

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**CAPACIDAD PRODUCTIVA DE VARIEDADES DE
POLINIZACIÓN LIBRE y CICLO PRECOZ DE MAÍZ AMARILLO
PARA VALLES ALTOS DE MÉXICO.**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERA AGRÍCOLA
PRESENTA:**

RODRÍGUEZ ISLAS LETICIA

**ASESORES: DR. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERÓN.
M. C. MARGARITA TADEO ROBLEDO.**

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉX.

2005



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

Durante mucho tiempo la gente que estuvo a mi lado me dio las fuerzas y el apoyo necesario para poder concluir con esta etapa de mi vida, la universidad, que aunque fue un periodo difícil para mi, aprendí muchísimas cosas, que me ayudaron a realizar este trabajo, el cual vale mucho porque es fruto de mi esfuerzo sostenido por todo el cariño, respeto y amor de esa maravillosa gente, que para mi son más que una familia; porque no solo me apoyaron económicamente sino emocionalmente; por lo tanto yo quiero dedicar esta investigación a: mi honorable familia magsturbis; Rosa Edith González Gómez (mi papá que me consintió, protegió y ayudó en todo momento), Melina Hernández Hernández (mi mamá castrosa, a quien quiero muchísimo), María Magdalena González Gómez (la magsturbis mamá del Turbis), y José Antonio Hernández Soriano (El Turbis quien supo ser en todo momento un amigo de verdad); a Cielo Osorio Téllez quien siempre estuvo apoyándome desde que entre a la carrera; a mi gran amigo regañón peregrino el Ingeniero Rafael Martínez Mendoza; a la persona que sostuvo mi universidad el señor Bernardino González Quintana que aunque no es mi papá se porto a esa altura; al Ing, Raúl Espinoza Sánchez quien siempre creyó en mi , al Ing. Arturo Ortíz Cornejo por su gran apoyo, a una persona a quien admiro, respeto y quiero mucho Marco Antonio Miguel Martínez, a mi abuelito Celso Islas quien nunca me dejó sola, a mis dos niños a quienes quiero por sobre todo Ashley y Kluibert Hernández Rodríguez. También esta tesis se la dedico a todos aquellos que en su momento quisieron frustrarla y que hicieron hasta lo imposible por dañarme.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi gran amigo, el Ingeniero Rafael Martínez Mendoza quien apoyo en la parte experimental y en la parte escrita de esta tesis.

A mis directores de tesis la profesora Margarita Tadeo Robledo y Alejandro Espinosa Calderón quienes me apoyaron en esta investigación.

Al CONNACYT y al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) por su apoyo económico para esta tesis.

A la Cátedra de Semillas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por su ayuda en la obtención del material genético y por el trabajo de todos los que colaboraron duramente en la parte experimental (María Magdalena, Dolores y Abelardo).

RESUMEN.

En México, se necesita producir varias toneladas de maíz amarillo, para sustituir parte de las importaciones de este grano (de 6 a 8 millones), por lo tanto en los Valles Altos; (2000 a 2600 msnm); para condiciones de temporal desfavorable se requieren

variedades de maíz de polinización abierta de grano amarillo las cuales poseen precocidad, buen rendimiento y tienen un mercado seguro. El material genético evaluado fue: seis variedades sintéticas de maíz amarillo con ciclo precoz: Oro Ultra 1C, Oro Ultra 2C, Oro Ultra 3C, Oro Plus 1D, Oro Plus 2D y Oro Ultra UNAM C.; como testigos se manejaron: una variedad mejorada de grano amarillo y ciclo precoz Amarillo Zanahoria, una variedad de grano blanco y ciclo intermedio V-23 (Huamantla), y un Híbrido de cruza doble con grano blanco y ciclo intermedio H-33. En consonancia con la metodología recomendada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo para este tipo de ensayos se evaluaron un total de 22 variables. Los resultados mostraron que destacó, por su capacidad de rendimiento, la variedad V-23 (5494 kg/ha). Le siguieron en capacidad productiva, la variedad Oro Plus 1D y el híbrido H-33 con rendimientos superiores a los 4000 kg/ha. Para la variable días a floración masculina y femenina, los testigos V-23 y el H-33 fueron más tardíos, siendo los siete genotipos amarillos restantes más precoces. Para altura de planta, las mayores alturas se encontraron en los tres testigos V-23 (253 cm), H-33 (244 cm) y Amarillo Zanahoria (228 cm), las variedades amarillas manifestaron alturas que van de 186 cm a 213cm. En la variable altura de mazorca, los testigos H-33 y V-23 exhibieron las alturas más altas de 146 y 145 cm respectivamente, y los demás genotipos evaluados expresaron alturas bajas, que van de 95 a 116 cm. Dentro de los materiales que destacaron por su alto peso volumétrico fueron las variedades Oro Ultra UNAM C y Oro Ultra 3C ya que pesaron 77.6 y 77.3 (Kg/HI) respectivamente. Los pesos más bajos fueron de la variedad V-23 con 67.6 (Kg/HI) y del híbrido H-33 con 68.3 (Kg/HI). Con esta investigación se concluyó que la utilización de las variedades amarillas resuelve problemas importantes como la seguridad de que la madurez fisiológica del grano se dará antes de que se presente la primera helada, que los productores obtengan un mejor precio de su grano en el mercado y sustituir parte de las importaciones en nuestro país.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Hipótesis.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5

2.1. Importancia del maíz en México.....	5
Origen del maíz amarillo.....	6
2.3. Composición estructural del grano de maíz.....	6
2.4. Clasificación del maíz.....	7
2.4.1. Comercial.....	7
2.4.1.1. Maíz blanco.....	7
2.4.1.2. Maíz amarillo.....	7
2.4.1.3. Maíz mezclado.....	7
2.4.1.4. Maíz pinto.....	7
2.4.2. Estructural.....	8
2.4.2.1. Maíz duro o cristalino, <i>Z. mays indurata</i> (flint-corn).....	8
2.4.2.2. Maíz dentado <i>Z. mays indentata</i> (dent-corn).....	8
2.4.2.3. Maíz blando o harinoso, <i>Z. mays amilacea</i> (soft-corn).....	9
2.4.2.4. Maíz palomero, <i>Zea mays everta</i> (pop-corn).....	9
2.4.2.5. Maíz dulce <i>Z. mays saccharata</i> (sweet-corn).....	9
2.4.2.6. Maíz céreo, <i>Z. mays cerotina</i> (waxy-corn).....	9
2.5. Genes que afectan la coloración del grano de maíz.....	10
2.6. El almidón del maíz.....	11
2.6.1. Clases de almidón.....	11
2.6.2. Composición química del almidón.....	11
2.7. Industrialización del maíz amarillo.....	12
2.7.1. Industria básica.....	12
2.7.1.1. Tipos de industria básica.....	12
2.7.2. Industria complementaria.....	15
2.8. Importancia del maíz amarillo en la industria de México.....	16
2.9. Endogamia y heterosis.....	19
2.9.1. Endogamia.....	19
2.9.2. Heterosis.....	20
2.10. Pureza genética del maíz.	21
2.11. Variedad.....	23
2.11.1. Variedad de polinización libre.....	24
2.11.1.1. Métodos de mejoramiento del maíz de polinización libre.....	26
2.11.1.1.1. Selección masal.....	26
2.11.1.1.2. Selección familiar.....	27

2.11.2. Variedad sintética.....	27
2.11.2.1. Definición.....	27
2.11.2.2. Proceso de producción de variedades sintéticas.....	28
2.12. Maíz híbrido.....	28
2.13. Ventajas de las variedades sintéticas en comparación con los híbridos.....	29
2.14. Mejora en las características agronómicas del maíz.....	30
2.14.1. Precocidad del maíz.....	32
2.14.2. Resistencia al acame.....	34
2.15. Siembras en Valles Altos con temporal desfavorable.....	35
2.15.1. Temporal desfavorable en México.....	35
2.15.2. Condiciones de temporal desfavorable en los Valles Altos.....	37
2.16. Rendimiento.....	39
2.16.1. Componentes del rendimiento.....	39
2.17. Calidad de la semilla.....	40
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
3.1. Ubicación geográfica.....	43
3.2. Condiciones edafoclimáticas.....	43
3.3. Material genético.....	44
3.4. Diseño experimental.....	44
3.5. Tamaño de la parcela.....	45
3.6. Manejo agronómico.....	45
3.6.1. Preparación del terreno.....	45
3.6.1.1. Barbecho.....	45
3.6.1.2. Rastreo.....	45
3.6.1.3. Cruza.....	46
3.6.1.4. Surcado y fertilización.....	46
3.6.2. Siembra.....	46
3.6.3. Control de maleza.....	46
3.6.4. Cosecha.....	47
3.7. Variables a evaluar.....	47
3.7.1. Días a floración masculina.....	47
3.7.2. Días de floración femenina.....	47
3.7.3. Altura de planta.....	47

3.7.4. Altura de mazorca.....	48
3.7.5. Sanidad de planta.....	48
3.7.6. Plantas horras.....	48
3.7.7. Plantas cuatas.....	48
3.7.8. Número de plantas cosechadas.....	48
3.7.9. Mazorcas buenas y mazorcas malas.....	48
3.7.10. Sanidad de mazorca.....	48
3.7.11. Peso de 200 granos.....	48
3.7.12. Peso volumétrico.....	49
3.7.13. Longitud de mazorca.....	49
3.7.14. Diámetro de mazorca.....	49
3.7.15. Diámetro de olote.....	49
3.7.16. Número de granos/ hileras.....	49
3.7.17. Número de hileras/ mazorca.....	49
3.7.18. Granos/mazorca.....	49
3.7.19. Peso de campo.....	49
3.7.20. % de materia seca.....	50
3.7.21. % de grano.....	50
3.7.22. Rendimiento.....	50
3.8. Análisis estadístico.....	51
IV. RESULTADOS.....	52
4.1. Análisis de varianza.....	52
4.2. Comparación de medias.....	54
V. DISCUSIÓN.....	59
5.1. Comparación de medias.....	59
VI. CONCLUSIONES.....	64
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	66
VIII. ANEXOS.....	72
Apéndice a. Clasificación de variedades de maíz	
Apéndice b. Industrias demandantes de maíz amarillo localizadas dentro y cerca a los Valles Altos.	

INDICE DE CUADROS.

Revisión de literatura	pág.
Cuadro 1. Composición química promedio de un grano maduro de maíz.....	6
Cuadro 2. Características diferenciales del grano de maíz.....	10
Resultados.	
Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de variables evaluadas en variedades de polinización libre de maíz amarillo en Cuautitlán, México, 2004.....	53
Cuadro 2. Comparación de medias (Tukey 0.05) de variables evaluadas para las características agronómicas deseables en variedades de polinización libre de maíz amarillo en la FES-Cuautitlán, UNAM. Ciclo Primavera – Verano	

2004.....	.55
Cuadro 3.Comparación de medias (Tukey 0.05) de variables evaluadas para la calidad de semilla en variedades de polinización libre de maíz amarillo en la FES-Cuautitlán, UNAM. Ciclo Primavera -Verano 2004.....	.57
Cuadro 4. Comparación de medias (Tukey 0.05) de variables evaluadas de los componentes del rendimiento en variedades de polinización libre de maíz amarillo en Cuautitlán, México 2004.....	58

I. INTRODUCCIÓN.

México requiere urgentemente incrementar la producción en varios millones de toneladas de maíz amarillo para satisfacer la demanda de este tipo de grano, ya que industrias del sector pecuario lo necesitan para elaboración de alimentos forrajeros, así como para extracción de almidones, industria cerealera y botanera. Ya que no se producen los volúmenes que se demandan, es necesario importar cada año entre 6 y 8 millones de toneladas, de las cuales alrededor de 2.3 millones, son procesadas por la Industria de Derivados Químicos y Alimenticios del Maíz (IDQUIM); la cual genera almidón, glucosa, alta fructosa, gluten, fibra, sorbitol (jarabe), aceites, maltodextrinas, color caramelo, dextrosa, proteínas y sus aplicaciones incluyen usos en panificación, alimentos infantiles (hojuelas de maíz, maicenas), cervezas, dulces, chicles, refrescos, licores, embutidos, botanas, sueros, bebidas, antibióticos, leche en polvo, chocolate en polvo, pastas de dientes, confitería, jugos, mermeladas, alimentos para animales. Sin embargo, en el país sólo se producen 500 mil toneladas de maíz amarillo siendo urgente de esta forma, que se cuente con variedades mejoradas de este grano que apoyen la producción, en las diferentes regiones donde potencialmente existe buena productividad (Arenas, 2004).

En los años ochentas, para tratar de ofrecer variedades mejoradas de grano amarillo por las ventajas en precocidad de este tipo de materiales, se impulsó para condiciones de temporal, la adopción de semilla mejorada con variedades de polinización libre en los Valles Altos tales como: V-26 A, también denominada Cuapiaxtla, V-31 A (Victoria) (generadas por INIFAP) y Amarillo Zanahoria (liberada por ICAMEX), lográndose un impacto limitado, en parte probablemente porque dichos materiales no presentaron las características agronómicas requeridas por los productores, como tolerancia al acame, además de presentar escasa demanda en el tiempo que fueron liberadas, como consecuencia, en el caso de las dos primeras variedades, desde hace años, no se produce y comercializa semilla, en cambio Amarillo Zanahoria, si bien se produce semilla, su uso es escaso (Espinosa, 1993 a).

En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC – UNAM), desde hace varios años se trabaja con un grupo de variedades de maíz amarillo con características favorables como tolerancia al acame, menor porte de planta y mazorca, mejores rendimientos y precocidad que le podrían dar competitividad en los Valles Altos de México. Ante la ausencia de la Productora

Nacional de Semillas (PRONASE), este tipo de maíces pueden ser difundidos por esquemas alternativos de multiplicación y difusión, destacando el esquema de distribución tanto por escuelas de agronomía, así como por sus egresados, para ello se requiere fortalecer el desarrollo de empresas semilleras de mediana escala, para el abastecimiento de semilla certificada (Tadeo *et al*, 1994).

El área dedicada al maíz que abarca el Estado de México, Tlaxcala, parte de Hidalgo y Puebla, conocida como Valles Altos, comprendida entre los 2200 a 2600 msnm (ver apéndice a), cuenta con 100 mil hectáreas de riego o temporal favorable las cuales son factibles de cultivarse con semillas de híbridos de alto potencial de rendimiento; concentrándose en dicho lugar los esfuerzos de diversas empresas privadas tales como Asgrow, Pioneer, Ceres, entre otras, así como de instituciones de investigación (C.P., UACH, UNAM, UAEM, etc.), con maíces de grano blanco, con los cuales se logra un rendimiento promedio de 3.5 ton/Ha, pero se considera que se puede elevar por lo menos a 6.0 ton/Ha con las semillas mejoradas y la tecnología de producción disponible. Sin embargo en las áreas de temporal menos favorables donde el ciclo de crecimiento de las plantas está fijado básicamente por la ausencia y presencia de heladas tardías y tempranas, así como por la iniciación de la época de lluvias, los rendimientos son menores por el retraso de la fecha de siembra y porque se cuenta con pocos materiales de grano blanco para su utilización por parte de los agricultores (Peña y Rodríguez, 1988; Tadeo *et al*, 2004 a).

En este trabajo se evaluó la capacidad productiva de seis variedades de polinización libre y ciclo precoz de maíz amarillo (Oro Ultra 1C, Oro Ultra 2C, Oro Ultra 3C, Oro Plus 1D, Oro Plus 2D y Oro Ultra UNAM C), con la intención de proporcionar una alternativa para los productores de maíz de los Valles Altos. Con base en una mayor productividad se busca mejorar su nivel de ingresos al obtener mejores rendimientos en las tierras dedicadas a este cultivo donde el temporal es desfavorable al presentar mala distribución de lluvia, sequía intraestival, heladas tardías y tempranas, ocurrencia de granizo y suelos poco fértiles, erosionados o con mal drenaje; empleándose para esto fechas de siembra retrasadas (Martínez, 1994).

Es claro que al retrasar la siembra, se acorta la estación efectiva de crecimiento disponible para maíz, incrementando el riesgo de exposición a heladas en la etapa previa a la maduración del grano; dando como resultado que los agricultores de estas zonas se decidan por variedades de ciclo corto (por lo menos de un máximo de 135 días desde siembra a cosecha), las cuales aseguran que la madurez fisiológica del grano ocurrirá

antes de que se presente la primer helada (Garduño, 2000; Peña y Rodríguez, 1988). Por lo tanto, para avanzar hacia cierta seguridad productiva frente a las variables climáticas en las condiciones señaladas, pueden usarse maíces amarillos de polinización libre, los cuales poseen precocidad con respecto a los maíces blancos propiciando un mejor aprovechamiento tanto de las siembras retrasadas como de la escasa y mala distribución de la precipitación pluvial, estimándose que pueden usarse materiales de este tipo en más de 250 mil hectáreas sólo en el estado de México, adicionalmente, estas variedades podrían tener adaptación por su composición genética en otros lugares (Tlaxcala, Puebla, Hidalgo, Oaxaca) (Salinas, 1998, Tadeo *et al*, 2004).

Asimismo, estas variedades de grano amarillo podrían comercializarse a un mejor precio, por lo menos 2.5 pesos por kilogramo, en comparación con el valor de 1.5 pesos por kilogramo, lo cual ocurre en el mercado libre, además de que cada vez se promueven, por parte de la SAGARPA, programas para apoyar con sobrepuestos la compra de grano amarillo, siendo la limitante principal la ausencia de variedades mejoradas competitivas (Tadeo *et al*, 2005).

Con base en lo anterior, en este trabajo se tienen como objetivos los siguientes:

1.1. Objetivos:

1.1.1. Determinar la capacidad productiva y características agronómicas de seis variedades sintéticas precoces de maíz amarillo.

1.1.2. Definir de entre ellas a la mejor variedad de grano amarillo, por su productividad y ciclo vegetativo para su utilización en fechas de siembra retrasadas con temporal desfavorable.

1.2. Hipótesis:

Si se determina la capacidad productiva de las seis variedades precoces de polinización libre de maíz amarillo, entonces se podrá proporcionar de entre ellas a la mejor variedad como alternativa a los productores que les ofrezca ventajas de su uso comercial en condiciones de temporal retrasado.

I. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Importancia del maíz en México.

El maíz es un producto de gran importancia social y económica en México, ocupa el 62% de la superficie cultivada dando empleo a cerca de 3.2 millones de familias en su mayoría del régimen ejidal. Representa la mitad del volumen total de alimentos que consumen los mexicanos cada año. Es uno de los elementos clave de la cultura mexicana, fuente principal de carbohidratos para la mayoría de la población. Se estima que entre 15 y 18 millones de personas dependen en el país de la producción de esta planta para ganarse la vida. Su cultivo se extiende a lo largo de todo el territorio nacional en distintos contextos geográficos, ecológicos, tecnológicos y sociales (Tadeo *et al*, 2004 b).

México es el centro de origen del maíz y sigue siendo la mayor sede de diversidad de la especie; es el cuarto productor e importador a nivel mundial del grano. El mercado mexicano de maíz se encuentra en expansión, tanto para consumo animal como para uso industrial y consumo humano directo; por eso el país importa cada vez más grano a pesar del aumento constante en la producción (CYMMYT, 2004).

El país produce entre 14 y 17.2 millones de toneladas de maíz anualmente en una superficie de 8.5 millones de hectáreas (Tadeo, 2004 b). De toda esta producción, alrededor del 95 por ciento es de maíz blanco destinado principalmente al consumo humano para la elaboración de tortillas; sin embargo debido a la gran diversidad del maíz que se tienen en el país, se han obtenido variedades con otros fines, como los pozoleros, palomeros y pigmentados, cuyo uso principal es la manufactura de productos alimenticios bajo una forma artesanal (Salinas, 2001).

En particular, los maíces amarillos son usados por industrias altamente tecnificadas como la almidonera, cerealera y botanera, mismas que consumen volúmenes importantes de maíz y en muchos casos importan el grano. A partir de la entrada en vigor del TLC (Tratado de Libre Comercio) las importaciones de maíz amarillo provenientes de Estados Unidos han ido en aumento, llegando actualmente de 6 a 8 millones de toneladas. Para ilustrar la importancia de estos volúmenes, se estima que la

industria almidonera importará en el año de 2005 alrededor de 600 mil toneladas de maíz. (Tadeo *et al*, 2005).

2.2. Origen del maíz amarillo.

Mangelsdorf (1974), citado por Alfaro *et al* (2004) estudió las razas de maíz desde el punto de vista de la descendencia lineal desde un ancestro común, describiendo seis razas: 1) complejo Chapalote Nal Tel, de la cual provienen los maíces blancos duros; 2) Pira, de ésta se derivan todos los maíces duros tropicales de endospermo de color amarillo; 3) Confite Morocho, de donde proceden los maíces con ocho hileras; 4) Palomero Toluqueño, de la cual descienden los maíces reventones; 5) Chulpi, de donde resultan todos los maíces dulces y amiláceos y 6) Kculli, de la cual se originan todos los maíces con coloración de aleurona y pericarpio.

2.3. Composición estructural del grano de maíz.

De acuerdo con Alfaro *et al* (2004), más del 70% del grano de maíz es carbohidratos, los cuales están presentes como almidón, azúcar y fibra (en forma de celulosa). El almidón está principalmente localizado en el endospermo y el azúcar en el embrión. Las vitaminas están localizadas principalmente en el embrión y en la capa más externa del endospermo, incluyendo la capa de aleurona situada inmediatamente debajo del pericarpio. El resto del endospermo es más pobre en vitaminas que otras porciones del grano. En el cuadro 1 se muestra la composición promedio de un grano maduro de maíz.

Cuadro 1. Composición química promedio de un grano maduro de maíz

FRACCIÓN	GRANO (%)	ALMIDÓN (%)	PROTEÍNA (%)	ACEITE (%)	AZUCARES (%)	CENIZA (%)
Grano entero	100	71.5	10.3	4.8	2.0	1.4
Endospermo	82.3	86.4	9.4	0.8	0.6	0.3
Embrión	11.5	8.2	18.8	34.5	10.8	10.1
Pericarpio	5.3	7.3	3.7	1.0	0.3	0.8

Fuente: Paterniani (1978)

2.4. Clasificación del maíz.

2.4.1. Comercial.

Desde el punto de vista de compra-venta, este cereal se clasifica de la siguiente manera:

2.4.1.1. Maíz blanco.

La norma oficial mexicana lo define como el maíz que corresponde a este color, el cual presenta un valor menor o igual a 5% de maíces amarillos y conteniendo como máximo 2% de maíces oscuros (rojo, azul y morado). Un ligero tinte cremoso, pajizo o rosado, no influye para designarlo como blanco. Este maíz contiene menor contenido de aceites y almidón que el maíz amarillo, por lo tanto no es idóneo para la industria almidonera sino para la producción de tortilla (González, 1995; Oropeza y Ortíz, 1989).

2.3.1.2. Maíz amarillo.

La norma oficial mexicana lo define como aquel maíz de granos amarillos o amarillos con un trozo rojizo, y que tenga un valor menor o igual a 6% de maíces de otro color. Dicho maíz es muy importante actualmente porque es el más utilizado en la industria por su alto contenido de aceites y almidón (Tadeo *et al*, 2005; González, 1995).

2.4.1.3. Maíz mezclado.

La norma oficial mexicana estipula dos tipos diferentes de mezclado (González, 1995):

- Mezclado 1. Lo define como todo aquel maíz blanco que contenga entre el 5.1 y el 10% de maíces amarillos, así como el maíz amarillo que presenta un valor entre el 5.1 y el 10% de maíces blancos, ambos sin sobrepasar el 5% de maíces oscuros.
- Mezclado 2. Son aquellos maíces blancos que presentan más del 10% de maíces amarillos, así como los maíces amarillos que contengan más del 10% de granos blancos, ambos sin sobrepasar el 5% de maíces oscuros.

2.4.1.4. Maíz pinto.

La norma oficial mexicana lo define como todo aquel maíz blanco, amarillo y mezclado que contenga más del 5% de maíces oscuros (rojo, azul y morado). Este maíz no es muy aceptado por la industria harinera ya que imparte una coloración no deseada al producto final (González, 1995).

2.4.2. Estructural.

Sturtevant (1899), citado por Reyes (1990), encontró seis grupos o razas diferentes de maíz en atención a los caracteres del grano, pues al ser este el principal producto comercial, cita Llanos (1984) el maíz se clasifica de esta forma, por características distintivas basadas en la apariencia, composición y propiedades físicas del grano, es decir de acuerdo con González (1995) y Alfaro, *et al* (2004) está en función de la calidad, cantidad y patrón de composición del endospermo, los cuales están afectados por muchas mutaciones, que pueden alterar el tipo y cantidad de carbohidratos, incluyendo el almidón, encontrándose en cada raza variedades agrícolas adaptadas a condiciones ecológicas definidas.

Estos grupos o razas son los siguientes:

2.4.2.1. Maíz duro o cristalino, *Z. mays indurata* (flint-corn).

Granos grandes, lisos, redondeados y de consistencia madura; una gruesa capa de endospermo córneo o cristalino envuelve completamente el núcleo harinoso, este tipo de maíz es de cualquier clase (blanco, amarillo o mezclado). Cultivado donde hay problemas de almacenamiento y conservación del poder germinativo; tiene usos generales en la alimentación humana y animal. (Llanos, 1984; González, 1995).

2.4.2.2. Maíz dentado *Z. mays indentata* (dent-corn).

Los granos tienen forma aplanada, caracterizados por una depresión o “diente” en la corona del grano que se origina por la contracción del endospermo harinoso a medida que el grano va secándose (Llanos, 1984). Tiene una cantidad variable de endospermo corneo (duro) y harinoso (suave). La parte cornea está a los lados y detrás del grano, mientras que la porción harinosa se localiza en la zona central y en la corona del grano. Se usa principalmente como alimento animal, materia prima industrial y para la alimentación humana (González, 1995).

2.4.2.3. Maíz blando o harinoso, *Z. mays amilacea* (soft-corn).

Maíz muy suave, semidentado, corona redonda. Sus granos tienen el endospermo totalmente harinoso, fácil de moler. Muy susceptible a plagas de almacén, en el campo es atacado por hongos por lo tanto su área de cultivo se restringe a lugares con clima

seco en tiempo de cosecha. En el país se usa para hacer pozole (González, 1995; Llanos, 1984; Reyes, 1990).

2.4.2.4. Maíz palomero, *Zea mays everta* (pop-corn).

Maíz de granos pequeños y puntiagudos (como el arroz), cuyo endospermo está formado casi en su totalidad por almidón vidrioso.

Es una de las razas más primitivas, una forma extrema de maíz cristalino. Se caracteriza por su endospermo cristalino muy duro que solamente tiene una pequeña porción de endospermo harinoso. Cuando se somete al calor se forman las llamadas rosetas o “palomitas” (González, 1995; Llanos, 1984; Reyes, 1990).

2.4.2.5. Maíz dulce *Z. mays saccharata* (sweet-corn).

Las variedades de este maíz son dentadas, cristalinas o “palomeros” que han perdido la propiedad de producir almidón. Tienen granos de apariencia translúcida, superficie arrugada, incompletamente formados. A causa del gen del azúcar, en este tipo de maíz la conversión de ésta en almidón es evitada o retardada durante el desarrollo del endospermo (González, 1995; Llanos, 1984; Reyes, 1990).

2.4.2.6. Maíz céreo, *Z. mays cerotina* (waxy-corn).

El grano tiene un endospermo con fractura semejante a la cera, el aspecto del grano es vítreo; el almidón consiste de amilopectina la cual tiene una estructura molecular con cadena ramificada y un alto peso molecular, variando de 50 mil a un millón; el almidón es semejante al de la yuca, planta tropical (*Manihot, spp.*), por lo cual es un maíz muy útil en la industria para la fabricación de gomas, pegamentos y en alimentos con almidón como sustituto del anterior cultivo (Reyes, 1990).

De estos tipos, los tres primeros son de carácter poligénico (controlados por varios genes) y los tres últimos son de carácter monogénico (controlados por un gen) (Alfaro *et al.*; 2004).

2.5. Genes que afectan la coloración del grano de maíz.

Desde el punto de vista biológico y genético, el maíz amarillo es muy similar al blanco, los mismos sólo difieren en el gen "Y" que determina la coloración del endospermo y afecta los contenidos de vitamina A, xantofilas y carotenos, como se especifica en el cuadro 2. La acción de este gen, y de los demás genes que controlan la coloración de los granos de maíz, puede ser alterada por genes modificadores, afectando la formación de pigmentos del mismo y el contenido de otras sustancias por ellos condicionadas (Alfaro *et al*; 2004).

