las plantas.

CIAT ha entrenado a 90 personas de 20 países en América Latina, Asia y África en el cultivo de tejido y la caracterización bioquímica y molecular de recursos genéticos, además de los esfuerzos de la investigación. Los entrenamientos en el futuro darán énfasis a estudios e investigación en programas de investigación nacionales.

CIMMYT - Desde inicio de los 1980s, ha utilizado varias herramientas de biotecnología en el trigo y mejora de maíz. Ellos han incluido el uso de cultivo de tejidos por producir el triticale híbrido genético, la selección del somaclonal para la tolerancia de sal en el trigo, y el perfeccionamiento de recombinación en la hibridación de trigo con los parientes salvajes, y maíz con *Tripsacum*. Así como ensayos usando el diagnóstico rutinario de varias enfermedades virales. Con la realización de los nuevos medios de la biotecnología aplicados en 1989, se reforzaron los esfuerzos de CIMMYT en la biotecnología para incluir el uso de tecnología de los marcadores moleculares para la manipulación en los rasgos de genes de importancia agronómica. Estos esfuerzos son el enfoque del Laboratorio de Genética Molecular Aplicada. Más recientemente, el Laboratorio de Cultivo de Tejidos fue establecido para aprovecharse estudios de maíz y transformación del trigo. Todas las actividades en la biotecnología buscan reforzar el programa de la cría, a través de cualquier técnica, de la selección de los más eficientes.

La investigación actual en el maíz incluye la evaluación de la diversidad genética del germoplasma de las regiones tropical, subtropical, la región montañosa y en el África

La aplicación de tecnologías de marcadores en el trigo es más compleja, debido a que su genoma es más grande y su naturaleza de poliploide. Ha habido progresos en estudios de resistencia a la hoja roja y resistencia a la quemadura de la hoja por bacterias.

El Laboratorio de Cultivo de Tejidos, busca reforzar la resistencia del maíz tropical a las plagas de insectos, a través de transformación genética. Hay también en marcha bioensayos de toxinas para insectos, parcialmente purificadas del *Bacillus thuringiensis* (Bt) en colaboración con la planta mexicana del instituto de la biología molecular, CINVESTAV, y el EMBRAPA, la estación en Sete Lagoas, Brasil.

La transformación a través de la inserción de genes de la proteína antibacterianos y el gen de la chaqueta-proteína para el Papa Hoja Rollo Virus (PLRV) en los clones de la papa es ahora posible. Se usaron dos genotipo, Desiree y 86007, para la

transformación con el *tumefaciens* de *Agrobacterium* y *rhizogenes* de *A.* como los vectores para gen que codifica para las proteínas antibacterianas.

ICRISAT - científicos de ICRISAT están usando la biotecnología como herramienta para superar problemas en la producción de cultivos, donde la biotecnología es más eficaz o rentable.

En la investigación de biotecnología de cereales, ICRISAT apunta para usar los marcadores moleculares en la mejora de cultivos. En colaboración con la Universidad de Milán, se está desarrollándose un mapa RFLP de sorgo usando las sondas de maíz.

IRRI - El trabajo en biotecnología del IRRI está apoyado por la Fundación Rockefeller, la red del Programa internacional en la Biotecnología de Arroz, fue establecido en 1985. Esta red sirve como un prototipo para las interacciones entre instituciones rurales de países desarrollados y en desarrollo, e incluye la participación de IRRI, CIAT, IFPRI e ISNAR. Un mapa genético molecular de arroz con encima de 600 marcadores se ha desarrollado y se ha distribuido alrededor del mundo y ha estado usándose para reconocer genes importantes, los transgenes potencialmente útiles, como aquellos de resistencia para virus e insectos, se han transferido al arroz y está se probando actualmente.

ILRAD - el trabajo de ILRAD representa aproximadamente la mitad de fondos de CGIAR y se han invertido en la investigación de biotecnología. Los recientes logros incluyen el trabajo en conjunto con la Universidad de California a Berkeley que realizo un mapa completo del material genético entero de parva de *Theileria*, un parásito del ganado africano doméstico que causa la enfermedad conocida como la Fiebre de la Costa Este. Este mapa de la restricción es el primer mapa completo hecho del genoma de un parásito protozoario. Se usaron técnicas que involucran biología molecular moderna, biotecnología y manipulación genética en el ejercicio de la cartografía. El mapa del genoma del parásito se usará para supervisar el ciclo de vida del parásito, la recombinación genética que involucra la generación de una amplia variedad de factores que afectan el parásito. El conocimiento de esta diversidad ayudará a investigadores a desarrollar una vacuna.

6. Los alimentos transgénicos en México.

transformación con el *tumefaciens* de *Agrobacterium* y *rhizogenes* de *A.* como los vectores para gen que codifica para las proteínas antibacterianas.

ICRISAT - científicos de ICRISAT están usando la biotecnología como herramienta para superar problemas en la producción de cultivos, donde la biotecnología es más eficaz o rentable.

En la investigación de biotecnología de cereales, ICRISAT apunta para usar los marcadores moleculares en la mejora de cultivos. En colaboración con la Universidad de Milán, se está desarrollándose un mapa RFLP de sorgo usando las sondas de maíz.

IRRI - El trabajo en biotecnología del IRRI está apoyado por la Fundación Rockefeller, la red del Programa Internacional en la Biotecnología de Arroz, fue establecido en 1985. Esta red sirve como un prototipo para las interacciones entre instituciones rurales de países desarrollados y en desarrollo, e incluye la participación de IRRI, CIAT, IFPRI e ISNAR. Un mapa genético molecular de arroz con encima de 600 marcadores se ha desarrollado y se ha distribuido alrededor del mundo y ha estado usándose para reconocer genes importantes, los transgenes potencialmente útiles, como aquellos de resistencia para virus e insectos, se han transferido al arroz y está se probando actualmente.

ILRAD - el trabajo de ILRAD representa aproximadamente la mitad de fondos de CGIAR y se han invertido en la investigación de biotecnología. Los recientes logros incluyen el trabajo en conjunto con la Universidad de California a Berkeley que realizo un mapa completo del material genético entero de parva de Theileria, un parásito del ganado africano doméstico que causa la enfermedad conocida como la Fiebre de la Costa Este. Este mapa de la restricción es el primer mapa completo hecho del genoma de un parásito protozoario. Se usaron técnicas que involucran biología molecular moderna, biotecnología y manipulación genética en el ejercicio de la cartografía. El mapa del genoma del parásito se usará para supervisar el ciclo de vida del parásito, la recombinación genética que involucra la generación de una amplia variedad de factores que afectan el parásito. El conocimiento de esta diversidad ayudará a investigadores a desarrollar una vacuna.

6. Los alimentos transgénicos en México.

♦ Cultivo de transgénicos en México.

En México las pruebas de campo de cultivos transgénicos se iniciaron en 1988, y hasta julio de 1999, son 141 los permisos otorgados para estos cultivos por la Dirección General de Seguridad Vegetal (DGSV) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos (SAGAR). Estos permisos fueron revisados por la Comisión Nacional de Bioseguridad Agrícola (CNBA) la cual es entidad consultora de la DGSV.

La mayoría de las evaluaciones de campo son de organizaciones comerciales quienes desean introducir su material en el mercado mexicano ver tabla 4

Tabla 4. Pruebas de cultivos transgénicos por aplicación (1988- julio 1999)

Empresa/Institución	No. de pruebas
Upjohn-Asgrow	1
Trechas	1
Zeneca	1
Seminis	13
Agritope	3
Petoseed	2
Harris-Moran	2
DNA Plant Technology	9
CILCA	7
UNAM	1
Calgene	7
Campbell-Sinalopasta	3
Mycogen	1
Malvinas	2
ISK-Bioscience	1
Semillas Híbridadas	1

Pionner	12
Asgrow	12
Rhone-Poulec	3
Monsanto	32
CIBA-GEIGY	2
Florigen Europe	1
CIMMYT	17
Cinvestav-Irapuato	10

Tomada de "México: Ensuring Environmental Safety While Benefiting from Biotechnology, Ariel Alvarez Morales".

El Centro de Investigación y Estudios Avanzados Irapuato (Cinvestav-I), el Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) También han realizado pruebas de campo con el propósito de investigación o como parte de los programas de desarrollo social. Los más recientes incluyen la variedad de papa resistente a virus PVX/PVY desarrollada por Cinvestav-I en colaboración con Monsanto, con fondos de la fundación Rockefeller.

Las pruebas realizadas por las empresas que incluyen: resistencia a insectos, tolerancia a herbicidas o resistencia a virus (tabla 5), no ofrecen beneficio directo a los consumidores. Los productos con maduración retardada regulados en México como FLAVSAVR desarrollado por Zeneca para fines industriales no ha sido promovido en México, dado que no existe la necesidad de este producto, puesto que el tomate fresco está disponible durante todo el año.

Tabla 5. Pruebas de Transgénicos por Rasgo

Resistencia a Virus	21
Maduración retardada	29
Investigación	9
Modificación de contenido de grasa	1
Resistencia a insectos/herbicidas	2

Resistencia a Insectos	45
Tolerancia a herbicidas	28
Modificación genética (por B. Thuriengienesis)	1
Resistencia a hongos	1
Color de la flor	1
Apomixis	1
Tolerancia al aluminio	1

Tomada de "México: Ensuring Environmental Safety While Benefiting from Biotechnology, Ariel Alvarez Morales".

El Maíz es el cultivo que más ha sido probado seguido por el tomate y el algodón (tabla 6).

México es el centro del origen y diversidad de estos tres cultivos, y se pueden encontrar parientes silvestres de estos, en diferentes áreas del país. Desde 1997 se ha desatado una fuerte campaña en contra de los Organismos genéticamente modificados debido a las pruebas que se realizan en maíz transgénico, y las importaciones de maíz transgénico de los Estados Unidos.

Tabla 6 Pruebas de material transgénico por tipo de organismo.

Calabaza	11
Piña	1
Papaya	4
Melón	5
Chile	1
Plátano	1
Alfalfa	1
Canoia	1

Jitomate	29
Arroz	1
Soya	13
Maíz	34
Papa	5
Algodón	28
Clavel	1
Tabaco	4
Trigo	4
Bacterias	2

Tomada de "México Ensuring Environmental Safety While Benefiting from Biotechnology, Ariel Alvarez Morales".

No es difícil entender la razón de estos acontecimientos, el maíz ha representado un papel mayor desde las culturas prehispánicas y esta profundamente arraigado en la cultura y tradiciones del pueblo de México.

◆ Regulación

Los organismos reguladores no pueden ignorar la importancia de la opinión pública y los organismos no gubernamentales que tienen interés en preservar el medio ambiente. Sin embargo, hay posiciones extremas que son difíciles de entender.

Más allá de la seguridad ambiental de los organismos genéticamente modificados, las pruebas realizadas se han realizado asumiendo las experiencias pasadas con cultivos no transgénicos. Esta información asume que los riesgos involucrados en las pruebas de los OGM son similares o menores que los que podrían tenerse con cultivos no transgénicos, basándose en el principio de la familiaridad.

Algunos grupos están en contra de los transgénicos, argumentando riesgo para el medio ambiente. Ambos grupos, quienes están en favor y en contra de los transgénicos no tienen suficientes fundamentos basados en investigación de su posición.

Las consecuencias de esta situación son preocupantes. En México, La DGSV fue presionada por los grupos opositores a detener la aprobación de cultivos

comerciales de maíz transgénicos en julio de 1998. Estos han sido limitados a las pruebas del CIMMYT.

Las autoridades en México están interesadas en continuar con las pruebas de campo con maíz transgénico si estas ofrecen ventaja o beneficios a la agricultura. Un ejemplo de esto puede ser la generación de variedades de maíz con tolerancia al aluminio, las cuales están siendo estudiadas en Cinvestav-I, a través de la sobre expresión de un gen codificador de síntesis de citrato. Este fenotipo tiene un gran potencial en la agricultura tropical de suelos ácidos cuyo auge se ha perdido debido a los altos niveles de iones aluminio⁵⁸

Grupos ecologistas se oponen a la entrada de maíz transgénico a México

En julio de 1999 la organización ecologista Greenpeace demandó, detener de inmediato las importaciones de maíz transgénico, que llega al país mezclado con grano no alterado genéticamente para su comercialización. Al entregar 100 kilos de este maíz adquirido en el estado de México 40 pesos abajo del precio oficial a la Secretaría de Salud (SSA), el grupo encabezado por Alejandro Calvillo y Liza Covantes destacó: "queremos que ya se niegue la comercialización de esa mezcla de maíz transgénico; desde 1997 las autoridades del Departamento de Agricultura de Estados Unidos declararon que por sus leyes no tienen obligación de separarlo y así lo exportan".

El grano llega a México sin ningún etiquetado, avisos o notificación, y las autoridades mexicanas no dan seguimiento a la comercialización. "No hay nada" y el riesgo a la salud es latente, expuso Liza Covantes.

Lamentó que ni la SSA ni la Secretaría de Agricultura (Sagar) obliguen a los comerciantes de ese producto transgénico entre otros la empresa Novartis a notificar oficialmente el tipo de producto que venden. "La Sagar dice que es para consumo humano y por eso no le compete; la SSA argumenta que es para siembra y el asunto debe asumirlo la Secretaría de Agricultura".

Ocho activistas de Greenpeace vestidos y maquillados de blanco, con una "X" negra pintada en la cara, custodiaron por más de una hora los 100 kilos de maíz transgénico que llevaron al acceso principal de la SSA. Después trasladaron el cargamento a las oficinas del director de Servicios Generales de dicha dependencia, Roberto Zosaya, quien se comprometió a entregarlo a Juan Ramón de la Fuente. "Es todo lo que podemos hacer, ahora corresponde a las autoridades realizar los estudios de riesgo correspondientes", abundó Covantes. Comentó que en el país no

está aprobado oficialmente el consumo de este grano; sin embargo, un estudio realizado por la organización ecologista revela que están ingresando las variedades transgénicas de maíz Bt, entre ellas la "Event 176" que contiene un gene de resistencia a la ampicilina, antibiótico ampliamente utilizado para combatir diversas enfermedades infecciosas.

La Secretaría de Salud aseguró a la organización ecologista que compartía su preocupación por la introducción al mercado nacional de los productos transgénicos, por lo que "inició una serie de acciones para regularlos". Pero, establece en un comunicado fechado el 26 de abril de este año, "la Ssa no tiene evidencia de que se estén introduciendo al país productos biotecnológicos cuya regulación sea de su competencia, pero sí semillas y granos que regula la Agricultura". A su vez, la Sagar aseguró que tiene registro de todas las instituciones públicas o privadas que realizan investigaciones con material transgénico y están bajo vigilancia; "cualquier material transgénico que pretenda ser liberado al ambiente en México tiene que cumplir con todos los requisitos establecidos en la NOM-056-FITO-1995, pero en caso de que algún interesado pretenda introducir producto transgénico destinado a consumo humano, el caso corresponde a la SSA"⁵⁹

◆ Algunos cultivos transgénicos en México.

El secretario de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Sagar), Románico Arroyo Marroquín, liberó en noviembre de 1999 26 especies de maíz transgénico de alta calidad proteínica y elevada productividad, denominados QPM. En el acto explicó que estas especies fueron aprobadas después de 18 años de investigación por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).⁶⁰

El titular de la Sagar indicó que para el año 2000 se producirá semilla certificada para la siembra de 500 mil hectáreas, con lo cual se podrán beneficiar alrededor de 200 mil productores de granos básicos a nivel nacional. Ante el premio Nobel de la Paz, Norman Borlaug, el director del INIFAP, Jorge Kondo López y el director general del CIMMYT, Tomothy Reeves, Arroyo Marroquín entregó las variedades QPM al director general de Pronase, Artemio Iglesias Miramontes. Reiteró que la finalidad de estas especies es producir semilla certificada para la siembra de 500 mil hectáreas en el país y dijo que este compromiso vendrá a revolucionar los sistemas productivos y de nutrición. Con estas especies se podrá disponer de un tipo de grano con el doble de lisina y triptófano, aminoácidos esenciales para la

alimentación- que el maíz común y poner a México en el futuro a la vanguardia como productor de este cereal rico en proteínas, subrayó. En tanto, el director del INIFAP, Jorge Kondo López, informó que mientras la proteína del grano en su normalidad tiene 1.6 por ciento de lisina y 0.47 por ciento de triptófano, el maíz QPM contiene 3.1 de lisina y 1 por ciento de triptófano. Kondo López destacó que de esta manera se incrementa el valor biológico de la proteína del grano de maíz, sin deteriorar las características organolépticas de la tortilla. Preciso que este tipo de maíz tiene una digestibilidad del 73.5 por ciento y un 90 por ciento de calidad de proteína cercana a la leche. Además, indicó que esta modificación genética no pone en riesgo la biodiversidad del maíz. Añadió que el desarrollo de estos materiales con mayor calidad proteínica está basado en la utilización de un gene recesivo propio del maíz mejorado para darle apariencia normal, utilizando genes complementarios con procedimientos de mejoramiento genético. Asimismo, dijo que según evaluaciones del INIPAF se confirmó que los nuevos maíces QPM tienen un mejor desempeño agronómico competitivo que los materiales comerciales y tradicionales del grano. Agregó que las especies QPM tienen rendimientos promedio de 10 toneladas por hectárea bajo condiciones de riego y de temporal benigno, pero se ha comprobado que puede alcanzar las 16 toneladas por hectárea a nivel experimental. Estimó que estos materiales QPM pueden ser factibles para su utilización a partir del ciclo primavera-verano 2000 y se pretende que llegue a manos de campesinos de más de 12 estados del país a través del programa "Kilo por Kilo" que impulsa la Sagar.

El INIPAF será el organismo operativo responsable de producir semilla registrada con estos materiales y para ello pide integrar esfuerzo con organismos e instituciones que permitan la operación de programas eficientes de producción de semillas.⁶¹

o El cultivo de transgénicos en México según Greenpeace.

El grupo ambientalista Greenpeace denunció que por lo menos en seis estados de la República se experimenta con maíz transgénico del tipo Bt, que de acuerdo con estudios de la Universidad de Cornell, provoca la muerte de mariposas Monarca.⁶² La organización destacó que entre 1995 y 1998 se llevaron a cabo por lo menos 20 experimentos con este tipo de maíz en las localidades de El Batán, estado de México, Tlaltzapán, Morelos, Los Mochis, Sinaloa, San José del Valle, Nayarit, Ciudad Obregón, Sonora, y Santo Domingo, Baja California Sur.⁶³

La soya transgénica puede estar en: harina de soya en artículos de panadería, carne vegetal, leche de soya, alimentos para bebés, batidos de dieta y proteínas, pastillas de proteína, chocolate, barras de caramelo, margarina, helado, aderezos para la ensalada, salsa de soya, lecitina, El maíz transgénico puede encontrarse en el aceite de maíz, endulzante de maíz y prácticamente en todos los productos endulzantes, en el almidón de maíz, que está incluso en el yogur y en productos derivados de maíz incluyendo los cereales y las papas fritas. Las papas pueden ser también transgénicas.

Se usan diferentes clases de cuajo para hacer queso, incluyendo versiones transgénicas llamadas quimosina o quimax, así como también cuajo animal. El término "enzima microbiana" sobre un paquete de queso puede referirse al cuajo vegetal (una enzima natural de un moño)

De maíz son 5 millones de toneladas que se exportaron en 1998 una parte de esta son de transgénicos, para 1999 se calcula fue en 25 por ciento en la mezcla, lo que significa que alrededor de un millón 750 mil toneladas.^{64 65} Abunda que la Ssa tiene aprobados 5 productos transgénicos donde no se incluye al maíz: tomate, papa, algodón, soya y canola, pero tampoco indica en los productos procesados su origen transgénico.

En México se aprobaron 100 mil hectáreas de algodón transgénico para sembrarse en 1999, En este sentido, el director de Sanidad Vegetal de la Sagar, Luis Alberto Aguirre Uribe, explicó que los transgénicos se están subsidiando a través de Alianza para el Campo, en programa piloto exclusivamente para el algodón y la soya; en éste último caso se ha plantado cantidades muy pequeñas en el país. En el caso del algodón, se tienen superficies de alrededor de 12 mil hectáreas en Tamaulipas, y alrededor de 7 mil en la región lagunera únicas áreas donde se cultivan. Abunda que la dirección a su cargo ya tiene una Norma Oficial Mexicana (NOM) que regula la siembra de productos transgénicos para investigación. Además, existe el Comité Nacional de Biodiversidad Agrícola, como un comité consultor, donde participan las instituciones relacionadas con los productos derivados de la biotecnología como la Semarnap y la Ssa que investigan el caso antes de emitir o permitir la siembra para investigación, normalmente en áreas confinadas y bajo estrictas medidas de bioseguridad.⁶⁶

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) actuaría como Secretariado Técnico y habría una Comisión Técnica encargada de elaborar permisos para movilización de siembra o para consumo. Con ello se plantea que las propias dependencias tengan sus unidades de análisis de riesgo. Sobre el tema, el

presidente de la Unión Nacional de Productores de Maíz, Abel Castellanos Castellanos, refiere que si bien es cierto la ingeniería genética permite garantizar con mayor facilidad la alimentación humana, se requiere mucho cuidado con los organismos genéticamente modificados con el fin de incrementar considerablemente su resistencia a plagas y enfermedades. Cuando ese aumento de resistencia conlleva a un equilibrio, lo que sucede es que el vegetal agredido se convierte en un vegetal agresor en la práctica.

En México, las investigaciones se han encaminado a la mejora de las plantas. Hoy existen 22 variedades de maíz manipuladas genéticamente para alimentación humana y animal, pero cuya resistencia es producto del procedimiento normal de selección genética. Castellanos estima que los transgénicos no representan prácticamente mayor riesgo ni para los productores ni para la biodiversidad, en la que se incluye a la población. Desde su punto de vista, no alteran el equilibrio entre las distintas especies que conviven con el cultivo de maíz y, por ende, no rompen los esquemas de biodiversidad biológica. Incluso, se han sembrado maíces transgénicos de otros países con una gran resistencia a algunas plagas.⁶⁷

De acuerdo con el presidente de la Unión Nacional de Productores de Maíz, el frijol con calidad nutritiva mejorada no presenta riesgos para el consumidor; sin embargo, cuando es sujeto de manipulaciones para fortalecerlo contra ciertas situaciones, sí puede existir una secuela en el consumo:

“Por lo tanto, se estima que en el consumo de tortillas no existe ningún riesgo si se habla de maíces con alta proteína, porque únicamente se busca incrementar la capacidad nutritiva. Pero si se fortalece contra plagas, los controles para evitar consecuencias deben ser mayores, bastantes rigurosos. De manera que Castellanos considera que esos riesgos deben legislarse tanto para normas de etiquetado como para normas de comercialización de las semillas base, de cultivo.

