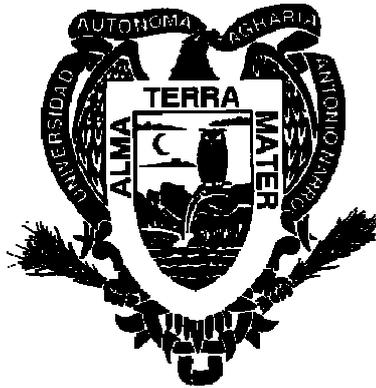


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



“El cultivo del maíz (*Zea mays*): ventajas y desventajas de sus características transgénicas en México y el mundo”

POR

SILVERIO CEDILLO CASTILLO

MONOGRAFÍA

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

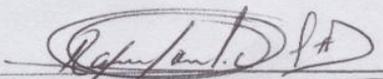
MONOGRAFÍA C. SILVERIO CEDILLO CASTILLO

ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA Y APROBADA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

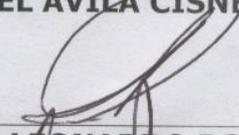
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

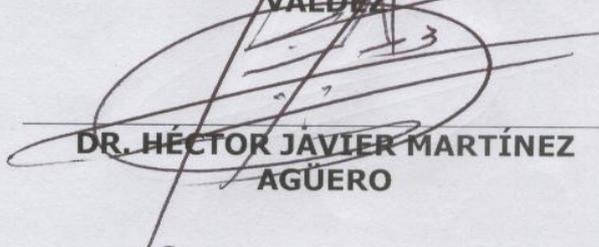
ASESOR PRINCIPAL


MC. RAFAEL ÁVILA CISNEROS

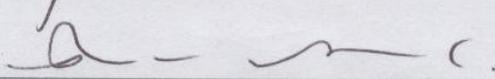
ASESOR

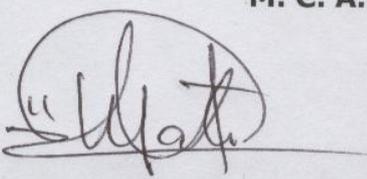

MC. JUAN LEONARDO ROCHA
VALDEZ

ASESOR


DR. HÉCTOR JAVIER MARTÍNEZ
AGÜERO

ASESOR


M. C. A. ROSA MARÍA GUZMÁN
CEDILLO


MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

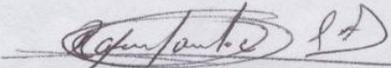
MONOGRAFÍA C. SILVERIO CEDILLO CASTILLO

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

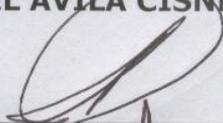
INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR

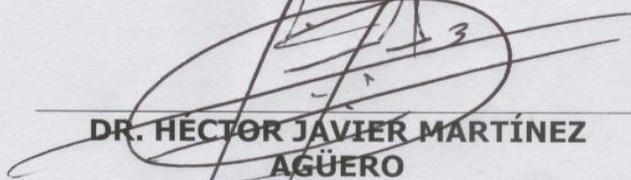
PRESIDENTE


MC. RAFAEL ÁVILA CISNEROS

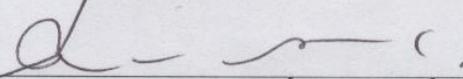
VOCAL

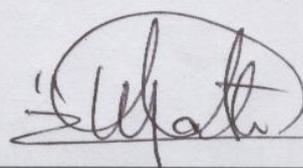

MC. JUAN LEONARDO ROCHA
VALDEZ

VOCAL


DR. HÉCTOR JAVIER MARTÍNEZ
AGÜERO

VOCAL SUPLENTE


M. C. A. ROSA MARÍA GUZMÁN
CEDILLO


MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2008

Dedicatoria

Para mis padres el **Ing. Silverio Cedillo Castillo** y **Sra. María del Carmen Castillo Velasco**, también para mis hermanos, **Lic. Iván Cedillo**, **José Francisco Cedillo**, **Lic. Daniel Cedillo**, y por supuesto a toda mi familia en general. Les dedico este trabajo por haberme dado su apoyo incondicional, su confianza, su amor, por su apoyo moral y económico.

Esto me sirvió como motivación para llegar este punto de mi vida que es muy impórtate a terminar una licenciatura que sin el apoyo de ellos no hubiera sido posible alcanzar esta meta, que no sé cómo pagarles tantas cosas que han hecho por mí, pero siento que no necesito pagarles con cosas materiales si no con la satisfacción que les he dado de terminar una licenciatura se sienten contentos porque ven que me he superado como ellos querían o quieren que me siga superando para ser alguien en la vida siendo un triunfador.

A DIOS.

Por haberme ayudado y permitirme lograr esta meta, al sea la honra y la gloria por siempre y para siempre.

A MIS ASESORES.

A ellos que me apoyaron en la elaboración del presente trabajo, que se los agradezco mucho a: **Mc. Rafael Ávila Cisneros**, **Mc. Juan Leonardo Rocha Valdés**, **Doc. Héctor Javier Martínez Agüero** y a la **Mc. Rosa María Guzmán Cedillo**

Agradecimientos

A MIS AMIGOS

Aquellos que estuvieron a mi lado compartiendo alegrías, tristezas, conocimientos. Principalmente a José Luis Coyac, María Eugenia (Maru), Ramon Cabrera, Itzel Anayans Navarro, Mauricio (chilango), Noel Carreon, Edgar Jesus Terrazas Rivas⁺ y para todas aquellas personas que en este escrito estoy omitiendo, no es por desagrado, sino por falta de memoria.

Para un amigo que convivimos muchas cosas que en estos momentos no está conmigo para festejar este triunfo en mi vida, donde estás **Aldho**⁺ este es también tu logro y tu festejo amigo mío y pues lo que te promete ya lo he logrado, gracias por todo lo que me diste

A MI ALMA MATER

A mi “Alma Terra Mater”, por haberme dado la oportunidad de realizar los estudios de Licenciatura.

A todos mis **maestros** que me compartieron sus conocimientos, su sabiduría y sobre todo su apoyo que mediaron para finalizar la licenciatura.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
1.1. Importancia del Maíz	3
1.2. Producción de Maíz	3
1.3. Mejoramiento Genético.....	4
1.4. Mejoramiento Genético en México	4
1.5. Biotecnología	6
1.5.1 Importancia	6
1.5.2. Ácido Desoxirribonucleico (ADN)	6
1.6. Objetivo	9
II. REVISIÓN DE LITERATURA	10
2.1. Evolución	10
2.1.1. Teosintle ó Teosinte.....	11
2.1.2. Maíz Silvestre.....	12
2.1.3. Tripsacum	12
2.2. Origen Geográfico	13
2.2.1. Origen Asiático.....	13
2.2.2. Origen Andino	14
2.2.3. Origen Mexicano	14
2.3. Taxonomía y Morfología	16
2.3.1. Clasificación Taxonómica	16
2.3.2. Descripción Morfológica del Maíz	17
2.3.2.1. Sistema Radicular	17
2.3.2.2. Tallo	17
2.3.2.3. Hojas.....	18
2.3.2.4. Flores	18

2.3.2.5. Fruto.....	19
2.4. Requerimientos Edafoclimáticos.....	19
2.4.1. Temperatura.....	19
2.4.2. Humedad	20
2.4.3. Suelo	20
2.5. Usos	20
2.6. Producción.....	22
2.6.1. Mundial	22
2.6.2. Nacional	23
2.6.3. Regional.....	24
2.7. Características del Cultivo	25
2.8. Recursos Genéticos Disponibles	25
2.8.1. Maíz Cristalino (<i>Zea mayz indurata</i>).	28
2.8.2. Maíz Amiláceo (<i>Zea mayz amylacea</i>).	28
2.8.3. Maíz Reventador o Palomero (<i>Zea mayz everta</i>).....	28
2.8.4. Maíz Dulce (<i>Zea mayz saccharata</i>).....	29
2.8.5. Maíz Tunicado (<i>Zea mayz tunicata</i>)	29
2.8.6. Maíz Dentado (<i>Zea mayz indentata</i>)	29
2.8.7. Maíz céreo (<i>Zea mayz cerea</i>)	29
2.9. Mejoramiento Genético.....	30
2.9.1. Métodos de Mejoramiento.....	31
2.9.1.1. Endogamia	32
2.9.1.2. Selección Masal	32
2.9.1.3. Selección Recurrente	33
2.9.2. Hibridación	34
2.9.2.1. Formación de Híbridos.....	36
2.10. Maíz Transgénico	38
2.10.1. ¿Que son los Transgénicos?	38
2.10.2. ¿Qué es el Maíz Transgénico?	39
2.10.3. Objetivos del Maíz Transgénico:	40
2.10.4. Antecedentes de los Maíces Transgénicos.....	41

2.10.5. Descripción de las Técnicas Empleadas para Producir Maíz	
Transgénicos	46
2.10.5.1. Microinyección	46
2.10.5.2. Electroporción	46
2.10.5.3 Biobalística.....	46
2.10.6. Ventaja.....	49
2.10.6.1. Resistencia a Insectos y a Herbicidas.....	49
2.10.6.2. Costos de Producción	50
2.10.6.3. Mejoras en Nutrición	50
2.10.6.4. Riesgos a Infectarse con Algún Virus o Bacteria	51
2.10.6.5. Tolerancia al Estrés Ambiental.....	51
2.10.7. Desventajas	51
2.10.8. Legislación vigente.....	56
2.10.9. Futuro del maíz transgénico.....	63
III. CONCLUSIONES	66
IV. LITERATURA REVISADA.....	67
V. APÉNDICE.....	72
VI. GLOSARIO	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Liberaciones de campo aprobadas en Estados Unidos por empresa (Hasta 2000)	72
Cuadro 2 Producción, exportación, consumo e importación de maíz.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de Teocintle con el maíz moderno	72
--	----

RESUMEN

El concepto de este trabajo es dar a conocer la importancia del maíz, porque es un alimento fundamental tanto como en los seres humanos como en los animales, los mejoramientos genéticos como comenzó a ser mejorada por los agricultores para mejorar su plantas, La biotecnología fue descubierta para modificar las características del ADN, como fue evolucionando el maíz como fue descubierto y por las etapas que paso para ser el maíz de estos tiempos, su origen geográfico de donde es originario, que fue descubierto, los centros, su clasificación taxonómica y morfológica, los requerimientos climáticos en los que se puede desarrollar y poder tener una buena producción, producción mundial, nacional, regional del maíz, características del cultivo del maíz, recursos genéticos disponibles que el maíz es una de las especies únicas por su gran diversidad genética, los tipos de las cruzas , como se formaron los híbridos, que son los transgénicos, lo que son los maíces transgénicos, como se forman, las ventajas como pueden ser de utilidad y beneficios para el hombre y desventajas del maíz transgénico como nos pueden afectar estos transgénicos como al hombre, al medio ambiente, insectos, otras plantas etc. y en el mundo, algunas legislaciones vigentes y el futuro de los maíces transgénicos.

Palabras claves: maíz, producción, recursos genéticos, hibridación, maíz transgénico.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays L*) pertenece a la familia de las Gramíneas, se considera una planta herbácea anual, cuyo ciclo vegetativo varía entre 80 y 200 días desde la siembra hasta la cosecha, su rango de altura se encuentra entre los 40 centímetros y 3 metros de altura, misma que agrupa algunas subespecies entre las que se encuentra Everta, que es el maíz palomero, respecto a su origen botánico, tienen relación filogénica con una planta conocida como “teosintle o teosinte”. (RED ESCOLAR, 2008).

El maíz es una planta que es originaria del continente americano y se ha venido cultivando desde hace unos 10,000 años, destacando su importancia como alimento en casi todas las comunidades indígenas americanas desde Canadá hasta la Patagonia. (Paliwal, 2008).

La difusión del maíz a partir de su centro de origen en México a varias partes del mundo ha sido tan notable y rápida como su evolución a la planta cultivada y productora de alimentos. Los habitantes de varias tribus indígenas de América central y México llevaron a esta planta a otras regiones de América latina, al Caribe y después a Estados Unidos de América y Canadá. Los exploradores europeos llevaron el maíz a Europa y posteriormente los comerciantes lo llevaron a Asia y África. (Paliwal, 2008).

1.1. Importancia del Maíz

El maíz es el alimento básico de mayor importancia en México y en casi todos los países de América. En nuestro país, se calcula que esta especie cubre alrededor de 51% del área total que se encuentra bajo cultivo. En América, el maíz llegó a constituir el cultivo fundamental para los primeros colonizadores, tal como lo era para los pueblos indígenas. (Robles, 1983).