Cuadro 2. Características diferenciales del grano de maíz.

GENOTIPO DEL ENDOSPERMO	COLORACIÓN DEL GRANO	VITAMINA A (gr⁻¹)	XANTOFILAS (ppm)	CAROTENOS (ppm)
yyy	Blanco	0.05	0.4	0.2
Yyy	Amarillo	2.25	6.5	2.5
YYy	Amarillo-anaranjado	5.00	18.2	4.0
YYY	anaranjado	7.50	45.7	4.7

Fuente: Paterniani, 1978 citado por Alfaro *et al*; 2004.

Por lo tanto, de acuerdo con Alfaro *et al* (2004) y Oropeza y Ortíz (1989) el maíz amarillo tiene un valor nutritivo superior al blanco, por mostrar contenidos elevados de vitamina A, pues en ensayos con cerdos en Venezuela, se encontró que los animales alimentados de maíz amarillo ganaron más peso rápidamente que con el blanco. Además dicho maíz al poseer un endospermo que presenta mayor número de genes "Y" logra desarrollar un pigmento que es una mezcla de seis a ocho compuestos químicos distintos y estrechamente relacionados, conocidos como carotenoides. La concentración de estos pigmentos en el grano de maíz es mayor en la región córnea del endospermo, existiendo una relación directa entre el endospermo amarillo y la provitamina.; además de que el maíz amarillo con altos niveles de xantofila da una pigmentación de color amarillo deseable a la carne de las aves, la grasa animal y la yema de huevos, el cual es un carácter de valor económico muy apreciado en el mercado consumidor, siendo ventajoso su uso en la agroindustria para los alimentos de los animales.

2.6. El almidón del maíz.

2.6.1. Clases de almidón.

Hegenbart, 1996, citado por Alfaro *et al* (2004), define cuatro clases de almidón de maíz: el almidón del maíz normal que contiene 25% de amilosa; el del maíz ceroso que contiene casi 100% de amilopectina y dos clases correspondientes a maíces amiláceos, de alto contenido de amilosa, donde uno tiene 55% y el otro entre 70 y 75 % de almidón. El almidón de los maíces cerosos tiene gránulos de forma irregular similar en la distribución del tamaño a aquellos de los maíces normales. Los almidones de alto contenido de amilosa también tienen forma irregular, pero tienden a ser más suaves y de menor tamaño (entre 5 y 15 micrómetros o entre 10 y 15 micrómetros), dependiendo de la variedad.

2.6.2. Composición química del almidón.

El almidón de maíz se presenta naturalmente como gránulos casi esféricos de 5 a 30 micrómetros de diámetro (14 micrómetros, en promedio). Estos gránulos están compuestos de agregados cristalinos amorfos formados por dos tipos de moléculas, amilosa y amilopectina. Un grano de almidón de maíz amarillo contiene 27% de amilosa y 73% de amilopectina. Estas dos moléculas son polímeros de glucosa que poseen alto peso molecular. La molécula de amilosa es rectilínea y contiene en promedio 1.000 unidades de glucosa, la amilopectina es ramificada y puede contener aproximadamente 40.000 unidades de glucosa. Los gránulos de almidón no procesados que consisten principalmente de amilopectina, con cadenas de ramificaciones cortas, son digeridos más rápidamente que aquellos de cadenas de ramificaciones largas o mayor contenido de amilosa, ya que esta última es más resistente a las enzimas hidrolíticas; esto hace al almidón de maíz normal una fuente de energía fácilmente digerible y de bajo costo (Alfaro *et al*, 2004).

2.7. Industrialización del maíz amarillo.

Por lo anterior, el maíz amarillo tiene gran importancia como materia prima en la industria básica y complementaria, ya que a partir de su industrialización se obtienen importantes subproductos utilizables como materias primas industriales así como en la

alimentación humana y del ganado. Por lo tanto es necesario mencionar el esquema de dicha industrialización (Reyes, 1990).

2.7.1. Industria básica.

Es aquella que procesa las materias primas tal como se obtienen del sector primario y que produce artículos utilizados como insumos de la industria complementaria o como productos de consumo final. Por ejemplo, el sector agrícola produce el maíz que es materia prima de la industria básica la cual produce harina de maíz o masa, que son insumos para la industria complementaria en la fabricación de tortilla (González, 1995; Reyes, 1990).

2.7.1.1. Tipos de industria básica:

1. Industria de alimentos mezclados, concentrados o balanceados, obtenidos del grano amarillo, o de la mezcla de subproductos de la industria.
2. Industrias de fermentación y destilería.
3. Industria de molienda en húmedo.
4. Industria de molienda en seco
5. Elaboración de la tortilla con maíz blanco.

Cabe mencionar que las cuatro primeras industrias utilizan maíz de tipo amarillo principalmente (Reyes, 1990).

1. Industria de alimentos mezclados, concentrados o balanceados.

Reyes (1990), cita que el maíz de grano amarillo es uno de los alimentos carbohidratados más barato, apetitoso y disponible que tradicionalmente ha sido empleado para engordas y como fuente de energía en la producción de ganado de carne, cerdos, aves, leche y huevo. Esta industria lo utiliza para la obtención de subproductos necesarios en la formulación completa y manufactura de alimentos mezclados, concentrados o balanceados ricos en proteínas, como el gluten de la semilla de dicho cultivo, el cual tiene un gran valor como materia alimenticia ya que está formado por una mezcla de sustancias nitrogenadas (proteínas) contenidas en el grano;

encontrándose, según Llanos (1984), un 23% de sustancias proteicas en los concentrados de gluten y en las tortas de este mismo subproducto un 41% de las mismas.

2. Industrias de fermentación y destilería.

Debido al alto contenido de almidón en los granos de maíz amarillo y de los azúcares obtenidos de los mismos, las industrias fermentadoras y destilerías cuentan con una fuente disponible y económica de carbohidratos. El uso de levaduras selectas, hongos y bacterias que actúan en sustratos conteniendo carbohidratos se da en la manufactura de una gran cantidad de productos tales como: alcohol etílico y butílico, acetona y whiskey, ácidos orgánicos (ejemplo: ácido cítrico), sustancias antibióticas como la penicilina y la estreptomycin entre otras; enzimas y vitaminas (González, 1995; Llanos, 1984; Reyes, 1990).

3. Industria molinera en húmedo.

También se le conoce como refinación del maíz. El principal propósito de esta industria es la fabricación de almidón puro y varios productos derivados exclusivamente de éste. Los demás componentes de la semilla tales como embrión o germen, proteínas y pericarpio, constituyen subproductos valiosos usados primordialmente para obtener aceite y alimentos para animales. La separación de las partes de la semilla en el molino depende en gran parte del uso de agua, además de otros procesos químicos o enzimáticos para convertir el almidón a jarabes y azúcar. El almidón y sus productos modificados son empleados en cientos de aplicaciones de la industria complementaria, principalmente por sus propiedades espesantes, adhesivas y por su capacidad de formar películas. Las industrias que emplean el almidón son: papelera, textilera y alimentaria. La industria papelera lo utiliza para satinar y esmaltar papeles; la textilera lo usa para tratamientos de hilos de coser y tinte de tejidos y la alimentaria en la fermentación y en aceites, estas últimas son productos valiosos para la alimentación humana tanto por su alto poder energético como por sus positivas cualidades dietéticas; además de que pueden usarse en la industria farmacéutica. También se usa para la fabricación de municiones, sustancias químicas, pinturas, barnices, sustitutos del hule, anticorrosivos, jabones, aceites solubles, y productos textiles. Del almidón, además de los productos ya mencionados, se obtienen otros para diversas industrias como en las tenerías para el curtido de pieles; la fabricación de baterías secas, explosivos, fulminantes, cauchos

sintéticos y alcoholes; para aglutinar los moldes que se usan en fundiciones en la industria extractora de aluminio, como floculante de mineral; y en la industria cosmética para elaborar polvos faciales, coloretos, lociones, pomadas y cremas de belleza, perfumes, talcos, cremas dentífricas y para afeitarse.

Sin embargo, una gran cantidad de almidón se convierte directamente en jarabes y dextrosa, empleados como edulcorantes en muchos alimentos como: dulces, nieves y productos para panaderías. La dextrosa se utiliza en farmacia para fabricar ácido sacárido, ácido tartárico y ácido oxálico; también puede transformarse en sorbitol usado en la síntesis del ácido ascórbico (vitamina C) y en manitol, empleado en la fabricación de materias explosivas. El almidón natural procedente del maíz es insoluble en el agua, y al calentarlo se transforma en dextrina, producto intermedio entre el almidón y el azúcar sencillo. Las dextrinas del maíz tienen una importante aplicación en la fabricación de engrudos y adhesivos para sellos de correos, etiquetas engomadas, adherentes para papeles autoadhesivos (llamados “post-it”) Al mezclar las dextrinas del almidón con ciertos productos químicos se obtiene una variedad de colas, pastas y gomas de pegar, estas sustancias tienen aplicaciones en la encuadernación de libros, la fabricación de aglomerados de madera, muebles, papel, cigarrillos, cajetillas de tabaco, fósforos y sus envases, cartón y confección de cajas. En las perforaciones petrolíferas se usa un barro especial fabricado a base de dextrina con el que se afirman las paredes para evitar derrumbes; también se emplea la dextrina del maíz para enfriar los taladros de dichas perforadoras. Las tintas y colores se fijan sobre las superficies tratadas con mayor persistencia si se usa dextrina como fijador o mordiente. El «xantham», producido por la fermentación de los azúcares derivado del almidón de maíz se utiliza en la fabricación de salsas para condimentos de cocina, sirviendo además como aglutinante de líquidos, para hacer pinturas al agua y extraer los restos de petróleo que quedan en pozos casi agotados (Llanos, 1984; Reyes,1990 ; Salinas, 2001).

4. Industria de molido en seco.

Los procesos molineros actuales producen partículas del endospermo de maíz amarillo con un rango de tamaño aceptable, empleando un sistema de molido que remueve casi completamente el embrión y el pericarpio para la producción de sémola y harina de maíz (partículas gruesas y finas respectivamente). Estos productos se forman del endospermo triturado y molido. Las diferentes harinas son separadas por medio de

tamices (mallas) de diferente tamaño. La sémola es usada industrialmente para la manufactura de hojuelas de maíz (González, 1995; Reyes, 1990). Las harinas de maíz se usan para hacer “hot-cakes”, pan de harina de maíz y otros productos para hornear. Los subproductos obtenidos incluyen el germen del cual se obtiene aceite y el pericarpio se aprovecha para hacer alimentos concentrados de animales (Reyes, 1990).

5. Elaboración de la tortilla con maíz.

Esta industria, doméstica o comercial, es quizá, de las pocas industrias originarias de México y de América. El proceso de elaboración es relativamente simple:

Maíz → Nixtamal → Masa → Testal → Tortear → Tortilla

En dicho proceso se utiliza maíz de grano blanco primordialmente.

2.7.2. Industria complementaria.

Depende de la industria básica, se caracteriza porque obtiene el producto final hasta su comercialización. Ejemplo: las tortillerías que procesan la harina de maíz nixtamalizada, para la obtención de tortilla que comercializan directamente al consumidor.

En México, el sistema agroindustrial del maíz incluye las siguientes clases de industrias (Reyes, 1990):

1. Fabricación de tortillas con maíz blanco.
2. Molienda de nixtamal (masa para tortillas, tamales, atoles, etc.)
3. Industria para la fabricación de harina de maíz nixtamalizado (obtención de masa para tortillas, tamales, atoles, etc.)
4. Fabricación de almidones, féculas, levaduras y productos similares, que incluyen los siguientes 16 productos a partir del maíz amarillo: 1. Glucosa, 2. Glucosa sólida, 3. Color caramelo, 4. Almidón sin modificar, 5. Almidón modificado, 6. Dextrina, 7. Almidón pregelatinizado, 8. Féculas de maíz (maicena), 9. Miel de maíz, 10. Aceite refinado, 11. Salvado preparado, 12. Pasta de germen, 13. Gluten de maíz, 14. Agua de cocimiento, 15. Ácido graso de maíz, y 16. Dextrosa.
5. Frituras de maíz (palomitas, fritos de maíz, golosinas)
6. Hojuelas de maíz (“corn flakes”)

2.8. Importancia del maíz amarillo en la industria de México.

En la actualidad, según datos de la Cámara Nacional del Maíz Industrializado, hay 3 mil 500 aplicaciones industriales específicas para los subproductos de maíz, dichos derivados se obtienen principalmente del grano amarillo, a nivel nacional, tan sólo el 5 por ciento de la producción es de maíz amarillo y el 95 por ciento corresponde al maíz blanco, que se destina mayormente al consumo humano en fresco, masa o tortillas. Este déficit en la producción de maíz amarillo hace a México dependiente de las importaciones para obtener productos derivados de valor agregado y aplicaciones diversas, como féculas, almidones industriales, aceite de maíz, dextrosa, maltodextrinas, sorbitol, entre otras (Ceballos, 2005), debido a que de las 6 a 8 millones de toneladas de maíz amarillo que se consumen al año, sólo 500 mil toneladas son cosechadas en México, con o sin contratos de agricultura (Pasillas 2004).

En México, la empresa IDAQUIM, es una dependencia del grupo ARANCIA, el cual agrupa a las principales empresas abastecedoras de derivados e ingredientes alimenticios para las industrias de alimentos, bebidas, farmacéuticos, papel, cartón, entre otras. Las cadenas productivas a las que IDAQUIM abastece, representan el 20 por ciento del producto interno bruto manufacturero y exportan anualmente productos agroalimentarios por valor de dos mil millones de dólares (SAGARPA, 2002). IDAQUIM transforma 2.3 millones de toneladas de maíz amarillo, además exporta productos por un valor de 25 millones de dólares (Pérez, 2004).

Siendo, la industria Arancia CPC en México, líder en producción de derivados del maíz con mayor presencia en Latinoamérica, es el único fabricante de jarabe de maíz de alta fructosa de concentración 55 y también participa en la producción del de concentración 42. Esta empresa, asociada con “Corn Products Internacional”, cuenta con dos plantas en Guadalajara, Jalisco; una en Tlalnepantla, Estado de México; y otra en San Juan del Río Querétaro. Tiene más de 60 años de experiencia en la producción de almidón, dextrosa, pasta de germen, gluten, fructosa y sorbitol, como sus principales productos. En su planta de San Juan del Río, se muelen diariamente alrededor de mil 500 toneladas de maíz amarillo, con lo que se obtienen 576 toneladas de fructosa grado 55 y 145 toneladas de fructosa grado 42. De este volumen de maíz, se obtienen 41 toneladas de glucosa y 350 toneladas de almidón seco. Con el fin de garantizar su abasto de maíz

para la producción, tiene inventario por 9 mil toneladas de maíz adicionales. Además de su participación en el jarabe de maíz de alta fructosa, Arancia CPC exporta 7 por ciento de su producción de maltodextrina a Estados Unidos y Centroamérica. Esto representó una inversión adicional de 10 millones de dólares en una de sus plantas de Guadalajara. En ambas plantas de la Perla Tapatía se producen féculas alimenticias, almidones industriales, aceite de maíz, dextrosa, maltodextrinas y sorbitol, así como forrajes, gluten y germen de maíz. El almidón que expende esta empresa se usa en la industria alimentaria, y las industrias del papel y cartón, pinturas, textiles o confección y cosméticos, lo emplean en la etapa final de sus procesos para darle más consistencia a los productos. En Tlalnepantla, destaca la producción de glucosa y productos agropecuarios (Ceballos, 2005).

A pesar de la gran demanda que tiene el maíz amarillo entre los industriales, los productores mexicanos prefieren producir el volumen de maíz blanco que se requiere para elaborar tortillas y otros antojitos arraigados a la cultura mexicana. Según cifras de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico, alrededor del 42 por ciento de los productores practican una agricultura de subsistencia y no comercializan su cosecha, por lo que prefieren sembrar maíz blanco para satisfacer sus necesidades. Para aumentar la producción de maíz amarillo en el país, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), representantes de la Industria Derivados Alimenticios y Químicos de Maíz, IDAQUIM y la empresa Arancia CPC trabajan en proyectos para promover, entre los productores nacionales, un cambio de maíz blanco a amarillo, a través de contratos de compra-venta de las cosechas, con un precio predeterminado antes de cada ciclo productivo (Ceballos, 2005). Los principales objetivos de tales convenios tanto de los productores como de industriales, son: sustituir importaciones, motivar a productores nacionales para reconvertir cultivos a maíz amarillo, asegurar un precio piso al productor de maíz amarillo, que proporcione certidumbre y mejore la rentabilidad de las cosechas y es de destacarse que Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria, ASERCA, participa en el acuerdo con coberturas, a efecto de que el comprador pueda asegurar al productor un precio piso de mil 390 pesos por tonelada, y por último apoyar al desarrollo de las comunidades rurales a través de la derrama económica de proyectos de siembra, e integrar y fortalecer dos de los eslabones más importantes de la cadena productiva, que son los productores y los agroindustriales (SAGARPA, 2002).

Para la autoridad, la agricultura por contrato se deriva de la obligación establecida en el artículo sexto transitorio de la Ley de Ingresos para que los industriales consuman 20 por ciento de la producción nacional de granos básicos aunque -como explicó Héctor Rumian Valenzuela, delegado de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria para Jalisco, Colima, Nayarit y Aguascalientes- es muy difícil convencer al productor para que cambie de cultivo y el reto es lograr el equilibrio entre la oferta y la demanda entre los maíces amarillo y blanco. A la advertencia de que es necesario cuidar el balance productivo entre ambos tipos de maíz se sumó el presidente de Idaquim, Guillermo Roldán. "Nosotros queremos que se produzcan los 8 millones de toneladas de maíz amarillo que se consumen en el país; la apuesta de Idaquim es desarrollarse para que en 2008 se procesen 10 millones de toneladas de maíz amarillo"(Pérez, 2004).

2.9. Endogamia y heterosis.

Los grandes logros del mejoramiento de plantas han tenido como base la explotación comercial de dos hechos biológicos: la endogamia y la heterosis (Reyes, 1990).

2.9.1. Endogamia.

El término indica una forma de apareamiento o cruzamiento entre individuos emparentados. En las plantas monoicas compatibles, la endogamia es máxima cuando ocurre la autofecundación, pero pueden presentarse diferentes grados de endogamia en atención al parentesco entre el conjunto de progenitores en una población de plantas o al número de ellas. En las plantas autóгамas la endogamia es la forma natural de realizarse. En las alógamas, como el maíz, se efectúa la endogamia por medio de autofecundaciones mediante polinización controlada; dicho proceso conduce a la obtención de líneas cada vez menos vigorosas, las cuales pueden ser aparentemente homocigóticas en un período de cinco a siete generaciones. Aproximadamente, la mitad de la reducción total del vigor se registran en la primera generación autofecundada, el resto se registra por mitad en cada generación sucesiva, después de la cuarta autofecundación se consigue una homocigosis mayor de 80 por ciento (Espinosa, 1982; Garduño, 2000; Reyes, 1990).

Además de la pérdida de vigor, las plantas individuales de las primeras generaciones muestran muchos defectos como: reducción en altura, tendencia a producir chupones, acame, susceptibilidad a enfermedades, plantas deformes, albinas y debilitamiento general de la población, las plantas defectuosas se desechan y solamente se autofecundan en cada generación las plantas agronómicas sobresalientes. Sin embargo, puede ocurrir cierto grado de endogamia naturalmente si por varias generaciones se cultivan pequeñas poblaciones de plantas y se practica selección (100 plantas o menos por generación) en lugares aislados de otras plantaciones de maíz (Espinosa, 1982).

En contraste, Reyes (1990) consigna que el cruzamiento restaura el vigor y la progenie manifiesta la mayoría de los caracteres con mayor intensidad; también menciona que la endogamia trae consigo dos hechos de importancia:

1. Disminución del vigor y rendimiento
2. Aparición de individuos notables por su uniformidad o por anomalías que originan problemas de supervivencia

Espinosa, (1982) y Reyes, (1990) coinciden en que una línea pura es un individuo obtenido por autofecundaciones sucesivas. El propósito de las autofecundaciones es fijar caracteres convenientes en una condición homocigótica, con objeto de que las líneas se puedan conservar sin que sufran cambios genéticos y además aprovechar sus características en combinación con otras mediante la heterosis. Por lo tanto, la utilidad de la endogamia en la mejora de las plantas, es de la siguiente forma:

1. Producción de plantas uniformes y genéticamente homocigotes.
2. Purificar una variedad con fallas y anomalías, sea por selección natural o por selección que hace el mejorador en el proceso de endogamia eliminando a los homocigotes no deseables.
3. La disminución del vigor puede restaurarse por el cruzamiento entre líneas puras seleccionadas.
4. Los híbridos resultantes entre líneas endocriadas o autofecundadas, suelen ser muy uniformes y de mayor vigor que las variedades progenitoras de las líneas, debido al fenómeno llamado heterosis, el cual puede explotarse en la generación F1 ó perpetuarse por vía asexual.

Métodos de mejoramiento con endogamia (Reyes, 1990):

1. Heterocigoto y Heterogénea. Variedades criollas de plantas alógamas, como están en la naturaleza. Variedades mejoradas, a variedades sintéticas.

2. Homocigoto y Heterogénea. Variedades criollas en autóгамas, mezcla de líneas puras, compuesto multilineal.
3. Heterocigoto y Homogénea. Híbridos simples formados con líneas puras.
4. Homocigoto y Homogénea. Línea pura.

2.9.2. Heterosis.

La heterosis es el fenómeno que ocurre cuando se cruzan dos o más líneas, obteniéndose plantas con mayor vigor que sus progenitores, éste será más alto cuando los individuos que lo provocan sean de constitución genética diferente. A mayor diversidad genética, mayor es el grado de heterosis (Espinosa, 1982).

La heterosis se manifiesta produciendo un estímulo general en la progenie o en el híbrido y afecta a las variedades de diferentes maneras (Reyes, 1990):

1. Mayor rendimiento de grano, forraje o frutos.
2. Madurez más temprana.
3. Mayor resistencia a plagas y enfermedades.
4. Plantas más altas
5. Aumento en el tamaño o número de ciertas partes u órganos de la planta.
6. Incremento de algunas características internas de la planta.

Espinosa (1982) cita que la palabra heterosis es una contracción de la palabra heterocigosis. La heterosis se ha empleado para incrementar la capacidad de rendimiento. En maíz se utiliza este fenómeno cuando se explota en la F1 la heterosis que se obtiene al cruzar dos o más líneas. Existen diversas hipótesis sobre el fenómeno de la heterosis, sin embargo, generalmente se presentan dos explicaciones para entenderlo, aún cuando ambas no lleguen a cubrir en forma adecuada todos los casos:

1. Dominancia: propuesta por Davenport (1908), Keeble y Pellew (1908) y Bruce (1910), se refiere a la correlación observada entre la dominancia y efectos benéficos (o recesividad y efectos detrimentales). El vigor híbrido resulta de la acción combinada de factores favorables dominantes y parcialmente dominantes, supone que en general los factores dominantes aportados por cada progenitor del híbrido son deseables y por tanto los factores recesivos son nocivos, un híbrido es más vigoroso que sus progenitores porque tiene más factores dominantes que recesivos.
2. Sobredominancia: Shull y East (1908) se basa en la explicación del fenómeno por la heterocigocidad, es decir, entre mayor sea el número de genes por el cual

una planta es heterocigótica, mayor será su heterosis, por ejemplo, un híbrido con una constitución genética Aa, Bb, Cc, Dd será vigoroso que otro híbrido con la constitución genética AA, BB, CC, DD, la sobredominancia se define como la superioridad del heterocigoto Aa sobre cualquiera de los homocigotos AA y aa.

2.10. Pureza genética del maíz.

Douglas (1982) citado por Virgen *et al* (1992) establece que es importante distinguir entre el mejoramiento genético de una variedad y su mantenimiento varietal; el primero es una actividad, y el segundo implica la conservación de la pureza genética de la variedad, tal y como ha sido descrita por el fitomejorador; lo que puede implicar algún sistema de selección individual de plantas en función de algún carácter de interés para la producción de semilla; además de un ensayo de autenticidad de tipo en las plantas seleccionadas.

Por lo cual, para que una variedad o híbrido desarrollada por un fitomejorador logre una amplia distribución o aceptación por parte de los agricultores, debe reunir características agronómicas deseables, superiores a las existentes, como resistencia a ciertas enfermedades, producción, calidad culinaria, resistencia al acame entre otras características (período vegetativo, tamaño de planta, erección, hoja bandera, macollamientos) (Faeth, 1998) y debe ser fácil de multiplicar para conservar la calidad, genética y física de la semilla (Virgen *et al*,1992). Dichas características, son controladas por el genotipo de la planta y las generaciones subsiguientes les mostrarán de manera idéntica siempre y cuando la población permanezca genéticamente inalterada, porque cuando se desarrolla una variedad y se somete por años a la multiplicación de semilla, en cada incremento que se hace existe riesgo de que se pierda la identidad varietal, lo cual propicia que ya no posean las características con la que fue obtenida (Tadeo y Espinosa, 2004).

De manera que la contaminación genética o física implica la pérdida a plazo de la condición genética y por lo tanto de la calidad de un cultivar superior o mejorado. En tal situación es de esperarse mayor susceptibilidad a enfermedades y al acame, así como bajos rendimientos (Faeth, 1998).

Por lo tanto la modificación de una variedad puede deberse a varios factores de deterioro, dentro de los cuales se pueden mencionar, según Tadeo y Espinosa (2004):

- Origen de la semilla.- Este se refiere al control y seguimiento que se da a cada lote, lo que incluye localidad y ciclo donde se produjo, y dependiendo de esto cada origen puede tener cierto nivel de pureza genética lo cual incluye todos los elementos que pueden desviar la identidad varietal. Por ello es fundamental que quien produzca semilla se asegure que dicho origen esté verificado en su calidad genética al ser utilizado para un nuevo incremento.
- Contaminaciones mecánicas: Las contaminaciones en la sembradora, en la cosechadora, así como en otros pasos del proceso de multiplicación de semilla, propician sesgos en la identidad varietal. Es suficiente un error en el manejo de progenitores, un cambio o equivocación en la movilización de estos mismos para dañar la calidad genética.
- Contaminaciones durante la polinización: Las contaminaciones en la polinización ocurren por deficiencias en el desespigue, propiciándose autofecundaciones en las plantas hembras, lo cual resulta en semilla que no corresponde a la identidad varietal que se trata de obtener. Otro aspecto en la polinización se presenta cuando el lote de multiplicación es contaminado por polen extraño debido a deficiencias en el aislamiento durante el incremento de semilla original, la cual se realiza con iniciación manual, presentándose contaminaciones por escaso cuidado al obtenerse polen de las plantas y en la realización de las polinizaciones en cada una de las anteriores. El incremento de líneas endogámicas por autofecundación facilita el mantenimiento de la pureza varietal.
- Estabilidad genética: En ocasiones las variedades son liberadas y puestas en uso comercial sin estar completamente terminado su proceso de mejoramiento genético, por lo cual la variedad continúa en proceso de cambio; lógicamente al incrementarse semilla después de varios ciclos hasta llegar a semilla certificada, la variedad presentará modificaciones.
- Efectos de selección: Cada variedad debe incrementarse utilizando un tamaño de muestra representativo que permita multiplicar en forma fiel la identidad varietal sin riesgo de que la variedad presente sesgos. En ocasiones no se incrementa esta última en el número de plantas necesarias y se aplica selección en las plantas que se multiplican, cabe esperar que al realizar este procedimiento la semilla obtenida sea incluso mejor y presente ventajas contra la variedad original, sin embargo esa variedad al ser diferente a la inicial ya no corresponde a la variedad que se pretende incrementar.