Respecto a posibles efectos de afectación humana, la Secretaría de Salud debería ser el órgano vigilante, mientras respecto al etiquetado, debería ser la Procuraduría Federal del Consumidor (Profeco). Algunos organismos internacionales han creado mucha polémica porque consideran que potencialmente el riesgo es muy grande, y pueden tener razón, pero también pueden no tenerla opina. Se habla fundamentalmente de peligros potenciales y hasta ahora, ni Greenpeace ha presentado evidencias de peligros reales, pues aún no se han realizado siembras masivas ni de alcance comercial, sino de verificación que, se supone, deben estar sujetas a los protocolos de control de investigación.

La biotecnología en el INIFAP tiene la responsabilidad de desarrollar investigaciones estratégicas en ingeniería genética, marcadores genético moleculares, cultivo de tejidos, biofertilizantes y bioprocesos. Para ello se tiene una red nacional conformada por ocho unidades de biotecnología como responsables de la generación de tecnología en aspectos como la formación de plantas transgénicas y variedades en un menor tiempo, micropropagación masiva de nuevas variedades en especies perennes o de reproducción asexual, formulación de biofertilizantes, y diagnóstico preciso y oportuno de enfermedades de plantas; Para ello se cuenta con una masa científica de 31 investigadores, de los cuales 10 se encuentran realizando estudios de doctorado, quienes realizan parte de la investigación básica en instituciones nacionales o del extranjero con las que tenemos convenios de colaboración. Actualmente se tienen proyectos en los cultivos del maíz, frijol, papa, café, cacao, tomate, chile, zarzamora, plátano, cítricos, caña de azúcar, yuca, aguacate, cocotero y palma de aceite, en las siguientes áreas: micropropagación, transformación genética para resistencia a virus y toxicidad por aluminio, formulación y aplicación de biofertilizantes, selección asistida para resistencia a sequía y calidad de proteínas y diagnóstico molecular de fitoplasmas, geminivirus y especies de mosquita blanca (*Bemisia spp.*), y proyectos aplicados en el desarrollo de biofábricas para la micropropagación masiva de plantas y producción de biofertilizantes, todos ellos en colaboración con instituciones como el CINVESTAV, CICY, IBT-UNAM, Universidades Nacionales e internacionales, y empresas dedicadas a la producción y transformación de alimentos , y desde luego en el programa federal de Alianza para el Campo.

♦ Legislación.

Se crea la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad en México⁶⁸

La Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Sagar) publicó el 6 de noviembre de 1999 en el Diario Oficial de la Federación el acuerdo por el que se crea la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados.

Esa instancia coordinará las políticas de Administración Pública Federal relativas a la bioseguridad y a la producción, importación, exportación, movilización,

-propagación, liberación, consumo y, en general, uso y aprovechamiento de organismo genéticamente modificados, sus productos y subproductos.

De acuerdo con la Sagar, corresponderá a esa Comisión elaborar y presentar a consideración del Presidente de la República las políticas nacionales en la materia y proponer la actualización y mejoramiento del marco jurídico en las materias de su competencia. De igual forma, asegurar el aprovechamiento de los recursos y capacidad de las diferentes instituciones de los sectores público y privado que realicen actividades en la materia objeto de la propia Comisión, entre otras funciones. Además emitirá sus reglas de operación dentro de los 30 días siguientes a partir de mañana, sábado, y en ella participarán los titulares de las Secretarías de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural; del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Salud, Hacienda y Crédito Público, Comercio y Fomento Industrial y Educación Pública.

o El Voto de OGM en el Senado mexicano.⁶⁹

El Senado de México votó el 30 de marzo 2000 unánimemente para requerir el etiquetado de alimentos que contienen los ingredientes genéticamente modificados. La medida esta de acuerdo con el protocolo de bioseguridad de la ONU adoptado en la reunión de 140 representantes nacionales en Montreal, Canadá, aunque eso sólo aplica a los alimentos importados. Bajo la medida mexicana, los alimentos genéticamente modificados tendrían que llevar una etiqueta con la leyenda "alimento transgénico ". Aquellos que contienen algunos ingredientes modificados genéticamente necesitarían la leyenda en la etiqueta: "El alimento se hizo con productos del transgénicos".

7. Discusión.

- *Antecedentes*

propagación, liberación, consumo y, en general, uso y aprovechamiento de organismo genéticamente modificados, sus productos y subproductos.

De acuerdo con la Sagar, corresponderá a esa Comisión elaborar y presentar a consideración del Presidente de la República las políticas nacionales en la materia y proponer la actualización y mejoramiento del marco jurídico en las materias de su competencia. De igual forma, asegurar el aprovechamiento de los recursos y capacidad de las diferentes instituciones de los sectores público y privado que realicen actividades en la materia objeto de la propia Comisión, entre otras funciones. Además, emitirá sus reglas de operación dentro de los 30 días siguientes a partir de mañana, sábado, y en ella participarán los titulares de las Secretarías de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural; del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca; Salud, Hacienda y Crédito Público, Comercio y Fomento Industrial y Educación Pública.

o El Voto de OGM en el Senado mexicano ⁶⁹

El Senado de México votó el 30 de marzo 2000 unánimemente para requerir el etiquetado de alimentos que contienen los ingredientes genéticamente modificados. La medida esta de acuerdo con el protocolo de bioseguridad de la ONU adoptado en la reunión de 140 representantes nacionales en Montreal, Canadá, aunque eso sólo aplica a los alimentos importados. Bajo la medida mexicana, los alimentos genéticamente modificados tendrían que llevar una etiqueta con la leyenda "alimento transgénico". Aquellos que contienen algunos ingredientes modificados genéticamente necesitarían la leyenda en la etiqueta: "El alimento se hizo con productos del transgénicos".

7. Discusión.

- *Antecedentes*

La polémica de los alimentos transgénicos

Es indudable que la polémica desarrollada por los alimentos transgénicos es la mayor que se ha presentado en el área de la alimentación mundial. En esta polémica como se ha mencionado intervienen ya prácticamente todas las áreas de la sociedad desde los agricultores, los consumidores, empresas que han desarrollado estas tecnologías, los economistas, sociólogos, científicos, organismos oficiales, grupos ecologistas, organismos mundiales y la iglesia entre otros.

Resulta en un principio paradójico que cuando la Humanidad ha alcanzado un buen nivel de seguridad e higiene alimentaria también lo haya hecho el de su temor a los alimentos, el de la sensación de que al alimentarnos incurrimos en riesgos considerables. El desarrollo de la ciencia y de la tecnología ha generado una gran cantidad de información, de datos y opiniones encontradas, que contribuye a la confusión que estos temas. Por otro lado hay necesidad en los ciudadanos de explicaciones sencillas y comúnmente aceptadas. Esta desinformación da paso a posiciones divergentes según sea quien opina: científicos más o menos relacionados con las empresas que patrocinan la investigación, empresas, asociaciones de consumidores, ecologistas o de derechos humanos. , Esto provoca encendidas polémicas en los medios de comunicación, lo que termina de desconcertarnos. En especial cuando las novedades científicas entrañan algún posible riesgo para la salud de las personas. Esto no es nuevo. En el siglo 18 hubo protestas por los ensayos de vacunación, en el siglo 19 algunos técnicos aseguraron que el tren causaría grandes daños, pero no por los accidentes, sino porque la velocidad provocaría desplazamientos de los pulmones y corazón de los humanos que en ellos viajaran. Y, ya en el siglo 20, se auguró la creación de monstruos cuando se realizaron los primeros trasplantes de órganos. En fechas más cercanas, hay que recordar la controversia sobre las bondades y perjuicios de los aditivos alimentarios o los supuestos peligros del uso de los hornos microondas. En estos últimos años, el tema más polémico en los alimentos, por las implicaciones éticas, comerciales, ecológicas y sanitarias que se le atribuyen es la modificación genética de los organismos vivos.

Existen varios factores que han originado los puntos de vista, algunas veces muy diferentes hacia estos alimentos, de estos factores podemos mencionar los siguientes.

- *Los OGM son el resultado de un fuerte avance científico, de varias décadas de investigación pública y privada sobre todo en el campo de la biología molecular y la Ingeniería Genética, que ha dado como resultado productos que no “existían” en la naturaleza*
- *Representan un beneficio real, al menos en el corto plazo para los agricultores de estos productos.*
- *El potencial futuro de estos alimentos es muy grande y los alimentos transgénicos existentes en la actualidad, son solo el inicio de los productos que se tendrán disponibles en el futuro. Los beneficios esperados son: aumento de la productividad agrícola, mejora del contenido nutritivo de los alimentos, mejora de las propiedades en el procesamiento, distribución y de su vida de anaquel.*
- *En el mundo existe una creciente demanda de alimentos, por el crecimiento de la población, esta demanda es no solo de cantidad de alimentos, sino también de calidad. Hay también una fuerte dependencia alimentaria, la mayoría de los países en desarrollo no son autosuficientes en la producción de alimentos y dependen de los grandes productores en el ámbito mundial, hay también algunos países del primer mundo que se encuentran en esta categoría.*
- *La investigación, el desarrollo y el cultivo de los alimentos transgénicos, se ha realizado principalmente en los grandes países desarrollados (Estados Unidos, Canadá, Alemania) y en algunos países en desarrollo como Argentina y China (de fuerte potencial en la agricultura). En donde se tienen los recursos tanto económicos como científicos para poder realizarse. Mientras que en la mayoría de los países existe poca investigación y desarrollo para estos productos.*
- *Las grandes empresas que han invertido y desarrollado estos alimentos reclaman el derecho de patente sobre metodología, materiales y productos de su investigación. Una de las razones es porque los costos de las investigaciones son muy altos.*
- *Los alcances de los sistemas de información actuales como el Internet, la Televisión y Los medios impresos, permiten a la población mundial estar informada rápidamente de los acontecimientos importantes en cualquier país del mundo.*
- *Existe ya conciencia de los problemas ecológicos de la tierra y hay organizaciones ecológicas con gran poder de presión sobre organismos oficiales y empresas, que cuestionan los alimentos transgénicos.*
- *A pesar de los avances de los medios de información y educación en todo el mundo, se tiene desconocimiento de los temas educativos y científicos básicos sobre la genética, biología entre varios otros temas.*
- *Los gobiernos y empresas de los países con mayor desarrollo en los alimentos transgénicos, insisten que este tipo de alimentos representa muy bajo o nulo riesgo y que los estudios realizados para su aprobación son suficientes.*
- *Por el contrario los grupos ecologistas y otros organismos sostienen que los alimentos transgénicos representan grandes riesgos a la salud humana a la*

ecología. Se argumenta que no hay suficientes pruebas de la inocuidad de estos alimentos.

- *Se han presentado estudios de algunos científicos en donde se exponen riesgos de algunos alimentos transgénicos, a seres vivos. Estos estudios han sido cuestionados a favor y en contra por otros investigadores. Ha habido manifiesto de unos grupos de científicos de diferentes áreas a favor y en contra de los alimentos transgénicos y la Biotecnología.*
- *En los recientes años se han presentado problemas relacionados con el consumo de alimentos de grave importancia, aunque esto no es nuevo, la difusión y la repercusión que han tenido en la población ha sido muy importantes, para tener desconfianza y temor a lo "nuevo".*
- *Para los productos transgénicos, en la opinión pública no hay percepción de sus beneficios. Por el contrario, cuando se perciben con claridad sus efectos positivos, como ocurre en la producción de algunos fármacos, no existe una oposición radical al uso de la biotecnología.*
- *Los transgénicos se han venido consumiendo durante los últimos 10 o 15 años, sobre todo en Estados Unidos, y hasta ahora no hay evidencia de sus perjuicios para la salud. Sobre el medio ambiente, en cambio, existe la duda que los transgénicos puedan reducir la biodiversidad. No por la tecnología de modificación genética en sí misma, sino por la intensificación de los cultivos.*
 - *En opinión de algunos grupos, el debate no es científico, en parte es ético, porque con esta tecnología se producen unas combinaciones genéticas que no se darían en la naturaleza, y hay quien opina que esto es una transgresión de las leyes naturales, una forma de jugar a ser Dios.*

Generalizando podemos observar que hay una disputa entre dos polos: las compañías multinacionales productoras y los grupos de presión (fundamentalmente organizaciones ecologistas) con sus mensajes contrarios. Esta controversia unida a la falta de divulgación científica adecuada confunde al consumidor que se pregunta: ¿son seguros los alimentos transgénicos?.

Como es comprensible cada grupo defiende su posición y cree que es la correcta. También no se puede dudar que en los argumentos de cada grupo ya sea a favor o en contra de los transgénicos hay parte de la razón.

En vista del tumultuoso debate sobre los OGM, es difícil intentar predecir en qué terminará. Aun así, a pesar de la incertidumbre actual, hay puntos que quedan claros.

En primer término, como tecnología para crear variedades de cultivos valiosas, desde el punto de vista económico la ingeniería genética no se puede dejar de lado.

Dados los avances recientes de la biotecnología, el proceso mediante el cual el hombre mejora los cultivos ha cambiado para siempre.

En segundo lugar, el efectuar transferencias de genes entre especies hace posible la creación de organismos que sean diferentes en aspectos importantes de los organismos encontrados en la naturaleza. Es cuestión de opinión si las diferencias son de índole o de grado, pero, en cierto sentido, esto no tiene gran trascendencia. Como sucede con todo producto nuevo, las repercusiones de los OGM en las personas, los animales y el medio ambiente son difíciles de predecir, por consiguiente, es importante evaluar los riesgos antes de aprobar el lanzamiento de OGM.

Las decisiones acerca del futuro de los OGM deben basarse en datos científicamente convalidados, no en afirmaciones infundadas, verdades a medias o simples impresiones.

- **Los Puntos de vista acerca de los Alimentos transgénicos**

Los diferentes puntos de vista.

Un gran problema en el debate actual es que las partes opositoras usan la información de manera selectiva; a veces interpretan a su favor las lagunas en los conocimientos y con frecuencia apoyan sus argumentos en datos erróneos. Al promover los OGM, la industria de la biotecnología agrícola en ocasiones ha sido culpable de ponderar en exceso los posibles beneficios y restar importancia a los posibles riesgos. Quienes se oponen a los OGM han hecho lo contrario: han ignorado los beneficios y exagerado los riesgos. Si se quiere resolver esta polémica, la retórica con motivaciones políticas debe ser sustituida por un diálogo serio, basado en información científica confiable.

En el terreno puramente científico sería difícil no admitir que detrás de este desarrollo tecnológico hay rigurosos estudios de ciencia básica, que los avances se han hecho paso a paso y con filtros que han cerrado el camino a la falta de seriedad. También sería difícil rechazar que aún quedan lagunas en el saber y, por tanto, bastante imprecisión en los resultados que se pueden esperar. Los científicos tienen la responsabilidad moral de proporcionar al público una información objetiva y

abstenerse de divulgar resultados precoces que no están suficientemente comprobados.

- ***Empresas y grupos de investigación científica que intervienen en la creación de alimentos transgénicos.***

La posición de gran parte de la comunidad científica esta a favor del desarrollo de la Biotecnología y de los alimentos transgénicos, por ejemplo la Academia Nacional de las Ciencias de Estados Unidos, junto con seis instituciones de otros países, respalda el uso de transgénicos para combatir el hambre y la pobreza en los países en vías de desarrollo. Los científicos piden un mayor respaldo de los gobiernos a este tipo de cultivos, cuyo impacto según su opinión puede resultar crucial para los 800 millones de personas que viven en estado de malnutrición. En informe, titulado Los transgénicos y la agricultura mundial asegura que los transgénicos pueden ser una de las respuestas a las necesidades alimentarias de una población mundial que alcanzará los 8.000 millones en 2030 y subraya que el debate sobre este tipo de productos no tiene las mismas repercusiones en los países ricos, que pueden suplir su demanda por otros medios, que en los pobres, donde se trata de un asunto de vida o muerte. El informe, ha sido respaldado por la Royal Society de Londres, las Academias de China, México, India y Brasil y la Academia de Ciencias del Tercer Mundo.

Los alimentos transgénicos y la situación alimentaria.

Es indudable que dado el crecimiento de la población en el mundo, debe haber mayor que el crecimiento de la producción de alimentos, según los datos mencionados en varios informes de FAO, es posible que dentro de los próximos 30 años se pueda tener abasto suficiente de alimentos, pero habrá regiones en las que persistirán problemas de desnutrición como en la actualidad.

El desarrollo de los alimentos transgénicos puede ayudar a disminuir los problemas de abasto de alimentos, pero es claro que los mayores problemas que repercuten en que haya millones de personas sin el consumo mínimo recomendado de calorías son diferentes a los que los alimentos transgénicos pueden resolver. El problema de hambre en el mundo simplemente no puede resolverse aumentando el suministro de alimentos. La producción de alimentos no está directamente relacionada con el acceso a ellos. Hay investigadores que mirando hacia el futuro y dicen que no hay ningún problema para que nuestra agricultura siga aumentando la producción. En las últimas décadas, la historia ha demostrado que se aumentó nuestra capacidad para producir alimentos a medida que aumentaba la población. Se encontraron nuevas herramientas y se desarrolló nuestro conocimiento de la agricultura. Un informe de la FAO señala el extraordinario avance realizado en los tres últimos decenios en alimentación de la población. A la vez que la población mundial aumentó 70 por ciento, el consumo de alimentos per capita creció casi un 20 por ciento. En los países en desarrollo, pese a que la población prácticamente se ha duplicado, se redujo a la mitad la proporción de personas que viven en una situación crónica de subnutrición, La FAO anticipa que se conserve este avance para los próximos 30 años.

Aunque hoy se producen en el mundo bastantes alimentos para todos los habitantes, por otra parte se estima que en el periodo 1995-1997 había 790 millones de personas desnutridas en los países en vías de desarrollo. Lo anterior esta determinado por factores demográficos, medioambientales, económicos, sociales y políticos y estos factores deben ser considerados para reducir el hambre en el mundo. Dentro de estos grandes problemas podemos mencionar los siguientes:

- *Dependencia alimentaria de países en desarrollo y algunos países desarrollados, de los países productores de alimentos.*
- *Pobreza de gran parte de los habitantes en el tercer mundo y parte de la población en todos los países del mundo.*
- *Baja productividad en el campo, por falta de tan tecnológicos, humanos y económicos.*
- *Afectación de los fenómenos meteorológicos en los campos de cultivo.*
- *Aumento del daño ecológico al medio ambiente y su repercusión en la producción de alimentos*

- *Perdidas en la cantidad de alimentos en los campos de cultivo, la cosecha, la distribución, el almacenamiento, por falta de técnicas y medios adecuados de manejo de los alimentos.*

De estos problemas el cultivo de alimentos transgénicos ayudará solo en parte, quienes sostienen que este tipo de alimentos disminuirá de forma dramática el hambre en el mundo es obvio que especulan con un futuro alentador. Ninguna estrategia que se desarrolle para conquistar el hambre y la pobreza puede realizarse a través de un único enfoque. La biotecnología representa un elemento esencial dentro de una estrategia general. Es claro que las actuales técnicas y sistemas de producción agrícola, tienen que mejorarse para aumentar la productividad de los cultivos adaptándose a problemas del suelo, riego, semillas, fertilizantes distribución y almacenamiento de estos. La ingeniería genética es indispensable para disponer de plantas superiores en producción, valor nutritivo y resistencia a enfermedades, requeridas para atender la demanda de alimentos de la futura población mundial.

La biotecnología no es la solución total. En los países en desarrollo la pérdida de cosechas es sólo una de las causas del hambre. El papel principal lo desempeña la pobreza. En la actualidad, más de mil millones de personas en todo el mundo disponen de menos de un dólar diario. La disponibilidad de alimentos transgénicos no reducirá el hambre si los agricultores no pueden producirlos o si la población local no puede permitirse el comprar los alimentos que ellos producen.

Tampoco puede la biotecnología enfrentarse al reto de distribuir los alimentos en los países en vías de desarrollo. Considerado en su conjunto, el mundo produce alimentos suficientes para alimentar a toda la población, pero gran parte de esa comida está donde no tiene que estar. Especialmente en países con estructuras de transporte subdesarrolladas, la geografía limita la disponibilidad de alimentos

En varios países se presentan problemas como de grado de las tierras, la pérdida de agrobiodiversidad, las repercusiones de la variabilidad del clima en la agricultura, la pobreza rural y la seguridad alimentaria de las familias.

La modificación genética es tan vieja como la agricultura

Se puede mencionar que desde que se practica la agricultura y la ganadería, el hombre empezó a utilizar técnicas de mejoramiento en plantas y animales, con el fin de obtener productos que satisficieran mejor sus necesidades. El desarrollo del

mejoramiento genético de seres vivos ha tenido diferencias en los pueblos y culturas del mundo. En México tenemos grandes ejemplos de mejoramiento genético, en el caso de la domesticación del maíz, el jitomate, el algodón el guajolote, entre otros casos. Estas técnicas obviamente eran empíricas y estaban basadas en el ensayo y error, las modificaciones la mayoría de las veces eran solo pequeños cambios en los organismos originales y estos se tardaban varios años o generaciones en manifestarse, en estas modificaciones el agricultor o el ganadero no comprendían claramente el porqué de las modificaciones y no tenían los suficientes elementos para orientar de mejor forma estos cambios. La cría selectiva se ha usado durante siglos para producir las nuevas variedades de las plantas. Mediante el cruce sexual, los ganaderos han obtenido durante siglos nuevas razas de ganado vacuno que produjeran más leche y los agricultores han conseguido variedades vegetales de mayor interés agronómico. Al llevar a cabo estos cruces, los agricultores y ganaderos combinan de forma aleatoria los miles de genes de los genomas de dos organismos intentando encontrar un genoma resultante que reúna los genes beneficiosos de ambos progenitores. Se trata por lo tanto de una técnica basada en el azar en la que la probabilidad de encontrar la combinación genética adecuada es muy baja. Pero conviene recordar que ha funcionado, y que la inmensa mayoría de alimentos vegetales o animales de nuestra dieta están constituidos por especies obtenidas mediante esta estrategia.