El maíz tiene amplio aprovechamiento en el consumo humano y animal, así como en la industria, se le puede explotar para uno u otro aspecto, o en varios, en forma de producto principal y subproductos. (Robles, 1983).

1.2. Producción de Maíz

A nivel mundial los principales países productores de este grano son: Estados Unidos, China y Brasil, producen en conjunto el 73% del total global, 456.2 millones de toneladas. (Ochoa, 2005).

En México los estados que han presentado mayor producción desde 1990 son: Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz, siendo los municipios con mayor rendimiento la Barca, Zapopan, Ameca y Cd. Guzmán, Jalisco, con una producción de 5.5 toneladas por hectárea y los municipios de los Mochis y Guasave, Sinaloa, con una producción de 8 toneladas por hectárea en maíz de riego. (Ochoa, 2005).

1.3. Mejoramiento Genético

Se considera que alrededor del año 1000 DC. La planta del maíz comenzó a ser desarrollada por agricultores mejoradores siguiendo un proceso de selección en el cual conservaban las semillas de las mazorcas mas destacaba para sembrar en el próximo ciclo. Esta forma de selección de la mazorca mas grande todavía es usada por los agricultores en México para mantener la pureza destacada de las razas de maíz. (FAO, 2001).

El mejoramiento genético se inicio cuando el hombre primitivo cambio su habito nómada y de recolección por una agricultura naciente, al seleccionar las mejores plantas y luego multiplicarlas; así, la selección se convirtió en el primer método de mejoramiento. (Chávez, 1993).

La Mejora Genética de Plantas tiene como fin último obtener los genotipos (constitución genética) que produzcan los fenotipos (manifestación externa de los caracteres) que mejor se adapten a las necesidades del hombre en unas circunstancias determinadas. (C.N.I.C.E 2001)

1.4. Mejoramiento Genético en México

En 1943, el gobierno Mexicano organizo los primero programas de mejoramiento en el cultivo del maíz, principal alimento de la población. Estos programas fueron

diseñados para mejorar lo que la naturaleza tal vez con la ayuda del hombre inconscientemente había proveído hasta entonces. Se coleccionaron variedades de toda la república y se probaron en las principales aéreas maiceras; algunas variedades sobresalieron por su adaptación y alto rendimiento. (Chávez, 1993).

En 1946 se fundó el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), el cual, junto con la Oficina de Estudios Especiales (OEE), han concentrado sus esfuerzos en el mejoramiento de las variedades más comprometedoras en las principales aéreas productoras de maíz en México. Las variedades sobresalientes fueron la base del programa genético diseñado para formar aun más sus características deseables. (Chávez, 1993).

El programa genético produjo algunas variedades mejoradas de polinización libre, pero su avance más considerable se obtuvo cuando se produjeron algunos híbridos sobresalientes, mediante la recombinación de una línea autofecundada por una variedad, llamados mestizos o top-cross. (Chávez, 1993).

Entre los principales objetivos de la obtención de plantas transgénicas de maíz se pueden citar a las resistentes al ataque de insectos, y en particular de *Diatraea saccharalis* o barrenador del tallo, así como plantas resistentes a herbicidas. (C.N.I.C.E 2001)

1.5. Biotecnología

La Biotecnología incluye cualquier técnica que utilice organismos vivos o partes de los organismos para fabricar o modificar productos, para mejorar plantas o animales o para desarrollar microorganismos para usos específicos. (C.N.I.C.E 2001)

1.5.1 Importancia

La Biotecnología posee la capacidad de cambiar a la comunidad industrial del siglo XXI debido a su potencial para producir cantidades prácticamente ilimitadas de:

- sustancias de las que nunca se había dispuesto antes ;
- productos que se obtienen normalmente en cantidades pequeñas ;
- productos con coste de producción mucho menor que el de los fabricados por medios convencionales ;
- productos que ofrecen mayor seguridad que los hasta ahora disponibles ;
- productos obtenidos a partir de nuevas materias primas más abundantes y baratas que las utilizadas anteriormente.

La manipulación genética de las plantas en beneficio del hombre es parte de la Biotecnología. (C.N.I.C.E 2001)

1.5.2. Ácido Desoxirribonucleico (ADN)

El **ácido desoxirribonucleico** (ADN) es la sustancia química donde se almacenan las instrucciones que dirigen el desarrollo de un huevo hasta formar un

organismo adulto, que mantienen su funcionamiento y que permite la herencia. Es una molécula de longitud gigantesca, que está formada por agregación de tres tipos de sustancias: azúcares, llamados desoxirribosas, el ácido fosfórico, y bases nitrogenadas de cuatro tipos, la adenina, la guanina, la timina y la citosina. (College, 2007)

La **adenina** es una de las cinco bases nitrogenadas que forman parte de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y en el código genético se representa con la letra A. (College, 2007)

La **tiamina** es una de las cuatro bases nitrogenadas que forman parte del ADN y en el código genético se representa con la letra T. (College, 2007)

La **citosina** es una de las cinco bases nitrogenadas que forman parte de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y en el código genético se representa con la letra C. (College, 2007)

La **guanina** es una de las cinco bases nitrogenadas que forman parte de los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y en el código genético se representa con la letra G. (College, 2007)

Los azúcares y los ácidos fosfóricos se unen lineal y alternativamente, formando dos largas cadenas que se enrollan en hélice. Las bases nitrogenadas se encuentran en el interior de esta doble hélice y forman una estructura similar a los peldaños de una escalera. Se unen a las cadenas mediante un enlace con los azúcares. Cada peldaño

está formado por la unión de dos bases, formando los pares de bases anteriormente mencionados; pero estos emparejamientos sólo pueden darse entre la adenina y la timina o entre la citosina y la guanina. Las secuencias -el orden en que se van poniendo- que forman adenina, timina, citosina y guanina a lo largo de la cadena de ADN es lo que determina las instrucciones biológicas que contiene. (College, 2007).

1.6. Objetivo

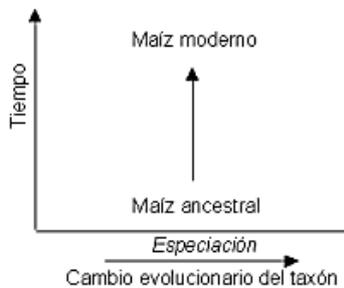
El presente trabajo pretende dar a conocer las ventajas y desventajas del maíz, en sus características que le permitieron alterar su ADN para dar origen a una nueva semilla de maíz, que se le dio el nombre de maíz transgénico, así como dar a conocer la opinión de fuentes expertas, en México y el Mundo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Evolución

Es importante para promover programas agresivos de mejoramiento y para la transferencia de caracteres deseables de especies silvestres afines y cultivares locales en la evolución y el continuo mejoramiento del maíz. (Paliwal, 2008).

Teorías relacionadas con la evolución del



A. Evolución vertical: maíz de maíz silvestre



B. Evolución vertical: maíz y teosinte de un ancestro común pero con la domesticación del maíz a partir de maíz silvestre



C. Evolución progresiva: maíz de teosinte



D. Origen híbrido del maíz

maíz

Fuente: adaptado de Wilkes and Goodman, 1995

<http://www.semillasdevida.org.mx/maiz.htm>

2.1.1. Teosintle ó Teosinte

El maíz deriva del teosinte a través de mutaciones y por selección natural o fue obtenido por los primeros agricultores fitomejoradores. Es generalmente aceptado el hecho de que el teosinte es el antecesor del maíz silvestre. (Paliwal, 2008).

Los granos del teosinte están encostrados en frutos de envolturas rígidas. Los componentes de esas envolturas rígidas también están presentes en el maíz, pero su desarrollo está alterado de modo tal que los granos no están encostrados como en el teosinte, sino que están expuestos en la mazorca. Doebley *et al.* (1990), Doebley y Stec (1991, 1993) y Donweiler *et al.* (1993), han identificado, descrito y mapeado genéticamente un *locus* de características cuantitativas (QTL), el **tga 1** (arquitectura de gluma teosinte 1) del cual controla esta diferencia fundamental entre maíz y teosinte. Cuando este (QTL) de maíz, el tga1, fue transferido al teosinte, su grano no fue retenido fuertemente dentro de la cúpula y quedó parcialmente expuesto. (Paliwal, 2008)

Galinat en (1988), cree que la historia de transformación de teosintle de maíz apoyada con la fuerza de la selección humana, abre grandes posibilidades para usar la variabilidad genética existente y la nueva variabilidad de las poblaciones de teosintle para llevar la sorprendente planta de maíz a mayores logros por medio del fitomejoramiento creativo. (Paliwal, 2008).

2.1.2. Maíz Silvestre

El maíz se origino de una antigua forma silvestre de maíz nativo, ahora extinta, en las alturas de México o Guatemala, sugirió que los ancestros del maíz cultivado eran algunas formas de maíz silvestre. (FAO, 2001).

El maíz primitivo, el teosinte y *tripsacum* divergían entre ellos muchos miles de años antes de que el maíz silvestre evolucionara como para llegar a ser una planta cultivada. Como nunca se han encontrado el maíz silvestre o forma silvestres de plantas de maíz, esta teoría no recibe gran consideración. (FAO, 2001) y (Paliwal, 2008).

2.1.3. Tripsacum

El *tripsacum* es otro pariente silvestre del maíz, no se cruza libremente con el Teosinte ni con el maíz. Sin embargo *tripsacum* es el único género con el cual se ha cruzado el maíz y con el cual se han producido híbridos viables que pueden crecer hasta alcanzar la madurez. Esto ha sido posible con especies diploides de 36 cromosomas (James, 1979).

De Wet y Harlan (1974, 1978) y mas recientemente Leblanc *et al.* (1945) han informado de algunos cruzamientos exitosos entre maíz y algunas formas tetraploides de *Tripsacum*. Algunos segmentos de cromosomas de *Tripsacum* pueden ser sustituidos por segmentos de maíz y de este modo puede haber

ocurrido el intercambio genético entre esas especies. Los beneficios de tal introgresión experimental de *tripsacum* han sido descritos por varios investigadores (Galinat, 1988; Wilkes, 1989). También se han desarrollado nuevas formas para cruzar exitosamente *tripsacum* con maíz, abriendo así más posibilidades para transferir caracteres deseables al maíz (Jewell e Islam Faridi, 1994; Leblanc *et al.*, 1995). Esto podría drásticamente alterar el desarrollo del futuro del fitomejoramiento del maíz y facilitar el uso de semillas de variedades de alto rendimiento y de híbridos por parte de los agricultores en los países en desarrollo.

2.2. Origen Geográfico

2.2.1. Origen Asiático

El maíz se habría originado en Asia, en la región del Himalaya, producto de un cruzamiento entre *Coix* spp. Y algunas andropogóneas, probablemente especies de *Sorghum*, ambos parentales con cinco pares de cromosomas (Anderson, 1945). Esta teoría no ha tenido gran apoyo y se reconoce, es uno de los cultivos alimenticios que se originaron en el nuevo mundo. Sin embargo, la teoría de que el maíz es un anfidiplóide esta ganando terreno después de estudios citológicos y con marcadores moleculares. (FAO 2001), (Paliwal 2008).

2.2.2. Origen Andino

El maíz se habrá originado en los altos andes de Bolivia, Ecuador y Perú. La principal justificación para esta hipótesis fue la presencia del maíz reventón en América del sur y la amplia diversidad genética presente en los maíces andinos, especialmente en las zonas altas de Perú. Una seria objeción a esta hipótesis es que no se conoce ningún pariente silvestre del maíz, incluyendo teosinte, en esa región. En los últimos años se descartó la hipótesis del origen Andino. (FAO 2001), (Paliwal 2008).

2.2.3. Origen Mexicano

Muchos investigadores creen que el maíz se habría originado en México, donde el maíz y el teosinte han coexistido desde la antigüedad y donde ambas especies presentan una diversidad muy amplia. El hallazgo de polen fósil y de mazorcas de maíz en cuevas en zonas arqueológicas apoya seriamente la posición de que el maíz se había originado en México. (FAO 2001), ((Paliwal 2008).