2.11. Variedad.

De acuerdo con el CIMMYT (1985 a) y la Ley Federal de Variedades Vegetales (1996) el término “variedad” ha sido definido como la subdivisión de una especie, que incluye a un grupo o fracción de individuos superiores con características similares, de una población, en continuo proceso de mejoramiento; que son diferentes, uniformes y estables. Una variedad es diferente o distinta porque se distingue técnica y claramente en uno o varios caracteres pertinentes de cualquier otra variedad, es decir posee rasgos que la distinguen de otras conocidas y que definen su identidad. Presenta variación reducida para los rasgos agronómicos importantes y es estable en términos de la expresión de muchos de estos rasgos a través del tiempo. La variedad no debe exhibir variación más allá de las normas establecidas. Una variedad constituida por la recombinación de ocho a diez familias selectas de una población estructurada en estas mismas, puede ser suficientemente uniforme en su apariencia, siempre y cuando se ponga cuidado en seleccionar razas que sean similares en maduración, altura de planta, altura de mazorca y otras características. La uniformidad fenotípica de la variedad implica tanto operaciones menos rigurosas de eliminación de plantas en fases subsiguientes de la multiplicación de semilla, como una mejor aceptación por parte de los agricultores. Dicha uniformidad es necesaria según Snee y Hendriksen, 1979, citado por Virgen *et al* (1992) para la identificación de la variedad en el campo de producción de semilla, en el que se debe procurar atención al mantenimiento de la estabilidad genética, de la pureza varietal y para que los propósitos comerciales sean de utilidad para la protección varietal.

En resumen, “variedad” significa un ensamblaje de fenotipos relativamente uniformes que representan la fracción superior de una población en un ciclo dado de mejoramiento y selección. La selección de familias superiores para constituir una variedad es necesaria aún en poblaciones que han sido sujetas a varios ciclos de mejoramiento (CIMMYT, 1985 a).

El nombre común de una variedad es por su lugar de origen, denominadas variedades autodescriptivas. Hay variedades nativas, son aquellas que se originan en un lugar determinado y ahí evolucionaron; las variedades criollas son las introducidas y adaptadas a las condiciones existentes en el lugar de adopción que multiplicándose libremente y por selección natural o dirigida han logrado producciones aceptables para los agricultores (Reyes, 1990).

2.11.1. Variedad de polinización libre.

Para el mejoramiento genético del maíz en México generalmente se ha partido de colectas obtenidas directamente con los productores, las cuales son evaluadas para detectar aquellas estirpes sobresalientes. Las colectas de material con características agronómicas y de rendimientos superiores han sido la base para la formación de híbridos y variedades de polinización libre de alto rendimiento. Las variedades de polinización libre son poblaciones, sin progenitores inmediatos definidos, donde se manifiestan los efectos genéticos de aditividad, dominancia y epistasis; sin que se optimicen el uso de un efecto en particular, una variedad criolla sería el caso más típico de este tipo de variedades (Mendoza, 1982).

Según CIMMYT (1985a), millones de hectáreas en el mundo en desarrollo son sembradas anualmente con variedades de polinización libre, porque aún reúnen las características apropiadas a esas vastas regiones donde las prácticas agrícolas tradicionales son todavía una regla. Las variedades mejoradas de polinización libre deben reunir atributos sobresalientes y las características deseadas por el agricultor que les permitan ajustarse a esas regiones del mundo:

1. El mantenimiento y producción de semilla de una variedad mejorada de polinización libre es relativamente sencillo al estar involucrado solo un componente. Las metas de producción de semilla pueden ser alcanzadas en forma fácil y rápida con variedades de polinización libre.
2. Variedades nuevas y mejoradas, extraídas de un programa en marcha de mejoramiento de una población, pueden remplazar en cualquier momento a las que estén usando, ya sea como nuevas variedades o como versiones mejoradas de las existentes. De manera similar, el cambio de una variedad por otra puede lograrse con rapidez; por ejemplo cuando una variedad es susceptible a una enfermedad necesita ser remplazada por una resistente.
3. Los costos de producción de semilla son relativamente bajos y la cantidad de semilla de variedades de polinización libre puede ser aumentada rápidamente, ya que la producción de grano lleva solamente dos categorías (Básica y Certificada) distantes de la semilla Original.
4. Las variedades de polinización libre tienen una clara ventaja donde la distribución de semilla es difícil y costosa. La semilla de estas variedades puede pasar de un agricultor a otro siendo guardada por el agricultor de año en año; observándose un efecto multiplicativo sobre el área a cubrir.

5. El intercambio de germoplasma ente programas nacionales es más fácil con variedades de polinización libre que con materiales de maíz de progenie cerrado, lo que involucra derechos de propiedad.

2.11.1.2. Métodos de mejoramiento del maíz de polinización libre.

En la formación de variedades, se mejora criollos o variedades con cierto grado de variabilidad, con el fin de obtener genotipos con amplia adaptabilidad y mayor rendimiento que los materiales criollos, a partir de algunos de los esquemas o metodologías de mejoramiento (por ejemplo: Selección Masal y Familiar), las cuales usan como punto de partida a criollos o bien, a uno o varias variedades con ciertas características más o menos uniformes. Manejándose a las poblaciones a mejorar, normalmente en lotes aislados y dependiendo de la metodología utilizada, se pueden o no controlar a los padres (CIMMYT, 1985a; Celis, 1982).

Este mejoramiento es particularmente valioso para las condiciones ecológicas y naturales que prevalecen en México, donde se tienen un gran número de agroecosistemas y por lo tanto, gran fuente de variabilidad genética (CIMMYT, 1985a). Debido a lo anterior, el Programa de Maíz de Valles Altos reenfocó su investigación en 1972 para dedicar sus esfuerzos hacia la obtención de variedades de polinización libre mediante Selección Masal, principalmente. (Celis, 1982).

Este mejoramiento, a su vez, es la base de una secuencia lógica dentro de los programas de mejoramiento genético, pues sirve como punto de partida para la derivación de líneas endogámicas y la subsecuente formación de variedades sintéticas y de híbridos posteriormente (Llanos, 1984).

2.11.1.2.1. Selección masal.

Es debida a Gardner (1961). Se parte de un compuesto de criollos o de una variedad que se siembra en un lote aislado. Se controla el efecto del medio ambiente con la estratificación por sublotos y se seleccionan las plantas con competencia completa en el campo. El número de plantas a seleccionar en cada lote denominado presión de selección, se predetermina y de esta forma se obtienen incrementos por ciclo del orden del 2 al 5 %. Existen diversas modalidades, siendo la más común y de fácil aplicación el método in situ que toma en cuenta una sola localidad, pero tiene la desventaja de que

las variedades mejoradas tienen una reducida adaptabilidad. Otras modificaciones son la Selección Masal Convergente- Divergente y la Rotativa, las cuales tienen la ventaja de producir materiales con amplia adaptabilidad (Celis, 1982; Llanos, 1984).

2.11.1.2.2. Selección familiar.

Es debida a Lonnquist (1964). Existen muchas modalidades y en casi todos los casos se tienen dos tipos de selección: entre familias y dentro de familias, las cuales pueden ser de medios hermanos o bien de hermanos completos tomando en cuenta que cada familia es una mazorca. Sus ganancias por ciclo oscilan en un 5 a 10 por ciento. Se necesita un lote aislado y normalmente se efectúa desespigamiento para controlar alguno o ambos padres (Celis, 1982).

Estas metodologías normalmente consideran varias localidades, teniendo en lotes de agricultores, la selección entre familias para ganar adaptabilidad y en el campo experimental el lote de selección dentro de familias, donde se selecciona hacia rendimiento y se tiene el control de alguno de los padres mediante desespigamiento o bien controlando a los dos padres mediante cruzamientos fraternales. Por lo anterior, estas metodologías son eficientes para obtener variedades con amplia adaptabilidad y buen rendimiento en menos tiempo que la selección masal, solamente que requieren de más presupuesto y de personal calificado (Celis, 1982; CIMMYT, 1985a)

De acuerdo con los métodos de mejoramiento genético se pueden identificar dos tipos de variedades comerciales de polinización libre; las variedades sintéticas, y las denominadas simplemente variedades. La producción de semilla en sus categorías de: original, básica, registrada y certificada, es similar y los volúmenes de las mismas dependerá mas bien de los recursos y necesidades del programa que las reproduzca e incremente cuyo objetivo central será mantener su identidad genética (Celis, 1982).

2.11.2. Variedad sintética.

2.11.2.1. Definición.

El sistema para producción de variedades sintéticas surgió de la necesidad de encontrar un método que permitiera aprovechar el efecto de heterosis en especies en que es costoso hibridar cada año, para producir semilla de primera generación para el cultivo (Llanos, 1984).

Una variedad sintética de maíz se obtiene a partir de la síntesis por cruzamiento, que resulta de hacer todas las combinaciones posibles entre un número de genotipos

seleccionados, en otras palabras, se obtiene con líneas de una o más variedades criollas sobresalientes de una serie de cruzas entre estas mismas produciéndose materiales que se mantienen por polinización abierta (Llanos, 1984). Porque de acuerdo con Reyes (1990), las variedades sintéticas de maíz representan una población de tipo intermedio entre las de polinización libre y los híbridos, tanto en su estructura genética como en su uso agrícola. De hecho los sintéticos son las generaciones avanzadas de híbridos formados por números mayores de líneas que los híbridos propiamente dichos: cruzas simples, cruzas de tres líneas y cruzas dobles, siendo tales líneas de alta aptitud combinatoria general. Los genotipos que integran la variedad sintética se eligen en función de su buena aptitud combinatoria general, a partir de una población heterogénea (Márquez, 1992).

2.11.2.2. Proceso de producción de variedades sintéticas.

De la población de origen se autofecundan un elevado número de plantas. De cada planta autofecundada se recogen las semillas por separado y se siembran al año siguiente en líneas o bloques de varias plantas repetidos al azar. El conjunto de todas las plantas se fecundan en polinización abierta. Las semillas reunidas de cada repetición provienen prácticamente del cruce de la planta autofecundada (primer año), correspondiente a dicha repetición, con todas las demás. Cada mezcla de semillas se prueba en los campos de ensayo al año siguiente, reservando una parte de dicha semilla. Del resultado del ensayo se extrae la información necesaria para quedarse con las mejores descendencias. De ellas se hacen partes iguales y se mezclan todas las semillas seleccionadas. Al reproducir esta mezcla de semillas tenemos la variedad sintética que el agricultor podría reproducir en determinadas condiciones durante uno-dos años sin gran pérdida de potencial productivo (Llanos, 1984).

2.12. Maíz híbrido.

El maíz híbrido representa el progreso individual más grande en la producción de este grano que se haya realizado desde que el hombre blanco lo descubrió hace unos 450 años. El maíz híbrido es superior a las variedades de polinización libre debido a que produce grano y forraje de mejor calidad, presenta rendimientos significativamente más elevados, tiene mayor resistencia a enfermedades e insectos, es más resistente al acame y a la sequía (Delorit, 1982).

El aumento de la producción de maíz se hizo posible principalmente gracias a la introducción de semillas híbridas de alta productividad, su obtención se basa en aprovechar el fenómeno de heterosis que se produce al cruzar dos líneas puras homocigóticas (Delorit, 1982; Llanos, 1982).

Cuando tales líneas se cruzan, la semilla resultante produce plantas híbridas muy vigorosas. Las variedades que se quieren cruzar deben sembrarse en hileras alternas, retirando las inflorescencias masculinas de una de ellas a mano, de manera que todas las semillas que se produzcan a partir de dichas plantas serán híbridas. Mediante una selección cuidadosa de las mejores líneas cruzadas, se pueden producir los híbridos de maíz más vigorosos y apropiados para el cultivo en una zona determinada, los cuales tendrán mayor producción de grano y mayor uniformidad en floración, altura de planta y maduración permitiendo la aplicación de una mejor tecnología pues son fáciles de cosechar y dan lugar a producciones más altas que los individuos no híbridos (Llanos, 1982; Reyes, 1990).

Los híbridos no transmiten su mayor vigor a la descendencia, por lo que es preciso cruzar todos los años las formas parentales para obtener una nueva cosecha de semillas híbridas. De esto se encargan las empresas semilleras y algunos agricultores e investigadores especializados en el cultivo de semillas híbridas. La hibridación aumenta el costo de la semilla, pero el mayor rendimiento compensa de sobra el gasto. Se han atribuido al maíz híbrido aumentos de rendimiento comprendidos entre el 25 y el 50% (Llanos, 1982).

2.13. Ventajas de las variedades sintéticas en comparación con los híbridos.

Aunque, en general, las variedades sintéticas no pueden competir con los híbridos comerciales de maíz, hay casos en que aquéllas pueden resultar más ventajosas que éstos (Llanos, 1984).

Actualmente es muy difícil encontrar las semillas mejoradas necesarias, que se adapten a toda la gama de condiciones ambientales donde se desarrollan los sistemas de producción familiar autosuficientes, de bajos ingresos, principalmente en temporal, o bajo condiciones de humedad residual o punta de riego (Reyes 1990).

En dichos lugares, al existir el problema de insumos, agua, fertilizantes, herbicidas, fungicidas, insecticidas y de tecnología avanzada no se puede aprovechar la potencialidad genética de la semilla de un híbrido. La utilización de variedades sintéticas es una alternativa a este problema, ya que son más adaptables a las condiciones del medio ambiente en zonas marginales, debido a la mayor variabilidad

genética que presentan en comparación con los híbridos, quienes por lo mismo son más vulnerables que dichas variedades a las epifitas. También Llanos (1984) señala, la utilidad de las variedades sintéticas para almacenar genes de reserva con vistas a los planes de mejora. La producción anual de híbridos necesita personal con un alto grado de especialización para mantener en pureza las líneas parentales y para producir semillas base y los híbridos comerciales, cada año. En fincas pequeñas o en condiciones de difícil asistencia técnica, los agricultores pueden encontrar en las variedades sintéticas de maíz un material más reproducible y conservable, con semilla más económica que los híbridos, no siendo necesario comprar semilla mejorada cada vez que se desee sembrar; se pueden escoger las plantas que tengan mejores mazorcas y que se encuentren en el centro de la parcela, o las que estén más alejadas de los sembradíos vecinos. Para el buen aprovechamiento de las variedades sintéticas se recomienda adquirir semilla nueva cada 5 o 6 años., de esta manera se renueva la pureza de la variedad sintética utilizada; es decir, se tendrá la seguridad de que no habrá alteraciones por cruza o mezclas con otras variedades (Milton, 1986).

2. 14. Mejora en las características agronómicas del maíz.

Existen varios factores limitantes en la producción y en la productividad en el cultivo de maíz, entre los cuales se citan los siguientes (Reyes, 1990):

1. Arquetipo de planta deficiente que dificulta una tecnología integral (siembra a cosecha):
 - a) Plantas muy altas y variables, con una relación rastrojo-grano igual o mayor a dos.
 - b) Plantas susceptibles al acame y eficiencias en la posición de sus hojas e inserción de mazorca.
 - c) Floración masculina muy variable e inflorescencia muy ramificada y demasiado vigorosa.
 - d) Maduración muy variable y relativamente tardía.
 - e) Planta fisiológicamente deficiente en el aprovechamiento del suelo, agua, atmósfera y luz.
2. Sanidad de planta:
 - a) Plagas de campo desde siembra hasta cosecha y almacén.
 - b) Enfermedades

3. Climas y sus factores:

- a) Temperatura y su variación durante el día y el año (heladas, granizadas y/o calor excesivo).
- a) Agua. Humedad del suelo y de la atmósfera (sequías e inundaciones).
- b) Vientos. Huracanes o desecantes.
- c) Acción conjunta de temperatura, humedad y aire.
- d) Luz. Días nublados y/o luminosos.
- e) Altitud y latitud.

4. Suelos:

- a) Textura, estructura y composición química.
- b) Fertilidad. Nula, escasa y/o productiva.
- c) Pendiente. Suelo plano o serranía.

5. Tecnología. Muy variable

- a) Agricultura de subsistencia.
- b) Agricultura comercial.
- c) Alta tecnología con alto uso de insumos e inversión de capital.
- d) Infraestructura necesaria para el almacenamiento, conservación y transporte

Pero también nuevos procedimientos de aprovechamiento de los productos del maíz, han ido reorientando la investigación en el campo de la mejora genética para obtener nuevas variedades. Por todo esto, las metas que se pueden considerar prioritarias actualmente en la mejora del maíz, podemos enumerar las siguientes (Llanos, 1984):

- 1. Mejor utilización de los principios nutritivos, especialmente del nitrógeno, por la planta.
- 2. Variedades más precoces para su introducción en zonas marginales por lo reducido del período libre de heladas.
- 3. Variedades resistentes al acame y de mayor eficiencia fotosintética.
- 4. Resistencia a plagas y enfermedades.
- 5. Tolerancia a los insecticidas.
- 6. Como denominador común se reconoce la necesidad de ampliar la base genética para no empobrecer, en aras de una excesiva especialización, los grandes recursos del germoplasma de la especie y sus posibilidades de adaptarse a nuevas situaciones originadas por variaciones introducidas por la técnica o bien originadas por cambios en el medio ambiente (nuevas plagas y enfermedades, etc.).

Por lo tanto, la disponibilidad de recursos genéticos, humanos y económicos hacen posible desarrollar plantas cuya estructura para condiciones específicas, les permita aprovechar mejor su hábitat. En la actualidad los fitomejoradores, se basan en la “eliminación de defectos y en la “selección para rendimiento”, formando plantas modelo para condiciones específicas ecológicas o de utilidad, que son más eficientes en fotosíntesis, crecimiento y producción de grano. Hay información dispersa indicando que el mejoramiento genético de la planta del maíz la ha hecho más eficiente en la producción de grano y características agronómicas (Reyes 1990). Es por ello, que el buen éxito de los programas de mejoramiento de maíz que utilizan líneas endogámicas, citan Palacios y Angeles (1990), depende en buena medida, de los procedimientos de prueba usados para la identificación de aquellas que al ser combinadas produzcan mejores híbridos o variedades sintéticas.

2.14.1. Precocidad del maíz.

El ciclo se mide por el número de días que transcurren desde que nace la planta hasta que alcanza su madurez fisiológica, lo que es lo mismo, hasta que el grano contiene como media el máximo de materia seca acumulable. Es entonces cuando tiene una humedad aproximada del 35 al 40 %. A partir de ese momento no hay más acúmulo de materia en el grano, aunque sí lo puede haber en los tallos. Después el grano pierde peso, al irse secando hasta que, llegado a un porcentaje de humedad del 14 al 16 %, conviene cosecharlo, conociéndose a este estado del grano como madurez agronómica (Llanos, 1984; Malaver, 1998).

La madurez fisiológica y la madurez agronómica dependen de la variedad, aunque la primera está más influida que la segunda por el carácter heredado, y esta última lo está en mayor grado por las condiciones del medio ambiente y por las técnicas de cultivo empleadas. El ciclo depende, por tanto, de la variedad y está modificado por las condiciones ambientales (iluminación, temperatura, humedad) y por las técnicas del cultivo (abonado, riego, preparación del terreno, entre otras); por ello el concepto de ciclo de una variedad es un valor relativo que puede cambiar de unos lugares a otros y en un mismo lugar, según las condiciones climáticas de cada año y las labores culturales que se empleen (Llanos, 1984).

La mejora de la precocidad de las variedades de maíz ha sido un antiguo objetivo perseguido en los planes de mejora genética. Su importancia actual se pone de mani-

fiesto considerando la necesidad de establecer variedades que alcancen regularmente la madurez fisiológica, o se acerquen a ella, antes de las heladas, asimismo, que antes de la cosecha se sequen lo suficiente como para poder almacenarlos sin riesgo o presenten el contenido de humedad adecuado para ser sometidos a la secadora (Aldrich, 1974).

González (1995), menciona que se acostumbra a clasificar a las poblaciones de maíz en precoces, intermedias y tardías en base al número de días que transcurren desde la siembra hasta la floración, pero que una clasificación más adecuada sería considerando los días transcurridos desde la fecha de siembra hasta la madurez fisiológica, ya que ésta abarca el ciclo vegetativo completo de las plantas, y en cambio la floración es únicamente una etapa intermedia.

Se puede definir como precocidad, el tiempo mínimo requerido para que una planta pueda alcanzar su madurez fisiológica, desde el punto de vista de su aprovechamiento, ya sea por sus frutos, flores, raíces, tallos, látex, fibras, es entonces un fenómeno de diferenciación de las células del individuo cuya manifestación puede apreciarse en el transcurso del ciclo vegetativo del mismo, por la aparición de indicios tales como flores, contenido de sustancias de reserva, aumento en tamaño de algún órgano determinado, color o consistencia del mismo, contenido de agua, etc. (Llanos, 1984; Tadeo *et al*, 2005).

En el maíz son apreciables la floración y las llamadas madurez lechosa-masosa, siendo útiles para apreciar en forma comparativa, la precocidad de una o un grupo de plantas a otras. La precocidad está determinada tanto por características hereditarias de la planta, como por el medio ambiente (su respuesta al fotoperíodo, a la temperatura, a la altitud, al tipo de suelo, y a la distribución de humedad, durante el ciclo de crecimiento) (Llanos 1984; González 1995).

Por lo tanto en este cultivo, la fecha en que aparecen los estigmas es un índice común de la precocidad el cual puede ostentar variaciones varietales entre sesenta y noventa días, aún cuando el porcentaje de humedad en el momento de la cosecha también da una medida de la precocidad relativa (Llanos, 1984; Tadeo, 2004a; Malaver, 1998).

2.14.2. Resistencia al acame.

La resistencia al acame es una característica conveniente en cualquier variedad o híbrido de maíz. Las pérdidas de rendimiento que causa el acame pueden deberse a la caída o a la rotura de la planta (Milton, 1986). Que la plantación presente un alto porcentaje de

plantas acamadas depende de varios factores ambientales (tipo de tierra, vientos, etc.) y de las técnicas de cultivo (abonado, densidad de plantación, etc.), de modo que la propensión heredada por la variedad se manifestará de forma diferente en función de dichos factores naturales o técnicos, y podrá representar un problema económico más o menos grave.

Como todos los factores heredables muy influidos por el medio, la resistencia al acame es de difícil selección para su incorporación a una variedad comercial (Llanos, 1984).

Los productores siempre han deseado que su maíz se mantenga erguido hasta el momento de la cosecha (Aldrich, 1974), pues es frecuente que las mazorcas de las plantas acamadas se pierdan durante la cosecha. Dichas pérdidas son directamente proporcionales a la cantidad de maíz que se deja en el campo. Las pérdidas se deben también al hecho de que el acame favorece el desarrollo de mazorcas de poco peso y maduración incompleta, por lo tanto, la calidad del grano puede reducirse si el tallo se rompe de tal modo que la mazorca se ponga en contacto con el suelo y sufra daño (Milton, 1986).

Además, actualmente, como la cosecha manual ha sido sustituida por la mecánica, la capacidad para mantenerse en pie resulta esencial, porque la aplicación de medios mecánicos para la recolección se ve dificultada por un alto porcentaje de plantas acamadas, las cuales ocasionan pérdidas en el rendimiento, inconvenientes y peligro real para el operario que maneja la recolectora (Llanos, 1984; Aldrich, 1974).

Debido a esto, sea cual sea el sistema de cosecha que se emplee, es de elevada importancia que las variedades de este cultivo maduren uniformemente y que sean resistentes al acame (Llanos, 1984).

Por tanto, es necesario tener en cuenta en los planes de mejora, como un fin importante, la selección por resistencia a esta rotura.

Como características internas de la variedad relacionadas con su propensión o resistencia al acame deben seleccionarse las siguientes:

- Plantas de altura baja. Las líneas con plantas cortas y mazorcas bajas generalmente son menos susceptibles al acame que las líneas con plantas altas y las mazorcas localizadas a mayor altura, además las mazorcas localizadas a poca altura en el tallo se pueden cosechar con mayor facilidad que las mazorcas situadas a mayor altura. (Milton, 1986).

La altura del tallo es variable y es característica varietal, genética y ambiental, el rango varía de 0.30m a 5.5 m. y su altura es el resultado del número y longitud de los entrenudos (Reyes, 1990).

2.15. Siembras en Valles Altos con temporal desfavorable.

2.15.1. Temporal desfavorable en México.

La siembra de temporal conocida también como cultivo de secano, se practica en amplias áreas maiceras del mundo. En México más del 82.7% de la superficie cultivada por maíz es de temporal; esto explica, al menos parcialmente la baja producción unitaria promedio nacional. Para nuestro país donde la mayor parte del maíz se cultiva en temporal, la cantidad, distribución y eficiencia de la lluvia son factores fundamentales para la producción de maíz. (Tadeo *et al*, 2005)

Se ha convenido considerar un temporal deficiente aquellas regiones con precipitaciones de 400 a 600 mm anuales (ver Anexo a) y mal distribuidas, con temperaturas extremas y veranos muy cálidos que provocan alta transpiración y evaporación, presencia de heladas tardías y tempranas, vientos y granizadas. Sembrar en estas condiciones es un riesgo y una alta convicción de baja producción o la esperanza de cosechar al menos rastrojo (Garduño, 200; Llanos, 1985; Reyes, 1990).

Las investigaciones en maíz han confirmado que la deficiencia de agua en el suelo durante el periodo de floración e inicio del llenado del grano es particularmente crítica para el rendimiento de grano en maíz. Esta observación es de especial importancia, dada la distribución bimodal de la precipitación pluvial en algunas regiones del país, presentándose una sequía a mediados de la estación lluviosa conocida por los agricultores como “canícula” o veranito. La causa de la sequía a medio verano obedece a cambios en la circulación aérea que año con año tiene lugar sobre el golfo de México. El fenómeno en cuestión tiene una duración diferente, dependiendo del área de que se trate y el mínimo de precipitación puede caer en julio, agosto o septiembre, estos son los meses en que el maíz sembrado entre febrero y junio llega a las etapas críticas en que la escasez de agua afecta directamente al rendimiento (Reyes, 1990).

El daño al maíz por efectos de calor y sequía o de ambos fenómenos a la vez por factores asociados a ellos, como una mayor caída de mazorcas, un ataque más fuerte del carbón o un mayor daño por insectos, tiene como efecto total; una reducción en el rendimiento, y calidad del maíz. Este cultivo durante su ciclo agrícola de desarrollo requiere tiempo caluroso en el día, y fresco en las noches, con problemas cuando la temperatura promedio es inferior a 18.9°C durante el día y 12.8°C durante la noche. En general, la mayor producción de este cereal se logra en aquellos climas en donde las

temperaturas en los meses calurosos varían entre 21°C y 27°C, con un periodo libre de heladas en su ciclo agrícola variable de 120 a 180 días (Llanos, 1984; Reyes 1990).

Aldrich (1974), informa que la temperatura mínima para el crecimiento es 12.8°C, la máxima 40.8°C y la óptima entre 26.7°C y 29.4°C, si la humedad en el suelo es suficiente para balancear las pérdidas de humedad por transpiración y evapotranspiración. Cuando la humedad del suelo es escasa la temperatura óptima es inferior a 26.7 °C.

Escasas progenies y variedades germinan satisfactoriamente a 10°C. Temperaturas entre 8°C y 12°C retardan la germinación, dificultan la emergencia de las plántulas y exponen a la semilla a daños ocasionados por organismos en el suelo. Por otro lado temperaturas muy altas durante la siembra pueden afectar a las plántulas o, semillas en germinación, si hay escasez de humedad (Aldrich, 1974).

Las plantas son muy susceptibles a las altas temperaturas en los periodos de floración, dañando el polen y los estigmas. Las temperaturas de 4°C o menos, afectan a las plantas en cualquier estado de desarrollo. Cuando las temperaturas de congelamiento ocurren en las primeras fases de desarrollo (8 a 10 cm de altura de la planta), pueden recuperarse lentamente. Si las temperaturas de congelamiento ocurren en estado lechoso los daños son severos (Reyes, 1990).

Por lo mismo, las heladas son un riesgo serio en la producción del maíz; aunque las heladas tardías de primavera pueden ser dañinas, las heladas de otoño generalmente ocasionan los mayores perjuicios. Las heladas de primavera pueden destruir las hojas que están sobre el suelo y retardan el crecimiento. Sin embargo, debido a que el punto de crecimiento de la planta se encuentra protegido por estar en esa época debajo de la superficie del suelo, la mayor parte de las plantas se recuperan a menos que la helada sea muy fuerte. Si continúa tiempo favorable para el crecimiento, las plantas se recobran y producen buenos rendimientos. Por otra parte, las heladas tempranas pueden producir un gran daño al maíz. Estas heladas pueden lesionar a las hojas a tal grado que se retarda la elaboración de alimentos y si es suficientemente severa cesa por completo. Como resultado de ello: (a), la maduración es retardada o impedida; (b) el rendimiento y la calidad se reducen; (c) se ocasionan problemas de almacenamiento debido al alto contenido de humedad del grano. A este tipo inmaduro del maíz comúnmente se llama maíz suave. Puede contener hasta del 40 al 60 % de humedad (Delorit, 1982).

El conocimiento de las temperaturas es fundamental para seleccionar la fecha óptima de siembra, eligiendo aquellas épocas libres de heladas en la germinación, en la floración y

en la madurez del grano. En cuanto a los vientos, si estos son secos y cálidos aumentan las pérdidas de agua y en algunas zonas reducen considerablemente los rendimientos (Reyes, 1990).