La hibridación está sujeta a limitaciones severas. Las plantas deben ser sexualmente compatibles lo que limita la diversidad del material genético disponible por cruzar, y el proceso produce múltiples combinaciones de miles de genes que no se pueden caracterizar.

Ninguno de los alimentos que consumimos son naturales. De hecho, éstos proceden de especies domesticadas de plantas y animales que son prácticamente incapaces de vivir en vida libre, de sobrevivir a la Naturaleza. En el proceso de alteración genética que supuso la domesticación, ya se les eliminaron las sustancias tóxicas más notables.

El mejoramiento genético de las especies ha evolucionado con el avance de la ciencia, en particular de la Biología. Los estudios realizados por Mendel y Darwin en el siglo 19, marcan el inicio de la comprensión de los mecanismos de la vida implicados en la herencia y la evolución, a partir de esos años también se inició la aplicación de estos conocimientos en el mejoramiento genético. Desde el inicio del siglo 20 los avances científicos en estos campos de la Biología han aumentado, varios son los estudios que han contribuido a este avance dentro los que están. El

estudio y comprensión, del ADN y sus mecanismos de reproducción en los seres vivos.

A mediados del siglo 20 se inició la aplicación de técnicas de mejoramiento genético con bases científicas en el cultivo de cereales en países en vías de desarrollo, obteniéndose buenos resultados en la el aumento de productividad de trigo, maíz entre otros. lo que se conoció como "la Revolución Verde". Un buen ejemplo de la mejora genética es el trabajo realizado tanto para arroz como para trigo que en conjunto con aplicación de fertilizantes aumentó sustancialmente los rendimientos por área cultivada en China India y otros lugares.

Tal vez el avance más fuerte en la modificación genética ha sido lo que se denomina como las técnicas del ADN recombinante, que posibilitan el intercambio genético entre diferentes especies de organismos vivos, tomando como base que el "lenguaje" genético es común entre todos los seres vivos. He aquí el enorme salto en el campo de la mejora genética, también es este desarrollo el más cuestionado por sus implicaciones. Esta posibilidad de intercambio de material genético entre diferentes organismos, abre un vasto campo de posibilidades en el mejoramiento de las especies, pero también implica muchas dudas de la población en general sobre el comportamiento de estos organismos modificados, sobre su consumo, la relación con el medio ambiente e incluso cuestiones éticas.

Los beneficios de la Biotecnología

Se ha mencionado ya que los alimentos transgénicos son solo una parte de la Biotecnología. Los avances realizados desde el inicio del siglo 20 en esta rama de la ciencia se han manifestado en la Agricultura, la Medicina, la Ecología y la producción de alimentos. La producción de vacunas, enzimas, organismos unicelulares y modificación de procesos de alimentos son una parte de los beneficios obtenidos.

No se puede cuestionar que con el desarrollo de la Biotecnología, esta haya aportado varios beneficios como:

- En el año 1977, se logró transferir la síntesis química de un gen humano a la bacteria *Escherichia Coli*. Esta bacteria, con la información genética humana incorporada a su genoma, produjo la hormona somatostatina.. En la actualidad son numerosos los casos de producción de sustancias humanas mediante biotecnología, por ejemplo la producción mediante este método de la insulina y el interferón.

- *Obtener sustancias que normalmente son producidas exclusivamente en pequeña escala por los microorganismos, y por la manipulación de combinaciones químicas mediante organismos unicelulares, como la obtención de antibióticos, vacunas víricas, hormonas esteroideas (cortisona) y la vitamina B12 entre otros fármacos.*
- *La producción masiva de enzimas a partir de células microbianas. Algunas de éstas se utilizan para obtener productos detergentes, mientras que otras son aplicadas, por ejemplo en la transformación a gran escala de la glucosa en fructosa.*
- *El desarrollo de procesos para la producción a gran escala de microorganismos, utilizando como medio de crecimiento al petróleo.*

Aunque en la actualidad, la mayor parte de las investigaciones y ensayos de biotecnología se centran en temas relacionados con la salud mientras que en la agricultura representa una parte mucho menor. Sin embargo, son los avances en materia de agricultura los que han tenido las mayores críticas mientras que los descubrimientos relacionados con la curación de determinadas enfermedades como el cáncer son bien vistos por todos.

La biotecnología aplicada a la industria alimentaria va a cambiar los alimentos que ingerimos. El impacto será en toda la cadena alimentaria, desde la mejora genética en cultivos agrícolas y animales de granja, hasta el procesado de alimentos. La Biotecnología se encuentra en el inicio de su desarrollo y abre grandes posibilidades de obtener productos de los seres vivos más apropiados para el hombre los siguientes son algunos de los estudios realizados actualmente en diferentes campos.

- *La "construcción" de animales transgénicos mediante la introducción en sus células embrionarias de genes que les confieren características genéticas distintas, con objetivos diversos como producir fármacos de naturaleza proteica en la leche de animales transgénicos, generar órganos para trasplantes, mejorar la producción animal o bien aumentar la resistencia del ganado a las enfermedades. La obtención de animales transgénicos es una realidad, están particularmente avanzados los animales productores de fármacos de interés, o de sustancias que influyen en el desarrollo de razas con un mayor rendimiento. Se prevé que el interés de los animales transgénicos vaya en aumento. En un*

futuro próximo se utilizarán animales que produzcan fármacos activos sobre ellos mismos.

- *La modificación genética de las características organolépticas de los productos fermentados. Las rutas metabólicas que conducen a la formación de los compuestos volátiles responsables del aroma típico de la mantequilla y quesos frescos (diacétilo) en Lactococcus lactis han sido manipuladas en el proceso que se ha denominado "Ingeniería metabólica".*

- *En la Elaboración de pan una alternativa al uso tradicional de enzimas es la construcción y aplicación Tecnológica de levaduras transgénicas, capaces de producir por si mismas aquellas enzimas requeridas en el proceso, conservando al mismo tiempo la capacidad para producir el CO₂ necesario, y todas las propiedades inherentes al uso tradicional de levadura.*

- *La manipulación genética de las bacterias lácticas se ha utilizado para generar cepas que resuelvan problemas tecnológicamente importantes, como la infección por bacteriófagos*

- *Combatir las enfermedades transmitidas por insectos por la inserción de un segmento de material genético de una especie incapaz de transmitir el protozoo agente real de la enfermedad en los insectos transmisores, para evitar de raíz tales enfermedades.*

- *La caracterización del genoma de las más diversas especies. Se espera haber completado en poco tiempo la secuencia del genoma completo de la planta modelo Arabidopsis thaliana, al tiempo que se realiza con especies agrícolas, como el arroz; Los resultados que se obtengan en estas especies podrán extrapolar a otros cereales.*

Un punto muy importante es evaluar los beneficios que se pueden obtener de la Biotecnología, en los diferentes campos comparándolos contra el costo de obtenerlos, y los riesgos posibles que se puedan presentar. Realizar un balance de costo-beneficio debería ser una premisa.

- **Grupos Ecologistas y organismos no gubernamentales.**

Las posiciones en contra

El cuestionamiento ético de la Biotecnología

Buena parte de los argumentos de los grupos que se oponen a los alimentos transgénicos no tiene fundamento científico, sin embargo los grupos más serios cuestionan la infalibilidad de las investigaciones sobre la inocuidad de los transgénicos. Se tiene que aceptar que la ciencia y la tecnología como actividades humanas no son infalibles, pues a través de la historia se han dado casos de "errores" que han afectado a la población, pero también se debe aceptar que hasta ahora los beneficios de la ciencia y el desarrollo de la tecnología han sido mayores. Estos se manifiestan en la mejora de la calidad de vida de la población mundial, como disminución de enfermedades, aumento de la expectativa de tiempo de vida, mejora de la nutrición y disminución del hambre.

Los avances presentados en la Biotecnología, dan ahora la oportunidad de poder modificar los organismos vivos, si bien es cierto por ahora las modificaciones que se pueden ya realizar son mínimas, en los próximos años se incrementará la posibilidad de hacer modificaciones mayores. Hasta ahora nunca antes se tenía la posibilidad de poder modificar un ser vivo, por lo que la Biotecnología entra al terreno de la Ética creando varias dudas en la población, algunas de ellas contrastan fuertemente con los principios religiosos. Aunque en otro campo de la Ingeniería genética los trabajos sobre el genoma humano inquietan aun más al ser humano actual.

La interferencia en los procesos de reproducción, la obtención de animales transgénicos y la posibilidad de traspasar las barreras evolutivas entre especies diferentes despiertan en muchos sentimientos de incertidumbre, temor e inseguridad ante el futuro. La biotecnología para algunos está alterando los conceptos tradicionales de "naturaleza" y "vida y no está claro lo que podemos esperar de seres humanos convertidos en "dueños de la evolución". Descifrar a escala molecular los procesos de la vida es visto por algunos como antesala de manipulaciones apenas imaginadas por la ciencia-ficción. Varios grupos coinciden en rechazar la ingeniería genética de humanos, plantas y animales por considerar

que la naturaleza no se debe poner al servicio sólo de intereses económicos. En el debate sobre biotecnología y sociedad confluyen intereses muy particulares con otros en principio más generales. Expertos y público en general coinciden en rechazar la "obtención del máximo beneficio económico" como único criterio para orientar la implantación de esta tecnología, mientras que el "respeto al medio ambiente" merecerá probablemente la adhesión de sectores virtualmente opuestos, como empresarios de la biotecnología y posibles consumidores. Es claro que hoy la ciencia, en cuanto actividad transformadora del mundo, origina actitudes fundamentalmente de preocupación.

Las discusiones sobre biotecnología y sociedad reflejan en el fondo comprensiones diferentes de la tecnología, acentuado el debate por propuestas de regulación y control social. Investigadores y profesionales vinculados a la biotecnología tienden a valorar sus ventajas en cuanto una nueva tecnología, muy versátil y potente, importante como clave para nuevos desarrollos en biomedicina, agroindustria y alimentación. A los consumidores posibles de las aplicaciones y productos les preocupa no tanto el "salto tecnológico" sino los posibles riesgos para la salud y el medio ambiente, que de ser importantes limitan las ventajas prometidas por los expertos. Si anteriormente bastaba normalmente la actitud favorable de investigadores, industria y administradores públicos para hacer posible la implantación de una nueva tecnología, hoy el respaldo del gran público reviste la misma importancia y, en el contexto de la biotecnología, constituye probablemente el obstáculo más importante para su desarrollo.

Los mayores avances de la Biotecnología se han dado en los países desarrollados y particularmente en las grandes empresas, que han invertido gran capital, ¿pero pueden estas grandes firmas adueñarse de la propiedad sobre la genética de los seres vivos incluido el hombre? . La respuesta debería ser no, pero hacen falta hoy organismos de regulación a nivel mundial sobre la Biotecnología y sus aplicaciones.

- **Organismos mundiales y gubernamentales.**

La posición de los organismos mundiales como la FAO y la ONU esta influenciada por los diferentes grupos tanto de empresas, científicos, organizaciones sociales. El origen de estos organismos y su objetivo general de contribuir en la mejora de la alimentación mundial necesita de la ayuda de las tecnologías tanto tradicionales como las modernas. La Biotecnología se acepta como una poderosa herramienta que puede contribuir a resolver problemas en la alimentación de la humanidad, pero

también se acepta que buena parte de la población tiene recelos y dudas sobre la seguridad de esta nueva tecnología. La posición de la FAO respecto a la Biotecnología y los alimentos transgénicos concilia el fuerte debate de los principales grupos y sus puntos de vista respecto estos. dada su orientación de regulación.

Los procesos de modificación genética, introducidos a principios de los setenta, que conducían a la aplicación y al desarrollo de la moderna biotecnología suscitaron un primer punto de alarma entre la sociedad, fueron los propios científicos principalmente de los Estados Unidos que promovieron un primer avance de autorregulación en 1975 y la promulgación de las directrices de los Institutos Nacionales de la Salud. En este sentido, se puede considerar que la biotecnología ha estado sujeta, desde sus orígenes, a diferencia de lo que ocurrió con otras industrias modernas como la química y la nuclear, a un control y a la formulación de principios de regulación.

Las preocupaciones sobre las eventuales consecuencias de la modificación genética de los seres vivos han ido creciendo como resultado de varios factores. La extensión en la aplicación de estas técnicas a organismos superiores (incluido el ser humano); la creciente comercialización de productos derivados de organismos genéticamente modificados, el aumento de los movimientos sociales -organizaciones defensoras del medio ambiente y de los consumidores, de modo principal- expresando críticas frente a un desarrollo científico y técnico que, según esas organizaciones, puede acarrear problemas para el entorno natural y para los seres humanos. En estas reacciones sociales se produce una mezcla de razonamientos científicos y técnicos con argumentos de carácter emocional y, a veces, anticientíficos, cuya heterogeneidad y complejidad hace difícil su tratamiento. La gran argumentación crítica frente a las repercusiones éticas de los usos de la ingeniería genética se centra en la confrontación de lo que es natural frente a lo no-natural.

El papel que desarrollan los organismos como la FAO es fundamental para regular la Biotecnología escuchando la posición de los grupos sociales opuestos con razonamientos científicos. La FAO acepta que La biotecnología y los alimentos Transgénicos pueden tener riesgos tanto para el hombre como animales y el medio ambiente, y esta a favor de avanzar en los estudios necesarios para garantizar el daño menor

- **Que son los alimentos transgénicos**

Definición de Biotecnología y Breve historia de su desarrollo

Treinta o veinte años atrás la palabra Biotecnología era totalmente desconocida para la gran mayoría de la población, solo en las Universidades y las grandes empresas farmacéuticas se conocía tal termino y su aplicación. A pesar que La Biotecnología como vocablo se empezó a usar a inicios del siglo 20 hoy Biotecnología es para varias gentes sinónimo de artificial,, no natural y peligroso, desconociendo que los aportes de esta rama de la ciencia multidisciplinaria han beneficiado fuertemente a la población principalmente en el sector de la salud.

Tal vez no exista tanto una definición, como una separación clara, entre la Biotecnología y la Biología, la Química, La Física, La Informática y las diferentes ramas de cada una de ellas. La Biotecnología utiliza y es parte de cada una de las ciencias naturales y ciencias exactas. El uso y aprovechamiento de los organismos vivos con diferentes y variadas técnicas para el beneficio humano se puede aceptar como una definición muy general. En los últimos 30 años la Biotecnología juega ya un papel sumamente importante en varias actividades humanas. Entre las ventajas más notables asignadas a la biotecnología se afirma la posibilidad de lograr alimentos más nutritivos, de conservación más prolongada y segura, así como promotores de la salud como vacunas o corrección de carencias vitamínicas. También se destaca que con el uso de estos nuevos materiales se permitirá reducir la tecnología convencional apoyada en intenso empleo de herbicidas, pesticidas, fertilizantes y roturación de los suelos, con la consiguiente disminución del grave daño ambiental que hoy se está produciendo.

La biotecnología ya ha tenido un considerable impacto económico en el sector de la alimentación, pues desde 1990 se han hecho operativos sistemas de diagnóstico y bioconversión de almidón; se han comercializado edulcorantes y saborizantes, se han diseñado procesos de producción de jugos, aminoácidos, pigmentos y vitaminas; productos de fermentación, enzimas para elaboración de quesos, productos lácteos y levaduras híbridas. En la actualidad ya se comercializan bacterias y enzimas modificadas genéticamente, como elementos saborizantes y aromatizantes que mejoran la calidad de los alimentos, así como biocatalizadores y biosensores para diferentes industrias de producción.

En el sector agrícola, las variedades transgénicas de tomates, patatas, algodón, tabaco y soya, que presentan características de resistencia a herbicidas, virus, insectos y cualidades específicas, tienen fuerte impacto en la economía.

Dentro de sectores no alimentarios, la biotecnología ha influido en los sistemas de producción de metano o etanol, por fermentación anaerobia de biomasa, y en el crecimiento y propagación de árboles y plantas ornamental. Un área de la biotecnología, que ha revolucionado en poco tiempo campos como el diagnóstico de enfermedades infecciosas y genéticas, la monitorización de procesos industriales y la producción de variedades de microorganismos capaces de elaborar sustancias farmacológicas o alimenticias y de metabolizar aceites para eliminar contaminaciones.

Aplicada a la medicina, se espera que la biotecnología revolucionará los métodos terapéuticos de tratamiento de las enfermedades hereditarias. Los primeros productos desarrollados por sistemas biotecnológicos -insulina humana, interferón gamma y anticuerpos monoclonales- fueron los prototipos de una nueva generación de productos naturales y artificiales, producidos a pequeña escala (laboratorio) y fruto de una investigación biomédica. En la actualidad se espera contar en corto plazo con medicinas y vacunas para combatir enfermedades parasitarias.

En sus orígenes la biotecnología ha estado mantenida con fondos públicos, pues casi todas las aplicaciones eran consecuencia directa de una investigación básica académica. Pero rápidamente han proliferado varias compañías de biotecnología, grandes y pequeñas, que aportan la mayor parte de las inversiones en el sector. El número de patentes relativas a la producción de antibióticos, enzimas y coenzimas, productos farmacéuticos y aditivos para la industria alimentaria han aumentado significativamente en las dos últimas décadas.

- **Alimentos transgénicos definición**

Para establecer correctamente el término transgénico, este 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 su introducción selectiva 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 del propio individuo, 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 ingredientes que contienen o consisten en organismos genéticos modificados, o que contienen productos procedentes de organismos genéticamente modificados. Algunos de las acepciones para los transgénicos son "Organismos Genéticamente modificados" (OGM) y su equivalente en inglés (GMO), "Plantas Transgénicas" entre otras.

Se ha mencionado ya, que por ahora solo hay una cantidad pequeña de alimentos transgénicos que no exceden los 100, aunque en estudio hay varios mas, Como las primeras variedades mejoradas gracias a la biotecnología han ofrecido mayor resistencia contra plagas o frente a herbicidas, es frecuente oír que su comercialización sólo ha beneficiado a las empresas productoras y a los agricultores, pues no hay beneficio directo por ahora al consumidor. El no percibir beneficios de los alimentos transgénicos hace que haya un rechazo de ellos tanto del consumidor directo, como de las empresas procesadoras de alimentos y las tiendas de distribución en contraste algunas empresas están dispuestas a usar estos alimentos siempre y cuando estén respaldados por investigaciones científicas como seguros. En el uso de transgénicos en las empresas de alimentos, existen dos posiciones divergentes.

Algunas empresas en Estados Unidos como Kellogg's, Coca-Cola y Pepsi-Cola, han decidido que seguir usando en sus productos los que la ciencia ingredientes considere seguros, y ello incluye a los OGM.

Mientras tanto en Europa, cadenas de distribución, como Carrefour está exigiendo alimentos libres de OGM, incluyendo en algunos casos la alimentación de los productos animales.

Entretanto, la norma que obliga a poner en el etiquetado la cualidad OGM en Europa está en vigor para los productos de alimentación humana que contengan soya o maíz OGM. Sin embargo hay que tener claro que están exentos de este etiquetado los productos que no contengan material genético, es decir DNA o RNA.

La razón está en que lo que diferencia un producto OGM de otro que no lo es, es precisamente el material genético, los ácidos nucleicos. Si el producto, como resultado del proceso industrial no los contiene, no hay lugar a los supuestos problemas de para al consumidor.

Por ahora no existen métodos seguros para saber si un alimento está libre o no de productos provenientes de organismos que han sido obtenidos mediante ingeniería genética, y en consecuencia las normas que se tratan de imponer a la industria alimentaria muy difíciles de aplicar. En primer lugar está el problema de que al analizar un alimento en busca de si es o no OGM lo que se trata de encontrar es si contiene o no en su ADN un gen modificado conocido. Si se encuentra (tras un análisis complejo y costoso) se puede decir que el alimento tiene OGMs, pero si no se encuentra nada, sigue existiendo la duda y habría que seguir probando con otros genes. Por otra parte, el alimento en cuestión puede haber sido transformado, mediante algún proceso, por ejemplo calor, que desnaturalice el DNA y no se podría entonces verificar la característica de ser o no OGM. También se puede dar el caso de que el producto acabado no contenga nada de DNA o cantidades tan bajas que hagan imposible su identificación. Hay productos que proviniendo de OGM no tienen o pueden no tener DNA. Los que son muy refinados como puede ser el aceite (de soya, de canola), los edulcorantes que se obtienen del almidón de maíz (isoglucosa, alta-fructosa), o el azúcar proveniente de remolacha OGM (el azúcar es prácticamente un cristal de sacarosa pura). De esta forma, por ejemplo, los fabricantes que utilizan edulcorantes de maíz decidieran en usar OGM, muy probablemente no tendrían que indicarlo en el etiquetado, ya que el edulcorante no tendría material genético.

La desinformación de los consumidores crea situaciones de confusión curiosas entre las empresas; MC Donald's y Burger King ha anunciado recientemente, también en EE.UU. que no comprarán papas OGM. No han dicho nada en cambio de si las carnes de sus hamburguesas proceden o no de animales alimentados con soya OGM, o si las papas se fríen en aceites libres de OGM. Por otro lado, mientras la Junta de accionistas de Pepsico votó a favor de utilizar los OGM, una de sus empresas, Frito-Lay, que fabrica entre otros productos los Doritos de maíz está recomendado a sus proveedores no usar OGM. Es de esperarse la confusión en el consumo de OGM por las empresas procesadoras de alimentos y consumidor final, aumente dada la desinformación existente de la definición concreta de los Transgénicos, independiente del riesgo o no de este tipo de alimentos. Como se ha mencionado la tendencia es al rechazo sin importar tanto si el alimento tiene o no restos de material genético (ácidos nucleicos).