Fig. 2 los ocho centros de origen según N.I. Vavilov. **1.-Centro Chino:** se considera el mas antiguo y el mas grande. Comprende las regiones montañosas del centro y oeste de china. Soya y frijol. **2.-Centrosureste de Asia:** comprende Indostán (burman y siam) Archipiélago Malaya, Borneo, Sumatra, Filipinas e Indochina. Arroz y frijol. **3.- Centro Asiático Central:** comprende Asia Central, noroeste de la India (Punjab). Afganistán, Cachemira, Tadhikistan y Kirguizia, entre otras regiones. Trigo, Cebada, Hortalizas. **4.- Centro del Cercano Oriente:** Comprende Asia Menor, Transcaucasia, Irán, Tierras Altas del Turkmenistán. Trigo, Cebada, Avena y Hortalizas. **5.- Centro del Mediterráneo:** Comprende toda la Costa del Mediterráneo y el Norte de África. Hortalizas, Frijol, Oleaginosas. **6.- Centro Abisino:** Comprende Etiopia y colonias de Eritrea (África). Trigo, Linaza, Cebolla y Chícharo. **7.- Centro Sur de México y América Central:** Comprende el Sur de México y América Central. **Maíces** y frijol. **8.- Centro Sudamericano:** Comprende regiones montañosas altas de Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia. Frijol, Calabaza, Tabaco y algodón. **8^a.**- **Subcentro Brasil y Paraguay:** Comprende regiones semiáridas y tropicales húmedas del Brasil que colindan e incluyen a Paraguay. Piña, Cacao, Nuez. <http://www.semillasdevida.org.mx/maiz.htm>

2.3. Taxonomía y Morfología

2.3.1. Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica de acuerdo a Robles (1983), es la siguiente:

Reino..... ***Vegetal***
 División..... ***Tracheophyta***
 Subdivisión..... ***Pteropsidae***
 Clase..... ***Angiospermae***
 Subclase..... ***Monocotiledoneae***
 Grupo..... ***Glumiflora***
 Orden..... ***Graminales***
 Familia..... ***Gramineae***
 Tribu..... ***maydeae***
 Genero..... ***Zea***
 Especie..... ***mays***

2.3.2. Descripción Morfológica del Maíz

2.3.2.1. Sistema Radicular

La raíz principal está representada por una o cuatro raíces seminales que proceden directamente del cariósido, las cuales dan lugar a una profusa cantidad de raíces fibrosas que se ramifican en raíces secundarias, terciarias, etc., hasta rematar en cada uno de los pelos radiculares, en los cuales se presenta la máxima absorción de agua y de nutrientes contenidos en el suelo, además de que fija a la planta al suelo. (Ochoa, 2005).

2.3.2.2. Tallo

El tallo es más o menos cilíndrico, formado por nudos y entrenudos. El número de estos varía entre 8 y 21, pero son más comunes las variedades con más o menos 14 nudos o entrenudos. Los entrenudos de la base de la planta son cortos y se hacen más largos en la parte superior de la misma hasta culminar con el entrenudo más largo, el cual constituye la base de la espiga, el grosor de los nudos varía según la variedad y las condiciones del cultivo, miden de 1 a 5 centímetros de grosor, la altura del tallo depende de la variedad y de las condiciones ecológicas de cada región, varía desde 80 cm hasta alrededor de 4 m. (Ochoa 2005)

2.3.2.3. Hojas

El número de hojas por planta es variable, encontrándose plantas desde 8 hojas hasta 21. El número más frecuente es de 12 a 18, con un promedio de 14; esta cantidad de hojas depende obviamente del número de nudos del tallo, ya que cada uno emerge una hoja. (Ochoa, 2005).

El limbo es sésil, plano con longitud variable desde más o menos 30 cm hasta más de un metro, la anchura varía de 5 cm a 10 cm. (Ochoa, 2005).

2.3.2.4. Flores

En el maíz existen dos tipos de flores en diferentes lugares de la planta, las más que se denominan flores estaminales y flores pistiladas. Las flores estaminadas se encuentran dispuestas en espiguillas. Cada flor está integrada por dos brácteas, una es la lema (glumilla inferior) y una palea (glumilla superior). Las flores pistiladas se encuentran distribuidas en una inflorescencia con un soporte central denominado olote. La inflorescencia pistilada hasta antes de la fecundación y formación de granos se denomina jilote. (Ochoa, 2005).

El maíz es de inflorescencia monoica, o sea, inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina presenta una panícula (espigón o penacho) de coloración amarilla que posee

una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos. En cambio la inflorescencia femenina marca un menor contenido de granos de polen, alrededor de 800 a 1000 que se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen en forma lateral (Ochoa, 2005).

2.3.2.5. Fruto

Botánicamente es un fruto en cariósipide conocido comúnmente como semilla o grano, constituido por el pericarpio, capa de células de aleurona, endospermo y el embrión. (Ochoa, 2005).

2.4. Requerimientos Edafoclimáticos

2.4.1. Temperatura

El maíz se adapta a todos los pisos térmicos, especialmente los medios y cálidos. Se cultiva en regiones con temperaturas que oscilan entre 8°C y 30°C y altitudes entre 0 msnm a 3000 msnm. La temperatura y la luminosidad influyen directamente sobre el periodo vegetativo. Cuando se presentan heladas el cultivo se quema y muere. (F.H.J.C. 2002)

2.4.2. Humedad

La planta requiere aproximadamente entre 600 mm y 800 mm de agua, especialmente durante la germinación, el espigamiento y la floración. Una buena luminosidad ayuda a la formación de grano. (F.H.J.C. 2002)

2.4.3. Suelo

Se desarrolla bien en suelos fértiles, con texturas medias y bien drenados; con un pH entre 5.5 y 7.2. Se recomienda abonar los suelos pobres y de poca fertilidad. (F.H.J.C. 2002)

2.5. Usos

El maíz es uno de los cultivos de mayor importancia que se utiliza tanto para la alimentación humana como para el ganado (cerdos, ganado vacuno y aves de corral). Además tiene un gran número de aplicaciones industriales como la producción de glucosa, alcohol o la obtención de aceite y harina. (Encarta, 2007)

La mazorca de maíz y sus desechos, hojas, tallos, raíces y olotes contiene gran cantidad de furfural, un líquido utilizado en la fabricación de fibras de nailon y plásticos de fenol-formaldehído, el refinado de resinas de madera, la obtención de aceites lubricantes a partir del petróleo y la purificación del

butadieno para producir caucho sintético. Con las mazorcas molidas se fabrica un abrasivo blando. Con las mazorcas de gran tamaño de cierta variedad se hacen pipas para tabaco. El aceite de maíz, extraído del germen del grano, se consume como grasa alimenticia, tanto para cocinar como crudo o solidificado, en forma de margarina; también se emplea en la fabricación de pinturas, jabones y linóleo. La investigación de nuevas fuentes de energía se ha fijado en el maíz; muy rico en azúcar, a partir de él se obtiene un alcohol que se mezcla con petróleo para formar el llamado gasohol; las partes vegetativas secas son importante fuente potencial de combustible de biomasa. En la medicina popular caribeña se usa un líquido obtenido de la cocción de los estigmas de las flores femeninas como un buen diurético, (Encarta, 2007).

En el 2007 el auge en la producción de agrocombustibles a partir de maíz ha provocado un incremento notable en su producción. El precio del maíz estadounidense registro un incremento de 58% en el 2006, debido al incremento del maíz dedicado a la producción de etanol. (IQCOM 2007)

Cuadro 3 Demanda del maíz en México

DEMANDA							
	Haria de Maíz Nixtamalizado 1	Industria(Almidón, Botanas, Cereales y Semilla)	Suma Consumos de CANAMI	Otros Consumos de maíz para Alimentación Humana2	Alimentación Animal	Consumos	nv Finales
000	2,685.0	2,224.8	4,909.8	2,986.0	4,18	1	,354.9
001	2,705.1	2,754.9	5,460.0	2,875.0	6,09	1	,163.8
002	2,719.6	2,383.0	5,102.6	2,810.0	7,55	1	,036.6
003	2,756.3	2,466.4	5,222.7	2,750.0	8,69	1	,680.7
004	2,790.8	2,552.7	5,343.5	2,788.9	5,50	1	,299.1
005	3,075.0	2,756.7	5,831.7	2,880.0	6,70	1	,687.4

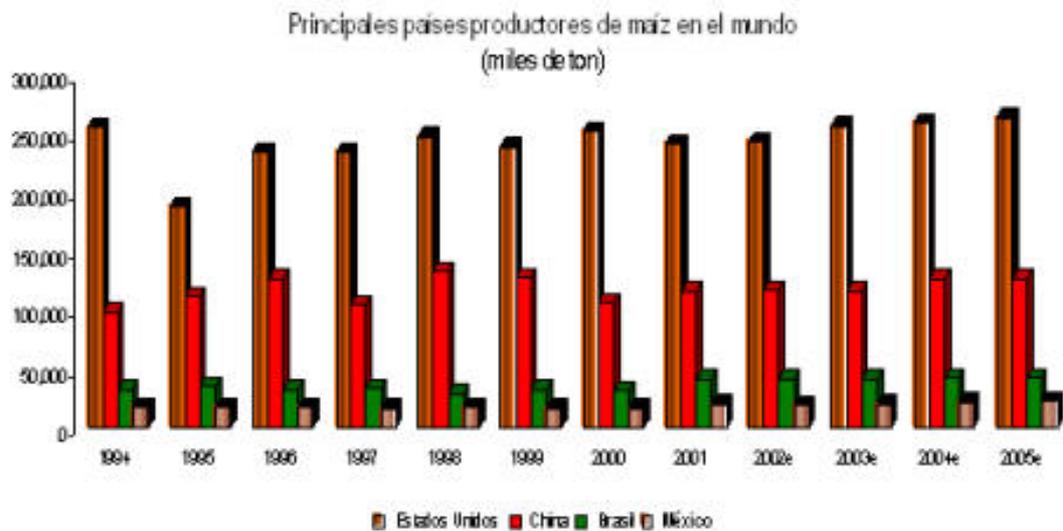
http://www.cnmaiz.org.mx/estadisticas_nacionales.php#dos

2.6. Producción

2.6.1. Mundial

En la actualidad, el maíz es el cereal con mayor volumen de producción a nivel mundial superando al trigo y al arroz. (Robles, 2007).

A nivel mundial, en el 2005 México ocupó el cuarto lugar en términos de producción aportando el 3.5% de la producción mundial; el primer productor de maíz fue Estados Unidos con una participación del 42%, China ocupó el segundo lugar con el 20% de la producción y en tercer lugar se ubica Brasil con 7%. (Robles, 2007).



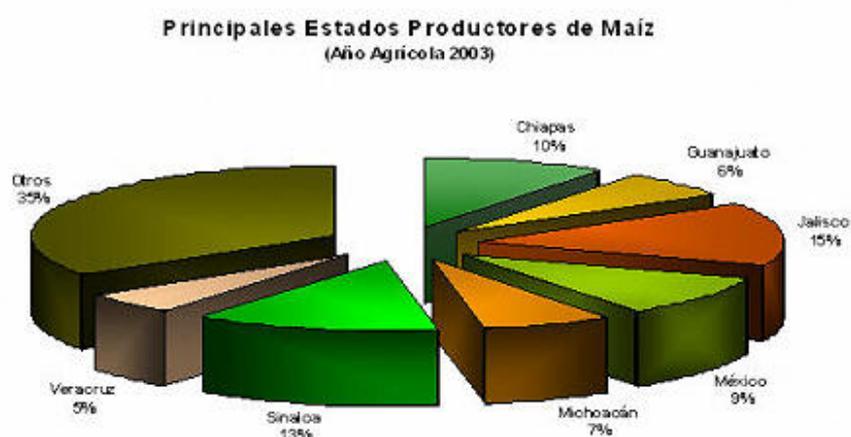
<http://www.semillasdevida.org.mx/maiz.htm>

2.6.2. Nacional

En el 2003 a nivel nacional Jalisco era el principal estado productor de maíz con una aportación del 15% a la producción nacional, le seguían Sinaloa con el 13% de la producción y en tercer lugar se ubica Chiapas con el 10% de la producción. En los últimos años Sinaloa a desplazado al resto de las entidades al ocupar el primer lugar en producción de maíz con cosechas record. (Robles, 2007).

Sin embargo, el maíz es el principal cultivo campesino al que se dedican cerca de 2 millones de productores, 85% de ellos con parcelas menores a cinco hectáreas. En el país se cultiva maíz en 8 millones de hectáreas de las que se obtienen más de 18 millones de toneladas cada año. Ahora más de la mitad de la superficie cultivable de México se siembra con maíz. (Robles, 2007).