2.15.2. Condiciones de temporal desfavorable en los Valles Altos.

Aproximadamente una cuarta parte de la superficie de temporal del país, cultivada con maíz, se encuentra localizada en los Valles Altos; regiones que abarcan parte del Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla, comprendidas entre los 2000 y 2600 msnm (ver Anexo a), en las cuales existen zonas con temporal no favorable predominando las siguientes condiciones (Peña y Rodríguez, 1988; Tadeo *et al*, 2004a):

- a) Agricultura dependiente del agua de lluvia.
- b) Precipitación pluvial total anual que va de regular a mala a través del año.
- c) Mala distribución del agua de lluvia.
- d) Presencia de heladas tardías y tempranas, reduciendo la estación de crecimiento con temperaturas favorables de 120 a 140 días.
- e) Presencia de granizo.
- f) Suelos poco fértiles, erosionados o con mal drenaje.

En los Valles Altos el ciclo de crecimiento de las plantas está fijado básicamente por la ausencia y presencia de heladas tardías y tempranas, respectivamente, así como por la iniciación de la época de lluvias (Martínez; 1994).

Actualmente, en estas regiones maiceras, se presentan las condiciones ambientales antes citadas, en los meses de marzo hasta mediados de abril, haciendo que los agricultores retrasen sus fechas de siembra, anteriormente programadas en esos meses, hasta mayo y junio, dentro del cual se sabe que el temporal es más estable, sin embargo, dicha actividad acorta la estación de crecimiento efectiva del maíz (longitud de tiempo durante el cual la humedad y la temperatura no representan en promedio una restricción para que el cultivo se desarrolle), incrementando el riesgo de exposición a heladas en la etapa previa a la maduración del grano. En consecuencia el productor muchas veces debe decidirse si usará variedades de madurez temprana que, aseguren que la madurez fisiológica del grano ocurrirá antes de que se presente la primera helada (Mendoza, 1982; Arteaga y Tijerina, 1989).

Como el maíz es muy poco tolerante a las heladas, su ciclo de crecimiento estará limitado, por el periodo de tiempo libre de estas. Dicho periodo no puede utilizarse

completamente, pues su duración varía de un año a otro, por lo que es necesario disponer de un cierto margen de seguridad mediante el cultivo de variedades suficientemente precoces, para madurar incluso en localidades de los Valles Altos donde la estación de crecimiento es corta (Tadeo *et al.*, 2005).

Hasta la fecha existen híbridos y variedades de polinización libre que se recomiendan para siembras de riego o para siembras de temporal; los híbridos se recomiendan para condiciones favorables y regulares, y las variedades de polinización libre para condiciones más limitantes. (Mendoza, 1982).

Así cuando las condiciones son favorables para la siembra temprana en marzo y abril, porque hay humedad en el suelo y se va a contar con un lapso más o menos grande para el crecimiento vegetativo, se utilizan para su siembra granos de maíz de coloración blanca, sin embargo; cuando esas condiciones se presentan más tarde, hasta mayo o junio, y hacen riesgoso la producción con los materiales anteriores se utilizan granos amarillos, que son genotipos precoces y de buen capacidad productiva (Salinas 2001; Mendoza, 1982).

2.16. Rendimiento.

Se reconoce en la agricultura, que existen dos tipos de rendimiento; el biológico y el agronómico, el primero representa la producción total de materia seca por unidad de superficie en un tiempo dado y el segundo se refiere al volumen o peso de aquellos órganos de valor económico para el hombre por planta o por unidad de superficie por tiempo (Cruz, 1995; Pons *et al.*, 1991)

El rendimiento no es una característica fácil de predecir ni de herencia simple. La planta de maíz puede tomarse como una fábrica que produce paquetes de energía: los granos. El rendimiento, tal como le interesa al productor, es el peso del grano seco producido por hectárea, que corresponde al peso del grano de cada planta multiplicado por el número de plantas por hectárea, en donde su incremento es el criterio fundamental en el mejoramiento genético del maíz en México y otros países del mundo (Aldrich, 1974; Cruz, 1995).

2.16.1. Componentes del rendimiento.

Kohashi (1979) citada por Cruz (1995) y Milton (1986), afirman que el rendimiento agronómico es la consideración fundamental en la producción de maíz, y está en

función del genotipo, ambiente que lo rodea y de la interacción de estos factores, manifestado a través del funcionamiento y de la interacción de muchos componentes de procesos fisiológicos de la planta, los cuales varían con el genotipo.

Por lo tanto, un mayor rendimiento de grano se logra solamente cuando se puede obtener una combinación apropiada de genotipo ambiente (Pons *et al.*, 1991).

Reyes (1990), confirma lo anterior, al explicar que existen componentes correlativos del rendimiento como son: longitud, número de hileras, peso del grano y número de mazorcas por planta, los cuales presentan baja heredabilidad, es decir, se ven sumamente afectados por el medio ambiente, por lo que Aldrich (1974) asegura que no se puede elegir una variedad o híbrido porque tenga espigas grandes, muchas hileras de granos, granos grandes o varias espigas por planta, e inmediatamente asegurar que producirá un rendimiento inmejorable. Después de estas consideraciones, cita el autor, que el mejor procedimiento consiste en examinar los registros de las pruebas de comportamiento realizadas en su zona durante varios años, y evaluar los rendimientos en su propio establecimiento.

Sin embargo, Tanaka y Yamaguchi (1969), aseguran que el número de granos por unidad de área sembrada o sea la cuantía o el tamaño de la demanda fisiológica, es el que determina el rendimiento en grano de maíz, y esta compuesto de:

- a) Número de plantas por unidad de área sembrada. Está bajo el control de los métodos de cultivo y puede ser incrementando al aumentar la densidad de siembra.
- b) El número de mazorcas por planta.
- c) El número de granos por mazorca. El número de granos por mazorca es el producto del número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera. Muchos híbridos producen de un 15 a un 20% más de grano que las variedades disponibles de polinización abierta. Por regla general, el maíz híbrido produce un mayor porcentaje de semilla comercial (Wilson, 1975).

2.17. Calidad de la semilla.

La calidad de la semilla puede definirse según Tadeo y Espinosa (2004) como el nivel o grado de excelencia, el cual es asumido por las semillas solamente cuando son

comparadas con un estándar aceptable. La semilla puede ser superior, buena, mediana o pobre en calidad.

La calidad de las semillas de maíz se establece con la interacción de sus componentes genéticos, fisiológicos, físicos y sanitarios, mismas que se determinan durante el ciclo biológico de la planta que les da origen y son afectadas por el ambiente en que se producen (Gutiérrez et al, 1991):

1. Componente genético.
2. Características físicas.
3. Componente fisiológico.
4. Componente sanitario (Tadeo y Espinosa, 2004).

1. Componente genético.

La calidad genética es mayor cuando se asegura la pureza varietal de acuerdo con la semilla original y está relacionada con la copia fiel de la variedad obtenida por el mejorador.

2. Características físicas.

Se refiere al nivel de excelencia con respecto a tamaño, forma, color, brillantez, densidad, entre otras características. Considera también porcentaje de semilla pura, peso de la semilla.

En la cosecha se trata de controlar las mezclas físicas, daño mecánico, etc.

Los agricultores han preferido históricamente semillas grandes, pero esta actitud tiende a cambiar.

Las semillas pequeñas germinan bien en condiciones favorables.

Unos de los aspectos importantes durante la cosecha es el contenido de la humedad al que se debe de iniciar la recolección de semilla con el objetivo de evitar al máximo el daño mecánico, además de que todo el equipo que se utilice durante la recolección, deberá estar limpio, para evitar las mezclas de semilla con otros lotes que se hallan cosechados con anterioridad.

3. Componente biológico o fisiológico.

Está integrado por características relacionadas con la capacidad metabólica y fisiológica para establecer nuevas plántulas y plantas sanas. Tales como:

- 1.-Germinación: Proceso de reinicio del crecimiento activo que inicia con la imbibición:
 - Activación enzimática.
 - Ruptura de la cubierta seminal y emergencia de la plántula.

-Establecimiento de la plántula.

2.-Viabilidad: Palabra que se refiere a la presencia de vida, con las funciones relacionadas, es decir que realiza respiración.

3.- Vigor: Es la suma total de aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla o lote de semillas, durante su germinación y emergencia de la plántula.

4. Componente sanitario.

Se refiere al hecho de que la semilla se encuentre libre de microorganismos (hongos, bacterias y virus), que representen una seria dificultad para la producción de semilla de alta calidad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Ubicación geográfica.

El experimento se realizó durante el ciclo Primavera-Verano 2004, bajo condiciones de temporal, en la parcela experimental No 7 de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, perteneciente al Municipio de Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, que se encuentra a los 19° 41'35" de Latitud Norte y a los 99° 11'42" de Longitud Oeste, a una altitud de 2252 msnm.

3.2. Condiciones edafoclimáticas.

La región presenta clima templado C (Wo) (w) b (i') que corresponde para las condiciones de México al más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias en verano, e invierno seco con menos del 5% de la precipitación anual (García 1973).

La temperatura media anual es de 15.7 ° C. El mes más frío es enero con 11.8° C en donde la temperatura mínima corresponde a los 2.3 ° C. El promedio anual de días con heladas es alto, 64 días, abarcando desde octubre hasta abril, siendo más frecuentes en diciembre, enero y febrero; las heladas tempranas se pueden presentar entre el 8 y 10 de septiembre y las tardías hasta el mes de mayo. El mes más caliente es junio con 18.3° C, cuya temperatura máxima es de 26.5 ° C. La precipitación de la zona es de 605 mm., concentrándose en los meses de mayo a octubre siendo junio el mes más lluvioso con 128.9 mm y febrero el más seco con 3.8 mm, en promedio. Las probabilidades de lluvia aquí son menores al 50%, por lo que es indispensable contar con riego. La frecuencia de granizadas es baja, observándose principalmente en verano (Estación Almaráz, FESC, UNAM, 2000).

De acuerdo con el sistema FAO los suelos de la FES-Cuautitlán han sido clasificados como Vertisoles pélicos los cuales presentan una textura fina arcillosa; son pesados, difíciles de manejar al ser plásticos, adhesivos cuando están húmedos y duros cuando se secan, formando de esta manera grietas profundas; pueden ser impermeables al agua de riego y/o de lluvia. Se sabe por información proporcionada en el Departamento de Suelos de la FESC, UNAM, que tienen un ph ligeramente ácido, de 6 a 7; con un contenido medio de materia orgánica, alta saturación de bases y mediana Capacidad de Intercambio Catiónico.

3.3. Material genético.

Se evaluaron las siguientes seis variedades sintéticas de maíz amarillo, las cuales presentan ciclo precoz (menos de 135 días desde siembra a madurez fisiológica), así como textura de grano cristalina (se identifican con la letra “C”) y textura de grano dentado (se identifican con la letra “D”).

1. Oro Ultra 1C
2. Oro Ultra 2C
3. Oro Ultra 3C
4. Oro Plus 1D
5. Oro Plus 2D
6. Oro Ultra UNAM C

Como testigos se manejaron los siguientes materiales, utilizados en los Valles Altos

1. Una variedad mejorada de grano amarillo y ciclo precoz denominada Amarillo Zanahoria
2. Una variedad de grano blanco y ciclo intermedio llamada V-23 (Huamantla) y
3. Un híbrido de cruce doble con grano blanco y ciclo intermedio denominado H-33, resultado de la combinación de dos cruces simples de alto rendimiento.

3.4. Diseño experimental.

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con 9 Tratamientos y 3 repeticiones, dando un total de 27 unidades experimentales.

Dicho diseño se aplicó porque es preciso, simple de analizar y principalmente para muestrear la variabilidad del suelo que podía existir entre los diferentes tratamientos.

El diseño de bloques al azar se realizó aleatorizando los tratamientos o variedades dentro de cada estrato o subgrupo.

3.5. Tamaño de la parcela.

La parcela experimental estuvo constituida por un surco de 5 metros de largo por 90 centímetros de ancho, dando un total de 4.5 m² como parcela útil.

3.6. Manejo agronómico.

3.6.1. Preparación del terreno

3.6.1.1. Barbecho.

Esta operación se realizó para incorporar los residuos del cultivo anterior, combatir las malezas y los insectos invernantes, aflojar el suelo para mejorar su aireación y lograr una mejor descomposición de la materia orgánica, con ello se aumenta la fertilidad del suelo y se obtiene una mejor preparación del terreno para la siembra. Se ejecutó con un tractor NH810 de 110 HP (caballos de fuerza), cuyo implemento fue un arado de 5 discos reversibles hidráulicamente a una profundidad de 30 cm.

3.6.1.2. Rastreo.

Después de la anterior labor se efectuó un paso de rastra para desbaratar los terrones, esto se hizo con el mismo tractor NH810 de 110 HP (caballos de fuerza) cuyo implemento fue una rastra de tiro de 28 discos a una profundidad de 20 cm.

3.6.1.3. Cruza.

Con el fin de obtener un suelo completamente mullido se realizó la labor denominada cruza que es otro paso de rastra pero en sentido contrario a la primera, con el mismo tractor NH810 de 110 HP (caballos de fuerza), y con el mismo implemento que fue una rastra de tiro de 28 discos a la misma profundidad de 20 cm.

3.6.1.4. Surcado y fertilización.

El surcado y la fertilización se hicieron al mismo tiempo con una sembradora John Deere MP-25 de tres cuerpos o rejas. El surcado se llevó cabo a una distancia de 90 cm entre surcos y la fertilización se realizó en banda, a una dosis de 70-40-00 de Urea y Fosfato de Amonio, a una profundidad de 20cm., siguiéndose lo que la guía técnica recomienda para la zona, en la cual los cultivos han dado buena respuesta a dicha fertilización.

3.6.2. Siembra.

La siembra se realizó el día 21 de junio del 2004, con pala, depositando cuatro semillas por golpe cada 50 cm, a una profundidad de 7cm, llevándose a cabo después de tres meses un aclareo, para dejar de esta forma solo 3 plantas, obteniéndose una densidad de

73 333 plantas /ha; se manejaron surcos borderos tanto al inicio como al final de la parcela donde se estableció el experimento, para que las plantas de la orilla tuviesen competencia completa.

3.6.3. Control de maleza.

Se llevó a cabo con la aplicación de herbicida postemergente Sanson (cuyo ingrediente activo es Nicosulfuron: 2-(4,6-dimetoxipirimidin-2-ilcarbomoilsulfamoil)-N, N-dimentilnicotinamida- 4.17% - Equivalente a 40 g de I. A. /L. (Thompson PLM, 2004) a una dosis de un litro por hectárea. Esta aplicación se efectuó con el mismo tractor NH810 de 110 HP (caballos de fuerza) cuyo implemento fue la aspersora Asperjet de 400Lt con un aguilón de 13 boquillas de abanico.

3.6.4. Cosecha.

Se cosechó de manera manual, el día 26 de noviembre del 2004, cada uno de los surcos, exceptuando a los borderos de la parcela experimental.

3.7. Variables evaluadas.

Se evaluó un total de 22 variables en consonancia a la metodología recomendada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (1985) para este tipo de ensayos, de estas mismas, las 10 primeras, determinaron características agronómicas de los materiales genéticos utilizados en este experimento; dos establecieron la calidad de la semilla y las últimas 10 los componentes del rendimiento de dichas variedades de acuerdo con el.

3.7.1. Días a floración masculina.

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50% de las plantas emitían polen.

3.7.2. Días a floración femenina.

Se consideró el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50% de las plantas de la parcela presentaban estigmas de 2 a 3 cm de largo.

3.7.3. Altura de planta.

En 5 plantas seleccionadas al azar, se midió la distancia en centímetros con un estadal graduado de 3m con divisiones cada 5 cm, desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga (panoja), tomándose el promedio de ellas como dato final.

3.7.4. Altura de mazorca.

En las mismas 5 plantas, se determinó la distancia en centímetros con un estadal graduado de 3m con divisiones cada 5 cm, desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta, tomándose el promedio de ellas como dato final.

3.7.5. Sanidad de planta.

Se utilizó una escala de uno a diez, dependiendo los daños en cuanto a enfermedades que presentaba cada planta; siendo uno para las más afectadas y diez a las más sanas.

3.7.6. Plantas horras.

Se contó el número de plantas por parcela que no tenían mazorcas.

3.7.7. Plantas cuatas.

Se contó el número de plantas por parcela que presentaron dos mazorcas.

3.7.8. Número de plantas cosechadas.

Se registró el número de plantas cosechadas de cada parcela sin importar si tenían una, dos o ninguna mazorca.

3.7.9. Mazorcas buenas y mazorcas malas.

Se realizó la separación de mazorcas sanas y enfermas, y se prosiguió al conteo de las mismas, anotándose dicho dato.

3.7.10. Sanidad de mazorca.

Se utilizó una escala de uno a diez, dependiendo de los daños en cuanto a enfermedades que presentaba cada mazorca; siendo uno para las más afectadas y diez a las más sanas.

3.7.11. Peso de 200 granos.

De una muestra desgranada de 5 mazorcas se contaron 200 granos y se pesaron con una balanza digital PM30-K con capacidad de 32 Kg, marca metler.

3.7.12. Peso volumétrico.

Se desgranó y homogeneizó completamente el grano de las 5 mazorcas, pesándolo en una balanza de peso hectolítrico marca Ohaus para de esta forma, obtener la relación del peso de la muestra a un volumen de litro.

3.7.13. Longitud de mazorca.

Se midieron desde la base hasta la punta 5 mazorcas obtenidas por cada parcela, con una regla metálica de 30 cm, obteniéndose de esta forma un promedio como dato final.

3.7.14. Diámetro de mazorca.

Se le midió a cada una de las 5 mazorcas su parte media con un vernier.

3.7.15. Diámetro de olote.

Una vez desgranadas las cinco mazorcas, se le midió con el vernier en la parte media de los olotes.

3.7.16. Número de granos/ hileras.

Se contaron los granos de una hilera de cada una de las cinco mazorcas desde la base hasta la punta.

3.7.17. Número de hileras/ mazorca.

Se determinó en una muestra de 5 mazorcas, contando las hileras de cada una y utilizando su promedio.

3.7.18. Granos/mazorca.

Se obtuvo de la multiplicación del número de granos /hilera por el número de hileras / mazorca.

3.7.19. Peso de campo.

Después de cosechar todas las plantas de la parcela, se registró en kilogramos el peso de las mazorcas con olotes, utilizando una báscula tipo reloj con capacidad de 30 Kg.

3.7.20. % de materia seca.

De una muestra de 100 gramos de grano por parcela, obtenida en base a las mazorcas buenas, se calculó su humedad en porcentaje por medio de un determinador digital moisture computer 700 marca Burrows, para posteriormente restarle el 100% y así determinar el % de materia seca.

3.7.21. % de grano.

Resultó de la relación entre el peso del grano y el peso total de la muestra, por 100, es decir:

$$\frac{\text{Peso de 5 mazorcas sin olote}}{\text{Peso de 5 mazorcas con olote}} \times 100 = \% \text{ grano}$$

Peso de 5 mazorcas con olote

3.7.22. Rendimiento.

Se calculó con la siguiente fórmula, expresándola en Kg /Ha;

Rendimiento=
$$\frac{P.C. \times \%M.S. \times \%G \times F.C.}{8600}$$

8600

P.C. = Peso de campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas por parcela expresada en Kilogramos.

% M.S = Porcentaje de materia seca de la muestra de grano de cinco mazorcas recién cosechadas.

% G = Porcentaje de grano, producto de la relación grano-olote.

F. C. = Factor de conversión para obtener rendimiento por hectárea. Se obtiene al dividir 10 000 m²/ tamaño de la parcela útil en m².

8600= constante para estimar el rendimiento con humedad comercial del 14% (CIMMYT, 1985).

3.6. Análisis estadístico.

Utilizando la información de las medias de cada variable, de cada una de las parcelas, se realizó el análisis de varianza, de acuerdo al modelo de bloques completos al azar por medio del programa SAS (Sistema de Análisis Estadístico).

$$\text{Modelo: } Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \epsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, r = \text{bloques} \\ j = 1, 2, \dots, t = \text{tratamientos} \end{array}$$

Donde:

Y_{ij} = Observaciones en el bloque i con el tratamiento j

μ = Media general

α_i = Efecto del i – ésimo bloque

τ_j = Efecto del j – ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental

El método que se llevó a cabo para realizar la comparación de medias fue la prueba de rango múltiple de Tukey ($p = 0.05$), a través del mismo programa de análisis estadístico, con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$DSH = q ; t_n \frac{CME}{r}$$

donde:

DSH = Diferencia significativa honesta

$q ; t_n$ = valor tabulado del rango estandarizado al nivel de significancia de la prueba, para comparar t medias de tratamiento con $n = (r-1) (t-1)$ grados de libertad del error experimental.

CME = Cuadrado medio del error.

r = Número de bloques completos del experimento

IV. RESULTADOS.

4.1. Análisis de varianza.

En el cuadro 1 se aprecia que para el factor tratamientos, la mayoría de las variables presentaron diferencias altamente significativas al 0.01 de probabilidad, mostrándose solamente el peso de 200 granos y las hileras/mazorca con diferencias significativas al 0.05, en cambio las variables: mazorcas malas, sanidad de mazorca, plantas cuatas, plantas horras, longitud de mazorca, granos/hilera y diámetro de olote no manifestaron diferencia estadística significativa.

Con respecto al factor de variación repeticiones, en la variable diámetro de mazorca se detectó diferencia altamente significativa, las variables altura de mazorca y peso volumétrico mostraron diferencias significativas, en la mayoría de las variables no se detectaron diferencias significativas.

El coeficiente de variación más alto fue el correspondiente al porcentaje de plantas horras con 123.4%, el valor más bajo correspondió a la variable floración masculina con 1.5%, para la variable rendimiento el coeficiente de variación fue 21.3% y la media de rendimiento fue 3405.7 kg/ha.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de variables evaluadas en variedades de polinización libre de maíz amarillo en Cuautitlán. México, 2004.

VARIABLES	CUADRADOS MEDIOS		C.V. (%)	MEDIAS
	TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
Rendimiento (kg/ha)	3339154.6**	102428.7NS	21.3	3405.7
Floración masculina (días)	13.3**	0.7NS	1.5	70.5
Floración femenina (días)	16.8**	1.4NS	2.1	72.8
Altura de planta (cm)	1686.6**	153.2NS	4.3	212.9
Altura de mazorca (cm)	1179.9**	260.5*	7.4	112.2
Mazorcas buenas	110.7**	2.8NS	24.8	19.4
Mazorcas malas	4.9NS	1.4NS	97.3	2.4
Mazorcas totales	138.9**	5.5NS	16.6	22.3
Plantas cosechadas	140.7**	5.8NS	17.4	21.8
Sanidad de planta	1.5**	0.5NS	5.9	7.4
Sanidad de mazorca	1.5NS	0.0NS	12.5	8.3
Plantas cuatas	3.9NS	1.8NS	112.7	1.7
Plantas horras	2.2NS	1.3NS	123.4	1.3
Peso volumétrico (kg/Lt)	4481.5**	1837.0*	2.7	734.0
Peso de 200 granos (g)	107.7*	2.3NS	9.6	60.2
Long. de mazorca (cm)	2.9NS	3.6NS	8.0	13.6
Hileras/mazorca	10.3*	4.3NS	9.4	14.7
Granos/hilera	17.7NS	15.1NS	11.3	27.2
Granos/mazorca	22618.5**	10311.3NS	13.8	402.5
Diámetro de mazorca (cm)	0.6**	0.3**	4.6	4.4
Diámetro de olote (cm)	0.9NS	0.6NS	31.6	2.6

**Altamente significativo (0.01); *Significativo (0.05); NS (No significativo).

4.2. Comparación de medias.

En el cuadro 2, se observa que para el rendimiento se establecieron tres grupos de significancia, en el primero se ubicaron uno de los testigos denominado V-23, la variedad Oro Plus 1D, el testigo H-33, y las variedades amarillas Oro Ultra UNAM C, Oro Ultra 3C, Oro Plus 2D y Oro Ultra 1C, quienes fueron estadísticamente similares entre sí. Dentro de estos materiales destacó, por su capacidad de rendimiento, la variedad V-23 ya que produjo 5494 kg/ha. Le siguieron en capacidad productiva, la variedad Oro Plus 1D y el híbrido H-33 las cuales obtuvieron rendimientos superiores a los 4000 kg/ha. Otras variedades pertenecientes al grupo que rindieron más de 3400 kg/ha fueron Oro Ultra UNAM C, Oro Ultra 3C, Oro Plus 2D y Oro Ultra 1C. Los materiales del anterior grupo superaron significativamente a la variedad Oro Ultra 2C ubicándose esta misma en el segundo grupo que a la vez, con una producción de 2837 kg/ha, superó al Amarillo Zanahoria quien rindió únicamente 529 kg/ha perteneciendo por lo tanto al tercer grupo de significancia.

Para la variable días a floración masculina, se formaron 2 grupos de significancia, en el primero se encontraron dos de los testigos más tardíos, la variedad V-23 y el H-33 con 74 días a floración. Ubicándose en el segundo a los siete genotipos restantes (Oro Plus 1D, H-33, Oro Ultra UNAM C, Oro Ultra 3C, Oro Plus 2D, Oro Ultra 1C, Oro Ultra 2C y Amarillo Zanahoria) más precoces con 69 y 70 días a floración masculina, incluyendo al testigo Amarillo Zanahoria. De manera similar a la descrita para floración masculina, se localizaron los mismos grupos de significancia en los días a floración femenina, encontrándose de igual forma en el primero los testigos más tardíos V-23 y H-33 con 77 días, y en el segundo, los demás materiales quienes presentaron de 70 a 73 días en esta variable.

Para altura de planta, se establecieron cuatro grupos de significancia, encontrándose en el primero, las mayores alturas en los tres testigos V-23 (253 cm), H-33 (244 cm) y Amarillo Zanahoria (228 cm), el segundo estuvo formado por las variedades Oro Ultra UNAM C Y Oro Ultra 3C con alturas de 213 y 206cm respectivamente, el tercero fue constituido por las variedades Oro Plus 1D Oro Plus 2D y Oro Ultra 1C con 197, 194 y 193 cm correspondientemente, siendo la variedad Oro Ultra 2C quien presentara la más baja altura con 186 cm diferente tanto estadísticamente como numéricamente de las anteriores encontrándose de este modo en el cuarto grupo. En la variable altura de mazorca, se presentaron dos grupos de significancia, encontrándose en el primero los testigos H-33 y V-23 con las alturas más altas de 146 y 145 cm respectivamente, siendo

estadísticamente y numéricamente diferente al otro grupo, en donde se establecieron los demás genotipos evaluados con alturas más bajas, que van de 95 a 116 cm.

La variable mazorcas buenas, presentó dos grupos significativos, en el primero se encontraron todos los tratamientos exceptuando al testigo Amarillo Zanahoria, con promedios de 19 a 23 mazorcas, siendo superior tanto estadísticamente como numéricamente al segundo grupo conformado por el anterior testigo mencionado quien presentó solo 4 mazorcas buenas; y de esta misma forma las variables mazorcas totales, y plantas totales, presentaron los mismos grupos de significancia formados por los mismos genotipos. En cuanto a la variable sanidad de planta, se ubicaron dos grupos de significancia, en donde los testigos V-23 y H-33 integraron el primer grupo con promedios de 9, superiores al segundo grupo, donde los demás tratamientos se encontraron con calificación de 7.

En las mazorcas malas, sanidad de mazorca, plantas cuatas y plantas horras, no hubo grupos de significancia.

Cuadro 2. Comparación de medias (Tukey 0.05) de variables evaluadas para las características agronómicas deseables en variedades de polinización libre de maíz amarillo en la FES-Cuautitlán, UNAM. Ciclo Primavera – Verano 2004.