- **Explicación breve de genética**

Los avances en la comprensión de la genética se iniciaron antes de Mendel, con los estudios de diferentes científicos respecto a como se heredaban los rasgos de los progenitores a sus descendientes, sin embargo con los estudios de Mendel en el siglo 19, las teorías de Darwin y otros biólogos de ese siglo, se inician realmente el avance en el conocimiento de los mecanismos involucrados en la herencia.

Durante las últimas décadas, el mundo ha sido testigo de espectaculares avances en el campo de la biología molecular, centrados, principalmente, en el ámbito de la genética. Lo que hasta entonces parecía ser un territorio vedado al conocimiento del hombre, con estos al parecer la clave del misterio de la vida- comenzó a ser desentrañado. Estos avances de las ciencias biológicas tomaron desprevenidas a diferentes disciplinas del deber ser y ha generado una serie de importantes dudas.

El ciudadano común sólo tiene acceso a noticias defectuosamente elaboradas por los medios masivos de difusión, que se manejan sobre la base de dos premisas antagónicas: el milagro o el Apocalipsis, sin dejar espacio para un análisis más racional del tema. No es ajena a la confusión la falta de precisión o, incluso, de conocimiento- sobre el exacto contenido de estas nuevas prácticas científicas, sus alcances y sus posibilidades reales. Es necesario precisar que la ingeniería genética comprende las técnicas dirigidas a alterar o modificar el caudal hereditario de alguna especie, ya sea con el fin de superar enfermedades de origen genético (terapia genética) o con el objeto de producir modificaciones o transformaciones con finalidad experimental, esto es, de lograr un individuo con características hasta ese momento inexistentes en la especie (manipulación genética)

A pesar de la desconfianza a los resultados del avance en la genética, los descubrimientos y la implementación de nuevas técnicas, estos continúan y nos seguirán sorprendiendo las posibilidades de cambio en varios aspectos, que estos avances involucran.

- **Cuales son hoy los alimentos transgénicos**

Hasta ahora se han comercializado solo unos pocos alimentos transgénicos, aunque muchos otros están en fase de experimentación o comercialización. Pueden ser alimentos de origen animal, vegetal o de fermentación. Varios de ellos han sido producidos en laboratorios de compañías Transnacionales, aunque también se producen en laboratorios de universidades o centros públicos de investigación.

El primer alimento transgénico comercializado fue un tomate, llamado Flavr Savr este tomate se ha retirado del mercado porque había un problema con su sabor más

no un problema de la ingeniería genética. La enzima llamada poligalacturonasa presente en la fruta madura es responsable de la maduración y reblandecimiento de las frutas. Los productores inhibieron este proceso para aumentar la vida de anaquel del tomate. Para esto se usó tecnología del anti-sentido esta involucra la codificación de la transcripción en la dirección opuesta a lo largo de un segmento de ADN para que la transcripción no dé lugar y no pueda traducirse. Esto inhibe producción de la enzima sin introducir ningún nuevo gen en el tomate. El aumento en la vida de anaquel significa que los productores pueden cosechar la fruta cuando está madura y están seguros que durará más tiempo en el anaquel.

Se han diseñado varios vegetales transgénicos comestibles. Sobre todo se han construido variedades resistentes al ataque por plagas, así como vegetales con mayor vida útil o mejorados en cuanto a composición nutricional o propiedades organolépticas. Se han diseñado variedades de maíz transgénico que resisten el ataque de insectos como el taladro (un gusano que produce enormes pérdidas anuales) al contener un gen de la bacteria *Bacillus thuringiensis* que da lugar a la síntesis de la proteína tóxica Bt.

El número de estudios de alimentos transgénicos que se realizan y que buscan aprobación es muy grande, y hay varios campos de investigación, que pueden hoy parecer de ficción científica.

Un ejemplo de vegetal transgénico en el que el beneficiado es el consumidor hace referencia al reciente desarrollo de una variedad de papa transgénica que, al contener el gen de la subunidad B de la toxina del cólera, es capaz de inmunizar contra esta enfermedad. La vacuna es el propio alimento.

En alimentos de origen animal se ha avanzado menos, aunque hay la posibilidad de tener animales de granja transgénicos. Se ha investigado la producción de animales de mayor tamaño y la utilización de la glándula mamaria de las vacas, cerdos u ovejas como una productor celular. La ingeniería genética permite expresar determinados genes en determinados tejidos. Así, se han expresado genes que codifican proteínas de alto valor añadido en la glándula mamaria de diferentes mamíferos. Son fármacos de alto valor añadido como el activador del plasminógeno o el factor antihemofílico. Se han diseñado carpas transgénicas que portan múltiples copias del gen de la hormona de crecimiento de la trucha y ganan tamaño mucho más rápido con el consiguiente beneficio para el productor.

También se han aplicado técnicas de ingeniería genética en el caso de los alimentos fermentados. Se han modificado bacterias lácticas o levaduras transgénicas que portan genes de otros organismos. Los resultados son quesos en

los que es posible controlar, e incluso acortar, los tiempos de maduración sin pérdida de calidad, o vinos con un incremento de aroma frutado, una característica organoléptica apreciada por el consumidor.

También se han estudiado otros usos comerciales de los productos del transgénico. Por ejemplo, la compañía Agracetus estudia la manera de insertar un gen en una planta de algodón para que la planta exprese un polímero de poliéster dentro de la fibra de algodón, con esto se logrará producir así una mezcla de algodón-poliéster. Con esto se puede eliminar la fabricación de plásticos que reduce la polución ambiental. Otros estudios están en la producción de aceites. La palma y aceites de coco son cultivados solo en países tropicales. Algunas personas queriendo reducir la dependencia de otros países de estos productos. Pueden insertarse las enzimas en el girasol para que pueda convertir su propio aceite de girasol en palma o aceites de coco. Otros trabajos han expresado un gen en la papa que sintetiza un polímero plástico que es biodegradable. Esta fibra puede usarse para fabricar los artículos que serán totalmente reciclables.

Las primeras pruebas de vacunas comestibles se realizaron expresando una proteína de Hepatitis B en papas. También se ha producido plátano transgénico, que en el futuro pudiera usarse en los alimentos infantiles para inmunizar a los bebés.

El maíz, el arroz y el trigo, alimentos básicos de la dieta, tienen deficiencias en su contenido de aminoácidos esenciales. Por esta razón se trabaja ya en la obtención de plantas cuyas proteínas contengan mayores niveles de aminoácidos esenciales (lisina y metionina principalmente). Por ejemplo, en soya y canola, se han logrado incrementos de hasta el 18% y el 30% respectivamente, en sus contenidos de metionina. Igualmente se experimenta en la modificación del tipo y concentración de carbohidratos y lípidos para mejorar el contenido energético y las propiedades funcionales de sus harinas.

Otras investigaciones se hacen para la remoción y modificación de compuestos tóxicos o alérgicos en alimentos de origen vegetal. En el arroz se ha intentado inducir mutaciones de una proteína que causa dermatitis en niños y alterar la composición proteica del gluten al que muchas personas manifiestan alergia.

- **Riesgos potenciales**

Los puntos de vista más antagónicos que se presentan respecto a los OGM, son los referentes a los riesgos que estos representan. Por un lado se argumenta que los riesgos son mínimos, y los estudios y pruebas realizadas por empresas y organismos oficiales son suficientes para afirmar su seguridad. Estos argumentos no son aceptados por grupos ambientalistas principalmente, y exponen que los riesgos son muy altos y las pruebas realizadas son insuficientes. Las controversias implican a menudo interpretaciones diferentes de unos mismos datos. En el caso de la biotecnología, la ausencia de accidentes significativos hasta el momento reafirma a los empresarios e investigadores en la inocuidad de sus principales aplicaciones mientras que para los grupos ecologistas tan sólo muestra la falta de perspectiva necesaria para evaluar sus eventuales efectos negativos. Durante las controversias resulta más sencillo identificar los intereses de los distintos sectores sociales, económicos y culturales implicados en o afectados por la implantación de una nueva tecnología. ¿ Son los alimentos transgénicos seguros?.

Desde un punto de vista científico la respuesta es clara: son al menos tan seguros como aquellos convencionales de los que proceden. Partiendo de la base que en alimentación, como en cualquier otra actividad humana, es imposible hablar de riesgo cero. Por eso los riesgos deben definirse por comparación con situaciones conocidas. Las secuencias de DNA introducidas en los transgenes no tienen peligro para el hombre o los animales que se alimenten de organismos transgénicos. En primer lugar, el DNA es digerido en nucleótidos en el proceso de asimilación de los alimentos y pierde toda su información genética. Por ello, tras millones de años de alimentarse de otros seres vivos el hombre nunca ha adquirido caracteres genéticos de sus alimentos. En segundo lugar, los transgenes de interés codifican proteínas sin ninguna toxicidad en animales. Los genes de los alimentos tampoco pueden pasar a las bacterias y no lo han hecho en el pasado.

Todos los alimentos transgénicos han tenido que pasar una serie de pruebas de laboratorio encaminadas a demostrar su inocuidad sanitaria. Como ejemplo se puede decir que la compañía productora del tomate FlavrSavr, el primer alimento transgénico comercializado, tardó cuatro años en realizar todas las pruebas exigidas por la agencia estatal FDA hasta obtener el permiso de comercialización. Así ha sido con todos los alimentos transgénicos que se han comercializado hasta la fecha, y así seguirá siendo, ya que la legislación de EE UU. y Europa así lo contempla. Las pruebas requeridas se basan en determinar la composición nutricional del alimento transgénico y detectar su posible alergenicidad o toxicidad.

Desde distintos frentes se ha expuesto el riesgo que para el medio ambiente supone las plantas transgénicas. Se habla de la posible transferencia de los genes desde la variedad transgénica a variedades silvestres. Esta transferencia se produce frecuentemente en la Naturaleza, en algunas especies convencionales más que en otras. Por eso se puede afirmar que, por ejemplo la transferencia de genes es imposible en donde no hay variedades silvestres emparentadas con el cultivo.

No se debe de Hablar de modo general sobre los riesgos de los productos transgénicos, carece de sentido si no nos referimos a productos concretos. Por esto, el complejo y riguroso proceso de aprobación del cultivo de nuevas variedades vegetales transgénicas se realiza caso por caso. Se procede con cautela y rigor en la aprobación de una innovación. De hecho, los criterios de seguridad que se exigen a las plantas transgénicas serían imposibles de cumplir por muchos de los productos de la mal denominada "agricultura biológica", por muchas variedades vegetales no transgénicas, por muchos otros productos alimentarios de consumo habitual y, por otros productos de nuestra vida social como las bebidas alcohólicas y el tabaco.

Una de las cuestiones más consideradas en la reglamentación europea es la del etiquetado ¿Deben ser etiquetados los alimentos transgénicos?. Esta cuestión implica un conflicto de intereses. Las compañías productoras son, en general no están de acuerdo a dicho etiquetado ya que temen una reducción en las ventas. Pero el consumidor tiene todo el derecho a estar informado. Las autoridades en EE UU. han decidido etiquetar sólo aquellos alimentos transgénicos cuya composición varíe con respecto al convencional equivalente, o aquellos que contengan genes de reserva ética (un gen animal expresado en un vegetal con el consiguiente problema para los vegetarianos), organismos modificados genéticamente vivos (un yoghurt producido con una bacteria láctica transgénica), o la aparición en su composición de un producto con un efecto tóxico probable en una parte de la población (aparición de fenilalanina y riesgo para fenilcetonúricos). La legislación europea es muy similar, pero ha sido objeto de un amplio debate, de forma que se prevé la modificación de dicho reglamento, la obligatoriedad del etiquetado para todos los alimentos transgénicos. Curiosamente algunas compañías han decidido asumir, sin necesitarlo, el riesgo del etiquetado. En Inglaterra algunas cadenas de supermercados han anunciado públicamente que etiquetarán todos los

alimentos transgénicos que expenden, independientemente de que así lo determinen los comités pertinentes. En resumen, el etiquetado es una cuestión de defensa e información del consumidor. La etiqueta es exigible pero la etiqueta debe ser informativa. Y para ser informativa hace falta introducir al consumidor en términos de biotecnología, ingeniería genética y nutrición.

Se han señalado diferentes ventajas de los alimentos transgénicos, aunque hay que también que asumir que sí puede haber riesgos por lo menos potenciales y por tanto es recomendable tener conciencia de ellos por ejemplo:

1. Los cultivos tolerantes a herbicidas: En estos la ventaja es el tener plantas resistentes a ciertos herbicidas si provocales daño lo cual ofrece una manera relativamente barata y eficaz de controlar las malas hierbas. El riesgo es que esto podría permitir una resistencia mayor a los herbicidas y permitir el crecimiento las plantas en suelo contaminado de herbicidas lo podría ser dañino a los humanos y animales.

2. Cultivos resistentes a insectos: Hace los cultivos resistentes a los efectos de plagas de los insectos, por lo que estos no son capaces de alimentarse de estas plantas. Esto disminuye el uso de insecticidas químicos. El riesgo es que esto puede acelerar la evolución a insectos resistentes a insecticidas por la exposición constante a las toxinas Bt. Otro riesgo posible es que al disminuir la población de los insectos se afectaría también a los depredadores actuales que hoy controlan en parte a las plagas. La alta mortalidad en la población de los insectos podría reducir la competencia con las especies resistentes a la toxina Bt aumentando la población de estas. Cultivos resistentes a enfermedades de tipo viral, bacteriano, y de hongos. Dado que se logra insertando genes que codifican las proteínas de defensa los virus en el genoma de los cultivos, produciendo inmunidad a los patógenos específicos. El riesgo es que se desarrollen nuevas enfermedades en las que no habría defensa natural

Las controversias que se han planteado por uso comercialización de los organismos genéticamente modificados (GMOs), se concentran también en otros dos problemas.

- *La producción de GMOs implica la transferencia de material genético desde un organismo a otro. También se añade el problema del DNA que se utiliza como*

marcador o como vector para detectar o llevar a cabo la transferencia. Los temores derivan de la posibilidad de que los caracteres sean inestables y que den lugar a efectos impredecibles de los organismos diseminados intencionadamente o de modo inadvertido en el ecosistema, lo que llevaría a cambios de naturaleza y consecuencias no predecibles.

- *Los organismos modificados genéticamente pueden escaparse del control humano, cuando se utilizan en laboratorios o fábricas, así como en el medio ambiente cuando se liberan de un modo intencionado. Estos organismos podrían reproducirse de un modo descontrolado o transferir la información nueva de que son portadores a la misma especie o especies relacionadas.*

Aunque se habla de los riesgos ecológicos potenciales de las plantas transgénicas, algunas veces se olvida que las plantas de cultivo "naturales" no carecen de problemas ecológicos, y que mientras que se cuestiona la nueva biotecnología vegetal, quizá no analiza los cultivos obtenidos por la mejora convencional. ¿Qué consecuencias ecológicas implica la liberación al ambiente de plantas mejoradas de modo empírico o por genética clásica?. Hay evidencias que el flujo genético entre plantas domesticadas y silvestres se ha producido y se sigue produciendo, a veces con consecuencias negativas para la biodiversidad natural. Como se sabe, la hibridación es un mecanismo común, de modo que quizá más del 70% de las especies de plantas pueden descender de híbridos.

Otro cuestionamiento importante es la posibilidad de que los GMO pueden contener elementos alergénicos

Las alergias de los alimentos son causadas por la respuesta inmunológica anormal del organismo a las sustancias en los alimentos que normalmente son proteínas, pero sólo una cantidad pequeña de la gran cantidad de proteínas de los alimentos son alergénicos. Dado que por la modificación genética hay introducción de nuevas proteínas en las especies de los transgénicos, el potencial alergénico debe ser cuidadosamente

No restando importancia a los riesgos posibles de los alimentos transgénicos se debe analizar cada caso en particular y establecer normatividad para garantizar la inocuidad de los OGM y sus productos. Sin embargo cuando exista la más mínima duda de riesgo demostrado para la salud de los consumidores no deberían autorizarse. No existe ningún procedimiento formal estándar que pueda cubrir

adecuadamente todos los nuevos alimentos. De un modo general puede establecerse que debe tomarse en cuenta toda la información científica relevante que esté disponible

- **La Economía y los transgénicos**

No es concebible apartar los intereses económicos de los científicos en el caso de los GMO. Los alimentos en general juegan uno de los papeles más importantes en la economía mundial, por otra parte existe una marcada diferencia entre los países respecto a su capacidad en producción de alimentos en general, y en el caso de los transgénicos las multinacionales del sector agroalimentario monopolizan la mayoría de los productos e imponen condiciones que pueden resultar no benéficas para agricultores o consumidores, especialmente en los países más pobres. La presencia dominante de esas grandes empresas es, en parte, consecuencia de la retirada de fondos públicos para la investigación en los países más desarrollados. Las dudas o los temores que este estado de cosas pueda suscitar, no debe llevar a considerar que los productos transgénicos sean en sí mismos peligrosos. De hecho, por ahora no existen pruebas científicas de que se hayan producido daños por su uso, tomando en cuenta de que existe una experiencia acumulada de décadas y millones de consumidores en EUA. No se puede descalificar una tecnología porque está en manos de determinadas empresas.

Las principales compañías comercializadoras de semillas transgénicas son las estadounidenses Du Pont/Pioneer y Monsanto seguidos de la suiza Novartis, y la francesa Limagrain. Detrás se sitúan la anglo-holandesa Advanta, la estadounidense AgriBiotech, la mexicana Pulsar/Seminis.

El monto de dinero de los cultivos transgénicos ha aumentado fuertemente desde el primer transgénico comercializado y en la actualidad es de varios miles de millones de dólares. Los alimentos transgénicos no son ajenos a la globalización de la economía mundial, y la producción de estos está en solo unos cuantos de los grandes países productores de alimentos agrícolas y del ganado, Estados Unidos, Canadá, Argentina y otros.

Una característica que incrementa el debate y polémica de los OGM es precisamente la concentración de estos cultivos en América, por ejemplo el más de la mitad del maíz que se comercia internacionalmente es de Estados Unidos por lo

que los países europeos ven en ellos una amenaza no del riesgo por su consumo, sino por el desplazamiento de los OGM por su costo.

La situación Alimentaria

Se ha expuesto anteriormente los grandes problemas de la situación alimentaria mundial como, el impresionante crecimiento de la población de los países en desarrollo principalmente, el deterioro de los campos de cultivo, la falta de agua para riego, y el uso de técnicas agrícolas modernas por los agricultores pobres entre otros, causa que a pesar de tener hoy cantidad suficiente de alimentos para satisfacer las necesidades mínimas en cantidad y calidad de alimentos, una cantidad importante de la población (alrededor del 13 %) carece de una alimentación que le asegure tener los nutrimentos básicos para subsistir.

Tal vez la principal o una de las principales causas es la pobreza de la población por lo que sus recursos económicos no son suficientes para adquirir no tanto calidad en alimentos sino cantidad. La distribución y conservación de alimentos es otro problema grave para el abasto a las poblaciones, algunas veces no se cuenta con infraestructura suficiente para la distribución de alimentos y otras veces las técnicas de conservación y almacenamiento son deficientes, con lo que se provoca pérdida alta de alimentos.

Los avances tecnológicos en la producción, cultivo almacenamiento y procesamiento de los alimentos como es el caso de la Ingeniería Genética, ayudar solo en poco a resolver los problemas de hambre de la población hoy y en el mediano plazo, según los pronósticos de la FAO, los países en desarrollo dependerán cada vez más de las importaciones de cereales y otros alimentos. Se anticipa que sus importaciones netas suban de poco mas de 100 millones de toneladas actualmente, a más del doble en los próximos 30 años Para satisfacer esta demanda, los exportadores tradicionales, como América del norte, Europa Occidental y Australia, tendrían que incrementar su producción para el consumo local y las exportaciones

- ***Situación actual***

El debate de los alimentos transgénicos que existe en el ámbito mundial por los factores mencionados, es muy probable que continúe por algún tiempo incluso

algunos años, al parecer los puntos de vista tan encontrados propiciarán la exposición de argumentos y descalificación por parte de quienes apoyan esta tecnología y quienes están en contra. Podemos observar de forma general la posición de tres grupos de países respecto a los OGM.

- *Países como Estados Unidos, Canadá, Australia, Argentina y China donde existen la mayor parte de los cultivos y donde están permitidos por los organismos oficiales, y de forma aparente no hay fuerte oposición de los consumidores a ellos.*
- *Países europeos, Brasil, Japón. Donde el cultivo de transgénicos es pequeño o no está permitido, en estos países hay fuerte oposición de la población y la legislación es muy estricta respecto al uso de transgénicos importados.*
- *La posición un tanto indiferente de la mayoría de los países en desarrollo donde no hay cultivos transgénicos, no hay ni oposición ni aceptación de ellos debido a la falta de información, a pesar de ser grandemente dependientes de la importación de alimentos para poder satisfacer la demanda interna.*

En los Estados Unidos la Administración ha establecido una normativa suave. Para regular los transgénicos. No habrá etiquetas obligatorias para identificarlos en los supermercados; sí se podrá usar sin embargo el reclamo de biotech free ("no manipulado genéticamente"), para llegar a los consumidores más exigentes. Las normas anunciadas contemplan tan sólo el etiquetado "voluntario", siempre y cuando sea "verdadero e informativo". Implícitamente, la FDA ha dado la razón a los gigantes de la biotecnología, que se negaban a etiquetar sus productos con el distintivo obligatorio. Las nuevas normas obligan también a los fabricantes de semillas transgénicas a comunicar el lanzamiento de sus productos con cuatro meses de anticipación y hacer pública toda la información referente a su seguridad para el consumo.

La FDA supervisará los resultados, pero tendrá una capacidad de maniobra limitada en el proceso final de aceptación del nuevo producto.

En Europa la legislación sobre los OGM es más estricta. Los productos transgénicos deben cumplir los criterios de una legislación de 1997: que sea necesario y útil, seguro para la salud humana y el medio ambiente, y que sus características sean las declaradas y que, además, se mantengan en el tiempo. La

parte más discutida por las asociaciones de consumidores es el etiquetado, sobre el que existen dos posiciones. Una demanda un etiquetado detallado y la otra considera que especificar si el producto está modificado genéticamente, a menos que existan motivos de seguridad que lo justifiquen, no suministra información útil al consumidor. Un problema de fondo es que los legisladores todavía no han avanzado en la definición legal de los métodos adecuados para detectar y cuantificar la presencia de transgénicos en los productos alimenticios; por ello no es posible establecer normas precisas de transparencia informativa sobre este tipo de productos. El debate sobre el porcentaje de modificación genética a partir del cual un producto debe ser considerado transgénico y, por tanto, comunicarse a los consumidores.