El maíz es importante, no solo por la superficie que con él se siembras, sino por lo que representa para el país. En 1847 municipios es el cultivo más abundante y ocupa poco más de la mitad de la superficie cultivable; se calcula que ocho de cada diez productores agrícolas siembran esta gramínea. (Robles, 2007).



<http://www.semillasdevida.org.mx/maiz.htm>

2.6.3. Regional

El residente Estatal de Fidecomiso Instituidos en Relaciones con la Agricultura (FIRA) estimó que en Coahuila podría sembrarse 15 mil hectáreas de forrajes o maíz grano a través del esquema de agricultura por contrato. (FIRA, 2007).

Refirió que en 2006, en la zona centro norte de la entidad se cultivaron tres mil hectáreas de maíz, obteniendo buenos resultados, por lo que confía que en el presente año se siembren en la Comarca Lagunera cinco mil hectáreas.(FIRA, 2007).

2.7. Características del Cultivo

El maíz es una especie vegetal con hábito de crecimiento anual, su ciclo vegetativo tiene un rango muy amplio según las variedades, encontrado algunas tan precoces con alrededor de 80 días, hasta las más tardías con alrededor de 200 días desde la siembra hasta la cosecha en general, las variedades de mayor rendimiento son de 100 a 140 días; menos de 100 días se obtiene poca producción de grano y/o de forraje verde o en base a materia seca. (ROBLES 1983)

2.8. Recursos Genéticos Disponibles

El maíz es una especie única: por la gran diversidad genética de la planta, de la mazorca y del grano; por su adaptación a gran rango de ambientes; por su resistencia a enfermedades e insectos; por su tolerancia a distintos estreses ambientales, por sus múltiples usos como alimento humano o animal y por la gran variedad de productos que se obtienen de esta especie. Ha evolucionado por selección natural, por la selección dirigida por los agricultores

mejoradores durante miles de años y por los mejoradores profesionales en los últimos 150 años. (Paliwal, 2001)

Existen aún una serie continua de tipos de plantas que van desde sus antecesores silvestres a razas más avanzadas, cultivares mejorados y mantenidos durante generaciones por los agricultores y las variedades mejoradas de polinización abierta con una base genética amplia, obtenidas profesionalmente. Al final de todo este espectro de materiales están los distintos tipos de híbridos: desde híbridos intervarietales hasta cruzas simples con un preciso diseño genético y de base genética angosta para satisfacer propósitos y ambientes especiales. (Paliwal, 2001)

Muchos mejoradores de maíz piensan que en esta planta se encuentra toda la variabilidad genética necesaria para mejorar cualquier característica que se desee. En realidad los programas de mejoramiento han hecho poco o ningún uso de la diversidad de los recursos genéticos del maíz disponibles fuera de los criaderos de mejoramiento. Ha habido una tendencia general a usar el mismo germoplasma limitado disponible en los trabajos experimentales. (Paliwal, 2001)

De cualquier manera, hay una creciente preocupación entre los mejoradores profesionales de maíz para expandir la búsqueda de genes útiles que aumenten la variabilidad genética de modo de incrementar la sostenibilidad de la producción. De la misma forma, hay una constante apreciación de la

necesidad de conservar los recursos genéticos para su uso en el siglo XXI y en el futuro más lejano. (Paliwal, 2001)

Durante una discusión sobre el tema de la conservación y uso de los recursos fitogenéticos en un panel de la "Crop Science I Conference" llevada a cabo en Ames, Iowa, EUA, (Williams y Duvick, 1993), hubo consenso en que ahora había una mayor conciencia entre los fitomejoradores respecto a los problemas de los recursos fitogenéticos. Los programas de recursos fitogenéticos necesitan establecer relaciones más estrechas entre los fitomejoradores y los biotecnólogos para un uso más efectivo de los genes poco conocidos presentes en los recursos fitogenéticos disponibles. Un mecanismo para acelerar este desarrollo alrededor del mundo sería una mayor comprensión y conocimiento de los recursos fitogenéticos del maíz, su utilidad y su disponibilidad. (Paliwal, 2001)

Los recursos genéticos que tienen un uso potencial en el mejoramiento del maíz se pueden agrupar en siete clases principales. El objetivo de este trabajo no es el de proporcionar una lista exhaustiva de recursos de germoplasma sino el de dar una idea del amplio espectro de recursos fitogenéticos que pueden ser explotados para el mejoramiento del maíz; se darán unos pocos ejemplos en cada caso particular. Dowswell, Paliwal y Cantrell (1996) han tratado en detalle el tema de los recursos genéticos del maíz, incluyendo una lista de germoplasma y las fuentes de disponibilidad. (Paliwal, 2001)

2.8.1. Maíz Cristalino (*Zea mayz indurata*).

El maíz cristalino, también conocido en E.U.A., Argentina y otros países como maíz “Flint”, se caracteriza por su endospermo duro, pero no reventador. Argentina es el país que siembra el más alto porcentaje de maíz duro. (Robles, 1983).

2.8.2. Maíz Amiláceo (*Zea mayz amylacea*).

El maíz amiláceo tiene como característica principal su endospermo constituido por almidón suave o harinoso. Tanto en México, como en la mayoría de los principales países productores de maíz, se siembra poca superficie de este tipo de maíz. (Robles, 1983).

2.8.3. Maíz Reventador o Palomero (*Zea mayz everta*).

El principal productor de maíz reventador o palomero, es E.U.A., tanto para consumo nacional como para exportación. La principal característica del maíz reventador, es que los granos tienen la mayor proporción de almidón duro y cristalino. (Robles, 1983).

2.8.4. Maíz Dulce (*Zea mayz saccharata*)

Su principal uso es en forma de elote, para consumo humano tanto en México como en Estados Unidos de América, y en otros países existen variedades diversas respecto a su adaptación ecológica. (Robles, 1983).

2.8.5. Maíz Tunicado (*Zea mayz tunicata*)

Este tipo de maíz actualmente no presenta ningún tipo de aprovechamiento directo de manera importante, pero se usa como ornamental en algunos casos, y en otros, como fuente de germoplasma en estudios de investigación. (Robles, 1983).

2.8.6. Maíz Dentado (*Zea mayz indentata*)

Por lo que se refiere al maíz dentado, se calcula que del total de la producción en los E.U.A. el 95% de las variedades quedan incluidas en este grupo. En México, aun cuando no se dispone de un dato estadístico publicado al respecto, es muy probable que también se cultive más o menos el 95% de variedades del maíz dentado. (Robles, 1983).

2.8.7. Maíz céreo (*Zea mayz cerea*)

Es poco lo que se cultiva en México. En los últimos 10 años, se han encauzado programas de fitomejoramiento tendientes al aumento de la

proporción de endospermo céreo, el que se utiliza principalmente en la fabricación de budines, gomas, adhesivos, papel engomado, etc. Mediante una solución de yoduro de potasio, el endospermo céreo o “waxy”, presenta un color rojizo claro., en cambio si el endospermo presenta un color rojo oscuro o casi negruzco el almidón del grano del maíz es amiláceo. Este es un carácter que se usa como “marcador” en trabajos de fitomejoramiento para formar variedades de maíz céreo. El endospermo céreo está constituido por dextrina en lugar de almidón puro. (Robles, 1983).

2.9. Mejoramiento Genético

El fitomejoramiento se considera que es el mejoramiento de las características heredables de las plantas por medio de las técnicas genéticas a fin de hacerlas más eficientes para determinadas condiciones agroecológicas. (Chávez, 1993).

El fitomejoramiento es sinónimo de mejoramiento genético de las plantas, genética vegetal aplicada, genotecnia, y plant breeding. (Chávez, 1993).

El mejoramiento genético de plantas es el arte y ciencia que permite cambiar y mejorar la herencia (genotipos) de las plantas. (Chávez, 1993).

2.9.1. Métodos de Mejoramiento

Las metodologías de mejoramiento del maíz pueden ser divididas en dos grupos mayores: (a) esquemas de selección recurrente para mejoramiento de las poblaciones y (b) desarrollo de líneas puras e híbridos. En este capítulo se discutirán varios esquemas para el mejoramiento de las poblaciones de maíz. (Stuber, 1994)

El mejoramiento y la cría del maíz son un proceso evolución en el cual algunas etapas tienen necesariamente que evolucionar antes de poder continuar. Estas etapas son: recursos genéticos, variedades y poblaciones mejoradas; sintéticas de base amplia; híbridos no obtenidos a partir de líneas puras; sintéticas de base estrecha; híbridos de líneas puras, simples, dobles o triples. (Shillito et al., 1994)

El objetivo básico de un programa de mejoramiento de una población compuesta es el de desarrollar grupos y poblaciones que tengan un germoplasma adecuado para su entrega directa al cultivo, para la extracción de variedades superiores de polinización abierta, compuestas o sintéticas, o para el desarrollo de líneas puras superiores que puedan ser combinadas en varias combinaciones híbridas productivas. (Paliwal, 2001)

Algunos de los esquemas son simples y no necesitan una infraestructura compleja ni grandes inversiones, mientras que otros esquemas son

relativamente complejos y costosos. Todos esos esquemas han sido usados por los mejoradores de maíz para desarrollar y mejorar los grupos y poblaciones de maíz, los que son la base de un programa exitoso de mejoramiento. (Paliwal, 2001)

El éxito de cualquier programa de mejoramiento de maíz dependerá de la superioridad y utilidad de los recursos genéticos básicos de los cuales se busca obtener variedades mejoradas e híbridos. El lenguaje usado respecto a los recursos genéticos que participan en el mejoramiento implica el uso de varios términos como grupos de genes y poblaciones. (Paliwal, 2001)

2.9.1.1. Endogamia

En un cruzamiento entre individuos íntimamente emparentados lo que favorece a la homocigosis, que algunos casos es perjudicial por que puede presentarse efectos de trimentales, letales, supletales o deletéreos en algunos caracteres. (Robles, 1982)

2.9.1.2. Selección Masal

La selección masal es el método de mejoramiento de maíz más antiguo y más simple; es además el menos costoso y el que requiere recursos mínimos. Un cierto tipo de selección masal basado en la selección visual de diferencias fenotípicas entre plantas y mazorcas individuales en los campos de maíz, fue

probablemente usado por los agricultores durante las primeras etapas de domesticación y evolución del maíz hacia una planta de gran producción de granos. La selección masal fue también bastante usada por los pioneros mejoradores de maíz que desarrollaron variedades de maíz de altos rendimientos. Aun hoy día se practica alguna forma de selección masal simple por parte de los agricultores para el mantenimiento de variedades primitivas y de sus propias variedades y, más importante, para seleccionar mazorcas y semillas para la siembra en la próxima estación. (Jugenheimer, 1990)

2.9.1.3. Selección Recurrente

La selección recurrente fue desarrollada como un método para incrementar la frecuencia de genes favorables en las poblaciones manteniendo gran parte de la variabilidad genética que es indispensable para el mejoramiento poblacional (Smith, 1979).

La selección recurrente, parece ser uno de los mejores métodos para incrementar la frecuencia de genotipos deseables de una población original, y así aumentar la probabilidad de resultados en el aislamiento de líneas originales superiores. (Fick, 1978).

Existen Dos Tipos de Selección Recurrente:

1. Selección recurrente fenotípica, en la cual el fenotipo de las plantas S_0 es la base de la selección, y
2. Selección recurrente genotípica, en la cual cierto tipo de prueba de progenies forman las bases de la selección.

Algunos ciclos de selección recurrente requieren autofecundación y evaluación de plantas seleccionadas y subsecuentemente entre cruzamiento de las progenies de las plantas superiores autopolinizadas para producir semilla para el siguiente ciclo de selección (Fick, 1978).

La efectividad de la selección recurrente, depende básicamente de la variabilidad genética, de las frecuencias génicas de la población original y de la heredabilidad de las características bajo selección (Hallauer y Miranda, 1981).

2.9.2. Hibridación

La hibridación es un método de mejoramiento genético con mayor eficiencia en la producción de maíz, ya que los resultados reflejan un incremento marcado en productividad sobre los niveles de rendimiento que las variedades de polinización libre, debido a que se explota directamente el fenómeno del vigor híbrido o heterosis (CIMMYT, 1987)

El vigor híbrido se define como el incremento en tamaño o el vigor de un híbrido con respecto a sus progenitores. También se propuso el término heterosis para denotar el incremento en tamaño y vigor después de los cruzamientos (Allard, 1980).