Genotipo	Rendimiento (Kg/ha)	Floración masculina (días)	Floración femenina (días)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)
V-23	5494 A	74 A	77 A	253 A	145 A
ORO PLUS 1D	4036 AB	69 B	71 B	197 CD	97 B
H-33	4007 AB	74 A	77 A	244 A	146 A
ORO ULTRA UNAM C	3848 AB	69 B	72 B	213 BC	103 B
ORO ULTRA 3C	3573 AB	69 B	70 B	206 BCD	108 B
ORO PLUS 2D	3451 AB	69 B	72 B	194 CD	102 B
ORO ULTRA 1C	3405 AB	70 B	71 B	193 CD	98 B
ORO ULTRA 2C	2837 B	69 B	71 B	186 D	95 B
AMARILLO ZANAHORIA	529 C	69 B	73 AB	228 AB	116 B
DSH (0.05)	2148	3	4	26	24

Continuación del cuadro 2

Genotipo	Maz. Buenas	Maz. Malas	Maz. Totales	Sanidad Planta	Sanidad Mazorca	Plantas Cuatas	Plantas Horras	Plantas Totales
V-23	21 A	4 A	25 A	9 A	8 A	1 A	2 A	27 A
ORO PLUS 1D	22 A	2 A	24 A	7 B	9 A	2 A	1 A	26 A
H-33	19 A	4 A	23 A	9 A	7 A	2 A	1 A	25 A
ORO ULTRA UNAM C	22 A	3 A	25 A	7 B	9 A	4 A	1 A	24 A
ORO ULTRA 3C	22 A	1 A	23 A	7 B	9 A	2 A	0 A	24 A
ORO PLUS 2D	23 A	2 A	25 A	7 B	8 A	1 A	3 A	24 A
ORO ULTRA 1C	23 A	3 A	26 A	7 B	9 A	2 A	2 A	24 A
ORO ULTRA 2C	19 A	2 A	21 A	7 B	9 A	2 A	1 A	22 A
AMARILLO ZANAHORIA	4 B	0 A	4 B	7 B	7 A	0 A	1 A	5 B
DSH (0.05)	14	7	10	1	3	5	5	11

Con respecto a la variable peso de 200 granos, se puede observar en el cuadro 3, que se establecieron dos grupos de significancia con ocho de los tratamientos (Oro Plus 2D, Oro Plus 1D, V-23, H-33, Oro Ultra UNAM C, Oro Ultra 3C, , Oro Ultra 1C, y Amarillo Zanahoria) los cuales presentaron pesos entre 56 a 69 g, siendo diferentes estadísticamente al segundo grupo integrado por la variedad Oro Ultra 2C con 48 g, quien por lo tanto obtuvo la semilla de menor tamaño.

En el mismo cuadro para peso volumétrico se formaron tres grupos significativos, en el primero se localizaron las variedades amarillas Oro Ultra UNAM C, Oro Ultra 3C, Oro Plus 1D, Oro Plus 2D y Oro Ultra 1C, quienes fueron estadísticamente similares entre sí. Dentro de estos materiales destacó por su alto peso volumétrico las variedades Oro Ultra UNAM C y Oro Ultra 3C ya que pesaron 77.6 y 77.3 (Kg/HI) respectivamente. Le siguieron en peso, los materiales Oro Plus 1D y Oro Plus 2D con 76.0.(Kg/HI) y el genotipo Oro Ultra 1C con 75.3 (Kg/HI). Otras variedades como el Oro Ultra 2C con un peso de 71.3 (Kg/HI) y el testigo Amarillo Zanahoria con 71.0 (Kg/HI) integraron al segundo grupo. Las variedades de los anteriores grupos superaron significativamente a los pesos de 67.6 (Kg/HI) de la variedad V-23 y 68.3 (Kg/HI) del híbrido H-33, los cuales pertenecieron al tercer grupo de significancia, al presentar los peso volumétricos tanto estadísticamente como numéricamente más bajos.

Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey 0.05) de variables evaluadas para la calidad de semilla en variedades de polinización libre de maíz amarillo en la FES-Cuautitlán, UNAM. Ciclo Primavera – Verano 2004.

Genotipo	Peso vol. (Kg/Hl)	Peso de 200 granos (g)
V-23	67.6 C	65 A
ORO PLUS 1D	76.0 AB	58 AB
H-33	68.3 C	63 AB
ORO ULTRA UNAM C	77.6 A	64 AB
ORO ULTRA 3C	77.3 A	59 AB
ORO PLUS 2D	76.0 AB	56 AB
ORO ULTRA 1C	75.3 AB	59 AB
ORO ULTRA 2C	71.3 BC	48 B
AMARILLO ZANAHORIA	71.0 BC	69 A
DSH (0.05)	57	17

En el cuadro 4, se puede notar que en variables como longitud de mazorca, diámetro de olote y granos por hileras, no hubo diferencias tanto estadísticamente como numéricamente y por tanto, no se formaron grupos de significancia. Encontrándose que para la variable diámetro de mazorca se formaron dos grupos significativos, en los cuales el primero estuvo constituido por los testigos V-23 y H-33, quienes obtuvieron un diámetro de 5 cm, en el segundo grupo le siguió el resto de los tratamientos con diámetros entre 3 y 4 cm. En las hileras por mazorca se establecieron tres grupos, donde el primero estuvo conformado por los testigos V-23, H-33 los cuales fueron superiores numéricamente al obtener 18 hileras y las variedades amarillas Oro Ultra 3C, Oro Plus 2D, quienes obtuvieron 15 y 14 hileras respectivamente, en el segundo grupo se encontraron la variedad Oro Ultra UNAM C con 14 hileras y el testigo Amarillo zanahoria con 13. El tercer grupo estuvo integrado por los genotipos Oro Plus 1D, Oro Ultra 1C y Oro Ultra 2C con 13 hileras.

Para la variable granos por mazorca se determinaron tres grupos de significancia, en el primero se localizaron los testigos H-33 con 558 granos por mazorca y V-23 con 540 granos, siendo superiores estadísticamente y numéricamente al segundo grupo formado por la variedad Oro Ultra 3C, que a la vez con 405 granos superó al tercer grupo integrado por los genotipos, Oro Plus 1D, Oro Ultra UNAM C, Oro Ultra 3C, Oro Plus

2D, Oro Ultra 1C, Oro Ultra 2C y Amarillo Zanahoria quienes obtuvieron entre 336 a 364 granos.

Cuadro 4. Comparación de medias (Tukey 0.05) de variables evaluadas de los componentes del rendimiento en variedades de polinización libre de maíz amarillo en Cuautitlán, México 2004.

Genotipo	Long. mazorca (cm)	Diámetro mazorca (cm)	Diámetro olote (cm)	Hileras/ mazorca	Granos/ Hileras	Granos/ mazorca
V-23	14 A	5 A	2 A	18 AB	30 A	540 AB
ORO PLUS 1D	13 A	4 B	2 A	13 C	26 A	338 C
H-33	14 A	5 A	2 A	18 A	31 A	558 A
ORO ULTRA UNAM C	13 A	4 B	4 A	14 BC	26 A	364 C
ORO ULTRA 3C	14 A	4 B	2 A	15 ABC	27 A	405 BC
ORO PLUS 2D	12 A	4 B	3 A	14 ABC	24 A	336 C
ORO ULTRA 1C	15 A	4 B	2 A	13 C	28 A	364 C
ORO ULTRA 2C	12 A	3 B	2 A	13 C	26 A	338 C
AMARILLO ZANAHORIA	12 A	4 B	2 A	13 BC	26 A	338 C
DSH (0.05)	3	1	2	4	.9	161

V. DISCUSIÓN.

Comparación de medias.

En la comparación de medias (cuadro 2), para la variable rendimiento (kg/ha), se puede observar que uno de los testigos denominado V-23, con un rendimiento de 5494 kg/ha, si bien estadísticamente es similar a otras variedades (Oro Plus 1D, H-33, Oro Ultra UNAM C, Oro Ultra 3C, Oro Plus 2D, Oro Ultra 1C), y diferente estadísticamente al Oro Ultra 2C, así como al Amarillo Zanahoria, la comparación es un tanto desventajosa ya que esta variedad mostró un ciclo largo desde siembra a floración en comparación con las variedades amarillas, el ciclo de la variedad V-23 sólo fue similar al presentado por el híbrido H-33. Adicionalmente ambos materiales (V-23 y H-33) expresaron ciclos vegetativos intermedios hasta madurez fisiológica (160 días) en comparación con las variedades amarillas (135 días), lo anterior es relevante y factor relacionado con las potenciales ventajas de cada material (Tadeo *et al.*, 2004a; Tadeo *et al.*, 2005), ya que la magnitud del periodo vegetativo, puede ser la diferencia entre cosechar o no cosechar nada, en casos donde se presentan las heladas tempranas (ver Apéndice a).

En este experimento se utilizaron como testigos la variedad de grano blanco V-23, liberada en 1980, así como el híbrido de maíz H-33, liberado en 1992 (Espinosa, 1993 a), en el primer caso, desde hace años no se comercializa semilla certificada y en el segundo algunas empresas de semillas como IMPULSAGRO, Federación de Productores de Maíz del Estado de México, Semillas de Valles de México (SEVAMEX), han continuado comercializando este híbrido, a pesar de que la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) con su cierre operativo dejó de emplear este material. Los testigos V-23 y H-33 se usaron como referentes dado que sólo existe comercialmente la variedad de maíz de grano amarillo, Amarillo Zanahoria, liberada por ICAMEX, hace 15 años. Con base en ello las variedades de grano amarillo podrían ser utilizadas en esquemas alternativos de abasto de semilla como lo señalan Tadeo *et al.*, (1994), Tadeo *et al.*, (2004). Con el antecedente, sobre los testigos, se puede observar que la variedad de maíz Oro Plus ID obtuvo rendimiento de 4036 kg/ha,

considerado como una productividad aceptable, en comparación con H-33, el cual produjo 4007 kg/ha, pero este último con un ciclo a floración cinco días más tardío, lo cual se acentúa más desde siembra a madurez fisiológica. Un aspecto adicional es que el híbrido H-33, requiere la inversión económica de la compra de semilla, lo que debe hacerse cada nuevo ciclo, en cambio la variedad Oro Plus ID, no requiere la adquisición de semilla cada ciclo, lo que otorga seguridad en este importante insumo a los agricultores.

El punto de comparación de las variedades amarillas, debe referirse a la variedad Amarillo Zanahoria, la cual es utilizada en forma comercial, en este sentido, la variedad testigo fue superada por todas las variedades amarillas de la UNAM, ya que solo rindió 529 kg/ha, esto debido a que por su origen presenta un escaso vigor, niveles de acame elevados (60%) y menor adaptación; propiciándose con esto, el establecimiento de pocas plantas por parcela, afectando directamente al rendimiento.

Los rendimientos de Oro Plus 1D (4036 kg/ha), Oro Ultra UNAM C (3848 kg/ha), Oro Ultra 3C (3573 kg/ha), Oro Plus 2D (3451 kg/ha), Oro Ultra 1C (3405 kg/ha), fueron estadísticamente similares entre sí. Cabe destacar que si bien no son rendimientos elevados, se puede deducir que poseen capacidad productiva, explicándose el moderado rendimiento con base en la fecha retrasada de siembra, la cual fue el 21 de junio de 2004, fecha demasiado tardía, además de haberse manejado con humedad de precipitación pluvial.

La mejor variedad Oro Plus ID, en el mismo ciclo primavera verano 2004, mostró buena productividad y características agronómicas en Tlaxcala, donde ahora se está incrementando la producción de semilla por parte de grupos de agricultores que adquirieron este insumo en la FESC, con base en esos resultados (Tadeo, 2005)¹.

En los Valles Altos, como cita Tadeo, *et al* (2004a), la estación de crecimiento es corta, por lo tanto el ciclo de crecimiento del maíz estará limitado, por el periodo libre de heladas, en el cual su duración varía de un año a otro y por lo tanto no se puede utilizar completamente, por tanto las variedades amarillas otorgan mayor margen de seguridad para alcanzar la madurez fisiológica del grano, antes de que ocurra alguna helada. En el

¹ M.C. Margarita Tadeo Robledo. FESC, Comunicación personal.

ciclo Primavera-Verano 2004 cuando se desarrolló el experimento, la primera helada ocurrió el 6 de noviembre del mismo año, en esta fecha, se había completado el ciclo de todas las variedades, la helada se presentó cuando ya no afectó el ciclo de ninguno de los materiales, lo que incluye al H-33 y V-23 de ciclo intermedio, sin embargo en otros años la primera helada ocurre la primera y segunda quincena de octubre, e incluso las heladas tempranas ocurren en el mes de septiembre, en estos casos solo podrían escapar a ellas y alcanzar la madurez fisiológica las variedades de maíz de ciclo precoz, como es el caso de las variedades amarillas, esto debe ser evaluado de esta manera para verificar en otros años lo que ocurre con las heladas tempranas.

De acuerdo con autores como Delorit (1982), Reyes (1990) y Llanos (1984) el híbrido H-33, debería presentar rendimientos más elevados y por tanto ser superior a las variedades de polinización libre como es el caso del otro testigo V-23 o la variedad sintética Oro plus 1D, debido a que es un material con rendimientos potenciales superiores, sin embargo, en este experimento solo rindió 4007 kg/ha, porque al ser un material con un ciclo vegetativo intermedio de 165 a 175 días, necesitó más tiempo, para poder expresar todo su potencial genético pues según Mendoza, (1982) los híbridos se recomiendan para condiciones favorables y regulares, siendo este ideal para siembras tempranas y no retrasadas, ya que en estas últimas se acorta su ciclo de desarrollo.

La variedad sintética Oro plus 1D, fue uno de los genotipos que presentó buen rendimiento, estadísticamente igual que el H-33, las variedades sintéticas son más adaptables a las condiciones del medio ambiente en zonas marginales, debido a la mayor variabilidad genética que presentan en comparación con los híbridos.

Los testigos V-23 y H-33, presentaron floración más tardía, clasificándose como intermedios (González, 1995), por lo tanto, estos se pueden utilizar en lugares donde se cuente con un lapso más o menos grande para el crecimiento vegetativo, en los cuales las condiciones son favorables para la siembra temprana en marzo y abril (Martínez, 1994; Mendoza, 1982). En cambio, el Oro Plus 1D, al presentar 69 días a floración masculina y 71 días a femenina, presentó lo que autores como Llanos (1984) y Martínez (1994) citan como precocidad, es decir; rapidez de desarrollo vegetativo y pronta entrada en floración, su importancia radica en la necesidad de establecer variedades que alcancen regularmente la madurez fisiológica, o se acerquen a ella, antes de las heladas, en la zona de los Valles Altos asimismo, para que antes de la cosecha se sequen lo

suficiente como para poder almacenarlos sin riesgo (Aldrich, 1974), por lo mismo estos materiales se pueden sembrar hasta mayo o junio, sin hacer riesgosa su producción. Esto es muy importante porque según Jugenheimer (1990) tanto las industrias de molienda en húmedo como de molienda en seco compran maíz amarillo con bajo contenido de humedad (menos de 15% de humedad), porque un alto contenido de ésta forma conglomerados en los transportadores y hace difícil su descarga, así como también interfiere con el balance del sistema de molienda.

En el cuadro 2, se puede apreciar también que la variedad V-23 presentó la mayor altura de planta (253 cm) con una altura de mazorca de 145 cm, y al H-33 con altura de planta y mazorca de 244 y 146 cm respectivamente, por lo mismo como lo afirma Milton (1986), por ser plantas altas y por tener mazorcas localizadas a mayor altura son susceptibles al acame, y por lo mismo a que produzcan grano de mala calidad, menor producción y en consecuencia la recolección será más difícil de realizarse .

El Oro Plus 1D presentó una altura menor de planta y mazorca de 197 y 97 cm respectivamente, manifestando mejores características agronómicas debido a que además de ser más precoz, tiene una buena altura tanto de planta como de mazorca, la cual disminuye el tiempo de la cosecha, dado que es muy factible que se efectúe en forma mecanizada. Además puede presentar plantas que son atractivas a la vista del productor dado que no ahíjan, son más uniformes y de menor porte (Milton 1986; Reyes 1990).

En cuanto a las variables sanidad de planta, de mazorca, plantas cuatas y horras no influyeron en el rendimiento de los tratamientos al presentar diferencias poco significativas tanto estadística como numéricamente.

En el cuadro 3, se observa que los testigos V-23 y Amarillo Zanahoria presentaron mayor tamaño de semilla al manifestar los mayores pesos de 65 g y 69 g en los 200 granos, siendo estadística y numéricamente diferentes a los demás genotipos, al obtener granos más grandes y en contraparte, el que presenta la semilla más pequeña es el Oro Ultra 2C, al presentar un peso de 48 g. Sin embargo en el peso volumétrico aunque influenciado por el genotipo debe de ser de 74 a 76 kilos por hectolitro con semilla seca (12% de humedad) un peso menor puede indicarnos semilla que proviene del campo donde hubo algún problema durante la definición para su calidad (Espinosa, 1993 b), por lo tanto se detectó claramente que los pesos más bajos los presentan la variedad V-23 y el híbrido H-33 de 67.6 kilogramos por hectolitro y 68.3 kilogramos por hectolitro, lo que demuestra que estos materiales desarrollan semillas grandes pero de

bajo peso específico, pues al sembrarse en una fecha retrasada siendo materiales para siembras tempranas como cita el INIFAP (2003) acortaron su ciclo de desarrollo y lo expresaron bajando su calidad de grano, en contraste las variedades de grano amarillo Oro Ultra UNAM C y Oro Ultra 3C, presentaron valores de 77.7 kg/hl y 77.3 kg/hl respectivamente superiores, en forma similar las otras variedades amarillas mostraron excelentes valores de peso hectolítrico al estar adaptados a ese tipo de siembras, permitiendo a los agricultores con dichos pesos, obtener un mayor valor económico de este maíz en las agroindustrias del país.

Por otra parte, se puede notar en el cuadro 4, que el H-33, fue el material que manifestó el mayor número de granos por mazorca (558 granos) siendo este un componente importante por ser un elemento correlativo en el rendimiento del grano (Llanos, 1984), esto se puede explicar porque un híbrido producen mayor número de granos que las demás variedades de polinización libre disponibles (Reyes 1990; Wilson, 1975); sin embargo sus granos son poco pesados y su rendimiento fue menor a lo que bibliográficamente se esperaba al ser un híbrido, porque como citan Pons *et al.*(1991) un mayor rendimiento de grano se logra solamente cuando se puede obtener una combinación apropiada de genotipo-ambiente.

Además de acuerdo con Tanaka, Yamaguchi Y Fujita (1969), lo que también determina el rendimiento es el número de plantas por unidad de área sembrada y el número de mazorcas, siendo, por lo mismo, el testigo V-23 quien presente mayor rendimiento pues a pesar de tener menor número de granos (540) que el híbrido, presenta un mayor número de plantas (26) y mazorcas (25) (cuadro 2).

VI. CONCLUSIONES.

Con base a los resultados obtenidos y a su respectiva discusión, en esta investigación se tiene como conclusiones, lo siguiente:

1. En condiciones de temporal desfavorable con fecha de siembra retrasada, de la segunda quincena de junio, la variedad de maíz amarillo que presentó el mejor rendimiento en los Valles Altos (estado de México) fue la Oro Plus ID (4036 kg /ha) obteniéndose de esta forma una producción segura, la cual tiene un mercado tangible en industrias almidoneras (Almidones Mexicanos, S.A. de C.V., Industrializadora de Maíz, S.A. de C.V., Aranal Comercial, S.A. de C.V.); cerealeras (Maizoro, S.A. de C.V., Fernando Ignacio Michel Velasco); de frituras y botanas (Sabritas, S. de R.L. de C.V., Barcel, S.A. de C.V. y/o Captadora y Comercializadora de Granos S.A. de C.V.) y del sector pecuario (Granja Coapan, S.A. de C.V., José Gustavo Romero Bringas, Productos Agropecuarios Beristain, S.A. de C.V.). demandantes de gran cantidad de maíz amarillo las cuales se encuentran dentro y cerca de la zona de evaluación.
2. Con las variedades amarillas, al ser precoces (135 días a madurez fisiológica) se obtuvo un grano que se puede almacenar sin riesgo para que se seque lo bastante, siendo lo suficientemente atractivo para las industrias que desean maíz amarillo con bajos contenidos de humedad.
3. Las alturas más bajas de planta las presentaron las variedades amarillas como el Oro Ultra 2C, Oro Ultra 1C, Oro Plus 2D, y Oro Plus 1D, con 186 cm., 193 cm, 194 cm y 197cm respectivamente, reduciéndose los costos de producción al no requerir que se efectuara ni la primera y segunda escarda, por la tolerancia al acame; presentando por lo tanto alturas de mazorca bajas y uniformes con un rango de 95 a 116 cm facilitando de esta manera su cosecha.
4. Las variedades amarillas que presentaron pesos hectolítricos altos fueron el Oro Ultra 1C (75.3 Kg/HI), Oro Plus 1D (76.0 Kg/HI), Oro Plus 2D (76.0 Kg/HI), Oro Ultra UNAM C (77.6 Kg/HI) y Oro Ultra 3C (77.3 Kg/HI),

mostrando que son variedades con granos de buena calidad que no se quiebran cubriendo con los requisitos de las industrias consumidoras de este maíz.

5. La variedad V-23 presentó 1458 Kg/ha más que la variedad amarilla, mostrando al tener un ciclo intermedio (160 días a madurez fisiológica) que no es una variedad recomendada para esta zona por ser irresoluto el mantener dicho rendimiento, al poderse presentar una helada temprana, o por la ocurrencia de acame al poseer una altura grande de planta (253 cm); además los productores no tienen un mercado seguro de su producto al ser un grano blanco con baja sanidad (con calificación de 7) y bajo peso hectolítrico (67.6 Kg/HI).

6. El híbrido H-33 (4007 Kg/ha) no mostró un rendimiento significativamente más elevado que las variedades de polinización libre (V-23 y Oro Plus ID), siendo no apto para este tipo de condiciones en fechas de siembra retrasadas, al requerir más tiempo y mayor inversión para expresar su potencial, produciendo mazorcas con un mayor número de granos (540) pero con bajo peso hectolítrico (68.3Kg/HI) expresando que en estas zonas la hibridación aumenta el costo de la semilla pero el rendimiento no compensa de sobra el gasto.

V11. BIBLIOGRAFÍA.

1. Aldrich S. R. 1974. Producción moderna del maíz. Ediciones Hemisferio. pp. 26-39.
2. Alfaro Y., V. Segovia, M. Mireles, P. Monasterios, G. Alejos, M. Pérez. 2004. El maíz amarillo para la molienda húmeda. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela. Núm. 6. 13 pp.
3. Arenas Humberto. 2004. Producción insuficiente de maíz Amarillo en México. Agro-síntesis.
4. Arteaga R., R., y L., Tijerina Ch. 1989. Aptitud agroclimática del área de Chapingo, México, con respecto al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) (H-30). Agrociencia. Área Agrometeorología. Núm. 78. pp. 297 -300.
5. Ceballos M., Y. Jueves 28 de julio de 2005. Maíz prodigio prehispánico. Reforma. pp. 2/3.
6. Celis A. H. 1982. Mejoramiento poblacional. Presentación sobre metodología de la investigación en maíz. México. Campo experimental. Valle de México-texcoco. Chapingo. pp. 16-19.
7. CIMMYT. 1985a. Desarrollo, Mantenimiento y Multiplicación de Semilla de Variedades de Maíz de Polinización Libre, pp. 12-15.
8. CIMMYT. 1985b. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz. México. D.F. pp.1-18.
9. CIMMYT. 2004. Análisis del sistema mexicano de investigación agropecuaria. México, D.F. Cuarta Edición. Revista TECNOAGRO. pp. 12-15

10. Cruz G., P. 1995. Capacidad productiva de maíz de riego bajo dos densidades de población en el Valle del mezquital. Tesis de licenciatura Cuautitlán izcalli, Edo. De México. pp. 14-17.
11. Delorit R J. 1982. Producción Agrícola. Editorial continental. S. A.C. V. México.
12. Valencia I., C. E. Departamento de Suelos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Muestreo de la parcela No 7. 1998.
13. Diario Oficial de la Federación. 1996. Ley sobre Producción, certificación y comercio de semillas, Capitulo 1. Artículo 3. Definición XIX.
14. Espinosa, C., A. Endogamia y Heterosis. 1982. Presentación sobre metodología de la investigación en maíz. México. Campo experimental Valle de México-Texcoco. Chapingo. pp. 20-22.
15. Espinosa C., A. 1993a. Tecnología de producción de semilla del híbrido de maíz H-33 para Valles Altos. Agronegocios en México.
16. Espinosa C., A. 1993b. Tecnología de producción de semillas de maíz en México. In: Primer Simposium Internacional “El maíz en la década de los 90”, SARH Delegación Jalisco, Guadalajara.
17. Estación Almaráz, 2000. FES-Cuautitlán. Resumen Anual del Comportamiento del Cima.
18. Faeth R., J. C. 1998. Entresacamiento, una valiosa práctica para producir semilla pura. Seminario Internacional sobre tecnología de semillas para Centroamérica, Panamá y el Caribe. 19 pp.
19. García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 2da. Edición. Dirección General de Publicaciones. México. pp. 246.

20. Garduño V., J. L. 2000. Apuntes de la materia Producción y Tecnología de semillas, semestre 2000-II. UNAM, FESC Cuautitlán, Ingeniería Agrícola (Sin editar). pp. 21 y 22.
21. González A., U. 1995. El maíz y su conservación. Editorial trillas. México. pp. 13-15, 20 y 21, 31-43.
22. Gutiérrez H., G. F., A. Carballo C., Ma. L. Ortega D. 1991. Calidad de semilla en maíz en función de factores genéticos, fisiológicos y ambientales. Agrociencia serie Fitociencia. Vol. 2. Núm. 1. pp. 121-123.
23. INIFAP. 2003. Folleto del Centro de Investigación Regional del Centro Experimental Tlaxcala. Producción de maíz de temporal en el estado de Tlaxcala. México. 16 pp.
24. Jugenheimer R., W. 1990. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. Editorial Limusa. México, D.F. pp. 298-301.
25. Llanos M. 1984. El maíz (su cultivo y aprovechamiento). Ediciones Mundiprensa. España, Madrid. 318pp.
26. Malaver F., G. 1998 Indicadores visuales de la madurez fisiológica. Núm. 22. Panorama agropecuario. pp.18 y 19.
27. Márquez S., F. 1992. Cálculo del coeficiente de endogamia en 12 tipos de posibles sintéticos de maíz. Agrociencia serie Fitociencia. Vol. 3. Núm. 2. pp. 8 y 9.
28. Martínez M., R.1994, Capacidad Productiva de Híbridos Trilineales Experimentales de Maíz (*Zea mays*) Pumas En Valles Altos. Tesis de Licenciatura. UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo. De Méx. pp. 12-17

29. Mendoza R., M. 1982. Mejoramiento Genético del maíz. Presentación sobre metodología de la investigación en maíz. México. Campo experimental Valle de México-texcoco. Chapingo. pp. 14 y 15.
30. Milton P., J. 1986. Mejoramiento Genético de las cosechas. Editorial LIMUSA. México. pp. 270- 281.
31. Oropeza E., Ortiz L. B. 1989. Evaluación nutricional de la proteína del grano de seis cultivares de maíz (*Zea mays* L.). Instituto de Química y Tecnología. Fac. Agronomía. U.C.V. Maracay-2101-Aragua Venezuela. Apdo. 4579. Publicación el 6-12, (15): 225-234.
32. Palacios V., O. y Hermilo H. Angeles Arrieta.1990. Comparación de probadores para evaluar líneas S₁ de maíz (*Zea mays* L.). Agrociencia serie Fitociencia. Vol. 1. Núm. 1. pp. 123-125.
33. Pasillas S.Lizabeth. Guadalajara, Jal. 17 de noviembre 2004. IEPS a fructosa frenará inversiones en 2005. Prensacampo pp.11-17
34. Peña O., M. G. y J. L. Rodríguez O. 1988. Caracterización y selección de líneas precoces de maíz por mínima duración de etapas fenológicas. Agrociencia .Área Mejoramiento genético. Núm. 74. pp. 89-91
35. Pérez U., M. México D.F. Jueves 18 de noviembre de 2004. La jornada. Producción bajo contrato, nueva opción. pp. 4/10
36. Pons H., J. L., Alfredo Carballo Quirós, Víctor González Hernández y Hermilo Angeles Arrieta. 1991. Modificadores al índice de cosecha de maíz. Agrociencia serie Fitociencia. Vol. 2. Núm. 3. pp. 35-33.
37. Reyes C., P. 1990.El maíz y su cultivo. AGT Editor S.A. México. D.F. pp.64-72, 144-148.