- **Los alimentos transgénicos en México**

Las aplicaciones de la biotecnología y la ingeniería genética los alimentos transgénicos entre otros no han suscitado todavía un debate social real en nuestro país. ¿Cuál será la dirección que el debate puede tomar?. Por ahora solo hay participación relevante del grupo ecologista "Greenpeace" con una posición opositora a los OGM, La posición del Gobierno y sus dependencias es al parecer de indiferencia a los reclamos razonados o no de los grupos opositores a estos alimentos. A pesar de lo anterior el tema de los transgénicos en México debe ser un tomado muy en cuenta debido a diferentes factores muy importantes en nuestro país, de los que podemos destacar:

- México es el origen de algunos de los principales cultivos transgénicos, como son Maíz, Tomate, Algodón y calabaza.
- Durante la mitad del siglo 20 se llevó a cabo la llamada "Revolución Verde" y México fue el centro de importantes investigaciones tanto en el trigo como el maíz que se aplicaron en varios países del mundo, principalmente en países en vías de desarrollo. En estos días todavía continúan trabajando centros de investigación de mejoramiento genético y algunos de ellos hay investigación en Biotecnología.
- Los modelos económicos de los últimos lustros han llevado a nuestro país a una fuerte dependencia alimentaria principalmente de productos como maíz, frijol y carne principalmente.

- *La vecindad con Estados Unidos principal productor de OGM.*

En México se inició el cultivo del maíz, esto debió haber sido después de un lento proceso de domesticación de cientos de años. Los restos de maíz de hace siete mil años encontrados en el valle de Tehuacan en Puebla demuestran la antigüedad de este cereal, que hoy es uno de los cultivos más importantes en todo el mundo. Hay también evidencias que el maíz se cultivó en la mayor parte del actual territorio mexicano, el sur de Estados Unidos y Centroamérica (Meso América), se difundió hacia el norte hasta el Canadá y hacia el sur hasta la Argentina. Este cereal era un artículo esencial en las civilizaciones maya y azteca y tuvo un importante papel en sus creencias religiosas, festividades y nutrición; ambos pueblos incluso afirmaban que la carne y la sangre estaban formadas por maíz. Pese a la gran diversidad de sus formas, al parecer todos los tipos principales de maíz conocidos hoy en día, clasificados como Zea mays, eran cultivados ya por las poblaciones autóctonas cuando se descubrió el continente americano. Por otro lado, los indicios recogidos mediante estudios de botánica, genética y citología apuntan a un antecesor común de todos los tipos existentes de maíz. La mayoría de los investigadores creen que este cereal se desarrolló a partir del teocinte o teosinte, Euphorbia mexicana Schrod, cultivo anual que posiblemente sea el más cercano al maíz. Otros creen, en cambio, que se originó a partir de un maíz silvestre, hoy en día desaparecido. Ha habido introgresión (retrocruzamiento reiterado) entre el teocinte y el maíz y sigue habiéndola hoy en día en algunas zonas de México y Guatemala donde el teocinte puede crecer en los cultivos de maíz.

Para el caso de la calabaza, algodón, frijol entre otros, las evidencias de sus primeros cultivos es de hace más de 5000 años en el valle de Tehuacan y en Tamaulipas. Tanto el maíz como los otros cultivos mencionados se desarrollaron de especies silvestres que los primeros agricultores empezaron a seleccionar y cultivar. Por tanto existen en varias regiones del país especies silvestres emparentadas con los cultivos actuales, las cuales son sexualmente compatibles como el Teocinte y Tripsacum para el caso del maíz además de la gran de razas que se cultivan actualmente

El maíz, que es junto con el trigo y el arroz uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica de la industria de transformación, con la que se producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios. Las variedades cultivadas fundamentalmente para alimentación comprenden el maíz

dulce y el reventador, aunque también se usan en buena medida el maíz dentado, el amiláceo o harinoso y el cristalino; este último también se utiliza para los animales.

De los riesgos potenciales de los cultivos transgénicos uno de los más cuestionados, es el de cruce genético entre los OGM y los cultivos silvestres compatibles sexualmente, e incluso con otras variedades de maíz cultivable. Se piensa que puede haber transferencia de información genética entre los cultivos OGM y las plantas de otras razas, dando como resultado que se adquieran los rasgos modificados de los OGM y aparezcan nuevas plantas con rasgos de OGM. Cabe aquí mencionar que similar riesgo existe con los cultivos híbridos obtenidos por mejora tradicional y no por Ingeniería Genética. Lo mencionado anteriormente hasta ahora no se ha presentado, o no ha habido las pruebas suficientes para detectar si ha habido transferencia de genes de los OGM a sus especies emparentadas, sin embargo es necesario tener precaución tomando en cuenta que hay en México tanto como cultivo de OGM comerciales así como de diferentes pruebas de estos, sería benéfico tener un monitoreo de estos cultivos durante varios periodos de siembra de los cultivos para identificar los riesgos reales al medio ambiente. La solución a los problemas generados en relación con las plantas transgénicas, el consumo de los alimentos que se deriven de ellas y su repercusión en el medio ambiente implica también el establecer controles cada vez más eficaces y rigurosos, así como por la creación de un ordenamiento legal adecuado. El monitoreo tendrá que contemplar las siguientes cuestiones quienes, donde y que se debe monitorear cuanto tiempo se debe hacer, y tal vez lo más importante, ¿quién pagará el costo de esto?.

México debido a diferentes circunstancias, tanto políticas como económicas, fue el centro de investigaciones para el mejoramiento de maíz y trigo, después de la segunda guerra mundial. El CYMMYT es ahora parte del CGIAR (Consejo Consultivo Internacional sobre Investigación Agraria) que es una red de investigación mundial que promueve la seguridad alimentaria, la erradicación del hambre y la pobreza y una mejor gestión de los recursos naturales. El CGIAR y sus organismos (CIMMYT, IIRRI etc) han tenido un papel altamente relevante en el desarrollo de la mejora genética de las plantas y obtención de nuevas variedades sobre bases científicas (mejora vegetal), que fue la base de la llamada "revolución verde", gracias a la cual se multiplicaron los rendimientos de las cosechas que hoy tenemos.

Desde la mitad del siglo 20 hasta ahora se ha continuado con estudios e investigaciones en nuestro país y en la actualidad las innovaciones técnicas al respecto que está desarrollando el CYMMYT y organismos asociados son:

- Maíz más resistente. Científicos del Centro Mundial del Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT) han creado nuevas variedades de maíz tropical que pueden incrementar el rendimiento en un 40% respecto a las variedades actuales. Una de estas variedades es resistente a condiciones de sequía y puede cultivarse en terrenos menos fértiles que las variedades clásicas.

Además de las investigaciones del CYMMYT, se realizan estudios e incluso pruebas en biotecnología vegetal en diversas instituciones como son: La UNAM, la Universidad de Chapingo, El Cinestav del IPN y algunas universidades de los estados. Algunos de estos proyectos están en cooperación o son financiados por empresa transnacionales de biotecnología e incluso la FAO.

o Dependencia alimentaria

México tiene unas características físicas únicas. Gran parte del país está ubicado en el gran cinturón desértico del planeta y casi la mitad de esa parte recibe menos de 600 mm. de lluvia al año. En el otro extremo, gran parte del resto del país, especialmente las áreas tropicales cercanas a las costas, recibe lluvias en exceso con un promedio de 1,700 mm. Al año, que en algunos lugares excede a los 2,000 mm.

Entre 1950 y 1967, la producción agrícola se incrementó a una tasa anual cercana al 6 por ciento, es decir, sobrepasó el crecimiento de la población. Sin embargo, en los años setenta, el incremento anual de la producción se redujo a 1 por ciento, mucho menos que la tasa de crecimiento de la población. Por decenios, México había sido autosuficiente en alimentos, pero en los años setenta se vio obligado a comenzar a importar granos principalmente maíz. Desde entonces, estas importaciones han crecido constantemente. En la década de los ochenta la producción agrícola declinó en 1.2 por ciento al año.

Hasta los años setenta, el desarrollo agrícola de México tenía como eje el incremento y el mejoramiento de las áreas bajo riego. En este sector se realizaron grandes inversiones y el país cuenta hoy en día con cerca de 6 millones de hectáreas bajo riego. De ellas, 3.2 millones están ubicadas en 78 distritos de riego.

Estos distritos fueron construidos por el estado, el cual, hasta hace poco tiempo también se encargó de su operación y administración. En 1989 comenzó el proceso de transferir su operación y manejo a sus usuarios. El resto de las áreas bajo riego en México está compuesta por pequeños sistemas conocidos como unidades de riego, las cuales, si bien es cierto que fueron construidas por el Gobierno, o con su ayuda, desde el comienzo han sido operadas por los usuarios.

El Gobierno, después de muchas décadas de concentrar sus esfuerzos en las zonas bajo riego, en los años sesenta comenzó a considerar seriamente las áreas de temporal, las cuales constituyen cerca del 75 por ciento de toda la tierra cultivable.

En estos últimos años la situación del campo ha empeorado, por un lado las tierras de riego están más orientadas a los cultivos de exportación principalmente y en su minoría para cultivos de consumo en la población. México debido a los anteriores factores importa grandes cantidades de alimentos dentro de los cuales están los OGM, cultivados en EE.UU. como maíz, y soya principalmente.

En el caso del maíz los países en desarrollo dedican más tierras a este cultivo, que los países desarrollados, pero éstos obtienen un rendimiento aproximadamente cuatro veces mayor. Así, por ejemplo, el rendimiento por hectárea de los Estados Unidos ha aumentado considerablemente desde 1961, en tanto que los de México, Guatemala y Nigeria, países en los que el consumo de maíz de los habitantes es elevado, se ha incrementado ligeramente desde esa fecha. Mientras que la mayor parte de la producción de los países en desarrollo se dedica al consumo humano, la del mundo desarrollado sirve fundamentalmente para la elaboración industrial y para alimento del ganado. En América del Norte y América Central, los elevados rendimientos por hectárea y la gran producción de la región se deben sobre todo a los Estados Unidos, que producen más que países como México en los que el maíz es el cereal básico más importante.

Como resultado de lo expuesto anteriormente la cantidad de maíz importado por México en los últimos años es de cerca de los 5 millones de toneladas, de las que obviamente una parte son OGM, pues su origen es EE.UU.

8. Conclusiones.

- Los alimentos transgénicos producto del desarrollo de la Biotecnología moderna son el centro de un gran debate a nivel mundial, hay posiciones divergentes de diferentes grupos de personas y organizaciones, tal debate ahora en la mayoría de países, se inicio en Europa, y aunque en menor grado ha llegado a los países del tercer mundo, México y otros países latinoamericanos.
- Ningún tipo de alimentos había provocado tanto debate en el mundo, varios son las causas de la polémica y las posiciones tan contrastantes que se han dado. Es posible que las causas principales del debate sean la implicación ética de estos alimentos y sobretodo del desarrollo de la ingeniería genética aplicada a animales y el ser humano, así como la parte relacionada en la producción y comercio de los alimentos, en donde intervienen tanto los grandes países productores, sus empresas transnacionales y los países que no son autosuficientes en alimentos.
- La casi totalidad de estos desarrollos son generados países desarrollados y los países en desarrollo los reciben en general de manera terminada. El debate se inicio en la década de los 80, por las investigaciones en alimentos y animales transgénicos, pero es hasta los 90's cuando se extiende a varios países de Europa, es en esta década en donde se tienen los mayores avances, que dan lugar a los primeros alimentos transgénicos y el posterior rechazo de estos por algunos grupos de la sociedad, varias de las manifestaciones en contra de este tipo de alimentos son muy radicales pues exageran los posibles riesgos de ellos, por lo que la población en general ha tomado una posición de temor y en algunos casos de alarma

- Si algo se puede asegurar en este debate, es que la polémica continuará por varios meses e incluso años, pues para algunos grupos e incluso países estos alimentos según su concepción son un riesgo para la sociedad. El rechazo de los OGM ha sido reforzado por graves problemas presentados en algunos alimentos, que si bien no tienen relación con los OGM la población los ha relacionado con alimentos contaminados, alimentos tóxicos o enfermedades adquiribles por el consumo de alimentos.

Hay de manera definida dos posiciones extremas sobre los OGM:

- El Grupo conformados por institutos de investigación, empresas productoras, países productores, granjeros y científicos quien está a favor del desarrollo, cultivo y consumo los alimentos genéticamente modificados, este grupo es el que tiene la capacidad de investigación, producción y comercialización no solo de los OGM sino de la mayoría de los alimentos, le conforman países como Estados Unidos, Canadá, Argentina Uruguay principalmente. Por otro lado la mayoría de países europeos, Japón, Brasil y los países en desarrollo, los grupos ecologistas (De todo el mundo), y algunos científicos están en contra de los OGM desde una posición razonada hasta posiciones alarmistas y sensacionalistas. Variados son los argumentos, ya sea en pro o en contra de estos alimentos, es indudable que en todos ellos hay algo de verdad pero cada grupo reclama para sí la razón las partes opositoras usan la información de manera parcial; a veces interpretan a su favor las lagunas en los conocimientos y con frecuencia apoyan sus argumentos en datos erróneos Al promover los OGM, la industria de la biotecnología agrícola se pondera en exceso los posibles beneficios y minimizan los posibles riesgos.
- Los opositores a los OGM de manera contraria, ignoran los beneficios y exageran los riesgos. Es claro que varios de los problemas que presentan los grupos a favor de los OGM, son preocupantes y necesitan urgente solución, pero el desarrollo de los OGM y su comercialización, no resolverá en su totalidad problemas como el hambre de millones de seres humanos, la falta de alimentos nutritivos, enfermedades, el abasto de alimentos o la productividad de las tierras de cultivo.

- Los promotores de la biotecnología agrícola están en un error cuando afirman que los alimentos genéticamente modificados no son diferentes de los otros alimentos y, por lo tanto, no es preciso someterlos a un tratamiento especial ni distinguirlos por medio de etiquetado en los puntos de venta. Esta posición ha aumentado las sospechas entre algunos consumidores de que la industria solo busca aumentar sus ganancias promoviendo una tecnología que tiene pocos beneficios para el consumidor y puede ocultar riesgos. Con el fin de lograr el consenso requerido para proseguir, todas las partes que intervienen en el debate tendrán que reconocer la validez de las preocupaciones de los demás y tomar medidas para resolver interrogantes aún sin respuesta.

- Los alimentos transgénicos son solo una parte de La biotecnología, esta rama de la ciencia si se acepta como el uso de diferentes técnicas aplicadas a los seres vivos para obtener beneficios ya sea al hombre o a la naturaleza, se inició con la producción de productos fermentados, o aun más anteriormente con la domesticación de plantas y animales por diferentes culturas en el mundo hace tal vez más de 10,000 años con el nacimiento de la agricultura y la crianza de animales. Los hombres de aquel entonces empezaron aplicar técnicas basadas en él la observación y ensayo y error y en las que sin dudas hubo aciertos y fallas, de esta forma se logró después de varias generaciones poder obtener productos del cultivo del campo y animales esenciales para el hombre. Desde aquella época el hombre ha modificado a los seres vivos y la naturaleza para su beneficio. Los cultivos actuales así como los animales domésticos no existían en la naturaleza, el hombre los ha transformado con diferentes técnicas, muchas veces no comprendidas. El desarrollo de la ciencia e interpretación de estos cambios particularmente en la Biología y la Genética han servido para poder realizar y aplicar mejores técnicas en la modificación de los seres vivos, se inicia con los descubrimientos de la genética de Mendel y la evolución de las especies de Darwin y desde finales del siglo 19 ha tenido un impresionante desarrollo algunos de ellos se aplicaron rápidamente al cultivo de alimentos y crianza de animales. En el siglo 20 dos fases son muy importantes, la aplicación de las técnicas de hibridación en los cultivos de mayor importancia (cereales), y el avance científico en el conocimiento del material genético de los

organismos que concluyó en la posibilidad de intercambio genético entre especies no compatibles sexualmente

- La moderna Biotecnología cuenta ahora con poderosas técnicas que posibilitan mejorar, modificar y cambiar los organismos vivos a partir del intercambio de genes de diferente especie. Esto hasta hace décadas era imposible de concebir y aun ahora para muchas personas contrasta con su forma de percepción de los organismos vivos. Son varios los campos de aplicación la Biotecnología de los cuales destacan, las aplicaciones en la medicina, la producción de alimentos, la crianza de animales, las fermentaciones, la recuperación de suelos y aguas y conservación de las especies.
- Los alimentos transgénicos que han sido obtenidos por medio de la aplicación de la ingeniería genética son desde 1994 una realidad, en la actualidad se cultivan y comercializan alrededor de un centenar, pero hay en estudio e investigación muchos más. Dentro la primera generación de OGM está:
 - Cultivos resistentes a factores adversos del medio ambiente,
 - Cultivos resistentes a plagas y enfermedades,
 - Resistentes a la aplicación de ciertos herbicidas,
 - Mejora de las propiedades nutritivas,
 - Uso de las plantas como productores de sustancias químicas y como recogedoras de contaminantes.

Los estudios que se realizan actualmente apuntan a cultivos OGM que por ahora se antojan fantásticos, como cultivos con vacunas incorporadas, cultivos con mejor balance de nutrientes, cultivos adaptados a los sistemas de cosecha y conservación entre otros.

- Los actuales cultivos transgénicos se han realizado en los lugares donde estos se han desarrollado y que representan las mayores ventajas tanto de rendimiento o económicas, por tanto se realizan en los grandes países productores y los cuales incluyen, maíz, soya, tomate, tabaco, canola, algodón, papa, calabaza, papaya y girasol. Desde 1995 la cantidad

cultivada ha ido en aumento llegando hasta a 1999 a cerca de los 40 millones de hectáreas en el mundo (el doble de la superficie cultivable en México). Para el año 2000 no se preveía un gran aumento debido a la oposición en algunos países, pero es indudable que la superficie cultivada irá en aumento.

- La parte medular del debate de los alimentos transgénicos es la posición ante los posibles riesgos que estos representan los opositores magnifican los riesgos, mientras los que están a su favor los minimizan. De los riesgos potenciales se debe destacar que el efectuar transferencias de genes entre especies hace posible la creación de organismos que sean diferentes en aspectos importantes de los organismos encontrados en la naturaleza. Como sucede con todo producto nuevo, las repercusiones de los OGM en las personas, los animales y el medio ambiente son difíciles de predecir; por consiguiente, es importante evaluar los riesgos antes de aprobar el lanzamiento de los OGM. El proceso de evaluación tendrá que incluir ensayos en campo cuidadosamente controlados, ya que sólo las pruebas sobre el terreno generarán la información necesaria para determinar cómo se comportarán los OGM durante el cultivo.

Debido a que los alimentos OGM han estado ya en el mercado desde cuando eran obtenidos en su investigación se puede decir:

- Desde hace un tiempo millones de personas (particularmente en EEUU y en China) están comiendo alimentos OGM sin que hasta el momento se hayan detectado efectos adversos para la salud.
- También es verdad que los OGM se consumen solo desde hace 10 años, por lo que podría ser que más adelante se descubriera algún efecto sobre la salud, a largo plazo.

En toda actividad humana no hay riesgo cero, por lo que es necesario tomar precauciones para los OGM, como las siguientes:

1. Se debe Especificar el origen y composición del nuevo alimento, y que aseguren su identificación.
 2. Debe haber análisis de los efectos que puedan producir los procesos a los que pueda ser sometido el nuevo alimento.
 3. Es necesano tener información sobre usos y características de los organismos (y sus productos) utilizados como fuente para producir nuevos alimentos.
 4. Se debe realizar análisis de los efectos de la modificación genética sobre las propiedades del organismo receptor. Análisis de los posibles impactos de tipo nutricional, toxicológico o microbiológico.
 5. Estudio de la estabilidad genética de la modificación introducida.
 6. Tener especificaciones de la expresión del material genético modificado.
 7. Realizar análisis nutricional: Composición e impacto previsible en la dieta de la población. Información microbiológica y toxcológica.
 8. Tener estudio del potencial alergénico.
-
- Las nuevas tecnologías deben ser evaluadas en términos de beneficios y costos. Las nuevas herramientas de la biotecnología nos dan más poder para efectuar impactos positivos o negativos en el ambiente. Un requerimiento esencial es revisar muy cuidadosa y críticamente los problemas potenciales que han sugerido científicos y los ambientalistas en relación con el uso de organismos transgénicos.
 - La bioseguridad se define como el conjunto de políticas y procedimientos que se adoptan con el fin de garantizar la seguridad en las aplicaciones de la biotecnología. Por consiguiente, garantizar el cumplimiento de las regulaciones en bioseguridad es fundamental con el fin de estimular la aceptación pública y el consiguiente desarrollo de la biotecnología moderna.
 - Por otro lado deben realizarse esfuerzos para la comprensión hacia los nuevos enfoques y desarrollos, lo cual debe ir ligado con un registro demostrado de seguridad del producto, con el fin de reducir el temor al cambio que frecuentemente se presenta con una innovación tecnológica. Los científicos que realizan investigación deben colaborar en la preparación de una orientación informativa adecuada, de tal manera que la familiarización del público y por consiguiente de los sectores que toman

decisiones se presente conjuntamente con los nuevos desarrollos en la investigación

- Todos tenemos derecho a conocer los riesgos a que estamos expuestos, por ejemplo al consumir alimentos genéticamente modificados. Sin embargo, la totalidad de ausencia de impactos eventualmente nocivos no será logrado, debido a limitaciones de la evaluación científica de riesgo. La principal consideración a tener en cuenta, es cuáles riesgos son aceptables para obtener cuáles beneficios
- En este caso se deben realizar estudios exhaustivos, elaborados por Comités Científicos Independientes, que determinen los efectos que se puedan ocasionar y que se evalúen los mismos y se sopesen los intereses y los costos.