El objetivo inmediato de la hibridación, es la producción de ejemplares que presenten nuevas combinaciones o agrupaciones de caracteres y con mayor vigor (De la Loma, 1954)

Poehlman (1965) ha definido al vigor híbrido como el incremento de vigor del híbrido con respecto al vigor promedio de sus progenitores, lo anterior se puede explicar de acuerdo a las siguientes teorías:

- a) Efecto estimulante que los alelos heterocigotos tiene sobre la planta híbrida.

- b) Explica el vigor híbrido como la interacción de genes dominantes favorables, suponiendo que el vigor híbrido resulta de la acción de genes dominantes de los cuales cada uno aporta un pequeño incremento al rendimiento final, esta teoría es la más aceptada.

- c) También menciona que para obtener el vigor híbrido se requiere de tres pasos:
 1. Producción de líneas endogámicas.
 2. Cruzamiento de líneas en combinaciones adecuadas y
 3. Cruzamientos de híbridos simples adecuados para formar híbridos dobles que sean productivos.

El maíz híbrido es la primera generación de una cruce entre líneas autofecundadas. La producción del maíz híbrido involucra: **a)** la obtención de líneas autofecundadas por autopolinización controlada; **b)** la determinación de las líneas autofecundadas pueden combinarse en cruces productivas y **c)** utilización comercial de las cruces para la producción de semilla.

Sprague y Miller (1951) hacen mención de que la obtención del maíz híbrido está básicamente fundamentada en la utilización de líneas puras. Los fitomejoradores están consientes de que es necesario un alto grado de endogamia para poder fijar los caracteres de los progenitores y de esta manera transmitirlos a su progenie.

2.9.2.1. Formación de Híbridos

La cruce es el acto de fecundar gametos femeninos (óvulos) de un individuo con gametos masculinos (polen) provenientes de otro. También se le denomina hibridación (Chávez, 1993).

Las cruces de mayor importancia según Chávez (1993) son las que se describen a continuación:

2.9.2.1.1. Cruza Natural

Es la polinización en condiciones naturales, entre plantas cuya constitución genética es diferente. Ocasiona variabilidad en las poblaciones y ocurre comúnmente entre plantas alógamas.

2.9.2.1.2. Cruza Fraternal

Esta se efectúa en tres plantas de una misma línea, variedad, etcétera; es una cruce entre individuos hermanos. Comúnmente se utiliza para incrementar semilla de progenitores.

2.9.2.1.3. Cruzas Simples

Es el cruzamiento entre dos genotipos diferentes, generalmente dos líneas endocreadas. Se utiliza para formar cruces dobles; también se denomina híbrido simple.

2.9.2.1.4. Cruza Triple o Híbrido Triple

Es el cruzamiento resultante entre un híbrido simple con una tercera. Se utiliza en siembras comerciales para la producción de grano.

2.9.2.1.5. Cruza Doble

Es la F_1 resultante del cruzamiento de dos híbridos simples; es la cruza más utilizada en nivel comercial para la producción de grano.

2.10. Maíz Transgénico

2.10.1. ¿Que son los Transgénicos?

Son aquellos en los que el material genético de una especie no relacionados, contienen genes que codifican la expresión o rasgo deseable, el cual se ha incorporado en la composición genética de las especies huésped a través de modernas técnicas de ingeniería genética. Transgénicos también se denomina “Organismos Modificados Genéticamente” o los OMG (Nielsen, 1999).

Los transgénicos tienen características novedosas y han sido creados en forma internacional por los científicos, a través de la modificación, sin embargo, los nuevos organismos transgénicos han estado provocando propiedades indeseadas, ya sea a los consumidores (como la producción de alergias o resistencia a antibióticos) o para organismos de otras especies de su medio ambiente (provocando la muerte de insectos no deseados o contaminación por polinización de otras especies nativas de maíz. (COMAIZ, 2007).

Varios tipos de plantas transgénicas han sido genéticamente modificados. Ellos poseen rasgos beneficios que antes la planta original no poseían y que ahora están presentes internamente como parte de la planta del propio material genético. Añadiendo rasgos pueden incluir una amplia gama de características deseables, como la capacidad para tolerar los extremos del medio ambiente, el aumento de crecimiento potencial o rendimiento, mejorar la vida útil de los productos comerciales, y los factores que proporcionan cualidades como plaguicidas o la mejora sustancial de la resistencia a las plagas (UEI, 2006).

2.10.2. ¿Qué es el Maíz Transgénico?

Es el maíz al que se le introduce artificialmente características biológicas, nuevas provenientes de otras especies de plantas, animales o bacterias, para que adquiera capacidades inusitadas como la resistencia al uso de herbicidas, que la propia planta adquiera la propiedad de matar insectos que la atacan o bien, que sus semillas pierdan la propiedad de reproducirse naturalmente, si no es mediante la intervención de cadavores químicos. (Westfall, 2001)

2.10.3. Objetivos del Maíz Transgénico:

Aumentar el Rendimiento:

- Mejora de productividad, aumentando la capacidad productiva potencial de los individuos
- Mejora de resistencia, obteniendo genotipos resistentes a plagas, enfermedades y condiciones ambientales adversas
- Mejora de características agronómicas, obteniendo nuevos genotipos que se adaptan mejor a las exigencias y aplicación de la mecanización de la agricultura. Por ejemplo, tales son los casos del sorgo enano o la remolacha monogermen.

Aumentar la Calidad:

- Mejora de calidad, atendiendo, por ejemplo, al valor nutritivo de los productos vegetales obtenidos. (C.N.I.C.E, 2001)
- Extender el área de explotación, adaptando las variedades de las especies ya cultivadas a nuevas zonas geográficas con características climáticas o edafológicas extremas, como ocurrió con el trigo en los países nórdicos europeos. (C.N.I.C.E, 2001)

- Domesticar nuevas especies, transformando a especies silvestres en cultivadas con utilidad y rentabilidad para el hombre (C.N.I.C.E, 2001)

2.10.4. Antecedentes de los Maíces Transgénicos

Hace casi 150 años se generaron las bases del mejoramiento genético de plantas de reproducción sexual, con transferencia génica de dos individuos en proporciones iguales.

Alrededor de 1919 surgen las primeras plantaciones con semilla híbrida, desarrolladas a partir de la selección y cruzamiento de dos plantas de maíz.

En 1924 la ley de emigración de E.U. limita la entrada al país sobre la base del origen racial y étnico.

En 1925 se descubre que la actividad del gen está relacionada con suposición en el cromosoma.

En 1927 se descubre que lo rayos x causan mutaciones genéticas.

En 1930 los híbridos del maíz fueron responsables del crecimiento del 600% de la producción americana.

En 1943 el ADN es identificado como la molécula genética.

En 1940 a 1950 se descubre que cada gen codifica una única proteína.

En 1953 se propone la estructura en doble hélice del ADN.

En 1956 son identificados 23 pares de cromosomas de las células del cuerpo humano.

En 1966 se descifra el código genético del ADN.

En 1972 se crea la primera molécula del ADN recombinante en el laboratorio.

En 1973 tiene lugar los primeros experimentos de ingeniería genética en los que los genes de una especie se introducen en organismos de otra especie y funcionan correctamente.

Surgió un nuevo hito en la biología, Stanley Cohen y Hebert Boyer establecen las bases de la tecnología de la recombinación de los ácidos nucleídos (“tecnología del DNA recombinante”), posibilitando la manipulación de genes y su manejo in vitro. Esta experiencia marca sin duda, el comienzo de la Biotecnología Moderna y del desarrollo de los Organismos Genéticamente Modificados (OGMs).

En 1975 en la conferencia de Asilomar evalúa los riesgos biológicos de las tecnologías del ADN recombinante y aprueba una moratoria de los experimentos con estas tecnologías.

Se obtienen por primera vez los hibridomas que producen anticuerpos monoclonales.

En 1976 se funda en E.U. Genetech, la primera empresa de ingeniería genética.

En 1977 mediante técnicas de ingeniería genética se fabrica con éxito una hormona humana en una bacteria.

Los científicos desarrollan las primeras técnicas para secuenciar con rapidez los mensajes químicos de las moléculas del ADN.

En 1978 se clona el gen de insulina humano.

En 1980 el tribunal supremo de los E.U. dictamina que se pueden patentar los microbios obtenidos mediante la ingeniería genética.

En 1981 primer diagnóstico prenatal de una enfermedad humana por medio del análisis del ADN.

En 1982 se crea el primer ratón transgénico (el súper ratón), insertando el gen de la hormona del crecimiento de la rata en óvulos de ratona fecundada.

Surge el primer producto de la biotecnología moderna que pasa a ser de uso masivo: la insulina humana para el tratamiento de la diabetes.

En 1983 se inserta la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) que permite copiar genes específicos con gran rapidez.

En 1984 creación de las primeras plantas transgénicas.

En 1985 se inicia el empleo de interferones en el tratamiento de enfermedades víricas.

Se utiliza por primera vez la huella genética en una investigación judicial en la gran Bretaña.

En 1986 se autorizan las pruebas clínicas de la vacuna contra la hepatitis B, obtenida mediante ingeniería genética.

Surgen en EE.UU. empresas privadas dedicadas al mejoramiento genético de plantas, teniendo como primer producto la soya Roundup Ready.

En 1988 primer patente de un organismo mediante ingeniería genética.

En 1989 comercialización de las primeras máquinas automáticas de secuencia del ADN.

En 1990 los primeros cultivos genéticamente modificados (cultivos GM), pasan a ser comercializados en China.

En 1994 se comercializa en California y E.U. el primer vegetal modificado genéticamente (un tomate) y se autoriza en Holanda la reproducción de un toro transgénico.

En el 2006 se rebasan los 100 millones de ha. De transgénicos cultivados en el mundo. (Villalobos, 2008) (Prieto, 2002)

Recientemente, mediante la tecnología del ADN recombinante se está produciendo maíz transgénico no comestible. (Turrent. *et al*; 2004)

2.10.5. Descripción de las Técnicas Empleadas para Producir Maíz Transgénicos

2.10.5.1. Microinyección

Consiste en inyectar la construcción genética dentro del núcleo de la célula receptora o de un protoplasto (que es la célula vegetal desprovista de la pared celular), por medio de una aguja microscópica de vidrio. (Villalobos, 2008)

2.10.5.2. Electroporción

Consiste en aplicar pulsos de electricidad que ocasionan cierta permeabilidad temporal en la membrana de las células huéspedes y de su núcleo, lo que permite la entrada de la suspensión que contienen miles de copias de la construcción que se pretende introducir. Durante este proceso las células a transformar están suspendidas en dicha solución. (Villalobos, 2008)

2.10.5.3 Biobalística

Es un método muy común y consiste en preparar microproyectiles (generalmente de oro o tungsteno), que se impregnan en la solución que contienen la construcción y se bombardean las células dentro de una cámara de vacío conocida como cañón o acelerador de partículas. Los microproyectiles que contienen en la superficie la construcción, penetran las células suspendidas en el medio de cultivo; el ADN entra en soluciones y se promueve la inserción

del material genético a los cromosomas de la célula en forma aleatoria. (Villalobos, 2008)

Como resultado de la aplicación de cualquiera de los métodos de transformación descritos, se tendrá una línea de células transformadas (que han incorporado exitosamente la construcción), que deberán ser clonadas *in vitro* y posteriormente diferenciadas en las plantas completas, empleando técnicas de cultivo de tejidos. (Villalobos, 2008)

Las plantas obtenidas a través de estas células transformadas también contendrán una secuencia adicional del ADN en su genoma, lo que caracteriza a las plantas transgénicas. Con este principio, si la célula en cuestión es transgénica, las plantas diferenciadas a partir de ella también lo serán y heredaran este carácter a las siguientes generaciones, como si este “nuevo gen” hubiera estado en la planta durante todo el proceso evolutivo. (Villalobos, 2008)

El trabajo de transformación genéticamente exitoso no termina con la incorporación de un gen exógeno en la célula huésped, sino que hay que lograr que la nueva información se exprese en la célula transformada y se diferencie una planta adulta a partir de ella, esto es, que llegue a su reproducción sexual y que este carácter se herede a la siguiente generación. (Villalobos, 2008)

Toda esta ingeniería no podría concluir sin la evolución de las plantas transformadas a nivel de campo, en donde se analiza su comportamiento y se seleccionan, bajo estrictos criterios agronómicos, diferentes parámetros como pueden ser el grado y sitio correcto de expresión del gen. Además es necesario evaluar las características agronómicas de las plantas que se han obtenido con en fin de evitar que por la introducción aleatoria de la construcción se hayan interrumpido secuencias de genes de importancia para la estabilidad y competitividad de la planta transformada. (Villalobos, 2008)

Las plantas transformadas y evaluadas agronómicamente pasan por otra serie de análisis igualmente esmerados que tienen que ver con su inocuidad, en función del destino final del producto de la transformación, sea para alimentación humana, animal o para la industria. Paralelamente se hacen los análisis de riesgos correspondientes para evaluar su impacto ambiental, con lo que se ha logrado obtener, por ejemplo, plantas resistentes a insectos. (Villalobos, 2008)

Esta resistencia se basa en la expresión de la proteína de la bacteria *Bacillus thuringiensis (BT)*, que tienen propiedades insecticidas, ya que pueden atacar a diferentes tipos de insectos. De hecho, esta bacteria se ha usado en forma convencional por muchos años como un mecanismo natural para el control de insectos específicos. La Ingeniería Genética ha permitido insertar eficientemente en el genoma de lagunas especies agrícolas el gen que codifica para la síntesis de este insecticida, de modo tal que las plantas transformadas

contienen, en forma endógena, su propio mecanismo para controlar determinado tipo de insectos que le son dañinos, sin afectar negativamente el ambiente, ni eliminar a los insectos benéficos. (Villalobos, 2008)

En otras palabras, las plantas transgénicas producen su propio bioinsecticida, el cual, por su origen, es orgánico y compatible con las técnicas de control biológico más modernas. (Villalobos, 2008)

2.10.6. Ventaja

Los que han sido desarrollados para que tengan cierta cualidad benéfica para el consumidor final o para la industria. Ejemplos son los tomates que duran más tiempo o el maíz con un contenido más alto de proteínas o de almidones.