38. Secretaría De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación (SAGARPA). TLAQUEPAQUE, Jal., 13 de marzo de 2002. Jornada. Fomentan productores de Jalisco la reconversión de cultivos a maíz amarillo. Cultivaran entre 20 y 40 mil hectáreas del ciclo P.V. Se comprometen empresarios a adquirir hasta 240 mil toneladas. Núm. 104/02.
39. Salinas M., Y. 2001. Desarrollo y aprovechamiento de maíces para usos especiales En: Memoria del Día de Campo CEVAMEX. 1 Expo Nacional de Maquinaria Agrícola. 20 y 21 de Septiembre del 2001. pp. 85-86.
40. Solano, A. M. 1998. Androesterilidad e identificación de restauradores de la fertilidad en híbridos de maíz para Valles Altos. Tesis Profesional. FESC-UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo. De Méx. pp. 12-16.
41. Tadeo R., M., A. Espinosa C., A. Piña D. V. Y R. Martínez M. 1994. Desarrollo de híbridos de maíz para alturas de transición 1800-2200 msnm de México y su empleo en Microempresas de Semillas. En Resumen de la XI Reunión Anual del PCCMCA, San José, Costa Rica.
42. Tadeo R. M. A. y Espinosa C. A., R. 2004. Producción y Tecnología de semillas. Universidad Autónoma de México. FES-C. pp. 4, 40-53,68-70.
43. Tadeo R. M. A. Espinosa C. A., R. Arias R. 2004a. Producción de semilla y difusión de variedades e híbridos de maíz de grano amarillo para Valles Altos. En: Revista FESC Divulgación Científica Multidisciplinaria. Año 4 (14): 5-10.
44. Tadeo R. M., A. Espinosa C., P. Sánchez P., G. Torres E. 2004b. Rendimiento de forraje de híbridos experimentales puma e híbridos comerciales de maíz para Valles Altos. En: Revista FESC Divulgación Científica Multidisciplinaria. Año 4 (13): 5-12.
45. Tadeo R., M., A. Espinosa C., R. Martínez M., R. Arias R., D. Salazar H., L. Rodríguez I. 2005. Nuevas variedades de maíz de grano amarillo para Valles Altos de México generadas en la UNAM. Agrosíntesis, Marzo 2005. pp. 17-21.

46. Thompson PLM. 2004. Diccionario de Especialidades Agroquímicas. DEAQ. Edición 14.
47. Velásquez C., G. A., 2001. H-51 y H-40, Dos Nuevos Cultivares de Maíz para Siembras de Riego y Buen Temporal en los Valles Altos y Zona de Transición en Estado de México. INIFAP. En: Memoria del Día de Campo CEVAMEX. 1 Expo Nacional de Maquinaria Agrícola. 20 y 21 de Septiembre del 2001. pp. 7-10.
48. Virgen V., J., A. Carballo C., F. Castillo G. 1992. Caracterización de genotipos de maíz y su utilidad en el mantenimiento varietal. Agrociencia serie Fitociencia. Vol. 3. Núm. 2. pp. 39-42.
49. Wilson H. K., A. Chester R. 1975. Producción de cosechas. Editorial Continental. pp. 219-222; 235-238, 244-248.

VIII. ANEXOS.

Apéndice a

Clasificación de variedades de maíz.

Nomenclatura de variedades de maíz del INIFAP con base en adaptación de altura sobre el nivel del mar y condición de humedad.			
Región ecológica	Altitud (msnm)	Condición de humedad	Numeración
Valles Altos	2200-2600	temporal	1- 99
Valles Altos	2200-2600	riego	101-199
Zona de Transición	1800-2200		
Bajío- Valles Altos			
Bajío	1200-1800	temporal	201-299
Bajío	1200-1800	riego	301-399
Trópico seco	0-1200	temporal y riego	401-499
Trópico húmedo	0-1200	temporal y riego	501-599

Variedades= V; Variedades Sintéticas=V.S.; Híbridos=H; Híbridos Varietales=H.V.

Al final una letra “C” identifica variedades QPM; al final una letra “A” identifica variedades amarillas. (Espinosa, 2005)* Comunicación personal.

Ciclo vegetativo	
(C)	Corto hasta 135 días
(I)	Intermedio hasta 160 días
(T)	Tardío más de 160 días

(Garduño, 2000)

Temporal	
(M)	Malo de 0 a 400 mm de p.p.
(D)	Deficiente de 400 a 600 mm de p.p.
(R)	Regular de 600 a 750 mm de p.p.
(B)	Bueno más de 750 mm de p.p.

Milímetro= mm; precipitación pluvial= p.p. (Garduño, 2000)

Apéndice b

Industrias demandantes de maíz amarillo localizadas dentro y cerca a los valles altos.

INDUSTRIAS	ESTADO
Industrias almidoneras	
Almidones Mexicanos, S.A, de C.V.	Jalisco
Industrializadora de Maíz, S.A. de C.V.	Jalisco
Aranal Comercial, S.A. de C.V.	Jalisco
Industrias cerealeras	
Maizoro, S.A. de C.V.	Distrito Federal
Fernando Ignacio Michel Velasco	Jalisco
Industrias de frituras y botanas	
Sabritas, S. de R.L. de C.V.	Distrito Federal
Barcel, S.A. de C.V. y/o Captadora y Comercializadora de Granos S.A. de C.V.	Estado de México
Industrias del sector pecuario	
ANFAPB	
Fábrica y Laboratorios de Alimentos para Ganadería y Avicultura, S.A. de C.V.	Distrito Federal
Unión de Crédito Alpura, S.A. de C.V	Estado de México
Ganaderos Asociados de Querétaro, S.A.	Querétaro

de C.V.	
Grupo Gómez Cobo, S.A. de C.V.	Querétaro
Los Olivos Alimentos, S.A. de C.V.	Querétaro
Proveedora La Perla, S.A. de C.V.	Querétaro
Productora de Alimento Ganadero, S.A. de C.V.	Tlaxcala
CANACINTRA	
Alimentos Balanceados Especializados, S.A. de C.V.	Estado de México
Alimentos Balanceados Proteo, S.A. de C.V.	Estado de México
Alimentos Tecamac, S.A. de C.V.	Estado de México
Forrajes La Llosa, S.A. de C.V.	Estado de México
Productores Agropecuarios Tepexpan, S.A. de C.V.	Estado de México
Ralston Purina México, S.A. de C.V.	Estado de México
Concentra Consorcio Agroindustrial, S.A. de C.V.	Hidalgo
Alibale de Morelos, S.A. de C.V.	Morelos
Alimentos Balanceados y Servicios Integrados 2070, S.A. de C.V.	Querétaro
Eduardo José Sterling Bours	Querétaro
Effem México Inc. y Compañía, S. en N.C. de C.V.	Querétaro
Graneleras Montes, S.A. de C.V.	Querétaro
Nestlé México, S.A. de C.V.	Querétaro

Agro Tehuacán, S.A. de C.V.	Puebla
Grupo Alvaze, S.A. de C.V.	Puebla
Agribrands Purina México, S.A. de C.V.	Estado de México, Jalisco, Puebla.
Bachoco, S.A. de C.V.	Puebla
Unión Nacional de Avicultores	
Agropecuaria La Fortuna, S.A. de C.V.	Puebla
Granja Coapan, S.A. de C.V.	Puebla
Avicultores Unidos del Valle de Tehuacán, S. de P.R. de R.L.	Puebla
Estela Romero Bringas	Puebla
José Gustavo Romero Bringas	Puebla
Productos Agropecuarios de Tehuacán, S.A. de C.V.	Puebla
Socorro Romero Sánchez	Puebla
Unión de Productores Agropecuarios de Tecamachalco, S.A. de C.V.	Puebla
Pilgrim's Pride, S.A. de C.V.	Querétaro
Otros	
Drol, S.A. de C.V.	Distrito Federal
Complejo Agropecuario Industrial de Tizayuca, S.A. de C.V.	Hidalgo
Productos Agropecuarios Beristain, S.A. de C.V.	Puebla
Campiezo, S.A. de C.V.	Querétaro

Luis Bernabé Trueba Hoyos	Querétaro
Nutrimentos Querétaro, S. de R.L. de C.V.	Querétaro

Fuente: SIC-M, SE.

variedades de maíz de polinización abierta de grano amarillo las cuales poseen precocidad, buen rendimiento y tienen un mercado seguro. El material genético evaluado fue: seis variedades sintéticas de maíz amarillo con ciclo precoz: Oro Ultra 1C, Oro Ultra 2C, Oro Ultra 3C, Oro Plus 1D, Oro Plus 2D y Oro Ultra UNAM C.; como testigos se manejaron: una variedad mejorada de grano amarillo y ciclo precoz Amarillo Zanahoria, una variedad de grano blanco y ciclo intermedio V-23 (Huamantla), y un Híbrido de cruza doble con grano blanco y ciclo intermedio H-33. En consonancia con la metodología recomendada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo para este tipo de ensayos se evaluaron un total de 22 variables. Los resultados mostraron que destacó, por su capacidad de rendimiento, la variedad V-23 (5494 kg/ha). Le siguieron en capacidad productiva, la variedad Oro Plus 1D y el híbrido H-33 con rendimientos superiores a los 4000 kg/ha. Para la variable días a floración masculina y femenina, los testigos V-23 y el H-33 fueron más tardíos, siendo los siete genotipos amarillos restantes más precoces. Para altura de planta, las mayores alturas se encontraron en los tres testigos V-23 (253 cm), H-33 (244 cm) y Amarillo Zanahoria (228 cm), las variedades amarillas manifestaron alturas que van de 186 cm a 213cm. En la variable altura de mazorca, los testigos H-33 y V-23 exhibieron las alturas más altas de 146 y 145 cm respectivamente, y los demás genotipos evaluados expresaron alturas bajas, que van de 95 a 116 cm. Dentro de los materiales que destacaron por su alto peso volumétrico fueron las variedades Oro Ultra UNAM C y Oro Ultra 3C ya que pesaron 77.6 y 77.3 (Kg/HI) respectivamente. Los pesos más bajos fueron de la variedad V-23 con 67.6 (Kg/HI) y del híbrido H-33 con 68.3 (Kg/HI). Con esta investigación se concluyó que la utilización de las variedades amarillas resuelve problemas importantes como la seguridad de que la madurez fisiológica del grano se dará antes de que se presente la primera helada, que los productores obtengan un mejor precio de su grano en el mercado y sustituir parte de las importaciones en nuestro país.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Hipótesis.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5

2.1. Importancia del maíz en México.....	5
Origen del maíz amarillo.....	6
2.3. Composición estructural del grano de maíz.....	6
2.4. Clasificación del maíz.....	7
2.4.1. Comercial.....	7
2.4.1.1. Maíz blanco.....	7
2.4.1.2. Maíz amarillo.....	7
2.4.1.3. Maíz mezclado.....	7
2.4.1.4. Maíz pinto.....	7
2.4.2. Estructural.....	8
2.4.2.1. Maíz duro o cristalino, <i>Z. mays indurata</i> (flint-corn).....	8
2.4.2.2. Maíz dentado <i>Z. mays indentata</i> (dent-corn).....	8
2.4.2.3. Maíz blando o harinoso, <i>Z. mays amilacea</i> (soft-corn).....	9
2.4.2.4. Maíz palomero, <i>Zea mays everta</i> (pop-corn).....	9
2.4.2.5. Maíz dulce <i>Z. mays saccharata</i> (sweet-corn).....	9
2.4.2.6. Maíz céreo, <i>Z. mays cerotina</i> (waxy-corn).....	9
2.5. Genes que afectan la coloración del grano de maíz.....	10
2.6. El almidón del maíz.....	11
2.6.1. Clases de almidón.....	11
2.6.2. Composición química del almidón.....	11
2.7. Industrialización del maíz amarillo.....	12
2.7.1. Industria básica.....	12
2.7.1.1. Tipos de industria básica.....	12
2.7.2. Industria complementaria.....	15
2.8. Importancia del maíz amarillo en la industria de México.....	16
2.9. Endogamia y heterosis.....	19
2.9.1. Endogamia.....	19
2.9.2. Heterosis.....	20
2.10. Pureza genética del maíz.	21
2.11. Variedad.....	23
2.11.1. Variedad de polinización libre.....	24
2.11.1.1. Métodos de mejoramiento del maíz de polinización libre.....	26
2.11.1.1.1. Selección masal.....	26
2.11.1.1.2. Selección familiar.....	27

2.11.2. Variedad sintética.....	27
2.11.2.1. Definición.....	27
2.11.2.2. Proceso de producción de variedades sintéticas.....	28
2.12. Maíz híbrido.....	28
2.13. Ventajas de las variedades sintéticas en comparación con los híbridos.....	29
2.14. Mejora en las características agronómicas del maíz.....	30
2.14.1. Precocidad del maíz.....	32
2.14.2. Resistencia al acame.....	34
2.15. Siembras en Valles Altos con temporal desfavorable.....	35
2.15.1. Temporal desfavorable en México.....	35
2.15.2. Condiciones de temporal desfavorable en los Valles Altos.....	37
2.16. Rendimiento.....	39
2.16.1. Componentes del rendimiento.....	39
2.17. Calidad de la semilla.....	40
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
3.1. Ubicación geográfica.....	43
3.2. Condiciones edafoclimáticas.....	43
3.3. Material genético.....	44
3.4. Diseño experimental.....	44
3.5. Tamaño de la parcela.....	45
3.6. Manejo agronómico.....	45
3.6.1. Preparación del terreno.....	45
3.6.1.1. Barbecho.....	45
3.6.1.2. Rastreo.....	45
3.6.1.3. Cruza.....	46
3.6.1.4. Surcado y fertilización.....	46
3.6.2. Siembra.....	46
3.6.3. Control de maleza.....	46
3.6.4. Cosecha.....	47
3.7. Variables a evaluar.....	47
3.7.1. Días a floración masculina.....	47
3.7.2. Días de floración femenina.....	47
3.7.3. Altura de planta.....	47

3.7.4. Altura de mazorca.....	48
3.7.5. Sanidad de planta.....	48
3.7.6. Plantas horras.....	48
3.7.7. Plantas cuatas.....	48
3.7.8. Número de plantas cosechadas.....	48
3.7.9. Mazorcas buenas y mazorcas malas.....	48
3.7.10. Sanidad de mazorca.....	48
3.7.11. Peso de 200 granos.....	48
3.7.12. Peso volumétrico.....	49
3.7.13. Longitud de mazorca.....	49
3.7.14. Diámetro de mazorca.....	49
3.7.15. Diámetro de olote.....	49
3.7.16. Número de granos/ hileras.....	49
3.7.17. Número de hileras/ mazorca.....	49
3.7.18. Granos/mazorca.....	49
3.7.19. Peso de campo.....	49
3.7.20. % de materia seca.....	50
3.7.21. % de grano.....	50
3.7.22. Rendimiento.....	50
3.8. Análisis estadístico.....	51
IV. RESULTADOS.....	52
4.1. Análisis de varianza.....	52
4.2. Comparación de medias.....	54
V. DISCUSIÓN.....	59
5.1. Comparación de medias.....	59
VI. CONCLUSIONES.....	64
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	66
VIII. ANEXOS.....	72
Apéndice a. Clasificación de variedades de maíz	
Apéndice b. Industrias demandantes de maíz amarillo localizadas dentro y cerca a los Valles Altos.	

INDICE DE CUADROS.

Revisión de literatura	pág.
Cuadro 1. Composición química promedio de un grano maduro de maíz.....	6
Cuadro 2. Características diferenciales del grano de maíz.....	10
Resultados.	
Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de variables evaluadas en variedades de polinización libre de maíz amarillo en Cuautitlán, México, 2004.....	53
Cuadro 2. Comparación de medias (Tukey 0.05) de variables evaluadas para las características agronómicas deseables en variedades de polinización libre de maíz amarillo en la FES-Cuautitlán, UNAM. Ciclo Primavera – Verano	

2004.....	.55
Cuadro 3.Comparación de medias (Tukey 0.05) de variables evaluadas para la calidad de semilla en variedades de polinización libre de maíz amarillo en la FES-Cuautitlán, UNAM. Ciclo Primavera -Verano 2004.....	.57
Cuadro 4. Comparación de medias (Tukey 0.05) de variables evaluadas de los componentes del rendimiento en variedades de polinización libre de maíz amarillo en Cuautitlán, México 2004.....	58

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi gran amigo, el Ingeniero Rafael Martínez Mendoza quien apoyo en la parte experimental y en la parte escrita de esta tesis.

A mis directores de tesis la profesora Margarita Tadeo Robledo y Alejandro Espinosa Calderón quienes me apoyaron en esta investigación.

Al CONNACYT y al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) por su apoyo económico para esta tesis.

A la Cátedra de Semillas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por su ayuda en la obtención del material genético y por el trabajo de todos los que colaboraron duramente en la parte experimental (María Magdalena, Dolores y Abelardo).

RESUMEN.

En México, se necesita producir varias toneladas de maíz amarillo, para sustituir parte de las importaciones de este grano (de 6 a 8 millones), por lo tanto en los Valles Altos; (2000 a 2600 msnm); para condiciones de temporal desfavorable se requieren

variedades de maíz de polinización abierta de grano amarillo las cuales poseen precocidad, buen rendimiento y tienen un mercado seguro. El material genético evaluado fue: seis variedades sintéticas de maíz amarillo con ciclo precoz: Oro Ultra 1C, Oro Ultra 2C, Oro Ultra 3C, Oro Plus 1D, Oro Plus 2D y Oro Ultra UNAM C.; como testigos se manejaron: una variedad mejorada de grano amarillo y ciclo precoz Amarillo Zanahoria, una variedad de grano blanco y ciclo intermedio V-23 (Huamantla), y un Híbrido de cruza doble con grano blanco y ciclo intermedio H-33. En consonancia con la metodología recomendada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo para este tipo de ensayos se evaluaron un total de 22 variables. Los resultados mostraron que destacó, por su capacidad de rendimiento, la variedad V-23 (5494 kg/ha). Le siguieron en capacidad productiva, la variedad Oro Plus 1D y el híbrido H-33 con rendimientos superiores a los 4000 kg/ha. Para la variable días a floración masculina y femenina, los testigos V-23 y el H-33 fueron más tardíos, siendo los siete genotipos amarillos restantes más precoces. Para altura de planta, las mayores alturas se encontraron en los tres testigos V-23 (253 cm), H-33 (244 cm) y Amarillo Zanahoria (228 cm), las variedades amarillas manifestaron alturas que van de 186 cm a 213cm. En la variable altura de mazorca, los testigos H-33 y V-23 exhibieron las alturas más altas de 146 y 145 cm respectivamente, y los demás genotipos evaluados expresaron alturas bajas, que van de 95 a 116 cm. Dentro de los materiales que destacaron por su alto peso volumétrico fueron las variedades Oro Ultra UNAM C y Oro Ultra 3C ya que pesaron 77.6 y 77.3 (Kg/HI) respectivamente. Los pesos más bajos fueron de la variedad V-23 con 67.6 (Kg/HI) y del híbrido H-33 con 68.3 (Kg/HI). Con esta investigación se concluyó que la utilización de las variedades amarillas resuelve problemas importantes como la seguridad de que la madurez fisiológica del grano se dará antes de que se presente la primera helada, que los productores obtengan un mejor precio de su grano en el mercado y sustituir parte de las importaciones en nuestro país.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Hipótesis.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5

I. INTRODUCCIÓN.

México requiere urgentemente incrementar la producción en varios millones de toneladas de maíz amarillo para satisfacer la demanda de este tipo de grano, ya que industrias del sector pecuario lo necesitan para elaboración de alimentos forrajeros, así como para extracción de almidones, industria cerealera y botanera. Ya que no se producen los volúmenes que se demandan, es necesario importar cada año entre 6 y 8 millones de toneladas, de las cuales alrededor de 2.3 millones, son procesadas por la Industria de Derivados Químicos y Alimenticios del Maíz (IDQUIM); la cual genera almidón, glucosa, alta fructosa, gluten, fibra, sorbitol (jarabe), aceites, maltodextrinas, color caramelo, dextrosa, proteínas y sus aplicaciones incluyen usos en panificación, alimentos infantiles (hojuelas de maíz, maicenas), cervezas, dulces, chicles, refrescos, licores, embutidos, botanas, sueros, bebidas, antibióticos, leche en polvo, chocolate en polvo, pastas de dientes, confitería, jugos, mermeladas, alimentos para animales. Sin embargo, en el país sólo se producen 500 mil toneladas de maíz amarillo siendo urgente de esta forma, que se cuente con variedades mejoradas de este grano que apoyen la producción, en las diferentes regiones donde potencialmente existe buena productividad (Arenas, 2004).

En los años ochentas, para tratar de ofrecer variedades mejoradas de grano amarillo por las ventajas en precocidad de este tipo de materiales, se impulsó para condiciones de temporal, la adopción de semilla mejorada con variedades de polinización libre en los Valles Altos tales como: V-26 A, también denominada Cuapiaxtla, V-31 A (Victoria) (generadas por INIFAP) y Amarillo Zanahoria (liberada por ICAMEX), lográndose un impacto limitado, en parte probablemente porque dichos materiales no presentaron las características agronómicas requeridas por los productores, como tolerancia al acame, además de presentar escasa demanda en el tiempo que fueron liberadas, como consecuencia, en el caso de las dos primeras variedades, desde hace años, no se produce y comercializa semilla, en cambio Amarillo Zanahoria, si bien se produce semilla, su uso es escaso (Espinosa, 1993 a).

En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC – UNAM), desde hace varios años se trabaja con un grupo de variedades de maíz amarillo con características favorables como tolerancia al acame, menor porte de planta y mazorca, mejores rendimientos y precocidad que le podrían dar competitividad en los Valles Altos de México. Ante la ausencia de la Productora

Nacional de Semillas (PRONASE), este tipo de maíces pueden ser difundidos por esquemas alternativos de multiplicación y difusión, destacando el esquema de distribución tanto por escuelas de agronomía, así como por sus egresados, para ello se requiere fortalecer el desarrollo de empresas semilleras de mediana escala, para el abastecimiento de semilla certificada (Tadeo *et al*, 1994).

El área dedicada al maíz que abarca el Estado de México, Tlaxcala, parte de Hidalgo y Puebla, conocida como Valles Altos, comprendida entre los 2200 a 2600 msnm (ver apéndice a), cuenta con 100 mil hectáreas de riego o temporal favorable las cuales son factibles de cultivarse con semillas de híbridos de alto potencial de rendimiento; concentrándose en dicho lugar los esfuerzos de diversas empresas privadas tales como Asgrow, Pioneer, Ceres, entre otras, así como de instituciones de investigación (C.P., UACH, UNAM, UAEM, etc.), con maíces de grano blanco, con los cuales se logra un rendimiento promedio de 3.5 ton/Ha, pero se considera que se puede elevar por lo menos a 6.0 ton/Ha con las semillas mejoradas y la tecnología de producción disponible. Sin embargo en las áreas de temporal menos favorables donde el ciclo de crecimiento de las plantas está fijado básicamente por la ausencia y presencia de heladas tardías y tempranas, así como por la iniciación de la época de lluvias, los rendimientos son menores por el retraso de la fecha de siembra y porque se cuenta con pocos materiales de grano blanco para su utilización por parte de los agricultores (Peña y Rodríguez, 1988; Tadeo *et al*, 2004 a).

En este trabajo se evaluó la capacidad productiva de seis variedades de polinización libre y ciclo precoz de maíz amarillo (Oro Ultra 1C, Oro Ultra 2C, Oro Ultra 3C, Oro Plus 1D, Oro Plus 2D y Oro Ultra UNAM C), con la intención de proporcionar una alternativa para los productores de maíz de los Valles Altos. Con base en una mayor productividad se busca mejorar su nivel de ingresos al obtener mejores rendimientos en las tierras dedicadas a este cultivo donde el temporal es desfavorable al presentar mala distribución de lluvia, sequía intraestival, heladas tardías y tempranas, ocurrencia de granizo y suelos poco fértiles, erosionados o con mal drenaje; empleándose para esto fechas de siembra retrasadas (Martínez, 1994).

Es claro que al retrasar la siembra, se acorta la estación efectiva de crecimiento disponible para maíz, incrementando el riesgo de exposición a heladas en la etapa previa a la maduración del grano; dando como resultado que los agricultores de estas zonas se decidan por variedades de ciclo corto (por lo menos de un máximo de 135 días desde siembra a cosecha), las cuales aseguran que la madurez fisiológica del grano ocurrirá

antes de que se presente la primer helada (Garduño, 2000; Peña y Rodríguez, 1988). Por lo tanto, para avanzar hacia cierta seguridad productiva frente a las variables climáticas en las condiciones señaladas, pueden usarse maíces amarillos de polinización libre, los cuales poseen precocidad con respecto a los maíces blancos propiciando un mejor aprovechamiento tanto de las siembras retrasadas como de la escasa y mala distribución de la precipitación pluvial, estimándose que pueden usarse materiales de este tipo en más de 250 mil hectáreas sólo en el estado de México, adicionalmente, estas variedades podrían tener adaptación por su composición genética en otros lugares (Tlaxcala, Puebla, Hidalgo, Oaxaca) (Salinas, 1998, Tadeo *et al*, 2004).

Asimismo, estas variedades de grano amarillo podrían comercializarse a un mejor precio, por lo menos 2.5 pesos por kilogramo, en comparación con el valor de 1.5 pesos por kilogramo, lo cual ocurre en el mercado libre, además de que cada vez se promueven, por parte de la SAGARPA, programas para apoyar con sobrepuestos la compra de grano amarillo, siendo la limitante principal la ausencia de variedades mejoradas competitivas (Tadeo *et al*, 2005).

Con base en lo anterior, en este trabajo se tienen como objetivos los siguientes:

1.1. Objetivos:

1.1.1. Determinar la capacidad productiva y características agronómicas de seis variedades sintéticas precoces de maíz amarillo.

1.1.2. Definir de entre ellas a la mejor variedad de grano amarillo, por su productividad y ciclo vegetativo para su utilización en fechas de siembra retrasadas con temporal desfavorable.

1.2. Hipótesis:

Si se determina la capacidad productiva de las seis variedades precoces de polinización libre de maíz amarillo, entonces se podrá proporcionar de entre ellas a la mejor variedad como alternativa a los productores que les ofrezca ventajas de su uso comercial en condiciones de temporal retrasado.

I. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Importancia del maíz en México.

El maíz es un producto de gran importancia social y económica en México, ocupa el 62% de la superficie cultivada dando empleo a cerca de 3.2 millones de familias en su mayoría del régimen ejidal. Representa la mitad del volumen total de alimentos que consumen los mexicanos cada año. Es uno de los elementos clave de la cultura mexicana, fuente principal de carbohidratos para la mayoría de la población. Se estima que entre 15 y 18 millones de personas dependen en el país de la producción de esta planta para ganarse la vida. Su cultivo se extiende a lo largo de todo el territorio nacional en distintos contextos geográficos, ecológicos, tecnológicos y sociales (Tadeo *et al*, 2004 b).

México es el centro de origen del maíz y sigue siendo la mayor sede de diversidad de la especie; es el cuarto productor e importador a nivel mundial del grano. El mercado mexicano de maíz se encuentra en expansión, tanto para consumo animal como para uso industrial y consumo humano directo; por eso el país importa cada vez más grano a pesar del aumento constante en la producción (CYMMYT, 2004).

El país produce entre 14 y 17.2 millones de toneladas de maíz anualmente en una superficie de 8.5 millones de hectáreas (Tadeo, 2004 b). De toda esta producción, alrededor del 95 por ciento es de maíz blanco destinado principalmente al consumo humano para la elaboración de tortillas; sin embargo debido a la gran diversidad del maíz que se tienen en el país, se han obtenido variedades con otros fines, como los pozoleros, palomeros y pigmentados, cuyo uso principal es la manufactura de productos alimenticios bajo una forma artesanal (Salinas, 2001).

En particular, los maíces amarillos son usados por industrias altamente tecnificadas como la almidonera, cerealera y botanera, mismas que consumen volúmenes importantes de maíz y en muchos casos importan el grano. A partir de la entrada en vigor del TLC (Tratado de Libre Comercio) las importaciones de maíz amarillo provenientes de Estados Unidos han ido en aumento, llegando actualmente de 6 a 8 millones de toneladas. Para ilustrar la importancia de estos volúmenes, se estima que la

industria almidonera importará en el año de 2005 alrededor de 600 mil toneladas de maíz. (Tadeo *et al*, 2005).

2.2. Origen del maíz amarillo.

Mangelsdorf (1974), citado por Alfaro *et al* (2004) estudió las razas de maíz desde el punto de vista de la descendencia lineal desde un ancestro común, describiendo seis razas: 1) complejo Chapalote Nal Tel, de la cual provienen los maíces blancos duros; 2) Pira, de ésta se derivan todos los maíces duros tropicales de endospermo de color amarillo; 3) Confite Morocho, de donde proceden los maíces con ocho hileras; 4) Palomero Toluqueño, de la cual descienden los maíces reventones; 5) Chulpi, de donde resultan todos los maíces dulces y amiláceos y 6) Kculli, de la cual se originan todos los maíces con coloración de aleurona y pericarpio.