En la producción e industrialización de alimentos es importante tener en cuenta que:

- Natural no es sinónimo de inocuo.
- Hay productos naturales que llevan sustancias mutagénicas y cancerígenas (por ejemplo: pimienta negra, saflor; setas comestibles, hidrazinas; apio, frutos secos, aflatoxinas de hongos; etc.)
- No todo lo artificial es nocivo.
- Ninguno de los conservadores autorizados llega a ser tan peligroso como las toxinas que pueden producir las bacterias y los hongos que el conservador evita.
- Para la mayoría de la población en el mundo y sobre todo en los países en desarrollo como México, la comprensión de la información técnica requerida para los OGM es menor, dado el grado de educación, la mayoría de veces no existe en la población vocabulario mínimo para comprender artículos de divulgación científica o periodística en los que aparecen argumentos de contenido científico y tecnológico; capacidad para discernir entre enunciados científicos y pseudo-científicos; conciencia de los impactos sociales y culturales de la ciencia y la tecnología. La prensa no especializada y la

televisión son los principales medios usados por la gente para conocer las novedades científicas y sus aplicaciones

- Otro aspecto muy importante de los alimentos transgénicos es el relativo al comercio de estos, hay dos factores interesantes, el dominio tanto de producción y comercialización no solo de alimentos transgénicos sino del general de alimentos de países como Estados Unidos, Canadá, Argentina, Brasil, y la dependencia de la importación de alimentos para satisfacer la demanda de países en desarrollo, algunos países europeos, los países ex socialistas.
- El comercio mundial de alimentos es dominado por otra parte por gigantes empresas transnacionales que controlan ya la mayor parte de la producción y comercialización de alimentos en todos los países del mundo. Es lógico suponer por lo anterior que la orientación en investigación y aplicación de la Biotecnología para producir alimentos transgénicos esta orientada a los intereses que convienen a estos grupos económicos, resultando en beneficios por ahora solo para los grandes productores y mínimos beneficios para el consumidor.
- México como país no es ajeno tanto al debate como al impacto de los alimentos transgénicos en su producción y comercio. Por ahora se puede considerar que nuestro país no esta muy rezagado a lo que investigación biotecnológica se refiere, hay diferentes pruebas e investigación en la aplicación de OGM aunque la mayoría son de empresas transnacionales que controlan los transgénicos en el mundo, también se realizan pruebas de organismos nacionales y autónomos. Hay varios cultivos en estudio e incluso algunos para su comercialización para maíz, jitomate, soya, entre otros.
- La mayoría de la población en México desconoce los términos transgénicos, biotecnología e ingeniería genética relacionados a los OGM, en general hay ignorancia a aspectos científicos y tecnológicos, como en gran parte del mundo los medios de información más importantes no son las escuelas y Universidades sino la televisión, que no siempre tiene la capacidad de interpretación lógica y científica de asuntos como los OGM. A pesar que no existe un debate fuerte en la sociedad mexicana alrededor de los

transgénicos, la posición extrema de grupos como greenpeace con manifestaciones alarmantes ha provocado temor ya en los mexicanos. Como se ha comentado los OGM no están exentos de riesgos, en particular riesgos ecológicos, pues en nuestro territorio aun existen parientes silvestres de cultivos OGM como maíz, tomate y algodón.

- La situación delicada en la producción de alimentos en el campo que se ha deteriorado gradualmente de la década de los 70's, ha colocado a nuestro país en fuerte dependencia de la importación de alimentos de todo tipo, gran parte proviene de los Estados Unidos y como es obvio parte de ellos son OGM, por ahora y en el mediano plazo no podremos evitar que se consuman alimentos OGM, pues tan solo de maíz se importan cerca de 5 millones de toneladas al año, un tercio del consumo nacional.
- La legislación para los OGM en México no se ha rezagado tampoco, se ha creado una comisión nacional de Bioseguridad, y están en etapa de aprobación leyes que regulan la producción, comercialización e identificación de los transgénicos, pero esta es una tarea difícil pues a pesar de que existen recursos humanos y organismos capacitados, la infraestructura básica y los recursos económicos son mínimos.
- Como conclusión final se puede decir que la tecnología para crear variedades de cultivos mejores para el ser humano la ingeniería genética no se puede dejar de lado. Dados los avances de la biotecnología, el proceso mediante el cual el hombre mejora los cultivos ha cambiado para siempre. Si bien no en todos los casos será posible identificar genes de interés y desplazarlos a voluntad usando técnicas de ingeniería genética, en las situaciones en que sí se puedan identificar y manipular genes económicamente valiosos a menudo resultará muy ineficiente utilizar los métodos tradicionales de fitomejoramiento. Dada la importancia que las personas dan a los alimentos que consumen, las políticas concernientes a los OGM tendrán que basarse en un debate abierto donde participe un amplio sector de la sociedad. Si se quiere resolver esta polémica, la retórica con motivaciones políticas debe ser sustituida por un diálogo, basado en información científica confiable.

Referencias

-
- ¹ - Las vacas locas reaparecen en Francia CNNenEspañol.com - Julio 25, 2000.htm
- ² La crítica de que los alimentos transgénicos son peligrosos para la salud pierde fuerza. Josep Corbella Diario La Vanguardia España 15/10/99.
- ³ Alimentos transgénicos ¿Los frutos prometidos? Revista Bioplanet 31/01/00
- ⁴ Un conflicto de intereses posterga el Protocolo de Bioseguridad PrimAle Publicaciones Electrónicas Febrero de 1999. htm
- ⁵ Los transgénicos son una evolución, no una revolución José Ignacio Cubero Salmerón Periódico Hoy España 06/03/00
- ⁶ El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 23/11/99
- ⁷ Genes que vienen y van. Hector A. Huergo 20 febrero 1999Clarín Rural. htm
- ⁸ En defensa de Norman Borlaug. Alonso Rodríguez Navarro, José María Sumpsi Viñas y Francisco García Olmedo, Diario El País España 25/11/99.
- ⁹ Los ecologistas extremistas impiden erradicar el hambre Norman Borlaug Diario El País España 24 Octubre 1999.
- ¹⁰ BIOTECNOLOGÍA: BÚSQUEDA DE UN ENFOQUE PRÁCTICO PARA UNA TECNOLOGÍA PROMETEDORA Alan Larson *Subsecretario de Estado para Asuntos Económicos, Comerciales y Agrícolas* publicación electrónica del Departamento de Estado, vol.4, No. 4, octubre de 1999.
- ¹¹ ALGUNAS PREGUNTAS FRECUENTES SOBRE ALIMENTOS MODIFICADOS GENETICAMENTE Area Tecnología de Alimentos de la Universidad de Zaragoza
- ¹² GM Plants and Antibiotic Resistance Genes Food Safety Network
- ¹³ Evolución de la industria biotecnológica - Alberto Díaz.htm
- ¹⁴ Alimentos transgénicos, Un camino sin retorno Prime Publicaciones Electrónicas htm

¹⁵ Los Mitos de la Biotecnología Agrícola: Algunas Consideraciones Éticas Miguel Altieri Universidad de California, Berkeley

¹⁶ Riesgos Ambientales de los Cultivos Transgénicos. Una evaluación Agroecológica Miguel Altieri Universidad de California, Berkeley

¹⁷ Biotecnología Una palabra que enciende polémicas Revista Conozca más Chile

¹⁸ La cumbre de Montreal evidencia el conflicto de intereses Juan Giron Koger Revista Dinero 10/02/00

¹⁹ Compromiso de los ciudadanos con la biotecnología Organización de las Naciones Unidas 12/06/92

²⁰ LA FAO SUBRAYA EL VALOR POTENCIAL DE LA BIOTECNOLOGIA PERO INVITA A LA PRECAUCION Comunicados de prensa de la FAO 00-17

²¹ La FAO y la biotecnología FAO 29/01/99

²² DECLARACIÓN DE LA FAO SOBRE BIOTECNOLOGÍA FAO 2000

²³ INFORMACION GENERAL EN BIOTECNOLOGIA. colciencias.gob.co htm

²⁴ What is Biototechnology An Introduction.htm

²⁵ What it's Biototechnology? BIOETCanada Food Safety Network

²⁶ ELECTRONIC FORUM ON BIOTECHNOLOGY IN FOOD AND AGRICULTURE. FAO

²⁷ Alimentos transgénicos Reina la confusión Revista Consumer Marzo 1998.

²⁸ Seeds Of Opportunity An Assessment Of The Benefits, Safety, And Oversight Of Plant Genomics And Agricultural Biotechnology. Nick Smith U.S. House of Representatives Committee on Science 13 April 2000

²⁹ Biotecnología in agriculture, forestry and fisheries - FAO's policy and strategy

³⁰ Variedades transgénicas en agricultura: situación y perspectivas Monsanto España, S.A. 01/08/99

-
- ³¹ Transgénicos ¿Alimentos que matan o ¿remedio contra el hambre. Domingo Peinado Diario El Semanal España 21/11/99.
- ³² Agricultural Biotechnology. by Dr. Mary Lou Guerinot, February 27, 1996 htm
- ³³ Cómo se fabrica una planta transgénica 12/12/96 El Mundo
- ³⁴ FDA Consumer Methods for Genetically Engineering a Plant. U. S. Food and Drug Administration FDA Consumer January-February 2000
- ³⁵ Ingeniería genética de plantas Enrique Iáñez Universidad de Granada 01/09/97
- ³⁶ Applications of Biotechnology to Crops Benefits and Risks htm
- ³⁷ Como funciona la biotecnología, Monsanto España.htm
- ³⁸ Plantas y alimentos transgénicos Juan Ramón Lacadena Universidad Complutense de Madrid 05/11/98
- ³⁹ Biología Molecular S:I: Kelly
- ⁴⁰ En el mundo se consumen más de 67 tipos de alimentos transgénicos Periódico Sur 11/03/00
- ⁴¹ Agricultural Biotech Products on the Market. Food AG Biotech. Htm
- ⁴² Foods on the Market.htm
- ⁴³ Oil from new soybean better for heart – March 29, 2000 CNN_com.htm
- ⁴⁴ Genetically Modified Food – General Assembly Report. Report of the Church of Scotland General Assembly, 11 May 1999.
- ⁴⁵ Assessment of the allergenicity of genetically modified foods Steve L. Taylor. Department of Food Science & Technology, University of Nebraska, Lincoln, USA .
- ⁴⁶ Los peligros para los seres humanos. Clarín Digital 13 de marzo 1999. Htm
- ⁴⁷ Tema Estratégico, biotecnología y seguridad alimentaria: Semillas transgénicas y seguridad alimentaria, El caso de Colombia \Revista Semillas de la Economía Campesina.
- ⁴⁸ Análisis general de los cultivos transgénicos comercializados: 1999 Clive James Presidente de la Junta de Directores de ISAAA

¹⁹ Los Gigantes Genéticos, ¿Dueños del Universo? 4/30/1999 RAFI - Publications transnacionales.htm

⁵⁰ Multinationales listas para controlar la producción mundial Diario *The Guardian* Inglaterra 15 de diciembre de 1997

⁵¹ MONSANTO: Operaciones millonarias, falsas promesas y graves impactos
BIODIVERSIDAD
SUSTENTO Y CULTURAS por REDES-AT

⁵² Biotecnología Agrícola y Países en Desarrollo. Enrique Jáñez Universidad de Granada 20/08/99.

⁵³ Full text - Plant biotechnology and food security in Latin America. Juan Izquierdo.htm

⁵⁴ China apuesta por las granjas para desarrollar Ingeniería Genética, Ian Johnson y Karby Leggett 29 de marzo 2000, Dow Jones

⁵⁵ ¿Quién ha ganado en el acuerdo sobre biodiversidad? 01/02/00 Agrodigital

⁵⁶ Un grupo especial evalúa la inocuidad de los alimentos obtenidos por medios biotecnológicos Noticias FAO 14 marzo 2000

⁵⁷ Más allá de la Revolución Verde: ¿un papel para la biotecnología? Enrique Jáñez Universidad de Granada 13/08/99

⁵⁸ México: Ensuring Environmental Safety While Benefiting from Biotechnology, Ariel Alvarez Morales

⁵⁹ Artículo de periódico La Jornada 2 de julio de 1999.

⁶⁰ El secretario de agricultura libera 26 especies de maíz transgénico La Crónica de Hoy - México - MARTES 16 DE NOVIEMBRE DE 1999.htm.

⁶¹ Programa nacional de Biotecnología Dr. Jose Antonio Garzón Tiznado, Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural.htm

⁶² Los Organismos Genéticamente Modificados Greenpeace México.htm

⁶³ Se experimenta en seis estados del país con maíz transgénico que daña a las Monarca Flavia Irene Rodriguez La Crónica de Hoy - México - SABADO 22 DE MAYO DE 1999.htm

⁶⁴ México, centro de origen del maíz Greenpeace México.htm

⁶⁵La Cronica de Hoy VIERNES 2 DE JULIO DE 1999.htm

⁶⁶ Assessing the Impacts of Agricultural Biotechnologies Biotechnology and the Future of Agricultural Development in México. Michelle Chauvet *Department of Sociology, Universidad Autónoma Metropolitana, Mexico D F., Mexico* htm

⁶⁷ ALIMENTOS TRANSGENICOS ESPERANZA MAZARIE Revista Gente Sur No. 50 Diciembre de 1999

⁶⁸ Se crea la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad en México La Crónica de Hoy - México-SABADO 6 DE NOVIEMBRE DE 1999 htm .

⁶⁹ Modified Food Vote in Mexican Senate. Yahoo news htm

Anexos

Anexo 1

Glosario de Términos Biotecnología

Aerobio: Microorganismo que crece en presencia de oxígeno. Ver anaerobio.

Agrobacterium: Una bacteria natural del suelo que puede ser utilizada para transferir genes a las células vegetales.

Amplificar: Incrementar el número de copias de una secuencia de DNA. Puede hacerse *in vivo* por inserción de la secuencia en un vector de clonación que se replica dentro de una célula huésped, o *in vitro* por la reacción en cadena de polimerasa (PCR).

Anaerobio: Un organismo que crece en ausencia de oxígeno.

Anóxico: Caracterizado por la ausencia de oxígeno.

Anticuerpo: Una proteína compleja (Inmunoglobulina) que se produce en respuesta a un antígeno la cual reacciona y se une específicamente para formar un complejo antígeno-anticuerpo.

Anticuerpo: Una sustancia inmune del cuerpo que contrarresta los efectos de un microorganismo causante de enfermedad o de sus compuestos. Es una proteína compleja (inmunoglobulina que se produce en respuesta a un antígeno, la cual reacciona y se une específicamente para formar un complejo antígeno anticuerpo

Anticuerpos monoclonales (ACMc): Anticuerpos idénticos que reconocen un antígeno sencillo, específico y que son producidos por clones de células especializadas (hibridoma). Son moléculas de inmunoglobulina de especificidad de epítopo simple.

Antígeno: Molécula compleja (generalmente una proteína o un carbohidrato) que al ser introducido al cuerpo de un animal superior, puede inducir la formación de anticuerpos

Bacillus thuringiensis (Bt): Bacteria con la capacidad de matar insectos, componente importante en la industria de insecticidas microbianos.

Bacteriófago (fago): Virus que infecta bacterias. Las formas modificadas son usadas como vectores para la clonación de DNA.

Biodegradación: Proceso que utiliza microorganismos o sus enzimas para el degradación de sustancias químicas.

Biofixiviación: Uso de microorganismos para solubilizar compuestos, de manera que sus elementos puedan ser extraídos a partir de un material, cuando el agua u otro solvente es filtrado a través de estos

Biorremediación: Uso de agentes biológicos con el fin de tratar suelos y aguas contaminadas por sustancias tóxicas. Es una extensión de procesos de tratamiento biológico tradicionales para el tratamiento de desechos, en los cuales los microorganismos son usados para la degradación de los contaminantes ambientales.

Bioseguridad. Las políticas y procedimientos adoptados para garantizar la segura aplicación de la biotecnología en salud y ambiente (se aplica principalmente al uso seguro de organismos transgénicos)

Biosensor: Técnica inmunológica o genética que permite la detección de químicos o de actividad biológica. Se basa en la generación de luz o de señales eléctricas.

Biotecnología. Cualquier técnica que utilice organismos vivos o sustancias de estos organismos para hacer o modificar un producto, mejorar plantas o animales, o desarrollar microorganismos, para usos específicos.

Callo: Masa de células indiferenciadas (tejido vegetal)

Célula haploide: Una célula que contiene solamente un juego o la mitad del número habitual (diploide) de cromosomas).

Cistrón: Secuencia de DNA que codifica para un polipéptido específico, un gen.

Clon: Una replica genética exacta de un gen específico o de un organismo completo

Cultivo de Tejidos: Procedimientos utilizados para mantener y crecer células y tejidos vegetales o animales y órganos vegetales (tallos, raíces, embriones) en cultivo aséptico (*in vitro*)

DNA fingerprint (huella molecular): El patrón único de fragmentos de DNA identificados por hibridación southern (utilizando una sonda que se une a una región polimórfica de DNA) o por reacción en cadena de la polimerasa (utilizando iniciadores – primers- que flanquean la región polimórfica).

DNA Polimerasa : Una enzima que sintetiza una molécula de doble cadena de DNA utilizando un primer y DNA como template.

Efluente: Descarga líquida o gaseosa de un proceso e.g. tratamientos de aguas residuales o producción industrial.

Electroforesis en gel de agarosa: Una matriz compuesta por agar altamente purificado que se usa para separar moléculas grandes (alrededor de 20 000 nucleótidos) de DNA y RNA.

Electroforesis en gel de poli-acrilamida: Electroforesis a través de una matriz compuesta de un polímero sintético, usada para separar proteínas o moléculas pequeñas de DNA o RNA hasta de 1000 nucleótidos

Electroforesis: La técnica de separación de moléculas cargadas en una matriz a la cual se aplica un campo eléctrico

Embriogénesis somática: Desarrollo de embriones a partir de células vegetativas (somáticas)

Endonucleasa (enzima de restricción): Un tipo de endonucleasa que corta el DNA después de reconocer una secuencia específica (e.g. *bam*H1, *Eco*RI, *Hind*III)

Ex vitro: Crecimiento y desarrollo fuera del ambiente de cultivo de tejidos.

Exon: Una secuencia de DNA que es traducida a proteína.

Explante: Porción de tejido vegetal utilizado para iniciar procesos de cultivo de tejidos o micropropagación.

Fermentación: Un proceso aeróbico o anaeróbico donde la fuente de carbono es también el aceptor de electrones. La fermentación se utiliza en varios procesos industriales para la manufactura de productos tales como alcoholes, ácidos etc.

Gen. Un locus en un cromosoma que codifica una proteína específica o varias proteínas relacionadas. Se considera la unidad fundamental y funcional de la herencia, la porción de DNA que está organizada en una secuencia ordenada de pares de bases nucleótidos y que produce un producto específico o tiene una función asignada.

Genoteca: Biblioteca conformada de copias complementarias (DNA) de mRNA celular

Genoteca: Una librería (colección) de genes de DNA genómico.

Germoplasma. La variabilidad genética total, representada en células o semillas, disponible para una población determinada de organismos

Hibridización Northern (Northern blotting): Procedimiento en el cuál un fragmento de RNA es transferido de un gel de agarosa a un filtro de nitrocelulosa, en el cuál el RNA transferido es luego hibridizado a una sonda marcada con radiactividad u otro sistema.

Hibridización Southern (Southern blotting): Procedimiento en el cuál fragmentos de restricción DNA son transferidos de un gel de agarosa a un filtro de nitrocelulosa, en el cuál el DNA desnaturalizado es luego hibridizado a una sonda marcada con radiactividad u otro sistema.

Hibridoma. Una célula híbrida resultante de la fusión de una célula de mieloma (un tipo de célula tumoral que se divide continuamente en cultivo) y un linfocito (una célula productora de anticuerpos). Cultivos de estas células son capaces de crecimiento continuo y producción de anticuerpos específicos (i.e. anticuerpos monoclonales).

In vitro: Crecimiento y desarrollo en el ambiente estéril de cultivo tejidos

Ingeniería Genética: La manipulación de la composición genética mediante la introducción o eliminación de genes específicos a través de técnicas modernas de biología molecular y DNA recombinante

Insulina: Una hormona proteínica pancreática esencial especialmente para el metabolismo de carbohidratos que regula el nivel de azúcar en la sangre.

Interferon: Una familia de proteínas pequeñas que estimulan resistencia a virus en las células.

Intrón: Una secuencia no codificante de DNA en un gen, la cuál inicialmente se transcribe a RNA mensajero y posteriormente es escindida

Kanamicina. Un antibiótico de la familia de los aminoglicósidos que puede interferir con los procesos celulares de traducción mediante enlace con los ribosomas. Resistencia específica a este antibiótico es un sistema de marcador de selección usado frecuentemente en células transgénicas.

Ligasa: Una enzima que une extremos de moléculas de DNA. Estas enzimas son herramientas esenciales en la ingeniería genética

Lixiviación: La remoción de un compuesto soluble tal como una mena o también compuestos orgánicos solubles de una mezcla sólida mediante lavado o precolación

Microinyección: Medio para introducir una solución de DNA, proteína u otro material soluble a una célula utilizando una pipeta microcapilar.

Micropropagación: Término usado para la propagación *in vitro* de plantas.

Organogénesis: El proceso de desarrollar brotes o raíces adventicias.

Pasteurización: Esterilización parcial de una sustancia, especialmente alimentos y bebidas, a una temperatura y un periodo de exposición que destruye microorganismos patógenos sin mayor alteración de la sustancia.

Plásmido Ti (inductor de tumor): Un plásmido de *Agrobacterium tumefaciens* que es responsable de la formación de tumores en las plantas infectadas. Plásmidos Ti, modificados genéticamente, se utilizan como vectores para introducir DNA foráneo a células vegetales.

Plásmido: Un elemento genético extracromosómico presente en muchas cepas bacterianas. Los plásmidos son pequeñas moléculas circulares de DNA utilizados como vectores para la transferencia de genes de un organismo a otro.