Los que son más resistentes a determinado herbicida.

Los que son resistentes a un medio ambiente difícil o marginal, por ejemplo un maíz que podría ser cultivado en zonas con largas sequías. (Pickard 1999)

2.10.6.1. Resistencia a Insectos y a Herbicidas

La inserción de gene de resistencia disminuye que las plantas se afecten con ciertas plagas y que por consecuencia haya tanta pérdida de cultivos.

Además, esto evita que se estén usando tantos químicos para disminuir estas plagas.

En cuanto a los herbicidas, es bueno porque los genes de resistencia a herbicidas hacen en que esta eliminen las malas hierbas y otras plantas que no sea necesarias para el cultivo. (Rosin 2004)

2.10.6.2. Costos de Producción

Esta tecnología es de mucho más bajo costo que otras tecnologías utilizadas, ya que usualmente no se necesitaría un ambiente sumamente selectivo que requiera equipos de alto costo. Además se mejora la producción a grande escala y los productos de interés pueden extraerse mucho más fácil que otras tecnologías utilizadas. (Rosin 2004)

2.10.6.3. Mejoras en Nutrición

Se pueden hacer modificaciones genéticas para que se aumente la producción de las plantas que son muy buenas en la nutrición. Las que no tengan nutrientes de interés, pueden modificarse para que lo produzcan. Por ejemplo el “golden rice” rico en vitamina A que ha ayudado a evitar la ceguera en el mundo. (Rosin 2004)

2.10.6.4. Riesgos a Infectarse con Algún Virus o Bacteria

Se han modificado genéticamente para las plantas se vuelvan resistentes a alguna enfermedad causada por algún virus o alguna bacteria. (Rosin 2004)

2.10.6.5. Tolerancia al Estrés Ambiental

Es una ventaja ya que muchas de las pérdidas de cultivos son a causa de los factores ambientales como baja o alta temperatura, entre otros. La resistencia a estos factores hace que se puedan crecer estas plantas en ambientes que sin ser modificados no puedan crecer. Esto ahorra mucho tiempo también, ya que hay plantas que solo crecen o que su producción es solamente en algún tipo de estación del año. (Rosin 2004)

2.10.7. Desventajas

La tecnología, las patentes, y las semillas están en manos de una pocas empresas grandes, que además de amasar grandes fortunas casi monopólicas, tienen el control de un aspecto fundamental de nuestra existencia sobre el planeta: el desarrollo y el procesamiento de nuestros alimentos. El desarrollo de la tecnología detrás de los OGMs está rindiendo grandes ganancias, lo cual en los últimos años ha provocado fusiones entre empresas químicas y las que producen semillas. Hay una marcada concentración de las actividades agropecuarias en manos de pocas empresas. (Pickard 1999)

Un aspecto muy controvertido es el interés de las grandes empresas de eliminar la milenaria tradición de los campesinos de guardar semillas para el siguiente ciclo agrícola. Por presión de las grandes empresas, dentro de la Organización Mundial de Comercio se han establecido derechos de propiedad que afectan el resguardo de semillas por los campesinos. Los países miembros del OMC tienen la obligación de establecer leyes que permitan patentar variedades de plantas. Tales patentes impedirán o restringirán el que los campesinos puedan guardar las semillas de las variedades patentadas para la siguiente siembra. (Ver también sobre la tecnología "terminator" más abajo). (Pickard 1999)

Hay preocupación sobre la posible alteración del medio ambiente. No hay forma de evitar que las variedades de OGMs sembradas en campos abiertos no terminen cruzándose con otras variedades silvestres. Si ciertos rasgos (por ejemplo, resistencia a herbicidas) son transferidas a otras plantas silvestres, les podría brindar una ventaja genética muy importante, lo cual podría significar el desplazamiento de otras variedades en ese ecosistema, con una disminución importante de la biodiversidad. (Pickard 1999)

Una preocupación relacionada con el medio ambiente: aun cuando algunos OGMs podrían someterse a pruebas y controles antes de su difusión masiva, es imposible predecir el tipo de efectos que tendrán en ecosistemas diferentes de los donde se efectuaron las pruebas. Esto es alarmante

particularmente en los países del sur, cuyos ecosistemas difieren radicalmente de los del norte. Aun si se realizan ensayos sobre los OGMs en países del norte, no hay forma de saber que efectos desencadenará su uso en países del sur. (Pickard 1999)

No se sabe qué efectos podría tener el consumo de OGMs por insectos y animales, incluyendo el ser humano. Pero ya se ha comprobado que un OGM ha resultado dañino para otra especie. Es un caso que afecta México: el polen de un maíz genéticamente modificado mata o deforma a la oruga de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*). Esto se descubrió en un laboratorio universitario. Pero ¿qué modificaciones, alteraciones o destrucciones estarán provocando los OGM entre las especies que tengan contacto con ellos, incluyendo a los seres humanos, en cada punto de la cadena alimenticia? Hay millones de posibles contactos, pero no hay forma de prever qué reacción provocarán. (Pickard 1999)

Hay posibilidades de grandes pérdidas económicas para determinados países. Por ejemplo, se desarrolló genéticamente una bacteria con la capacidad de "digerir" y degradar biológicamente las manchas de petróleo en el mar resultantes de accidentes de buques petroleros. La preocupación entre los países con grandes cantidades del crudo es mayúscula, por el temor de que tales bacterias pudieran "aparecer" en sus reservas. (Pickard 1999)

No hay una legislación que regule el uso, difusión o siembra de los OGM, en especial entre los países del sur. Hay 3 tipos de países al respecto: primero, los que no han hecho nada para controlar los OGM (entre ellos México y la inmensa mayoría de los países del sur); segundo, los que activamente promueven los OGM y por tanto han desarrollado una legislación favorable para su uso y para las empresas que los controlan (principalmente son los países que tienen empresas líderes en el ramo, con Estados Unidos a la cabeza); finalmente, algunos países del norte (principalmente europeos) que rechazan los OGM o que han asumido una actitud de precaución, lo que se ha venido a llamar el "principio precautorio", al exigir controles estrictos sobre ellos. (Pickard 1999)

A medida que los países del norte han implementado controles cada vez más estrictos sobre la uso, siembra, difusión o experimentación con los OGM, las grandes empresas han desplazado sus operaciones hacia países donde la legislación sobre ellos es nula o débil. En algunos países las transnacionales ni siquiera han informado a los gobiernos sobre su trabajo con OGMs. Por ejemplo, la empresa estadounidense Calgene realizó pruebas sobre un tomate transgénico en México y Chile, antes de venderlo en Estados Unidos. La posibilidad de que las autoridades de países en desarrollo controlen o monitoreen con eficacia la diseminación de los transgénicos es nula. (Pickard 1999)

2.10.7.1. Resistencia a Insectos y a Herbicidas

Las proteínas tóxicas que tienen los insecticidas se dice que hacen daño a la salud de las personas. Además, estos químicos y tóxicos eliminan también a otros insectos que no tienen nada que ver con los cultivos. En cuanto a los herbicidas, puede que se eliminen las malas hierbas y otras plantas, pero la resistencia a herbicidas proviene de mayormente de genes de bacterias de suelo y estas bacterias pueden interactuar con otras plantas y hacerlas resistentes, provocando que la planta de interés sea la única creciendo en el cultivo. (Rosin 2004)

2.10.7.2. Costos de Producción

Los costos pueden ser afectados como todo, por algún imperfecto en el proceso de producción. Además, es muy cierto que puede haber plantas que se necesiten de algunas condiciones en específico y que se pueda haber un aumento en costo. (Rosin 2004)

2.10.7.3. Mejoras en Nutrición

Al insertar genes para producir ciertos nutrientes, puede haber nutrientes de algunas plantas que el cuerpo humano no esté acostumbrado a utilizar y puede causar algún daño a la salud. (Rosin 2004)

2.10.7.4. Riesgos a Infectarse con Algún Virus o Bacteria

Las plantas que no tengan este tipo de resistencia se enfermara y posiblemente contamine a las demás plantas, pudiendo dañar el cultivo y, por lo tanto la producción. (Rosin 2004)

2.10.7.5. Tolerancia al Estrés Ambiental

Esto es una preocupación, ya que se teme que la biodiversidad se afecte, ya que se crean nuevas variedades de plantas y las plantas del mismo tipo pero que no han sido alteradas irán disminuyendo. Además, al incluir las plantas transgénicas, puede que se afecte algún ciclo ecológico y se afecte el ecosistema. (Rosin 2004)

2.10.8. Legislación vigente

**LEY DE BIOSEGURIDAD DE ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS EN
MÉXICO. (Publicada por el Presidente Vicente Fox Quesada 18 de Marzo del
2005)**

ARTÍCULO 3

III. Autorización: Es el acto administrativo mediante el cual la Secretaría de Salud, en el ámbito de su competencia conforme a esta Ley, autoriza organismos genéticamente modificados determinados expresamente en este

ordenamiento, a efecto de que se pueda realizar su comercialización e importación para su comercialización, así como su utilización con finalidades de salud pública o de biorremediación.

IV. Biorremediación: El proceso en el que se utilizan microorganismos genéticamente modificados para la degradación o desintegración de contaminantes que afecten recursos y/o elementos naturales, a efecto de convertirlos en componentes más sencillos y menos dañinos o no dañinos al ambiente.

V. Bioseguridad: Las acciones y medidas de evaluación, monitoreo, control y prevención que se deben asumir en la realización de actividades con organismos genéticamente modificados, con el objeto de prevenir, evitar o reducir los posibles riesgos que dichas actividades pudieran ocasionar a la salud humana o al medio ambiente y la diversidad biológica, incluyendo los aspectos de inocuidad de dichos organismos que se destinen para uso o consumo humano.

VI. Biotecnología moderna: Se entiende la aplicación de técnicas in vitro de ácido nucléico, incluidos el ácido desoxirribonucleico (ADN y ARN) recombinante y la inyección directa de ácido nucléico en células u organelos, o la fusión de células más allá de la familia taxonómica, que supera las barreras fisiológicas naturales de la reproducción o de la recombinación y que no son técnicas utilizadas en la reproducción y selección tradicional, que se aplican

para dar origen a organismos genéticamente modificados, que se determinen en las normas oficiales mexicanas que deriven de esta Ley.

XXIV. Permiso: Es el acto administrativo que le corresponde emitir a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) o a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), en el ámbito de sus respectivas competencias conforme a esta Ley, necesario para la realización de la liberación experimental, la liberación en programa piloto, la liberación comercial y la importación de OGMs para realizar dichas actividades, en los casos y términos establecidos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas que de ella deriven.

XXXV. Zonas autorizadas: Las áreas o regiones geográficas que se determinen caso por caso en la resolución de un permiso, en las cuales se pueden liberar al ambiente organismos genéticamente modificados que se hubieren analizado.