2.3. Composición estructural del grano de maíz.

De acuerdo con Alfaro *et al* (2004), más del 70% del grano de maíz es carbohidratos, los cuales están presentes como almidón, azúcar y fibra (en forma de celulosa). El almidón está principalmente localizado en el endospermo y el azúcar en el embrión. Las vitaminas están localizadas principalmente en el embrión y en la capa más externa del endospermo, incluyendo la capa de aleurona situada inmediatamente debajo del pericarpio. El resto del endospermo es más pobre en vitaminas que otras porciones del grano. En el cuadro 1 se muestra la composición promedio de un grano maduro de maíz.

Cuadro 1. Composición química promedio de un grano maduro de maíz

FRACCIÓN	GRANO (%)	ALMIDÓN (%)	PROTEÍNA (%)	ACEITE (%)	AZUCARES (%)	CENIZA (%)
Grano entero	100	71.5	10.3	4.8	2.0	1.4
Endospermo	82.3	86.4	9.4	0.8	0.6	0.3
Embrión	11.5	8.2	18.8	34.5	10.8	10.1
Pericarpio	5.3	7.3	3.7	1.0	0.3	0.8

Fuente: Paterniani (1978)

2.4. Clasificación del maíz.

2.4.1. Comercial.

Desde el punto de vista de compra-venta, este cereal se clasifica de la siguiente manera:

2.4.1.1. Maíz blanco.

La norma oficial mexicana lo define como el maíz que corresponde a este color, el cual presenta un valor menor o igual a 5% de maíces amarillos y conteniendo como máximo 2% de maíces oscuros (rojo, azul y morado). Un ligero tinte cremoso, pajizo o rosado, no influye para designarlo como blanco. Este maíz contiene menor contenido de aceites y almidón que el maíz amarillo, por lo tanto no es idóneo para la industria almidonera sino para la producción de tortilla (González, 1995; Oropeza y Ortíz, 1989).

2.3.1.2. Maíz amarillo.

La norma oficial mexicana lo define como aquel maíz de granos amarillos o amarillos con un trozo rojizo, y que tenga un valor menor o igual a 6% de maíces de otro color. Dicho maíz es muy importante actualmente porque es el más utilizado en la industria por su alto contenido de aceites y almidón (Tadeo *et al*, 2005; González, 1995).

2.4.1.3. Maíz mezclado.

La norma oficial mexicana estipula dos tipos diferentes de mezclado (González, 1995):

- Mezclado 1. Lo define como todo aquel maíz blanco que contenga entre el 5.1 y el 10% de maíces amarillos, así como el maíz amarillo que presenta un valor entre el 5.1 y el 10% de maíces blancos, ambos sin sobrepasar el 5% de maíces oscuros.
- Mezclado 2. Son aquellos maíces blancos que presentan más del 10% de maíces amarillos, así como los maíces amarillos que contengan más del 10% de granos blancos, ambos sin sobrepasar el 5% de maíces oscuros.

2.4.1.4. Maíz pinto.

La norma oficial mexicana lo define como todo aquel maíz blanco, amarillo y mezclado que contenga más del 5% de maíces oscuros (rojo, azul y morado). Este maíz no es muy aceptado por la industria harinera ya que imparte una coloración no deseada al producto final (González, 1995).

2.4.2. Estructural.

Sturtevant (1899), citado por Reyes (1990), encontró seis grupos o razas diferentes de maíz en atención a los caracteres del grano, pues al ser este el principal producto comercial, cita Llanos (1984) el maíz se clasifica de esta forma, por características distintivas basadas en la apariencia, composición y propiedades físicas del grano, es decir de acuerdo con González (1995) y Alfaro, *et al* (2004) está en función de la calidad, cantidad y patrón de composición del endospermo, los cuales están afectados por muchas mutaciones, que pueden alterar el tipo y cantidad de carbohidratos, incluyendo el almidón, encontrándose en cada raza variedades agrícolas adaptadas a condiciones ecológicas definidas.

Estos grupos o razas son los siguientes:

2.4.2.1. Maíz duro o cristalino, *Z. mays indurata* (flint-corn).

Granos grandes, lisos, redondeados y de consistencia madura; una gruesa capa de endospermo córneo o cristalino envuelve completamente el núcleo harinoso, este tipo de maíz es de cualquier clase (blanco, amarillo o mezclado). Cultivado donde hay problemas de almacenamiento y conservación del poder germinativo; tiene usos generales en la alimentación humana y animal. (Llanos, 1984; González, 1995).

2.4.2.2. Maíz dentado *Z. mays indentata* (dent-corn).

Los granos tienen forma aplanada, caracterizados por una depresión o “diente” en la corona del grano que se origina por la contracción del endospermo harinoso a medida que el grano va secándose (Llanos, 1984). Tiene una cantidad variable de endospermo córneo (duro) y harinoso (suave). La parte córnea está a los lados y detrás del grano, mientras que la porción harinosa se localiza en la zona central y en la corona del grano. Se usa principalmente como alimento animal, materia prima industrial y para la alimentación humana (González, 1995).

2.4.2.3. Maíz blando o harinoso, *Z. mays amilacea* (soft-corn).

Maíz muy suave, semidentado, corona redonda. Sus granos tienen el endospermo totalmente harinoso, fácil de moler. Muy susceptible a plagas de almacén, en el campo es atacado por hongos por lo tanto su área de cultivo se restringe a lugares con clima

seco en tiempo de cosecha. En el país se usa para hacer pozole (González, 1995; Llanos, 1984; Reyes, 1990).

2.4.2.4. Maíz palomero, *Zea mays everta* (pop-corn).

Maíz de granos pequeños y puntiagudos (como el arroz), cuyo endospermo está formado casi en su totalidad por almidón vidrioso.

Es una de las razas más primitivas, una forma extrema de maíz cristalino. Se caracteriza por su endospermo cristalino muy duro que solamente tiene una pequeña porción de endospermo harinoso. Cuando se somete al calor se forman las llamadas rosetas o “palomitas” (González, 1995; Llanos, 1984; Reyes, 1990).

2.4.2.5. Maíz dulce *Z. mays saccharata* (sweet-corn).

Las variedades de este maíz son dentadas, cristalinas o “palomeros” que han perdido la propiedad de producir almidón. Tienen granos de apariencia translúcida, superficie arrugada, incompletamente formados. A causa del gen del azúcar, en este tipo de maíz la conversión de ésta en almidón es evitada o retardada durante el desarrollo del endospermo (González, 1995; Llanos, 1984; Reyes, 1990).

2.4.2.6. Maíz céreo, *Z. mays cerotina* (waxy-corn).

El grano tiene un endospermo con fractura semejante a la cera, el aspecto del grano es vítreo; el almidón consiste de amilopectina la cual tiene una estructura molecular con cadena ramificada y un alto peso molecular, variando de 50 mil a un millón; el almidón es semejante al de la yuca, planta tropical (*Manihot, spp.*), por lo cual es un maíz muy útil en la industria para la fabricación de gomas, pegamentos y en alimentos con almidón como sustituto del anterior cultivo (Reyes, 1990).

De estos tipos, los tres primeros son de carácter poligénico (controlados por varios genes) y los tres últimos son de carácter monogénico (controlados por un gen) (Alfaro *et al.*; 2004).

2.5. Genes que afectan la coloración del grano de maíz.

Desde el punto de vista biológico y genético, el maíz amarillo es muy similar al blanco, los mismos sólo difieren en el gen "Y" que determina la coloración del endospermo y afecta los contenidos de vitamina A, xantofilas y carotenos, como se especifica en el cuadro 2. La acción de este gen, y de los demás genes que controlan la coloración de los granos de maíz, puede ser alterada por genes modificadores, afectando la formación de pigmentos del mismo y el contenido de otras sustancias por ellos condicionadas (Alfaro *et al*; 2004).

Cuadro 2. Características diferenciales del grano de maíz.

GENOTIPO DEL ENDOSPERMO	COLORACIÓN DEL GRANO	VITAMINA A (gr⁻¹)	XANTOFILAS (ppm)	CAROTENOS (ppm)
yyy	Blanco	0.05	0.4	0.2
Yyy	Amarillo	2.25	6.5	2.5
YYy	Amarillo-anaranjado	5.00	18.2	4.0
YYY	anaranjado	7.50	45.7	4.7

Fuente: Paterniani, 1978 citado por Alfaro *et al*; 2004.

Por lo tanto, de acuerdo con Alfaro *et al* (2004) y Oropeza y Ortíz (1989) el maíz amarillo tiene un valor nutritivo superior al blanco, por mostrar contenidos elevados de vitamina A, pues en ensayos con cerdos en Venezuela, se encontró que los animales alimentados de maíz amarillo ganaron más peso rápidamente que con el blanco. Además dicho maíz al poseer un endospermo que presenta mayor número de genes "Y" logra desarrollar un pigmento que es una mezcla de seis a ocho compuestos químicos distintos y estrechamente relacionados, conocidos como carotenoides. La concentración de estos pigmentos en el grano de maíz es mayor en la región córnea del endospermo, existiendo una relación directa entre el endospermo amarillo y la provitamina.; además de que el maíz amarillo con altos niveles de xantofila da una pigmentación de color amarillo deseable a la carne de las aves, la grasa animal y la yema de huevos, el cual es un carácter de valor económico muy apreciado en el mercado consumidor, siendo ventajoso su uso en la agroindustria para los alimentos de los animales.

2.6. El almidón del maíz.

2.6.1. Clases de almidón.

Hegenbart, 1996, citado por Alfaro *et al* (2004), define cuatro clases de almidón de maíz: el almidón del maíz normal que contiene 25% de amilosa; el del maíz ceroso que contiene casi 100% de amilopectina y dos clases correspondientes a maíces amiláceos, de alto contenido de amilosa, donde uno tiene 55% y el otro entre 70 y 75 % de almidón. El almidón de los maíces cerosos tiene gránulos de forma irregular similar en la distribución del tamaño a aquellos de los maíces normales. Los almidones de alto contenido de amilosa también tienen forma irregular, pero tienden a ser más suaves y de menor tamaño (entre 5 y 15 micrómetros o entre 10 y 15 micrómetros), dependiendo de la variedad.

2.6.2. Composición química del almidón.

El almidón de maíz se presenta naturalmente como gránulos casi esféricos de 5 a 30 micrómetros de diámetro (14 micrómetros, en promedio). Estos gránulos están compuestos de agregados cristalinos amorfos formados por dos tipos de moléculas, amilosa y amilopectina. Un grano de almidón de maíz amarillo contiene 27% de amilosa y 73% de amilopectina. Estas dos moléculas son polímeros de glucosa que poseen alto peso molecular. La molécula de amilosa es rectilínea y contiene en promedio 1.000 unidades de glucosa, la amilopectina es ramificada y puede contener aproximadamente 40.000 unidades de glucosa. Los gránulos de almidón no procesados que consisten principalmente de amilopectina, con cadenas de ramificaciones cortas, son digeridos más rápidamente que aquellos de cadenas de ramificaciones largas o mayor contenido de amilosa, ya que esta última es más resistente a las enzimas hidrolíticas; esto hace al almidón de maíz normal una fuente de energía fácilmente digerible y de bajo costo (Alfaro *et al*, 2004).

2.7. Industrialización del maíz amarillo.

Por lo anterior, el maíz amarillo tiene gran importancia como materia prima en la industria básica y complementaria, ya que a partir de su industrialización se obtienen importantes subproductos utilizables como materias primas industriales así como en la

alimentación humana y del ganado. Por lo tanto es necesario mencionar el esquema de dicha industrialización (Reyes, 1990).

2.7.1. Industria básica.

Es aquella que procesa las materias primas tal como se obtienen del sector primario y que produce artículos utilizados como insumos de la industria complementaria o como productos de consumo final. Por ejemplo, el sector agrícola produce el maíz que es materia prima de la industria básica la cual produce harina de maíz o masa, que son insumos para la industria complementaria en la fabricación de tortilla (González, 1995; Reyes, 1990).

2.7.1.1. Tipos de industria básica:

1. Industria de alimentos mezclados, concentrados o balanceados, obtenidos del grano amarillo, o de la mezcla de subproductos de la industria.
2. Industrias de fermentación y destilería.
3. Industria de molienda en húmedo.
4. Industria de molienda en seco
5. Elaboración de la tortilla con maíz blanco.

Cabe mencionar que las cuatro primeras industrias utilizan maíz de tipo amarillo principalmente (Reyes, 1990).

1. Industria de alimentos mezclados, concentrados o balanceados.

Reyes (1990), cita que el maíz de grano amarillo es uno de los alimentos carbohidratados más barato, apetitoso y disponible que tradicionalmente ha sido empleado para engordas y como fuente de energía en la producción de ganado de carne, cerdos, aves, leche y huevo. Esta industria lo utiliza para la obtención de subproductos necesarios en la formulación completa y manufactura de alimentos mezclados, concentrados o balanceados ricos en proteínas, como el gluten de la semilla de dicho cultivo, el cual tiene un gran valor como materia alimenticia ya que está formado por una mezcla de sustancias nitrogenadas (proteínas) contenidas en el grano;

encontrándose, según Llanos (1984), un 23% de sustancias proteicas en los concentrados de gluten y en las tortas de este mismo subproducto un 41% de las mismas.

2. Industrias de fermentación y destilería.

Debido al alto contenido de almidón en los granos de maíz amarillo y de los azúcares obtenidos de los mismos, las industrias fermentadoras y destilerías cuentan con una fuente disponible y económica de carbohidratos. El uso de levaduras selectas, hongos y bacterias que actúan en sustratos conteniendo carbohidratos se da en la manufactura de una gran cantidad de productos tales como: alcohol etílico y butílico, acetona y whiskey, ácidos orgánicos (ejemplo: ácido cítrico), sustancias antibióticas como la penicilina y la estreptomina entre otras; enzimas y vitaminas (González, 1995; Llanos, 1984; Reyes, 1990).

3. Industria molinera en húmedo.

También se le conoce como refinación del maíz. El principal propósito de esta industria es la fabricación de almidón puro y varios productos derivados exclusivamente de éste. Los demás componentes de la semilla tales como embrión o germen, proteínas y pericarpio, constituyen subproductos valiosos usados primordialmente para obtener aceite y alimentos para animales. La separación de las partes de la semilla en el molino depende en gran parte del uso de agua, además de otros procesos químicos o enzimáticos para convertir el almidón a jarabes y azúcar. El almidón y sus productos modificados son empleados en cientos de aplicaciones de la industria complementaria, principalmente por sus propiedades espesantes, adhesivas y por su capacidad de formar películas. Las industrias que emplean el almidón son: papelera, textilera y alimentaria. La industria papelera lo utiliza para satinar y esmaltar papeles; la textilera lo usa para tratamientos de hilos de coser y tinte de tejidos y la alimentaria en la fermentación y en aceites, estas últimas son productos valiosos para la alimentación humana tanto por su alto poder energético como por sus positivas cualidades dietéticas; además de que pueden usarse en la industria farmacéutica. También se usa para la fabricación de municiones, sustancias químicas, pinturas, barnices, sustitutos del hule, anticorrosivos, jabones, aceites solubles, y productos textiles. Del almidón, además de los productos ya mencionados, se obtienen otros para diversas industrias como en las tenerías para el curtido de pieles; la fabricación de baterías secas, explosivos, fulminantes, cauchos

sintéticos y alcoholes; para aglutinar los moldes que se usan en fundiciones en la industria extractora de aluminio, como floculante de mineral; y en la industria cosmética para elaborar polvos faciales, coloretos, lociones, pomadas y cremas de belleza, perfumes, talcos, cremas dentífricas y para afeitarse.

Sin embargo, una gran cantidad de almidón se convierte directamente en jarabes y dextrosa, empleados como edulcorantes en muchos alimentos como: dulces, nieves y productos para panaderías. La dextrosa se utiliza en farmacia para fabricar ácido sacárido, ácido tartárico y ácido oxálico; también puede transformarse en sorbitol usado en la síntesis del ácido ascórbico (vitamina C) y en manitol, empleado en la fabricación de materias explosivas. El almidón natural procedente del maíz es insoluble en el agua, y al calentarlo se transforma en dextrina, producto intermedio entre el almidón y el azúcar sencillo. Las dextrinas del maíz tienen una importante aplicación en la fabricación de engrudos y adhesivos para sellos de correos, etiquetas engomadas, adherentes para papeles autoadhesivos (llamados “post-it”) Al mezclar las dextrinas del almidón con ciertos productos químicos se obtiene una variedad de colas, pastas y gomas de pegar, estas sustancias tienen aplicaciones en la encuadernación de libros, la fabricación de aglomerados de madera, muebles, papel, cigarrillos, cajetillas de tabaco, fósforos y sus envases, cartón y confección de cajas. En las perforaciones petrolíferas se usa un barro especial fabricado a base de dextrina con el que se afirman las paredes para evitar derrumbes; también se emplea la dextrina del maíz para enfriar los taladros de dichas perforadoras. Las tintas y colores se fijan sobre las superficies tratadas con mayor persistencia si se usa dextrina como fijador o mordiente. El «xantham», producido por la fermentación de los azúcares derivado del almidón de maíz se utiliza en la fabricación de salsas para condimentos de cocina, sirviendo además como aglutinante de líquidos, para hacer pinturas al agua y extraer los restos de petróleo que quedan en pozos casi agotados (Llanos, 1984; Reyes,1990 ; Salinas, 2001).

4. Industria de molido en seco.

Los procesos molineros actuales producen partículas del endospermo de maíz amarillo con un rango de tamaño aceptable, empleando un sistema de molido que remueve casi completamente el embrión y el pericarpio para la producción de sémola y harina de maíz (partículas gruesas y finas respectivamente). Estos productos se forman del endospermo triturado y molido. Las diferentes harinas son separadas por medio de

tamices (mallas) de diferente tamaño. La sémola es usada industrialmente para la manufactura de hojuelas de maíz (González, 1995; Reyes, 1990). Las harinas de maíz se usan para hacer “hot-cakes”, pan de harina de maíz y otros productos para hornear. Los subproductos obtenidos incluyen el germen del cual se obtiene aceite y el pericarpio se aprovecha para hacer alimentos concentrados de animales (Reyes, 1990).

5. Elaboración de la tortilla con maíz.

Esta industria, doméstica o comercial, es quizá, de las pocas industrias originarias de México y de América. El proceso de elaboración es relativamente simple:

Maíz → Nixtamal → Masa → Testal → Tortear → Tortilla

En dicho proceso se utiliza maíz de grano blanco primordialmente.

2.7.2. Industria complementaria.

Depende de la industria básica, se caracteriza porque obtiene el producto final hasta su comercialización. Ejemplo: las tortillerías que procesan la harina de maíz nixtamalizada, para la obtención de tortilla que comercializan directamente al consumidor.

En México, el sistema agroindustrial del maíz incluye las siguientes clases de industrias (Reyes, 1990):

1. Fabricación de tortillas con maíz blanco.
2. Molienda de nixtamal (masa para tortillas, tamales, atoles, etc.)
3. Industria para la fabricación de harina de maíz nixtamalizado (obtención de masa para tortillas, tamales, atoles, etc.)
4. Fabricación de almidones, féculas, levaduras y productos similares, que incluyen los siguientes 16 productos a partir del maíz amarillo: 1. Glucosa, 2. Glucosa sólida, 3. Color caramelo, 4. Almidón sin modificar, 5. Almidón modificado, 6. Dextrina, 7. Almidón pregelatinizado, 8. Féculas de maíz (maicena), 9. Miel de maíz, 10. Aceite refinado, 11. Salvado preparado, 12. Pasta de germen, 13. Gluten de maíz, 14. Agua de cocimiento, 15. Ácido graso de maíz, y 16. Dextrosa.
5. Frituras de maíz (palomitas, fritos de maíz, golosinas)
6. Hojuelas de maíz (“corn flakes”)

2.8. Importancia del maíz amarillo en la industria de México.

En la actualidad, según datos de la Cámara Nacional del Maíz Industrializado, hay 3 mil 500 aplicaciones industriales específicas para los subproductos de maíz, dichos derivados se obtienen principalmente del grano amarillo, a nivel nacional, tan sólo el 5 por ciento de la producción es de maíz amarillo y el 95 por ciento corresponde al maíz blanco, que se destina mayormente al consumo humano en fresco, masa o tortillas. Este déficit en la producción de maíz amarillo hace a México dependiente de las importaciones para obtener productos derivados de valor agregado y aplicaciones diversas, como féculas, almidones industriales, aceite de maíz, dextrosa, maltodextrinas, sorbitol, entre otras (Ceballos, 2005), debido a que de las 6 a 8 millones de toneladas de maíz amarillo que se consumen al año, sólo 500 mil toneladas son cosechadas en México, con o sin contratos de agricultura (Pasillas 2004).

En México, la empresa IDAQUIM, es una dependencia del grupo ARANCIA, el cual agrupa a las principales empresas abastecedoras de derivados e ingredientes alimenticios para las industrias de alimentos, bebidas, farmacéuticos, papel, cartón, entre otras. Las cadenas productivas a las que IDAQUIM abastece, representan el 20 por ciento del producto interno bruto manufacturero y exportan anualmente productos agroalimentarios por valor de dos mil millones de dólares (SAGARPA, 2002). IDAQUIM transforma 2.3 millones de toneladas de maíz amarillo, además exporta productos por un valor de 25 millones de dólares (Pérez, 2004).

Siendo, la industria Arancia CPC en México, líder en producción de derivados del maíz con mayor presencia en Latinoamérica, es el único fabricante de jarabe de maíz de alta fructosa de concentración 55 y también participa en la producción del de concentración 42. Esta empresa, asociada con “Corn Products Internacional”, cuenta con dos plantas en Guadalajara, Jalisco; una en Tlalnepantla, Estado de México; y otra en San Juan del Río Querétaro. Tiene más de 60 años de experiencia en la producción de almidón, dextrosa, pasta de germen, gluten, fructosa y sorbitol, como sus principales productos. En su planta de San Juan del Río, se muelen diariamente alrededor de mil 500 toneladas de maíz amarillo, con lo que se obtienen 576 toneladas de fructosa grado 55 y 145 toneladas de fructosa grado 42. De este volumen de maíz, se obtienen 41 toneladas de glucosa y 350 toneladas de almidón seco. Con el fin de garantizar su abasto de maíz

para la producción, tiene inventario por 9 mil toneladas de maíz adicionales. Además de su participación en el jarabe de maíz de alta fructosa, Arancia CPC exporta 7 por ciento de su producción de maltodextrina a Estados Unidos y Centroamérica. Esto representó una inversión adicional de 10 millones de dólares en una de sus plantas de Guadalajara. En ambas plantas de la Perla Tapatía se producen féculas alimenticias, almidones industriales, aceite de maíz, dextrosa, maltodextrinas y sorbitol, así como forrajes, gluten y germen de maíz. El almidón que expende esta empresa se usa en la industria alimentaria, y las industrias del papel y cartón, pinturas, textiles o confección y cosméticos, lo emplean en la etapa final de sus procesos para darle más consistencia a los productos. En Tlalnepantla, destaca la producción de glucosa y productos agropecuarios (Ceballos, 2005).

A pesar de la gran demanda que tiene el maíz amarillo entre los industriales, los productores mexicanos prefieren producir el volumen de maíz blanco que se requiere para elaborar tortillas y otros antojitos arraigados a la cultura mexicana. Según cifras de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico, alrededor del 42 por ciento de los productores practican una agricultura de subsistencia y no comercializan su cosecha, por lo que prefieren sembrar maíz blanco para satisfacer sus necesidades. Para aumentar la producción de maíz amarillo en el país, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), representantes de la Industria Derivados Alimenticios y Químicos de Maíz, IDAQUIM y la empresa Arancia CPC trabajan en proyectos para promover, entre los productores nacionales, un cambio de maíz blanco a amarillo, a través de contratos de compra-venta de las cosechas, con un precio predeterminado antes de cada ciclo productivo (Ceballos, 2005). Los principales objetivos de tales convenios tanto de los productores como de industriales, son: sustituir importaciones, motivar a productores nacionales para reconvertir cultivos a maíz amarillo, asegurar un precio piso al productor de maíz amarillo, que proporcione certidumbre y mejore la rentabilidad de las cosechas y es de destacarse que Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria, ASERCA, participa en el acuerdo con coberturas, a efecto de que el comprador pueda asegurar al productor un precio piso de mil 390 pesos por tonelada, y por último apoyar al desarrollo de las comunidades rurales a través de la derrama económica de proyectos de siembra, e integrar y fortalecer dos de los eslabones más importantes de la cadena productiva, que son los productores y los agroindustriales (SAGARPA, 2002).

Para la autoridad, la agricultura por contrato se deriva de la obligación establecida en el artículo sexto transitorio de la Ley de Ingresos para que los industriales consuman 20 por ciento de la producción nacional de granos básicos aunque -como explicó Héctor Rumian Valenzuela, delegado de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria para Jalisco, Colima, Nayarit y Aguascalientes- es muy difícil convencer al productor para que cambie de cultivo y el reto es lograr el equilibrio entre la oferta y la demanda entre los maíces amarillo y blanco. A la advertencia de que es necesario cuidar el balance productivo entre ambos tipos de maíz se sumó el presidente de Idaquim, Guillermo Roldán. "Nosotros queremos que se produzcan los 8 millones de toneladas de maíz amarillo que se consumen en el país; la apuesta de Idaquim es desarrollarse para que en 2008 se procesen 10 millones de toneladas de maíz amarillo"(Pérez, 2004).

2.9. Endogamia y heterosis.

Los grandes logros del mejoramiento de plantas han tenido como base la explotación comercial de dos hechos biológicos: la endogamia y la heterosis (Reyes, 1990).

2.9.1. Endogamia.

El término indica una forma de apareamiento o cruzamiento entre individuos emparentados. En las plantas monoicas compatibles, la endogamia es máxima cuando ocurre la autofecundación, pero pueden presentarse diferentes grados de endogamia en atención al parentesco entre el conjunto de progenitores en una población de plantas o al número de ellas. En las plantas autóгамas la endogamia es la forma natural de realizarse. En las alógamas, como el maíz, se efectúa la endogamia por medio de autofecundaciones mediante polinización controlada; dicho proceso conduce a la obtención de líneas cada vez menos vigorosas, las cuales pueden ser aparentemente homocigóticas en un período de cinco a siete generaciones. Aproximadamente, la mitad de la reducción total del vigor se registran en la primera generación autofecundada, el resto se registra por mitad en cada generación sucesiva, después de la cuarta autofecundación se consigue una homocigosis mayor de 80 por ciento (Espinosa, 1982; Garduño, 2000; Reyes, 1990).

Además de la pérdida de vigor, las plantas individuales de las primeras generaciones muestran muchos defectos como: reducción en altura, tendencia a producir chupones, acame, susceptibilidad a enfermedades, plantas deformes, albinas y debilitamiento general de la población, las plantas defectuosas se desechan y solamente se autofecundan en cada generación las plantas agronómicas sobresalientes. Sin embargo, puede ocurrir cierto grado de endogamia naturalmente si por varias generaciones se cultivan pequeñas poblaciones de plantas y se practica selección (100 plantas o menos por generación) en lugares aislados de otras plantaciones de maíz (Espinosa, 1982).

En contraste, Reyes (1990) consigna que el cruzamiento restaura el vigor y la progenie manifiesta la mayoría de los caracteres con mayor intensidad; también menciona que la endogamia trae consigo dos hechos de importancia:

1. Disminución del vigor y rendimiento
2. Aparición de individuos notables por su uniformidad o por anomalías que originan problemas de supervivencia

Espinosa, (1982) y Reyes, (1990) coinciden en que una línea pura es un individuo obtenido por autofecundaciones sucesivas. El propósito de las autofecundaciones es fijar caracteres convenientes en una condición homocigótica, con objeto de que las líneas se puedan conservar sin que sufran cambios genéticos y además aprovechar sus características en combinación con otras mediante la heterosis. Por lo tanto, la utilidad de la endogamia en la mejora de las plantas, es de la siguiente forma:

1. Producción de plantas uniformes y genéticamente homocigotes.
2. Purificar una variedad con fallas y anomalías, sea por selección natural o por selección que hace el mejorador en el proceso de endogamia eliminando a los homocigotes no deseables.
3. La disminución del vigor puede restaurarse por el cruzamiento entre líneas puras seleccionadas.
4. Los híbridos resultantes entre líneas endocriadas o autofecundadas, suelen ser muy uniformes y de mayor vigor que las variedades progenitoras de las líneas, debido al fenómeno llamado heterosis, el cual puede explotarse en la generación F1 ó perpetuarse por vía asexual.