Polimorfismos en longitud de fragmentos de restricción (RFLP): Fragmentos de DNA de diferentes longitudes, obtenidos con enzimas de restricción, que permiten distinguir a individuos. Este polimorfismo resulta de las variaciones en las secuencias de DNA y puede ser detectado por análisis con Southern y sondas marcadas. Se utilizan como marcadores en mejoramiento. Representan diferencias en secuencias de nucleótidos entre alelos en un locus cromosómico.

Primer (iniciador): Un fragmento corto de DNA o RNA ligado a un DNA de cadena simple a partir del cuál la polimerasa extiende una nueva cadena de DNA para producir una molécula doble.

Promotor: Secuencias de DNA que controlan la expresión de genes

Propiedad intelectual. El campo de la ley que incluye patentes, derechos literarios, marcas comerciales, secretos comerciales e industriales y protección de variedades vegetales

Reacción en cadena de la polimerasa (PCR): Un procedimiento de laboratorio que amplifica DNA enzimáticamente. Técnica poderosa para producir millones de copias de una región específica de DNA, que permite el analizarla tan rápido como se puede

purificar una sustancia química. PCR ha sido el instrumento esencial en el desarrollo de técnicas de diagnóstico, medicina forense y la detección de genes asociados con errores innatos del metabolismo

Secuenciación de DNA. Determinación del orden de bases en una molécula de DNA.

Sonda: Una secuencia de cadena simple de DNA (o RNA) marcada con un isótopo radiactivo u otros medios, utilizada para detectar la presencia de secuencias nucleótidas complementarias.

Subcultivo La subdivisión de un explante en desarrollo o una parte de un cultivo, en partes más pequeñas y su transferencia a un nuevo medio.

Taq polimerasa: Una DNA polimerasa termoestable aislada de una bacteria, utilizada en PCR

T-DNA (DNA de transferencia): Región transformante de DNA en el plásmido T de *Agrobacterium tumefaciens*. Es el segmento de DNA que es realmente transferido a la célula que está siendo transformada

Tecnología de DNA recombinante: El proceso de cortar y recombinar fragmentos de DNA de diferentes fuentes como medio para el aislamiento de genes o para alterar su estructura y función.

Transformación: Introducción e incorporación de DNA de organismo a otro mediante la toma de DNA foráneo.

Transgénico (organismo): Un organismo (animal, vegetal o microorganismo) en el cual un gen foráneo (transgen), o una secuencia de DNA foránea ha sido incorporada a su genoma durante su desarrollo inicial. En los organismos transgénicos, en el laboratorio usando técnicas de DNA recombinantes, el DNA hereditario se incrementa por la adición de DNA de una fuente diferente al germoplasma parental. El transgen se encuentra tanto en células somáticas como germinales, se expresa en uno o más tejidos y es heredado en forma Mendeliana

Vacuna: Sustancia que es capaz de inducir la producción de anticuerpos (o inmunidad) contra un organismo infeccioso específico y que es introducido artificialmente en el cuerpo. Puede ser una preparación de patógenos muertos o debilitados, o de determinantes antigénicos derivados.

Vector: Los vectores son agentes de transmisión. En biotecnología moderna, un vector es una molécula de DNA de replicación autónoma, en la cual fragmentos foráneos de DNA pueden insertarse y luego propagarse en una célula huésped. En el contexto de la tecnología del DNA recombinante un vector es la molécula de DNA utilizada para introducir DNA foráneo a las células receptoras. Vectores de DNA recombinante incluyen plásmidos, bacteriófagos y otras formas de DNA

Anexo 2

Codex Alimentarius

DEFINICION

El Codex Alimentarius es una expresión latina que significa Código o Ley de los Alimentos. Es una colección de normas alimentarias internacionales aprobadas por la Comisión del Codex Alimentarius y publicada en 14 volúmenes que constituye la colección completa de normas y textos relacionados del Codex.

OBJETIVOS

Proteger la salud de los consumidores,
 Establecer prácticas equitativas en el comercio de los alimentos,
 Facilitar el comercio internacional de alimentos

ESTRUCTURA

La Comisión del Codex Alimentarius

El Comité Ejecutivo

La Secretaría del Codex

Comités Mundiales del Codex:

Comités de Asuntos Generales

Comités de Productos

Comités Coordinadores Regionales

LA COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS

La Comisión del Codex Alimentarius es el organismo intergubernamental que se ocupa de la ejecución del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, aprobando las normas, códigos, directrices y otras medidas recomendadas elaboradas por sus Organos Auxiliares. La Comisión se reúne cada dos años alternando entre Roma, Italia y Ginebra, Suiza y en el intermedio sus funciones se mantienen a través del Comité Ejecutivo.

El Código se creó para proteger la salud de los consumidores, garantizar comportamientos correctos en el mercado internacional de los alimentos y coordinar todos los trabajos internacionales sobre normas alimentarias. El mercado internacional de los alimentos se estima anualmente en más de 400 billones de

dólares. Las normas de alimentación uniformadas universalmente tienen la ventaja de proteger a los consumidores de los alimentos no seguros y de permitir a los productores, manufactureros y comerciantes el acceso a los mercados eliminando obstáculos artificiales para el comercio que no están basados en las tarifas. Las normas del código se basan en sólidos presupuestos científicos y están aceptadas como puntos de referencia en base a las cuales se evalúan medidas y reglamentos nacionales en el ámbito de los Acuerdos de mercado de la Ronda de Uruguay. En noviembre de 1961 la XI Conferencia de la FAO aprobó una resolución para establecer la Comisión del Codex Alimentarius. En mayo de 1963 la XVI Asamblea de la Mundial de la Salud (OMS), adoptó los estatutos de la Comisión del Codex Alimentarius.

La Comisión del Codex Alimentarius es un organismo intergubernamental abierto a todos los países que son miembros o miembros asociados de la FAO y de la OMS. Cuenta en la actualidad con 165 países miembros, que representan más del 98 por ciento de la población mundial. La Comisión se reúne cada dos años. Las delegaciones de los países están formadas a menudo por representantes de la industria, asociaciones de consumidores e institutos académicos, además de representantes del gobierno. Varias organizaciones no gubernamentales asisten también en categoría de observadores.

Uno de los propósitos principales del Código es la preparación de las normas de alimentación. El Código adopta las normas, directrices y códigos de comportamiento recomendados internacionalmente, después de someterlos a la consideración de todos los países miembros del Codex. El Codex Alimentarius contiene más de 200 normas. Son generalmente normas o recomendaciones para el etiquetado de los alimentos, el empleo de aditivos, sustancias contaminantes, métodos de análisis y pruebas, higiene alimentaria, nutrición y alimentos para dietas especiales, importación de alimentos y sistemas de inspección y certificación en la exportación de alimentos, residuos de medicamentos veterinarios y de plaguicidas.

Un número cada vez más grande de países está alineando sus normas en materia de alimentación a las del Codex. Sobre todo en lo que respecta a los aditivos, sustancias contaminadoras y residuos. Los tratados de la Organización Mundial del Comercio (OMC) sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (SPS) y sobre los Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC) instan a la armonización internacional de las normas de alimentación sobre la base de las normas del Codex. Los alimentos pueden estar sujetos a contaminación nociva. Las bacterias patógenas y otros contaminantes de los alimentos pueden causar problemas de

salud crónicos o agudos. Brotes de enfermedades ligadas a la alimentación pueden perjudicar también al comercio y al turismo y llevar a la pérdida de ingresos y de empleos. La prevención de la contaminación en los alimentos es el mejor punto de partida y el Codex Alimentarius ha establecido unos **códigos internacionales de comportamiento en materia de higiene de los alimentos** y otras directrices para la correcta producción y manipulación de los mismos.

El objetivo de la Comisión del Codex va más allá de los medios para eliminar las barreras del comercio. Apunta a que los países adopten comportamientos que obedezcan a la **ética**. El Código Moral para el Mercado Internacional de los Alimentos, por ejemplo, exige a los partidos que cesen de introducir en los mercados alimentos que ofrezcan escasas garantías de calidad y seguridad.

Muchos países necesitan los consejos y sugerencias de la FAO y de la OMS acerca de los peligros que puedan provocar sustancias químicas que han pasado a ser, con intención o sin ella, parte de los alimentos. El **Comité mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA)** informa a la Comisión del Codex sobre los aditivos, las sustancias contaminadoras y los residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos y establece la cifra en la que un aditivo puede ser ingerido todos los días, incluso durante toda la vida sin peligro significativo. Este organismo es independiente de la Comisión y ha examinado más de 700 sustancias químicas y 25 tipos de sustancias contaminadoras. Sus miembros son elegidos entre la comunidad científica. Deben ser imparciales y trabajar de forma individual y no como representantes de sus gobiernos o instituciones. Otro grupo de científicos (**Reunión Conjunta FAO/OMS sobre residuos de plaguicidas**) informa a la Comisión de esta materia.

El Secretario de la Comisión del Codex Alimentarius es un oficial de categoría superior de la FAO. El Secretariado del Codex está formado por seis expertos en normas de alimentación que llevan a cabo su trabajo en la sede central de la FAO.

LOS ORGANOS AUXILIARES DEL CODEX

8 Comités Generales

13 Comités de Productos

5 Comités Regionales

La Comisión cuenta con 21 *Organos Auxiliares* que son los *Comités Especializados del Codex* que elaboran las normas, códigos y directrices acerca de un producto alimenticio o área en particular.

Los Comités del Codex, al igual que la Comisión, son de carácter intergubernamental. Cada *Comité del Codex* es hospedado por un Estado Miembro

y los gastos que ocasionen las actividades de los mismos deberán ser sufragados por cada Miembro que acepte la presidencia de uno de estos comités.

COMITÉS MUNDIALES DEL CODEX

COMITÉS SOBRE ASUNTOS GENERALES

Principios Generales (Francia)

Sistemas de Inspección y Certificación para la Importación y Exportación de Alimentos (Australia)

Etiquetado de los Alimentos (Canadá)

Métodos de Análisis y Muestreo (Hungría)

Higiene de los Alimentos (EE.UU.)

Residuos de Medicamentos Veterinarios en los Alimentos (EE.UU.)

Residuos de Plaguicidas (Holanda)

Aditivos Alimentarios y Contaminantes (Holanda)

COMITES DE PRODUCTOS

ACTIVOS

DIE

APLAZADOS SINE

Productos del Cacao y Chocolate (Suiza)

Aguas Minerales Naturales (Suiza)

Pescado y Productos Pesqueros (Noruega)

Frutas y Hortalizas Elaboradas (EE.UU.)

Frutas y Hortalizas Frescas (México)

Grasas y Aceites (Reino Unido)

Leche y Productos Lácteos (Nueva Zelanda)

Azúcares (Reino Unido)

Cereales, Legumbres y Leguminosas (EE.UU.)

Proteínas Vegetales (Canadá)

Higiene de la Carne (Nueva Zelanda)

Productos Cármicos Elaborados (Dinamarca)

Sopas y Caldos (Suiza)

Los Comités Regionales se ocupan de asuntos de interés regional, son 5 en total, que corresponden a las 5 zonas geográficas del Codex:

COMITES COORDINADORES REGIONALES

AMERICA LATINA Y EL CARIBE

Africa

Asia

Europa

Norte América y el Pacífico Sud-Occidental

ALGUNAS CIFRAS DEL CODEX
239 Normas de Alimentos
41 Códigos de Prácticas
196 Plaguicidas Evaluados
2535 Límites para Residuos de Plaguicidas
25 Límites de Referencia para Contaminantes
1005 Aditivos Alimentarios Evaluados
54 Medicamentos Veterinarios Evaluados

Bibliografía

Libros Revistas y Artículos periodísticos.

1. _____. 1994. Biotecnología y mercados de trabajo: El caso de la floricultura. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, MX. 322 pp.
2. _____. 1989a. La biotecnología y el problema alimentario en México. Colección Agricultura y Economía, Plaza y Valdés/Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), UAM-Xochimilco, México, MX. 235 pp.
3. _____. 1989b. La pérdida de la autosuficiencia alimentaria y el auge de la ganadería en México. Colección Agricultura y Economía, Plaza y Valdés/Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), UAM-Xochimilco, México, MX. 367 pp.
4. Agrodigital. ¿Quién ha ganado en el acuerdo sobre biodiversidad?, Periódico Digital. 01/02/00
5. Altieri, Miguel, Los Mitos de la Biotecnología Agrícola. Algunas Consideraciones Éticas, Universidad de California, Berkeley.
6. Altieri, Miguel, Riesgos Ambientales de los Cultivos Transgénicos: Una evaluación Agroecológica, Universidad de California, Berkeley
7. Aramendis R. H. (Ed.) 1999. Bioseguridad Un nuevo escenario de confrontación internacional entre las consideraciones comerciales, medioambientales y socioeconómicas. Organización de Estados Americanos/Colciencias. Tercer Mundo Editores S.A., Bogotá, Colombia. 93 p.
8. Arroyo, G. coord. 1988. Biotecnología: ¿Una salida para la crisis agroalimentaria? Colección Agricultura y Economía, Plaza y Valdés/Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), UAM-Xochimilco, México, MX. 391 pp.
9. Asisima, J. (1994). Africa's Green Revolution. *Biotecnology and Development Monitor* 19:17-18.
10. BBC News. SCI-TECH. GM super rice unveiled.
11. BBC News, Food under the microscope. Genetically-modified Q&A.
12. Bengtsson, B. O. (1997). Pros and cons of foreign genes in crops. *Nature* 385:290.
13. Benoit Browaeys, D. 1997. El etiquetado de los "nuevos alimentos". *Mundo Científico*, 182: 717-719.
14. Bergelson, J., Purrington, C.B. and G. Wichmann (1998). Promiscuity in transgenic plants. *Nature* 395:25.
15. Biodiversidad. Sustento y Culturas, Monsanto: Operaciones millonarias, falsas promesas y graves impactos, REDES-AT
16. BIOTEC Canada Food Safety Network, What it's Biotecnology?, Biotec Canadá.
17. Borja, M., Rubio, T., Scholthof, H. B. and A. O. Jackson (1999). Restoration of wild-type virus by double recombination of tombusvirus mutants with a host transgene. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 12: 53-162.
18. Borlaug, Norman. Los ecologistas extremistas impiden erradicar el hambre. *Diario El País España* 24 Octubre 1999

19. Borlaug, N (1997) Feeding a world of 10 billion people the miracle ahead. *Plant Tissue Culture and Biotechnology* 3:119-127
20. Buccioni, E.M (1998). Book Review. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 11:49-55.
21. Busch, L., W.B. Lacy, J. Burkhardt and L. Lacy 1990. *Plants, Power and Profit*, Basil Blackwell, Oxford.
22. Callahan, D. (1996) *Biotechnology and ethics: a blueprint for the future*. Keynote: setting and communicating the limits in biotechnology. Carbó, Sergio, *La industria descartó desarrollar cítricos transgénicos por no considerarlo rentable*, *Diario Levante* 23/11/99.
23. Carbonero, P. *Plantas transgénicas*. *Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fis.Nat.*, 91(2): 115-120.
24. Carr, S. and L. Levidow (1997). How biotechnology separates ethics from risk. *Outlook on Agriculture* 26 145-150
25. CARRILLO, J.M. 1997. *Plantas transgénicas: ¿Beneficio o peligro?* *Rev.R Acad.Cienc.Exact.Fis.Nat.*, 91(2):121-128
26. Carson, R. (1963). *Silent Spring*. Hamish Hamilton, London, pp. 304
27. Casas, R., Chauvet, M 1994. *La biotecnología: Recapitulación sobre sus impactos en la agricultura y el medio ambiente* 480. Congreso Internacional de Americanistas (CIA). 4-9 July. CIA, Stockholm/Uppsala, Sweden. 40 pp.
28. Castañeda, Y. 1991. Opciones biotecnológicas para la crisis de la agroindustria azucarera: Melazas y proteína unicelular. UAM-A, MX. *Revista Sociológica*, 16(mayo-agosto), 183-211.
29. Cavan, G., Biss, P. and S.R. Moss (1998) Herbicide resistance and gene flow in wild-oats (*Avena fatua* and *Avena sterilis* ssp. *ludoviciana*). *Annals of Applied Biology* 133:207-217.
30. Clarin Digital, Los peligros para los seres humanos, Argentina 13 de marzo 1999.
31. CNN_com, Oil from new soybean better for heart, March 29, 2000.
32. CNNenEspañol_com , Para cerveza espumosa no hay como la ingeniería genética, Marzo 31, 2000
33. CNNenEspañol_com, Las vacas locas reaparecen en Francia, Julio 25, 2000.htm
34. Cohen J.I. 1994. *Biotechnology priorities, planning and policies: a framework for decision making*. A Biotechnology Research Management Study. ISNAR Report No. 6. The Hague International Service for National Agricultural Research. The Hague, The Netherlands. 49 p.
35. Commandeur, P. (1994). REDBIO and FAO's Global Programme on Plant Biotechnology. *Biotechnology and Development Monitor*. 21:20-22.
36. Comunicados de prensa de la FAO 00-17, LA FAO SUBRAYA EL VALOR POTENCIAL DE LA BIOTECNOLOGIA PERO INVITA A LA PRECAUCION , FAO.
37. Concar, D (1999). Dispatches from the killing fields. *New Scientist* 27th February 1999, p. 5.
38. Corbella, Josep, La crítica de que los alimentos transgénicos son peligrosos para la salud pierde fuerza *Diario La Vanguardia España* 15/10/99.
39. Crucible Group 1994. *People, Plants and Patents*. IDRC, Ottawa.
40. Cubero Salmerón, José Ignacio. Los transgénicos son una evolución, no una revolución, *Periodico Hoy España* 06/03/00.
41. Chauvet, Michelle. *Assessing the impacts of Agricultural Biotechnologies Biotechnology and the Future of Agricultural Development in Mexico*, Department of Sociology, Universidad Autónoma Metropolitana, Mexico D F., Mexico.
42. Chee Yoke Heong, Alimentos Transgénicos y Bioseguridad Descubrimientos científicos siembran alarma. *Revista del sur* junio de 1999.
43. Dabat, A 1993 *El mundo y las nacies*. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, MX. 225 pp.
44. De Vries, H. (1900) The law of separation of characters in crosses *Journal of the Royal Horticultural Society* 1901, 25 243-248
45. Debates *El Pais digital*, Opiniones sobre transgenicos.

46. Diario El País España. Transgénicos, Jueves 18 febrero 1999 - Nº 1021
47. Diario The Guardian Inglaterra, Multinacionales listas para controlar la producción mundial, 15 de diciembre de 1997.
48. DIARIOMEDICO COM, Alimentos modificados 'a la carta, Riesgos y beneficios de la manipulación genética.
49. Dixon, B. (1998). Genetic seeds of hope or despair The case for. Guardian Weekly 4th January 1998, p. 15.
50. Dobson, A. (1996). Environmental ethics. Pp 348-356 In, Birth to death, science and bioethics. Eds. D.C. Thomasma and T. Kushner, Cambridge University Press, Cambridge.
51. El Mundo Periodico, Cómo se fabrica una planta transgénica, 12/12/96.
52. FAO (1996a). Documentos técnicos de la Referencia. Cumbre Mundial sobre la Alimentación. Volumen 1:3-28.
53. FAO (1996b). Documentos Técnicos de Referencia Cumbre Mundial sobre la Alimentación. Volumen 1:1-3.
54. FAO (1996c). Documentos técnicos de referencia Cumbre Mundial sobre la Alimentación. Volumen 2:1-22.
55. FAO (1999). Committee on Agriculture – Biotechnology, Rome 25-29 January 1999..
56. FAO Biotechnology in Food and Agriculture Conference.
57. FAO Noticias, Alimentos y población la FAO anticipa futuro.
58. FAO OMS, ¿Que es el Codex Alimentarius. Normas Alimentarias.
59. FAO Yearbook (1996d) Volume 50.
60. FAO, La FAO y la biotecnología, 29/01/99.
61. FAO, 1999, Committee on Agriculture: Biotechnology 25-29 January. COAG. FAO, El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación 23/11/99.
62. FAO, Producción de alimentos e impacto ambiental Documentos técnicos de referencia, FAO 1996
63. FAO. (1998). Regional Development Partnerships Programme (RDPP).
64. FAO's policy and strategy, Biotechnology in agriculture, forestry and fisheries, FAO
65. Foltz, Jeremy. Labeling of biotechnology products in developing countries, Department of Agriculture & Resource Economics University of Connecticut Storrs, Connecticut, USA
66. Food Ag Biotech 1999, Acreage Data on Biotechnology Crops.
67. Food AG Biotech, Agricultural Biotech Products on the Market .
68. Food Safety Network GM Plants and Antibiotic Resistance Genes
69. Forster, B.P., Lee, M.A., Lundqvist, U., Millam, S., Vamling, K. and T.M.A. Wilson (1997). Genetic engineering of crop plants from genome to gene. *Experimental Agriculture* 33:15-33.
70. Fowler, C. And P. Mooney 1990, Shattering: food, politics and the loss of genetic diversity, University of Arizona Press, Tucson
71. Garcia Olmedo, F. 1998. La tercera revolución verde. Plantas con luz propia, Editorial Debate S.A...209 pp
72. Garrett, J. (1997) Challenges to the 2020 Vision for Latin America: Food and Agriculture Since 1970 Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper 21. International Food Policy Research Institute. Washington D C
73. Garzón Tiznado Jose Antonio, Programa nacional de Biotecnología Dr., Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural
74. Gil L H. e Irarrázabal C.M (Eds) 1999. Biotecnología en Chile: oportunidades de innovación tecnológica CamBioTec: Iniciativa Canadá-Latinoamérica en Biotecnología para el Desarrollo Sustentable. Impresos Universitaria S.A., Santiago, Chile. 137 p.
75. Giron Koger, Juan, La cumbre de Montreal evidencia el conflicto de intereses, Revista Dinero 10/02/00
76. Greenpeace México, México, centro de origen del maíz.