XXXVI. Zonas restringidas: Los centros de origen, los centros de diversidad genética y las áreas naturales protegidas, dentro de los cuales se restrinja la realización de actividades con organismos genéticamente modificados, en los términos de esta Ley. (Ley-BOM 2005)

CAPÍTULO III

Del Monitoreo y Medidas de Bioseguridad

Artículo 20.

La propuesta para los procedimientos de monitoreo que deberá incluirse en la solicitud de permiso, de acuerdo a lo establecido en la Ley, para la liberación al ambiente de un OGM deberá contener la siguiente información:

Plan de monitoreo detallado;

Métodos de identificación evento específico del OGM, incluyendo niveles de sensibilidad y reproducibilidad, reconocidos por el desarrollador del OGM para la detección del mismo;

Estrategias de monitoreo posteriores a la liberación del OGM, con el fin de detectar cualquier interacción entre el OGM y especies presentes en el área de liberación, cuando existan, y

Estrategias para la detección del OGM en áreas vecinas y su presencia posterior en el sitio, una vez concluida la liberación. (Ley-BOM 2005)

Artículo 21.

La propuesta de medidas de bioseguridad que deberá incluirse en la solicitud, de acuerdo a lo establecido en la Ley, para la liberación al ambiente de un OGM deberá contener la siguiente información:

Métodos y procedimientos para prevenir la liberación y dispersión del OGM más allá del área de liberación;

Medidas de control en el área de liberación o las instalaciones donde se lleve a cabo la liberación para evitar el acceso de organismos vectores de dispersión, o de personas que no encuentren autorizadas para ingresar al área de liberación, y

Métodos de limpieza o disposición final de los residuos de la liberación (Ley-BOM 2005)

Artículo 22.

Los particulares que pretendan liberar un OGM al ambiente y para evitar los efectos de una liberación accidental, deberán contar con un programa que contenga medidas para lo siguiente:

Contención para el control del OGM;

Erradicación del OGM en áreas distintas a las permitidas;

Aislamiento para el área, y

Protección de la salud humana y el ambiente, en caso de que ocurriera un efecto no deseado. (Ley-BOM 2005)

Cuestionamientos a las leyes de bioseguridad por la Comisión de Cooperación Ambiental

Una de las preocupaciones centrales que el Informe de la Comisión de Cooperación Ambiental dilucidó fue el flujo de genes desde plantas genéticamente modificadas (maíz transgénico) hacia el maíz mexicano y sus parientes silvestres o tradicionales. En el maíz como planta de polinización cruzada, su polen es dispersado por el viento, una planta promedio produce entre 4.5 y 25 millones de granos de polen en un periodo de 14 días. Con este nivel de intensidad en la polinización, aún con distancias significantes de aislamiento entre maíz transgénico y convencional no se puede garantizar una prevención de polinización cruzada. (Eastham, 2002)

La siembra experimental de maíz genéticamente modificado es el primer requisito para su siembra a gran escala, en extensiones comerciales y en México amenaza con dañar de forma irreversible al ambiente. Estos experimentos incrementan el riesgo de contaminación transgénica en nuestros maíces criollos y convencionales, así como de nuestros alimentos. En los últimos años se ha generado evidencia alrededor del mundo en la que se señala que la contaminación de semillas por polinización cruzada es inevitable e incontrolable, y que los campos experimentales no hacen más que aumentar

la posibilidad de contaminación genética de variedades no transgénicas. Los experimentos con transgénicos a cielo abierto, aunque sean en instituciones públicas y de acceso restringido y estén bardeados con alambradas de púas y barreras vegetales no pueden impedir que diez millones de toneladas de polen sean transportados por el viento o que se los lleven los insectos, como las abejas. Entonces, cuando las autoridades de la SAGARPA asumen que los experimentos con maíz transgénico a cielo abierto son seguros porque se tomarán medidas de bioseguridad estrictas para “garantizar el manejo del posible riesgo” no toman en cuenta que esa garantía depende de factores incontrolables como la velocidad del viento o el comportamiento de los insectos. (Ampungnani, 2002)

Condiciones experimentales para la distancia de aislamiento para la Liberación al Medio de Organismos Genéticamente Modificados

Esta especie deberá liberarse al medio con un aislamiento de 250 m de cualquier otro maíz o especie que pueda cruzarse con el cultivo transgénico.

Excepcionalmente podrá usarse como aislamiento una diferencia de estado fenológico con otro maíz; esta condición de aislamiento se analizará caso por caso.

La superficie cultivada con este material transgénico permanecerá por un período de 1 año libre de maíz y de cualquier otra especie que pueda cruzarse

con plantas voluntarias del cultivo en cuestión. (Resolución SAGPyA 226/97. 1997)

El gobierno acaba de introducir un decreto que requiere una distancia mínima de 200 metros entre los cultivos de maíz transgénico y cultivos convencionales, y 300 metros entre cultivos de maíz transgénico y de maíz orgánico.

Leyes provisionarias de coexistencia están en vigor, con 100 metros requeridos entre maíz Bt y maíz convencional (o de manera alternativa 50 metros y 6 filas de aislamiento), y 600 metros entre maíz Bt y maíz orgánico (o 300 metros y 6 filas de aislamiento). Estas reglas estarán en vigor tan sólo durante 2005 dado que serán revisadas a corto plazo en un nuevo decreto. (James, 2005)

2.10.9. Futuro del maíz transgénico

La presencia futura del maíz transgénico en México depende de una combinación de decisiones por parte del gobierno mexicano: 1) mantener la moratoria de 1998; 2) erradicar del medio ambiente el maíz transgénico que hasta la fecha se ha importado; 3) promulgar una política para mantener las mezclas importadas de maíz transgénico y no transgénico alejadas de las zonas rurales, y 4) aplicar una política que prohíba las importaciones de maíz transgénico. (Turrent. *et al*; 2004)

Se calcula que de aquí a 10 años el área sembrada con cultivos transgénicos va a ser dos veces mayor. Y creo que vamos a ver una gama mucho más amplia de características de los transgénicos. Tradicionalmente han ofrecido resistencia contra insectos y contra herbicidas, pero también vamos a ver plantas que tienen resistencia contra la sequía, que tienen un mejor perfil nutricional, y plantas que van a prestarse a una producción más eficiente y más económica. (Ríos, 2006)

Se está estudiando el uso de plantas para producir productos farmacéuticos, y ya hay algunos que están en ensayos clínicos. Muchas medicinas se producen en células cultivadas, ya sean humanas o de mamífero, y cuando uno produce proteínas con células de origen animal siempre hay riesgo de que haya una contaminación viral; esos son problemas que se eliminarán al producirlos en plantas. (Ríos, 2006)

Para 2050 habrá entre 125 y 140 millones de mexicanos que alimentar. Aunque suene remoto, habrá una mejora en el ingreso per cápita y ese mayor poder adquisitivo se reflejará en cómo y qué comemos. Cambiarán las exigencias y lo más seguro es que no habrá ni antropofagia (sugerida por Charlton Heston en Cuando el destino nos alcance), ni pastillas de astronautas. (Fregoso, 2008)

Lo que sí se acerca, con polémicas y sin ellas, es la modificación genética de todo lo que tenga vida. Mucho antes de llegar a eso, Monsanto y Dow AgroScienses lanzarán en 2010 el primer maíz que combinará ocho genes (ahora el máximo es de tres). (Fregoso, 2008)

A ese ritmo, se dice que en 2050 los cultivos transgénicos abarcarán 60% del total de la producción agrícola mundial. Hasta su desarrollo se ha centrado en granos básicos (maíz, soya y trigo) y se ha enfocado en resolver las mermas de producción generadas por plagas, insectos o exceso de herbicidas. En el futuro existirán 'transgénicos de diseñado' que darán a las semillas características más sofisticadas. (Fregoso, 2008)

Parte de la manipulación genética se dirigirá a producir alimentos funcionales, con propiedades adicionales en vitaminas, minerales, ácidos grasos". (Fregoso, 2008)

Veremos trigos mejores para la panificación, frutas y hortalizas con Omega 3 y antioxidantes, jitomates frescos por el doble de tiempo, carnes bajas en grasa y con más proteína, ácidos grasos, vitaminas y minerales. (Fregoso, 2008)

Para usos farmacéuticos e industriales, y ello es otro elemento que también deberá tomarse en cuenta para los escenarios futuros en México.

III. CONCLUSIONES

- ✓ En este trabajo como ya se dieron cuenta se habla de cómo fue evolucionando el maíz, con la intervención de la mano del hombre.
- ✓ Se maneja el tema de maíces transgénicos y podemos ver que es manipulado por el hombre a sus necesidades.
- ✓ Hay muy buenas ventajas del maíz transgénico.
- ✓ Una de ellas es que no necesitarían el ambiente adecuado para hacer producir un cultivo en otras regiones que no se han de esa localidad. Ó sea que se pueden adaptar a cualquier tipo de ambiente.
- ✓ Será menor los costos para producir maíz, puesto que estas variedades son resistentes a insectos, malezas, y por su propia naturaleza.
- ✓ Pero también contamos con desventajas en este trabajo.
- ✓ La pérdida de líneas puras como el maíz criollo y los maíces convencionales como son las cruces. Entre otras.
- ✓ Varios investigadores dicen que los transgénicos son los cultivos del mañana.

IV. LITERATURA REVISADA

- Allard R. W. (1880). Principios de la mejora genética de las plantas. Cuarta edición. Editorial Omega, S.A. Barcelona. P. 98.
- Ampugnani. Gustavo. (2002). Campaña Ingeniería Genética. Greenpeace México.
- Asturia (2004), Maíz transgénicos en los sistemas productivos, acción ecológica.
- C.N.I.C.E Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa (2001). Genética y Bioética. Primera edición.
- Chávez A. J. L. (1993). Mejoramiento de plantas I. Editorial trillas, segunda edición. México, DF., p 10 - 17 y 69 – 77
- CIMMYT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (1987). CIMMYT- Hechos y tendencias mundiales relacionadas con el maíz 1986: Aspectos económicos en la producción de semilla de variedades comerciales de maíz en los países en desarrollo. México p. 210-223.
- College R. y Williams College. (2007). Química. Traducción Erika Jasso Hernán D`Bourneville. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Novena edición. México D. F.
- COMAIZ, (2007), Importancia del Maíz en México. Comercializadora de granos. Querétaro México.
- De la Loma J. L. (1975). Genética General y Aplicada. Editorial UTEHA. México.
- De Wet, J.M.J. & Harlan, J.R. (1974). *Tripsacum*-maize interaction: a novel cytogenetic system. *Genetics*, 78: 493-502.
- De Wet, J.M.J. & Harlan, J.R. 1(978). *Tripsacum* and the origin of maize. In D.B. Walden, ed. *Maize breeding and genetics*, p. 129-141. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons.
- Eastham, K. and J. Sweet. (2002). Genetically modified organisms (GMOs): The significance of gene flow through pollen transfer. The Environmental Issue Report No 28. Zurich: European Environment Agency (EEA).

- F.H.J.C, Fundación Hogares Juveniles Campesinos (2002). Manual Agropecuario Técnicas Orgánica de la Granja Integral Autosuficiente. Primera Edición, Editorial IBAIPE. Pag. 1000 - 1005.
- Fick, G. N. (1978). Breeding and Genetics. In: Carter, J. F. (Ed). Sunflower Science and Technology. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA.
- FIRA, Fidecomiso Instituidos en Relaciones con la Agricultura (2007). (Consultado el día 01 de Agosto del 2008. En <http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/256646.impulsara-fira-la-produccion-de-maiz.html>)
- Fregoso J. (2008). Los Alimentos que Comeremos Mañana. El sabor de los transgénicos, Grupo Editorial Expansión, UNAM.
- Hallauer R. A. and Miranda F. O. (1981). Quantitative Genetics in Maize Breeding. The Iowa State University Press Ames, Iowa, 50010. First Edition. p. 468.
- ICA Inteligencia Comercial Anuncian gobierno federal y sectores productivos acuerdo para estabilizar el precio de la tortilla. (2007). Producción de Etanol en los Estados Unidos.
- James Clive. 2005. Resumen Ejecutivo BRIEF 34. Situación global de los cultivos transgénicos/GM comercializados. ISAAA seasiacenter. Pag. 1 – 9.
- James, J. (1979). New maize and Tripsacum hybrids for maize improvement. Euphytica, 28: 1-9.
- Jugenheimer, W. R. (1990). Maíz: variedades mejoradas métodos de cultivo y producción de semillas. Trad. Piña, G. Editorial LIMUSA. Cuarta reimpresión. México. 841pp.
- Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Mejorados (Ley-BOM), Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de marzo de (2005).
- Microsoft Encarta, (2007). 1993-2006 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos. Organismos Genéticamente modificados.