77. Greenpeace México, Los Organismos Genéticamente Modificados.
78. Gresshoff, P.M. 1996, Technology transfer of plant biotechnology, CRC Press, Boca Raton.
79. Gudynas, Eduardo, America Latina más allá de los transgénicos, Revista del Sur 92.
80. Hachey, Leanne, The fuss over genetically modified food, CBC NEWS ONLINE.
81. Hall, R.D. 1999 Methods in molecular biology: Plant cell culture protocols. Volumen III. Humana Press Inc. New Jersey, 421 p
82. Harding, K. and P.S. Harris (1997). Risk assessment of the release of genetically modified plants: a review. Agro-Food-Industry Hi-Tech, November/December 1997, pp. 8-13.
83. Hardon, J.J. (1997). Ethical issues in plant breeding, biotechnology and conservation. Pp. 43-50 In, Ethics and equity in conservation and use of genetic resources for sustainable food security. Proceedings of a workshop to develop guidelines for the CGIAR, 21-25 April 1997, Foz do Iguaçu, Brazil, IPGRI.
84. Hartmann, H.T., D.E. Kester, F.T. Davies, Jr & R. L. Geneve. 1997. Plant propagation. Principles and Practices. Prentice Hall 770
85. Hibbs, J. (1999). Three-year freeze on GM crops Issue 1389, Electronic Telegraph 15th March 1999. Hindmarsh, R 1991, The flawed "sustainable" promise of genetic engineering, The Ecologist 21: 196-205.
86. Hindmarsh, R. 1991. The flawed "sustainable" promise of genetic engineering. The Ecologist 21. 196-205
87. Hokkanen, H.M.T. and J.M. Lynch (1995) Eds, Biological control benefits and risks. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 304
88. Holmes, B. (1997). Caterpillar's revenge. New Scientist 6th December 1997, p. 7.
89. Hruska, Allan J. Transgenic crops in Mesoamerica. Department of Crop Protection Zamorano, Honduras.
90. Hubbell, B.J. and R. Welsh (1998). Transgenic crops. engineering a more sustainable agriculture? Agriculture and Human Values 15 43-56
91. Huergo, Hector A. Genes que vienen y van, Clarín Rural Argentina 20 febrero 1999.
92. Hulbert, D. (1994). Fixing the biodiversity convention. towards a special protocol for related intellectual property. Natural Resources Journal 34:379-409.
93. Ian, Johnson, Karby, Leggett, China apuesta por las granjas para desarrollar Ingeniería Genética, Dow Jones 29 de marzo 2000.
94. Iáñez, Enrique, Biotecnología Agrícola y Países en Desarrollo, Universidad de Granada 20/08/99.
95. Iáñez, Enrique, Más allá de la Revolución Verde: ¿un papel para la biotecnología? Universidad de Granada 13/08/99.
96. Iáñez, Enrique, ingeniería genética de plantas Universidad de Granada 01/09/97.
97. Izquierdo, J. (1995) New Varieties for sustainable agriculture: genetic improvement assisted by biotechnology In Seed of Conflict Biodiversity and Food Security US Comm. World/Food Day.
98. Izquierdo, J. (1999) Biotechnology can help crop production to feed and increasing world population?. positive and negative aspects need to be balanced, a perspective from FAO. Presented at International Symposium on Plant Genetic Engineering, 6-10 Dec, 1999, Cuba (in print, Elsevier).
99. Izquierdo, J. and Roca, W. (1998). Under-utilized Andean food crops: status and prospects of plant biotechnology for the conservation and sustainable agricultural use of genetic resources. Acta Horticulturae 457:157-172 (Izquierdo, J., Schejtman, A. and Figuerola, F. (1999) Heterogeneity poverty scenarios as a factor of technology demand in Latin America and the Caribbean. Presented at International workshop on research impact on poverty alleviation, San Jose, Costa Rica, CIAT, 14-16 Sept. 1999.

100. Jaffe, W R. (1994). Biotechnology regulatory activities in Latin America and the Caribbean. Pp. 215-224 In, Biosafety for sustainable agriculture, Eds. A.F. Krattiger and A. Rosemarin, ISAAA: Ithaca and SEI, Stockholm.
101. James, C. 1999. Preview: global review of commercialized transgenic crops, 1999. ISAA report, No. 12.
102. James, R.R. (1997). Utilizing a social ethic toward the environment in assessing genetically engineered insect-resistant trees. *Agriculture and Human Values* 14:237-249.
103. Jameton A. (1996). Human activity and environmental ethics. Pp. 357-367 In, *Birth to death, science and bioethics*. Eds. D.C. Thomasma and T. Kushner, Cambridge University Press, Cambridge.
104. Johnson, B. (1999). Conserving our natural environment. *Nature Biotechnology* 17: BV29-BV30.
105. Johnston, A. & A. Sasson. 1986. *New technologies and development*. Unesco. Paris 281 p.
106. Jones, S. (1994). The language of the genes. Flamingo, London, pp. 347.
107. Junne, G. 1992. Le grandes entreprises face à la révolution biotechnologique. *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales*, no. 24-25, Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Ivry, France. pp. 143-159.
108. Kealey, T. (1996). *The economic laws of scientific research*. Macmillan Press Ltd., London, pp. 382.
109. Kendall H.W., Beachy R., Eisner T., Gould F., Herdt R., Raven P.H., Schell J.S. and Swaminathan M.S. 1997. *Bioengineering of Crops*. Report of the World Bank Panel on Transgenic Crops Environmentally and socially sustainable development studies and monographs series, 23. The World Bank, Washington, USA. 31 p.
110. Kleinman, D.L. and J. Kloppenburg 1988. *Biotechnology and university-industry relations: policy issues in research and the ownership of intellectual property at a land grant university*. *Policy Studies Journal* 17: 83-96.
111. Kling, J. (1996) Could transgenic supercrops one day breed superweeds? *Science* 274 180-181
112. Kloppenburg, J.R. 1988. *First the seed: the political economy of plant technology, 1492-2000*. Cambridge University Press, Cambridge.
113. Komen J. and Persley G. 1993. *Agricultural biotechnology in developing countries. a cross-country review*. ISNAR Research Report No. 2. The Hague International Service for National Agricultural Research. The Hague, The Netherlands 45 p.
114. Krinsky, S. And R.P. Wrubel 1996. *Agricultural biotechnology and the environment. science, policy and social issues*. University of Illinois Press, Urbana.
115. La Crónica de Hoy, El secretario de agricultura libera 26 especies de maíz transgénico México MARTES 16 DE NOVIEMBRE DE 1999.
116. La Crónica de Hoy. Se crea la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad en México - México-SABADO 6 DE NOVIEMBRE DE 1999.
117. Lacadena, Juan Ramón, *Plantas y alimentos transgénicos*, Universidad Complutense de Madrid 05/11/98
118. LACADENA, J.R. 1997. El mercado de transgénicos. *Nueva Revista (Madrid)*, 52 61-75
119. Larson Alan, *BIOTECNOLOGÍA: BÚSQUEDA DE UN ENFOQUE PRÁCTICO PARA UNA TECNOLOGÍA PROMETEDORA*, Subsecretario de Estado para Asuntos Económicos, Comerciales y Agrícolas publicación electrónica del Departamento de Estado, vol 4. No.4, octubre de 1999
120. Levidow, L. and S. Carr (1997). How biotechnology regulation sets a risk/ethics boundary. *Agriculture and Human Values* 14:29-43.
121. Levin, M. (1994) The role of risk assessment in developing statutes and regulations Pp. 127-138 In, *Biosafety for sustainable agriculture*, Eds. A.F. Krattiger and A. Rosemarin, ISAAA: Ithaca and SEI, Stockholm.

122. Levins, R. And R. Lewontin 1985. *The dialectical biologist*, Harvard University Press, Cambridge
123. Lipton, M. 1989, *New seeds and poor people*, The John Hopkins University Press, Baltimore
124. Lou Guerinot Mary, *Agricultural Biotechnology* February 27, 1996.
125. Llambi, L. 1994. *Globalización y ruralidad. Necesidad de un nuevo paradigma. Ponencia presentada en el Seminario Nuevos Procesos Rurales en México. Teorías, estudios de caso y perspectivas*, Taxco, Guerrero 30 de mayo. MX. 24 pp.
126. MacDonald, J.F. 1994. *Agricultural biotechnology and the public good*. NABC Report 6. Ithaca, NY.
127. Mack, D. (1998). *Food for all*. *New Scientist* 31st October 1998, pp 50-52.
128. Madrigal, María, *Los alimentos transgénicos, a debate* *Diario Medico* 24/01/00.
129. Mander, J And E. Goldsmith 1996. *The case against the global economy*. Sierra Club Books, San Francisco.
130. Mannion, A.M (1998) *Future trends in agriculture: the role of biotechnology. Outlook on Agriculture* 27.219-224.
131. Martina , Germán, *Riesgos de las Azarosas Manipulaciones de la Ingeniería Genética*, Asociación Argentina *Noticias MT* .
132. Massieu, Y. et al. 1992. *Aplicaciones de la biotecnología a la floricultura en México: Efectos e el empleo*. In Casas, R.; Chauvet, M.; Rodriguez, D ed. *La biotecnología y sus repercusiones socioeconómicas y políticas*. Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-Azcapotzalco/Instituto de Investigaciones Económicas, Instituto de Investigaciones Sociales), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, MX.
133. Middendorf, G and L. Busch (1997) *Inquiry for the public good: Democratic participation in agricultural research* *Agriculture and Human Values* 14:45-57.
134. Mogilner, N., Zutra, D , Gafny, R and M. Bar-Joseph (1993). *The persistence of engineered Agrobacterium tumefaciens in agroinfected plants*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 6.673-675.
135. Molnar, J.J. and H. Kinnucan 1989. *Biotechnology and the new agricultural revolution*. Westview Press. Boulder, CO.
136. Monsanto España, *Una breve cronología de la biotecnología..*
137. Monsanto España, *Como funciona la biotecnología.*
138. Monsanto España, S.A. *Variedades transgénicas en agricultura: situación y perspectivas*, 01/08/99.
139. Moreno Miguel, *La perspectiva económica en el debate sobre aplicaciones biotecnológicas*, Universidad de Granada.
140. Nash J. Madeleine, *Granos de Esperanza*, *Artículo Time* julio 26 2000.
141. National Science and Technology Council USA. 1995 *Biotechnology for the 21st Century: New horizons. A report from the Biotechnology Research Subcommittee*. U S Government Printing Office, Washington, USA. 87 p.
142. Nelson Jennifer, *"Torn at the Genes" One Family's Debate Over Genetically Altered Plants* *State*, University of New York at Buffalo
143. *New Scientist magazine, Genetically modified world Unpalatable truths.*, 17 April 1999
144. *Noticias FAO, Un grupo especial evalúa la inocuidad de los alimentos obtenidos por medios biotecnológicos*, 14 marzo 2000.
145. OECD. 1994 *Biotechnology for the clean environment. Organisation for economic co-operation and development* Paris. 202 p.
146. Office of Technology Assesment 1992. *A new technological era for American agriculture*. U.S. Government Printing Office Washington D C

147. Organización de las Naciones Unidas. Compromiso de los ciudadanos con la biotecnología, 12/06/92
148. Ort, D.R (1997). Pros and cons of foreign genes in crops. *Nature* 385:290.
149. Ortiz, R. (1998). Critical role of plant biotechnology for the genetic improvement of food crops: perspectives for the next millennium. *Electronic Journal of Biotechnology* Vol.1, Nº 3 at
150. Paoletti, M.G. and D. Pimentel (1996) Genetic engineering in agriculture and the environment. *BioScience* 46:665-673.
151. Pearce, F (1998). Cashing in on hunger. *New Scientist* 10th October 1999, p. 4.
152. Peinado, Domingo. Transgénicos ¿Alimentos que matan o ¿remedio contra el hambre, *Diario El Semanal España* 21/11/99.
153. Periodico Levante España, Los científicos descifran la secuencia del ADN de dos cromosomas en las plantas, 16/12/99
154. Periodico Sur, En el mundo se consumen más de 67 tipos de alimentos transgénicos, 11/03/00
155. Persley, G.J. (1997). Global Concerns and Issues in Biotechnology. *HortScience* 32:977-979.
156. Picó Maria, Josep, Los transgénicos tienen propiedades útiles, pero hay que vigilar las investigaciones. *Diario Levante* 02/11/99.
157. Pimentel, D. (1995). Amounts of pesticides reaching target hosts. environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 8:17-29.
158. Pimentel, D. et al. 1992. Environmental and economic costs of pesticide use. *Bioscience* 42: 750-760.
159. Pretty, J. (1999). Sustainable farming will put food on all our tables. *Guardian Weekly*, 14th March 1999, p. 26.
160. Prime Publicaciones Electrónicas, Alimentos transgenicos, Un camino sin retorno.
161. Prime Publicaciones Electrónicas, Un conflicto de intereses posterga el Protocolo de Bioseguridad, Febrero de 1999.
162. Prince Charles (1998). Seeds of disaster *The Daily Telegraph* 8th June 1998.
163. Pullin, A. (1996) *The science of the environment*. Pp. 339-347 In, *Birth to death, science and bioethics*. Eds. D C. Thomasma and T. Kushner, Cambridge University Press, Cambridge
164. RAFI – Publicaciones, transnacionales Los Gigantes Genéticos Dueños del Universo?, 4/30/1999
165. RAFI (1997) Press release. 18 June 1997. Bolivian farmers demand researchers drop patent on Andean food crop.
166. Ragg, Mark. Genetically modified food. Guess what you've been eating..
167. Rebollo, Pepa, A la caza del gen manipulado, *Revista Tiempo España* 20/09/99
168. Reiss, M.J and R. Straughan (1996). *Improving nature? The science and ethics of genetic engineering*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 288.
169. Revista Agrodigital, Es prácticamente imposible saber si un alimento está libre de OGM, 08/02/00
170. Revista Agrodigital, La biotecnología llega al sector porcino, 21/12/99
171. Revista Bioplanet, Alimentos transgénicos ¿Los frutos prometidos, 31/01/00. Revista Conozca más Chile, Biotecnología Una palabra que enciende polémicas, Diciembre 1999
172. Revista Semillas de la Economía Campesina, Tema Estratégico, biotecnología y seguridad alimentaria: Semillas transgénicas y seguridad alimentaria, El caso de Colombia

173. Rivera, Alicia, Biotecnología contra bioterrorismo , Diario El País España 08/09/99
Robertson, D S (1989). Understanding the relationship between quantitative genetics. Development and Application of Molecular Markers to Problems in Plant Genetics, Helentjaris T and Burn D. (Eds). Cold Spring Harbour Press
174. Robinson. R.A. 1996. Return to resistance: breeding crops to reduce pesticide resistance. AgAccess, Davis, CA.
175. Rodríguez ,Flavia Irene, Se experimenta en seis estados del país con maíz transgénico que daña a las Monarca, La Crónica de Hoy - México - SABADO 22 DE MAYO DE 1999.
176. Rodríguez Navarro Alonso, Viñas José María Sumpsi, García Olmedo, Francisco, En defensa de Norman Borlaug., Diario El País España 25/11/99.
177. Rosendal, K. (1992). Blue Revolution could avoid failures of green predecessor. Biotechnology and Development Monitor. 12:10
178. Rubio, T., Borja, M., Scholthof, H.B and A.O Jackson (1999). Recombination with host transgenes and effects on virus evolution: an overview and opinion. Molecular Plant-Microbe Interactions 12:87-92.
179. Sampedro, Javier, Los transgénicos a la luz de los argumentos., Diario El País 07/12/99.
180. San Deogracias J.C, Los alimentos genéticamente modificados podrían ser revolucionarios, Diario Medico España 19/01/00.
181. Sasson, A. 1998. Plant Biotechnology derived products: Market-value estimates and public acceptance. Kluwer Academic Publishers, London
182. Serageldin, I. (1997). Equity and ethics. Pp. 1-6 in, Ethics and equity in conservation and use of genetic resources for sustainable food security. Proceedings of a workshop to develop guidelines for the CGIAR, 21-25 April 1997, Foz do Iguacu, Brazil, IPGRI.
183. Simmonds. N.W. (1997). Pie in the sky Tropical Agriculture Association Newsletter, June 1997:1-5.
184. Smith ,Nick, Seeds Of Opportunity-An Assessment Of The Benefits, Safety, And Oversight Of Plant Genomics And Agricultural Biotechnology. U.S. House of Representatives Committee on Science 13 April 2000
185. Straughan, R. (1991). Social and ethical issues surrounding biotechnological advance. Outlook on Agriculture 20:89-94.
186. Straughan, R. (1995a). Ethics, morality and crop biotechnology. 1. Intrinsic concerns. Outlook on Agriculture 24:187-192
187. Taylor Steve L., Assessment of the allergenicity of genetically modified foods Department of Food Science & Technology, University of Nebraska
188. The Church of Scotland, Genetically Modified Food Report of General Assembly, 11 May 1999.
189. The Economist Who afraid gmo. Magazine The Economist march 2000.
190. Thompson, Larry, Are Bioengineered Foods Safe, , U.S. Food and Drug Administration January-February 2000
191. Trends in Biotechnology, 1995. Special Issue. "Plant-product and crop biotechnology". Vol. 13, No 9, pp. 313-409
192. Trigo, E J. (1995) Agricultura Cambio Tecnológico y Medio Ambiente en América Latina: Una perspectiva para el año 2000. Documentos de Discusión sobre Alimentación. Agricultura y Medio Ambiente 9. Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias. Washington D.C.
193. Universidad de Zaragoza. ALGUNAS PREGUNTAS FRECUENTES SOBRE ALIMENTOS MODIFICADOS GENETICAMENTE, Area Tecnología de Alimentos.
194. Vasil, I K 1999. Plant biotechnology. Achievements and opportunities at the threshold of the 21st. In: Plant Biotechnology and in vitro biology in the 21st century. Altman, A , M Ziv, S. Izhar, Eds. Kluwer Academic Publishers, London. 9-16
195. Vázquez Montaibán Manuel, La ingeniería genética del paladar, La Jornada México SABADO 29 DE JULIO DE 2000

- 195 Vunne, L (1995). Biotechnology: the impact on food and nutrition in developing countries. Food Nutrition and Agriculture. 1:32-36
- 196 Ward, L. and S Hall (1999). GM foods off school menus. Guardian Weekly, 7th March 1999, p. 8.
197. Weil, V. (1996). Biotechnology and ethics: a blueprint for the future. Biotechnology: social impact and quandaries.
198. Wilson, Jim. SCIENTIFIC FOOD FIGHT, PM FEBRUARY, 2000.
199. Williams, N (1998). Agricultural biotech faces backlash in Europe. Nature 281 768-771
200. Woodson, W R. (1997). Biotechnology and Horticulture, HortScience 32:1021-1023
201. Yahoo news, Modified Food Vote in Mexican Senate.
202. Yebra, Tomás G, Algunos alimentos transgénicos llevarán vacunas incorporadas, Revista Sur España 17/11/99

Sítios Internet

1. Food and Drug Administration <http://www.fda.gov/>
2. Center for Food Safety and Applied Nutrition <http://vm.cfsan.fda.gov/list.html>
3. Biotechnology Information from the Center for Food Safety and Applied Nutrition and FDA <http://vm.cfsan.fda.gov/~ird/biotechm.html>
4. Biotechnology Information Center at the National Agricultural Library of the US Department of Agriculture <http://www.nal.usda.gov/bic/>
5. Calgene, Inc. <http://www.calgene.com/>
6. Monsanto Company <http://www.monsanto.com/monsanto/index.html>
7. National Center for Biotechnology Information - <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
8. The National Agricultural Library. - <http://www.nal.usda.gov/>
9. Swedish Institute for Food and Biotechnology.- <http://www.sik.se/sik/eng/research/research.html>
10. International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology - <http://www.icgeb.trieste.it/biosafety/>
11. Plantas y Alimentos Transgénicos.- <http://cerezo.pntic.mec.es/~ilacadn/Ptransg0.html>
12. MedWebPlus Biotechnology.- <http://www.medwebplus.com/subject/Biotechnology.html>
13. <http://134.225.167.114/NCBE/PROTOCOLS/menu.html>
14. <http://biotech.icmb.utexas.edu/>
15. <http://biotech.icmb.utexas.edu/pages/dictionary.html>
16. <http://biotech.icmb.utexas.edu/pages/scitools.html>
17. <http://chroma.mbt.washington.edu/outreach/outreach.html>
18. <http://fbox.vt.edu:10021/cals/csesc/chagedor>
19. <http://jeeves.nichs.nih.gov/nta/LabManual/LabManual.html>
20. http://members.tripod.de/biomedpage/bioeng/pcr_eng.html
21. <http://plantbio.berkeley.edu/outreach>
22. <http://sequence-www.stanford.edu/protocols/>
23. <http://sunsite.berkeley.edu/pcr/>
24. <http://waffle.nal.usda.gov/agdb/btisd.html>
25. <http://wheat.pw.usda.gov/homepage/lazo/methods/>
26. <http://www.accessexcellence.org/AE/AEC/AEF/1996/>
27. <http://www.bio.com/resedu/educate.html>
28. http://www.biotech.iastate.edu/Educational_resources.html
29. http://www.biotech.iastate.edu/publications/ed_resources/Web_sites.html
30. <http://www.genome.wi.mit.edu/informatics/ABRF.htm>
31. http://www.nal.usda.gov/bic/Education_res/
32. http://www.nal.usda.gov/bic/Education_res/protocols/
33. <http://www.nbio.org/course/course.html>

34. http://www.nbif.org/course/env_engr/
35. http://www.nbif.org/course/env_engr/tools/glossary.html
36. http://www.nbif.org/data/molbio_data.html
37. <http://www.nwrel.org/sky/classroom/science.biology/biotechnology.html>
38. <http://www.protocol-online.net/protocol.htm>
39. <http://www4.nas.edu/beyond/beyonddiscovery.nsf/web/seeds?OpenDocument>
40. <http://www.ogbiotechnet.com/>
41. <http://www.biodiv.org/chm/conv/ari19.htm>
42. <http://www.fao.org.unfao/bodies/coag/coag15/x00074e.htm>
43. <http://www.grain.org/publications/reports/special.htm>
<http://www.telegraph.co.uk>
44. <http://www.rlc.fao.org/prior/recreat/recursos/biodiv/andinos.pdf>
<http://www.biotech.nwu.edu/nsf/sheldon.html><http://www.biotech.nwu.edu/nsf/weil.html>
45. <http://www.biotech.nwu.edu/nsf/callahan.html>