- Nielsen R. L. (1999), UE Estado de Aprobación de Híbridos de Maíz Transgénico. Departamento de Agronomía, Universidad de Puerdue. West Lafayette, IN 47907-1150.
- Ochoa M.S. (2005). Ácaros de mayor importancia económica, en maíz, con énfasis en tetranychus sp. y oligonychus sp., Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, México, p.6 – 9.
- Paliwal R. L. (2008). Origen, Evolución y Disfunción del maíz. Secciones olym aztlan. AHANAOA A. C
- Pickard, M. (1999). Los Organismos Genéticamente Modificados: Implicaciones para México y Chiapas. Num. 165
- Poehlman, M. J. (1983). Mejoramiento genético de las cosechas. Primera edición. Editorial LIMUSA. México. p. 423.
- Prieto Encalada. Humberto (2002). Plantas Transgénicas y Organismos Genéticamente Modificados: Postura del INIA. INIA en el desarrollo de Plantas y otros Organismos Genéticamente Modificados. Gobierno de Chile. Pag.1-8
- R. L. Paliwal, et al., (2001). EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS: Mejoramiento y producción. Dirección de Información, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.
- Red Escolar (2008). Consultado el día 01 de Agosto del 2008. En: http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar2008/educontinua/conciencia/biologia/acertijos_biologicos/acertijos00-01/solucion17.htm.
- SAGARPA Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 226/97. (1997). Condiciones experimentales para la distancia de aislamiento para la liberación al medio de organismos vegetales genéticamente modificados. Universidad de Buenos Aires. Argentina. Pag 1-12
- Ríos A. S. (2006). Ciencia y Salud. Primera edición, Edición imprenta

- Robles B. H. M. (2007). El Sector Rural en el Siglo XXI: Un Mundo de Realidades y Posibilidades. Cámara de Diputados, Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria.
- Robles, R. S. (1982). Terminología Genética y Fitogenética. Editorial Trillas. Segunda edición.
- Robles, S. R. (1983). Producción de granos y forrajes. Limusa, Cuarta edición. México D. F., p 17-30
- Rosin, L. J. (2004). *Transgenic Plants: Bio-Farming for the Future*. BioProcess International.
- Shillito, R.D., Carswell, G.K. & Kramer, C. (1994). Maize protoplast culture. In M. Freeling & V. Walbot, eds. The maize handbook, p. 695-700. New York, NY, USA, Springer-Verlag.
- Smith, D S, (1979). A model for evaluating progress for recurrent selection. *Crop Sci.*19:223 – 225.
- Sprague, G. F. and G. F. P. A. Miller. (1951). The influence of visual selection during inbreeding on combining ability in corn. *Agron. J.* 44:258-262.
- Stuber, C.W. (1994a). Enhancement of grain yield in maize hybrids using marker-facilitated introgression of QTLs. In Proc. Symp. Analysis of Molecular Markers Data, p. 44-46. Am. Soc. Hort. Sci. and Crop Sci. Soc. Am.
- Turrent A. y Serratos J A. 2004. Contexto y antecedentes del maíz silvestre y el cultivado en México, pag. 1 y 2.
- UEI, Universidad del Estado de Iowa (2006), Maíz transgénico. Consultado el día 22 de Agosto del 2008. En: <http://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.ent.iastate.edu/pest/cornborer/manage/transgenic&sa=X&oi=translate&resnum=5&ct=result&prev=/search%3Fq%3Dtransgenic%2Bcorn%26hl%3Des>
- Villalobos A. V. M. (2008). Los transgénicos: Oportunidades y Amenazas, Editorial Mundi Prensa, Primera Edición México DF. Pág. 9 – 16

Westfall, (2001), La esperanza de la industria en el mercado de los transgénicos, primera edición, Toronto.

V. APÉNDICE

Cuadro 1 Liberaciones de campo aprobadas en Estados Unidos por empresa (Hasta 2000)

EMPRESA	MAÍZ	SOYA	ALGODÓN	TRIGO
Monsanto	816	144	205	110
Pioneer	494	58		
DuPont	199	91	20	
Agrevo	178	59	26	
Delta&Pine Land			37	
Uni. de Idaho				13
Montana State Uni				8
TOTAL	2685	520	412	148
Solicitudes	3327	601	481	209

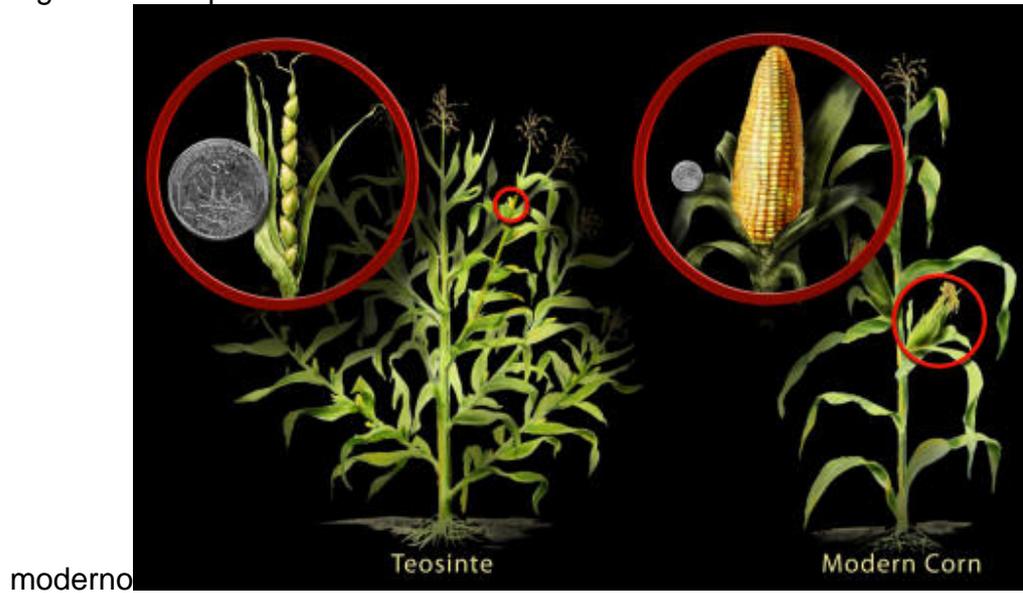
(Asturias 2004)

Cuadro 2 Producción, exportación, consumo e importación de maíz

PAÍS	PRODUCCIÓN	EXPORTACIÓN	CONSUMO	IMPORTACIÓN
EE UU	259.273	46.000	207.020	
Argentina	16.000	11.500		
China	114.000	8.500	128.100	
Brasil	37.500	5.500	37.000	
Ucrania	5.500	1.300		
África del Sur	8.900	1.000	8.700	
Hungría	5.300	700	4.600	
Canadá	9.200	300		2.000
Tailandia	4.400	100		
México	19.000		25.700	6.500
Japón			16.000	16.000
Corea del Sur			9.570	9.500
Egipto				5.000
Taiwán				4.500
India	13.000			
Malasia			2.550	2.500
Colombia				2.000

*En miles de toneladas métricas (Asturias 2004)

Figura 1. Comparación del maíz teosinte con el maíz



Comparación del maíz teosinte con el maíz moderno

<http://www.semillasdevida.org.mx/maiz.htm>

VI. GLOSARIO

Andropogóneas. Es una tribu de hierbas de la familia *Poaceae* extendidas por todas las regiones tropicales y templadas. Estas plantas utilizan la fisiología de fijación por carbono. Son hierbas anuales o perennes con hojas delgadas longitudinales, raramente lanceoladas.

Anfidiploide., Es el poliploide formado por la unión y posterior duplicación de dos dotaciones de cromosomas distintas por provenir de especies diferentes.

Biorremediación. Es el proceso en el que se emplean organismos biológicos para resolver problemas específicos medioambientales, como la contaminación. La biorremediación se puede emplear para atacar algunos contaminantes específicos, como los pesticidas clorados que son degradados por bacterias, o bien, de forma más general como en el caso de los derrames de petróleo, que se tratan empleando varias técnicas, incluyendo la adición de fertilizantes para facilitar la descomposición del crudo por las bacterias.

Bráctea. Término usado en botánica e introducido por Carlos Linneo, es el órgano foliáceo en la proximidad de las flores y diferente a las hojas normales y las piezas del perianto. A pesar de ser verdes, su función principal no es la fotosíntesis, sino proteger las flores o inflorescencias. Suelen ser de menor tamaño que las hojas normales y en algunos casos, como ocurre en el tilo, son más grandes que la flor.

Cariópside o **Cariopse**. Es un tipo de fruto simple, similar al aquenio, formado a partir de un único carpelo, seco e indehiscente. En ella el integumento y el pericarpio se han fusionado, formando una piel protectora. Llamada también *grano*, es el tipo de fruto típico de las gramíneas

Desoxirribosas. Son monosacáridos con cinco átomos de carbono que forma parte del ácido desoxirribonucleico (ADN).

Dextrinas cíclicas. Se conocen como ciclodextrinas. Son formadas por la degradación enzimática del almidón por ciertas bacterias, por ejemplo el bacillus macerans. Las ciclodextrinas tienen estructuras toroidales formadas por 6-8 residuos de la glucosa.

Dextrinas. Son un grupo de monosacáridos de poco peso molecular producidas por la hidrólisis del almidón. Tienen la misma fórmula general que los polisacáridos pero son de una longitud de cadena más corta. La producción industrial es realizada generalmente por la hidrólisis ácida del almidón de patata. Las dextrinas son solubles en agua, sólidos de color blanco hasta levemente amarillo, ópticamente activos. Analíticamente, las dextrinas se pueden detectar con la solución de yodo, dando una coloración roja.

Flores Estaminadas. (o "macho") son las que tienen estámenes funcionales, capaces de producir polen pero que no tienen ovario, o tienen un ovario que no es fértil.

Flores Pistiladas. (o hembras) son las que tienen un pistilo funcional capaz de producir semillas pero o no tiene estamen o tienen estámenes con anteras que son incapaces de producir polen.

Frecuencias Génicas. Proporción en que se presenta un gen con respecto a su alelo alternante la que se puede representarse en fracciones decimales o en puntos porcentajes; los que son constantes de generación en generación.

Híbrido Intervarietal. Es la primera generación del cruzamiento de plantas obtenidas de Semilla Básica de dos variedades de polinización abierta.

Homocigosis. Condición en la cual existen dos alelos idénticos en un mismo locus de cromosomas homólogos.

Introgresión. Es el movimiento de genes de una especie a otra a consecuencia de un proceso de hibridación interespecífica seguido de retrocruzamiento.

Limbo: Es la parte plana de la hoja, y tiene dos caras, la superior se llama haz, y el reverso envés.

Mutaciones. Es alteración de la estructura genética o cromosómica de la célula de un ser vivo que se produce de forma espontánea o inducida y que se transmite a sus descendientes.

Retrocruzamiento. Cruzamiento de un híbrido con uno de sus progenitores

Selección Natural. Es el proceso a través del cuál, los organismos mejor adaptados desplazan a los menos adaptados mediante la acumulación lenta de cambios genéticos favorables en la población a lo largo de las generaciones. Cuando la selección natural funciona sobre un número extremadamente grande de generaciones, puede dar lugar a la formación de la nueva especie.

Taxón. En Biología, un taxón (del griego *ταξις*, ordenamiento) es un grupo de organismos emparentados, que en una clasificación dada han sido agrupados, asignándole al grupo un nombre en latín, una descripción, y un "tipo", que si el taxón es una especie es un espécimen o ejemplar concreto. Cada descripción formal de un taxón es asociada al nombre del autor o autores que la realizan, los cuales se hacen figurar detrás del nombre. En latín el plural de taxón es taxa, y es como suele usarse en inglés, pero en español el plural adecuado es taxones. La ciencia que define a los taxones se llama taxonomía.

Variables Cuantitativas. Son aquellas cuyas categorías pueden expresarse numéricamente. La naturaleza numérica de las variables cuantitativas permite un tratamiento estadístico más elaborado debido a las operaciones matemáticas que permiten. Por ello facilitan una descripción más precisa y detallada de la variable.