Métodos de mejoramiento con endogamia (Reyes, 1990):

1. Heterocigoto y Heterogénea. Variedades criollas de plantas alógamas, como están en la naturaleza. Variedades mejoradas, a variedades sintéticas.

2. Homocigoto y Heterogénea. Variedades criollas en autógamias, mezcla de líneas puras, compuesto multilineal.
3. Heterocigoto y Homogénea. Híbridos simples formados con líneas puras.
4. Homocigoto y Homogénea. Línea pura.

2.9.2. Heterosis.

La heterosis es el fenómeno que ocurre cuando se cruzan dos o más líneas, obteniéndose plantas con mayor vigor que sus progenitores, éste será más alto cuando los individuos que lo provocan sean de constitución genética diferente. A mayor diversidad genética, mayor es el grado de heterosis (Espinosa, 1982).

La heterosis se manifiesta produciendo un estímulo general en la progenie o en el híbrido y afecta a las variedades de diferentes maneras (Reyes, 1990):

1. Mayor rendimiento de grano, forraje o frutos.
2. Madurez más temprana.
3. Mayor resistencia a plagas y enfermedades.
4. Plantas más altas
5. Aumento en el tamaño o número de ciertas partes u órganos de la planta.
6. Incremento de algunas características internas de la planta.

Espinosa (1982) cita que la palabra heterosis es una contracción de la palabra heterocigosis. La heterosis se ha empleado para incrementar la capacidad de rendimiento. En maíz se utiliza este fenómeno cuando se explota en la F1 la heterosis que se obtiene al cruzar dos o más líneas. Existen diversas hipótesis sobre el fenómeno de la heterosis, sin embargo, generalmente se presentan dos explicaciones para entenderlo, aún cuando ambas no lleguen a cubrir en forma adecuada todos los casos:

1. Dominancia: propuesta por Davenport (1908), Keeble y Pellew (1908) y Bruce (1910), se refiere a la correlación observada entre la dominancia y efectos benéficos (o recesividad y efectos detrimentales). El vigor híbrido resulta de la acción combinada de factores favorables dominantes y parcialmente dominantes, supone que en general los factores dominantes aportados por cada progenitor del híbrido son deseables y por tanto los factores recesivos son nocivos, un híbrido es más vigoroso que sus progenitores porque tiene más factores dominantes que recesivos.
2. Sobredominancia: Shull y East (1908) se basa en la explicación del fenómeno por la heterocigocidad, es decir, entre mayor sea el número de genes por el cual

una planta es heterocigótica, mayor será su heterosis, por ejemplo, un híbrido con una constitución genética Aa, Bb, Cc, Dd será vigoroso que otro híbrido con la constitución genética AA, BB, CC, DD, la sobredominancia se define como la superioridad del heterocigoto Aa sobre cualquiera de los homocigotos AA y aa.

2.10. Pureza genética del maíz.

Douglas (1982) citado por Virgen *et al* (1992) establece que es importante distinguir entre el mejoramiento genético de una variedad y su mantenimiento varietal; el primero es una actividad, y el segundo implica la conservación de la pureza genética de la variedad, tal y como ha sido descrita por el fitomejorador; lo que puede implicar algún sistema de selección individual de plantas en función de algún carácter de interés para la producción de semilla; además de un ensayo de autenticidad de tipo en las plantas seleccionadas.

Por lo cual, para que una variedad o híbrido desarrollada por un fitomejorador logre una amplia distribución o aceptación por parte de los agricultores, debe reunir características agronómicas deseables, superiores a las existentes, como resistencia a ciertas enfermedades, producción, calidad culinaria, resistencia al acame entre otras características (período vegetativo, tamaño de planta, erección, hoja bandera, macollamientos) (Faeth, 1998) y debe ser fácil de multiplicar para conservar la calidad, genética y física de la semilla (Virgen *et al*,1992). Dichas características, son controladas por el genotipo de la planta y las generaciones subsiguientes les mostrarán de manera idéntica siempre y cuando la población permanezca genéticamente inalterada, porque cuando se desarrolla una variedad y se somete por años a la multiplicación de semilla, en cada incremento que se hace existe riesgo de que se pierda la identidad varietal, lo cual propicia que ya no posean las características con la que fue obtenida (Tadeo y Espinosa, 2004).

De manera que la contaminación genética o física implica la pérdida a plazo de la condición genética y por lo tanto de la calidad de un cultivar superior o mejorado. En tal situación es de esperarse mayor susceptibilidad a enfermedades y al acame, así como bajos rendimientos (Faeth, 1998).

Por lo tanto la modificación de una variedad puede deberse a varios factores de deterioro, dentro de los cuales se pueden mencionar, según Tadeo y Espinosa (2004):

- Origen de la semilla.- Este se refiere al control y seguimiento que se da a cada lote, lo que incluye localidad y ciclo donde se produjo, y dependiendo de esto cada origen puede tener cierto nivel de pureza genética lo cual incluye todos los elementos que pueden desviar la identidad varietal. Por ello es fundamental que quien produzca semilla se asegure que dicho origen esté verificado en su calidad genética al ser utilizado para un nuevo incremento.
- Contaminaciones mecánicas: Las contaminaciones en la sembradora, en la cosechadora, así como en otros pasos del proceso de multiplicación de semilla, propician sesgos en la identidad varietal. Es suficiente un error en el manejo de progenitores, un cambio o equivocación en la movilización de estos mismos para dañar la calidad genética.
- Contaminaciones durante la polinización: Las contaminaciones en la polinización ocurren por deficiencias en el desespigue, propiciándose autofecundaciones en las plantas hembras, lo cual resulta en semilla que no corresponde a la identidad varietal que se trata de obtener. Otro aspecto en la polinización se presenta cuando el lote de multiplicación es contaminado por polen extraño debido a deficiencias en el aislamiento durante el incremento de semilla original, la cual se realiza con iniciación manual, presentándose contaminaciones por escaso cuidado al obtenerse polen de las plantas y en la realización de las polinizaciones en cada una de las anteriores. El incremento de líneas endogámicas por autofecundación facilita el mantenimiento de la pureza varietal.
- Estabilidad genética: En ocasiones las variedades son liberadas y puestas en uso comercial sin estar completamente terminado su proceso de mejoramiento genético, por lo cual la variedad continúa en proceso de cambio; lógicamente al incrementarse semilla después de varios ciclos hasta llegar a semilla certificada, la variedad presentará modificaciones.
- Efectos de selección: Cada variedad debe incrementarse utilizando un tamaño de muestra representativo que permita multiplicar en forma fiel la identidad varietal sin riesgo de que la variedad presente sesgos. En ocasiones no se incrementa esta última en el número de plantas necesarias y se aplica selección en las plantas que se multiplican, cabe esperar que al realizar este procedimiento la semilla obtenida sea incluso mejor y presente ventajas contra la variedad original, sin embargo esa variedad al ser diferente a la inicial ya no corresponde a la variedad que se pretende incrementar.

2.11. Variedad.

De acuerdo con el CIMMYT (1985 a) y la Ley Federal de Variedades Vegetales (1996) el término “variedad” ha sido definido como la subdivisión de una especie, que incluye a un grupo o fracción de individuos superiores con características similares, de una población, en continuo proceso de mejoramiento; que son diferentes, uniformes y estables. Una variedad es diferente o distinta porque se distingue técnica y claramente en uno o varios caracteres pertinentes de cualquier otra variedad, es decir posee rasgos que la distinguen de otras conocidas y que definen su identidad. Presenta variación reducida para los rasgos agronómicos importantes y es estable en términos de la expresión de muchos de estos rasgos a través del tiempo. La variedad no debe exhibir variación más allá de las normas establecidas. Una variedad constituida por la recombinación de ocho a diez familias selectas de una población estructurada en estas mismas, puede ser suficientemente uniforme en su apariencia, siempre y cuando se ponga cuidado en seleccionar razas que sean similares en maduración, altura de planta, altura de mazorca y otras características. La uniformidad fenotípica de la variedad implica tanto operaciones menos rigurosas de eliminación de plantas en fases subsiguientes de la multiplicación de semilla, como una mejor aceptación por parte de los agricultores. Dicha uniformidad es necesaria según Snee y Hendriksen, 1979, citado por Virgen *et al* (1992) para la identificación de la variedad en el campo de producción de semilla, en el que se debe procurar atención al mantenimiento de la estabilidad genética, de la pureza varietal y para que los propósitos comerciales sean de utilidad para la protección varietal.

En resumen, “variedad” significa un ensamblaje de fenotipos relativamente uniformes que representan la fracción superior de una población en un ciclo dado de mejoramiento y selección. La selección de familias superiores para constituir una variedad es necesaria aún en poblaciones que han sido sujetas a varios ciclos de mejoramiento (CIMMYT, 1985 a).

El nombre común de una variedad es por su lugar de origen, denominadas variedades autodescriptivas. Hay variedades nativas, son aquellas que se originan en un lugar determinado y ahí evolucionaron; las variedades criollas son las introducidas y adaptadas a las condiciones existentes en el lugar de adopción que multiplicándose libremente y por selección natural o dirigida han logrado producciones aceptables para los agricultores (Reyes, 1990).

2.11.1. Variedad de polinización libre.

Para el mejoramiento genético del maíz en México generalmente se ha partido de colectas obtenidas directamente con los productores, las cuales son evaluadas para detectar aquellas estirpes sobresalientes. Las colectas de material con características agronómicas y de rendimientos superiores han sido la base para la formación de híbridos y variedades de polinización libre de alto rendimiento. Las variedades de polinización libre son poblaciones, sin progenitores inmediatos definidos, donde se manifiestan los efectos genéticos de aditividad, dominancia y epistasis; sin que se optimicen el uso de un efecto en particular, una variedad criolla sería el caso más típico de este tipo de variedades (Mendoza, 1982).

Según CIMMYT (1985a), millones de hectáreas en el mundo en desarrollo son sembradas anualmente con variedades de polinización libre, porque aún reúnen las características apropiadas a esas vastas regiones donde las prácticas agrícolas tradicionales son todavía una regla. Las variedades mejoradas de polinización libre deben reunir atributos sobresalientes y las características deseadas por el agricultor que les permitan ajustarse a esas regiones del mundo:

1. El mantenimiento y producción de semilla de una variedad mejorada de polinización libre es relativamente sencillo al estar involucrado solo un componente. Las metas de producción de semilla pueden ser alcanzadas en forma fácil y rápida con variedades de polinización libre.
2. Variedades nuevas y mejoradas, extraídas de un programa en marcha de mejoramiento de una población, pueden remplazar en cualquier momento a las que estén usando, ya sea como nuevas variedades o como versiones mejoradas de las existentes. De manera similar, el cambio de una variedad por otra puede lograrse con rapidez; por ejemplo cuando una variedad es susceptible a una enfermedad necesita ser remplazada por una resistente.
3. Los costos de producción de semilla son relativamente bajos y la cantidad de semilla de variedades de polinización libre puede ser aumentada rápidamente, ya que la producción de grano lleva solamente dos categorías (Básica y Certificada) distantes de la semilla Original.
4. Las variedades de polinización libre tienen una clara ventaja donde la distribución de semilla es difícil y costosa. La semilla de estas variedades puede pasar de un agricultor a otro siendo guardada por el agricultor de año en año; observándose un efecto multiplicativo sobre el área a cubrir.

5. El intercambio de germoplasma ente programas nacionales es más fácil con variedades de polinización libre que con materiales de maíz de progenie cerrado, lo que involucra derechos de propiedad.

2.11.1.2. Métodos de mejoramiento del maíz de polinización libre.

En la formación de variedades, se mejora criollos o variedades con cierto grado de variabilidad, con el fin de obtener genotipos con amplia adaptabilidad y mayor rendimiento que los materiales criollos, a partir de algunos de los esquemas o metodologías de mejoramiento (por ejemplo: Selección Masal y Familiar), las cuales usan como punto de partida a criollos o bien, a uno o varias variedades con ciertas características más o menos uniformes. Manejándose a las poblaciones a mejorar, normalmente en lotes aislados y dependiendo de la metodología utilizada, se pueden o no controlar a los padres (CIMMYT, 1985a; Celis, 1982).

Este mejoramiento es particularmente valioso para las condiciones ecológicas y naturales que prevalecen en México, donde se tienen un gran número de agroecosistemas y por lo tanto, gran fuente de variabilidad genética (CIMMYT, 1985a). Debido a lo anterior, el Programa de Maíz de Valles Altos reenfocó su investigación en 1972 para dedicar sus esfuerzos hacia la obtención de variedades de polinización libre mediante Selección Masal, principalmente. (Celis, 1982).

Este mejoramiento, a su vez, es la base de una secuencia lógica dentro de los programas de mejoramiento genético, pues sirve como punto de partida para la derivación de líneas endogámicas y la subsecuente formación de variedades sintéticas y de híbridos posteriormente (Llanos, 1984).

2.11.1.2.1. Selección masal.

Es debida a Gardner (1961). Se parte de un compuesto de criollos o de una variedad que se siembra en un lote aislado. Se controla el efecto del medio ambiente con la estratificación por sublotos y se seleccionan las plantas con competencia completa en el campo. El número de plantas a seleccionar en cada lote denominado presión de selección, se predetermina y de esta forma se obtienen incrementos por ciclo del orden del 2 al 5 %. Existen diversas modalidades, siendo la más común y de fácil aplicación el método in situ que toma en cuenta una sola localidad, pero tiene la desventaja de que

las variedades mejoradas tienen una reducida adaptabilidad. Otras modificaciones son la Selección Masal Convergente- Divergente y la Rotativa, las cuales tienen la ventaja de producir materiales con amplia adaptabilidad (Celis, 1982; Llanos, 1984).

2.11.1.2.2. Selección familiar.

Es debida a Lonnquist (1964). Existen muchas modalidades y en casi todos los casos se tienen dos tipos de selección: entre familias y dentro de familias, las cuales pueden ser de medios hermanos o bien de hermanos completos tomando en cuenta que cada familia es una mazorca. Sus ganancias por ciclo oscilan en un 5 a 10 por ciento. Se necesita un lote aislado y normalmente se efectúa desespigamiento para controlar alguno o ambos padres (Celis, 1982).

Estas metodologías normalmente consideran varias localidades, teniendo en lotes de agricultores, la selección entre familias para ganar adaptabilidad y en el campo experimental el lote de selección dentro de familias, donde se selecciona hacia rendimiento y se tiene el control de alguno de los padres mediante desespigamiento o bien controlando a los dos padres mediante cruzamientos fraternales. Por lo anterior, estas metodologías son eficientes para obtener variedades con amplia adaptabilidad y buen rendimiento en menos tiempo que la selección masal, solamente que requieren de más presupuesto y de personal calificado (Celis, 1982; CIMMYT, 1985a)

De acuerdo con los métodos de mejoramiento genético se pueden identificar dos tipos de variedades comerciales de polinización libre; las variedades sintéticas, y las denominadas simplemente variedades. La producción de semilla en sus categorías de: original, básica, registrada y certificada, es similar y los volúmenes de las mismas dependerá mas bien de los recursos y necesidades del programa que las reproduzca e incremente cuyo objetivo central será mantener su identidad genética (Celis, 1982).

2.11.2. Variedad sintética.

2.11.2.1. Definición.

El sistema para producción de variedades sintéticas surgió de la necesidad de encontrar un método que permitiera aprovechar el efecto de heterosis en especies en que es costoso hibridar cada año, para producir semilla de primera generación para el cultivo (Llanos, 1984).

Una variedad sintética de maíz se obtiene a partir de la síntesis por cruzamiento, que resulta de hacer todas las combinaciones posibles entre un número de genotipos

seleccionados, en otras palabras, se obtiene con líneas de una o más variedades criollas sobresalientes de una serie de cruzas entre estas mismas produciéndose materiales que se mantienen por polinización abierta (Llanos, 1984). Porque de acuerdo con Reyes (1990), las variedades sintéticas de maíz representan una población de tipo intermedio entre las de polinización libre y los híbridos, tanto en su estructura genética como en su uso agrícola. De hecho los sintéticos son las generaciones avanzadas de híbridos formados por números mayores de líneas que los híbridos propiamente dichos: cruzas simples, cruzas de tres líneas y cruzas dobles, siendo tales líneas de alta aptitud combinatoria general. Los genotipos que integran la variedad sintética se eligen en función de su buena aptitud combinatoria general, a partir de una población heterogénea (Márquez, 1992).

2.11.2.2. Proceso de producción de variedades sintéticas.

De la población de origen se autofecundan un elevado número de plantas. De cada planta autofecundada se recogen las semillas por separado y se siembran al año siguiente en líneas o bloques de varias plantas repetidos al azar. El conjunto de todas las plantas se fecundan en polinización abierta. Las semillas reunidas de cada repetición provienen prácticamente del cruce de la planta autofecundada (primer año), correspondiente a dicha repetición, con todas las demás. Cada mezcla de semillas se prueba en los campos de ensayo al año siguiente, reservando una parte de dicha semilla. Del resultado del ensayo se extrae la información necesaria para quedarse con las mejores descendencias. De ellas se hacen partes iguales y se mezclan todas las semillas seleccionadas. Al reproducir esta mezcla de semillas tenemos la variedad sintética que el agricultor podría reproducir en determinadas condiciones durante uno-dos años sin gran pérdida de potencial productivo (Llanos, 1984).

2.12. Maíz híbrido.

El maíz híbrido representa el progreso individual más grande en la producción de este grano que se haya realizado desde que el hombre blanco lo descubrió hace unos 450 años. El maíz híbrido es superior a las variedades de polinización libre debido a que produce grano y forraje de mejor calidad, presenta rendimientos significativamente más elevados, tiene mayor resistencia a enfermedades e insectos, es más resistente al acame y a la sequía (Delorit, 1982).

El aumento de la producción de maíz se hizo posible principalmente gracias a la introducción de semillas híbridas de alta productividad, su obtención se basa en aprovechar el fenómeno de heterosis que se produce al cruzar dos líneas puras homocigóticas (Delorit, 1982; Llanos, 1982).

Cuando tales líneas se cruzan, la semilla resultante produce plantas híbridas muy vigorosas. Las variedades que se quieren cruzar deben sembrarse en hileras alternas, retirando las inflorescencias masculinas de una de ellas a mano, de manera que todas las semillas que se produzcan a partir de dichas plantas serán híbridas. Mediante una selección cuidadosa de las mejores líneas cruzadas, se pueden producir los híbridos de maíz más vigorosos y apropiados para el cultivo en una zona determinada, los cuales tendrán mayor producción de grano y mayor uniformidad en floración, altura de planta y maduración permitiendo la aplicación de una mejor tecnología pues son fáciles de cosechar y dan lugar a producciones más altas que los individuos no híbridos (Llanos, 1982; Reyes, 1990).

Los híbridos no transmiten su mayor vigor a la descendencia, por lo que es preciso cruzar todos los años las formas parentales para obtener una nueva cosecha de semillas híbridas. De esto se encargan las empresas semilleras y algunos agricultores e investigadores especializados en el cultivo de semillas híbridas. La hibridación aumenta el costo de la semilla, pero el mayor rendimiento compensa de sobra el gasto. Se han atribuido al maíz híbrido aumentos de rendimiento comprendidos entre el 25 y el 50% (Llanos, 1982).

2.13. Ventajas de las variedades sintéticas en comparación con los híbridos.

Aunque, en general, las variedades sintéticas no pueden competir con los híbridos comerciales de maíz, hay casos en que aquéllas pueden resultar más ventajosas que éstos (Llanos, 1984).

Actualmente es muy difícil encontrar las semillas mejoradas necesarias, que se adapten a toda la gama de condiciones ambientales donde se desarrollan los sistemas de producción familiar autosuficientes, de bajos ingresos, principalmente en temporal, o bajo condiciones de humedad residual o punta de riego (Reyes 1990).

En dichos lugares, al existir el problema de insumos, agua, fertilizantes, herbicidas, fungicidas, insecticidas y de tecnología avanzada no se puede aprovechar la potencialidad genética de la semilla de un híbrido. La utilización de variedades sintéticas es una alternativa a este problema, ya que son más adaptables a las condiciones del medio ambiente en zonas marginales, debido a la mayor variabilidad

genética que presentan en comparación con los híbridos, quienes por lo mismo son más vulnerables que dichas variedades a las epifitas. También Llanos (1984) señala, la utilidad de las variedades sintéticas para almacenar genes de reserva con vistas a los planes de mejora. La producción anual de híbridos necesita personal con un alto grado de especialización para mantener en pureza las líneas parentales y para producir semillas base y los híbridos comerciales, cada año. En fincas pequeñas o en condiciones de difícil asistencia técnica, los agricultores pueden encontrar en las variedades sintéticas de maíz un material más reproducible y conservable, con semilla más económica que los híbridos, no siendo necesario comprar semilla mejorada cada vez que se desee sembrar; se pueden escoger las plantas que tengan mejores mazorcas y que se encuentren en el centro de la parcela, o las que estén más alejadas de los sembradíos vecinos. Para el buen aprovechamiento de las variedades sintéticas se recomienda adquirir semilla nueva cada 5 o 6 años., de esta manera se renueva la pureza de la variedad sintética utilizada; es decir, se tendrá la seguridad de que no habrá alteraciones por cruza o mezclas con otras variedades (Milton, 1986).

2. 14. Mejora en las características agronómicas del maíz.

Existen varios factores limitantes en la producción y en la productividad en el cultivo de maíz, entre los cuales se citan los siguientes (Reyes, 1990):

1. Arquetipo de planta deficiente que dificulta una tecnología integral (siembra a cosecha):
 - a) Plantas muy altas y variables, con una relación rastrojo-grano igual o mayor a dos.
 - b) Plantas susceptibles al acame y eficiencias en la posición de sus hojas e inserción de mazorca.
 - c) Floración masculina muy variable e inflorescencia muy ramificada y demasiado vigorosa.
 - d) Maduración muy variable y relativamente tardía.
 - e) Planta fisiológicamente deficiente en el aprovechamiento del suelo, agua, atmósfera y luz.
2. Sanidad de planta:
 - a) Plagas de campo desde siembra hasta cosecha y almacén.
 - b) Enfermedades

3. Climas y sus factores:

- a) Temperatura y su variación durante el día y el año (heladas, granizadas y/o calor excesivo).
- a) Agua. Humedad del suelo y de la atmósfera (sequías e inundaciones).
- b) Vientos. Huracanes o desecantes.
- c) Acción conjunta de temperatura, humedad y aire.
- d) Luz. Días nublados y/o luminosos.
- e) Altitud y latitud.

4. Suelos:

- a) Textura, estructura y composición química.
- b) Fertilidad. Nula, escasa y/o productiva.
- c) Pendiente. Suelo plano o serranía.

5. Tecnología. Muy variable

- a) Agricultura de subsistencia.
- b) Agricultura comercial.
- c) Alta tecnología con alto uso de insumos e inversión de capital.
- d) Infraestructura necesaria para el almacenamiento, conservación y transporte

Pero también nuevos procedimientos de aprovechamiento de los productos del maíz, han ido reorientando la investigación en el campo de la mejora genética para obtener nuevas variedades. Por todo esto, las metas que se pueden considerar prioritarias actualmente en la mejora del maíz, podemos enumerar las siguientes (Llanos, 1984):

- 1. Mejor utilización de los principios nutritivos, especialmente del nitrógeno, por la planta.
- 2. Variedades más precoces para su introducción en zonas marginales por lo reducido del período libre de heladas.
- 3. Variedades resistentes al acame y de mayor eficiencia fotosintética.
- 4. Resistencia a plagas y enfermedades.
- 5. Tolerancia a los insecticidas.
- 6. Como denominador común se reconoce la necesidad de ampliar la base genética para no empobrecer, en aras de una excesiva especialización, los grandes recursos del germoplasma de la especie y sus posibilidades de adaptarse a nuevas situaciones originadas por variaciones introducidas por la técnica o bien originadas por cambios en el medio ambiente (nuevas plagas y enfermedades, etc.).

Por lo tanto, la disponibilidad de recursos genéticos, humanos y económicos hacen posible desarrollar plantas cuya estructura para condiciones específicas, les permita aprovechar mejor su hábitat. En la actualidad los fitomejoradores, se basan en la “eliminación de defectos y en la “selección para rendimiento”, formando plantas modelo para condiciones específicas ecológicas o de utilidad, que son más eficientes en fotosíntesis, crecimiento y producción de grano. Hay información dispersa indicando que el mejoramiento genético de la planta del maíz la ha hecho más eficiente en la producción de grano y características agronómicas (Reyes 1990). Es por ello, que el buen éxito de los programas de mejoramiento de maíz que utilizan líneas endogámicas, citan Palacios y Angeles (1990), depende en buena medida, de los procedimientos de prueba usados para la identificación de aquellas que al ser combinadas produzcan mejores híbridos o variedades sintéticas.

2.14.1. Precocidad del maíz.

El ciclo se mide por el número de días que transcurren desde que nace la planta hasta que alcanza su madurez fisiológica, lo que es lo mismo, hasta que el grano contiene como media el máximo de materia seca acumulable. Es entonces cuando tiene una humedad aproximada del 35 al 40 %. A partir de ese momento no hay más acúmulo de materia en el grano, aunque sí lo puede haber en los tallos. Después el grano pierde peso, al irse secando hasta que, llegado a un porcentaje de humedad del 14 al 16 %, conviene cosecharlo, conociéndose a este estado del grano como madurez agronómica (Llanos, 1984; Malaver, 1998).

La madurez fisiológica y la madurez agronómica dependen de la variedad, aunque la primera está más influida que la segunda por el carácter heredado, y esta última lo está en mayor grado por las condiciones del medio ambiente y por las técnicas de cultivo empleadas. El ciclo depende, por tanto, de la variedad y está modificado por las condiciones ambientales (iluminación, temperatura, humedad) y por las técnicas del cultivo (abonado, riego, preparación del terreno, entre otras); por ello el concepto de ciclo de una variedad es un valor relativo que puede cambiar de unos lugares a otros y en un mismo lugar, según las condiciones climáticas de cada año y las labores culturales que se empleen (Llanos, 1984).

La mejora de la precocidad de las variedades de maíz ha sido un antiguo objetivo perseguido en los planes de mejora genética. Su importancia actual se pone de mani-

fiesto considerando la necesidad de establecer variedades que alcancen regularmente la madurez fisiológica, o se acerquen a ella, antes de las heladas, asimismo, que antes de la cosecha se sequen lo suficiente como para poder almacenarlos sin riesgo o presenten el contenido de humedad adecuado para ser sometidos a la secadora (Aldrich, 1974).

González (1995), menciona que se acostumbra a clasificar a las poblaciones de maíz en precoces, intermedias y tardías en base al número de días que transcurren desde la siembra hasta la floración, pero que una clasificación más adecuada sería considerando los días transcurridos desde la fecha de siembra hasta la madurez fisiológica, ya que ésta abarca el ciclo vegetativo completo de las plantas, y en cambio la floración es únicamente una etapa intermedia.

Se puede definir como precocidad, el tiempo mínimo requerido para que una planta pueda alcanzar su madurez fisiológica, desde el punto de vista de su aprovechamiento, ya sea por sus frutos, flores, raíces, tallos, látex, fibras, es entonces un fenómeno de diferenciación de las células del individuo cuya manifestación puede apreciarse en el transcurso del ciclo vegetativo del mismo, por la aparición de indicios tales como flores, contenido de sustancias de reserva, aumento en tamaño de algún órgano determinado, color o consistencia del mismo, contenido de agua, etc. (Llanos, 1984; Tadeo *et al*, 2005).

En el maíz son apreciables la floración y las llamadas madurez lechosa-masosa, siendo útiles para apreciar en forma comparativa, la precocidad de una o un grupo de plantas a otras. La precocidad está determinada tanto por características hereditarias de la planta, como por el medio ambiente (su respuesta al fotoperíodo, a la temperatura, a la altitud, al tipo de suelo, y a la distribución de humedad, durante el ciclo de crecimiento) (Llanos 1984; González 1995).

Por lo tanto en este cultivo, la fecha en que aparecen los estigmas es un índice común de la precocidad el cual puede ostentar variaciones varietales entre sesenta y noventa días, aún cuando el porcentaje de humedad en el momento de la cosecha también da una medida de la precocidad relativa (Llanos, 1984; Tadeo, 2004a; Malaver, 1998).

2.14.2. Resistencia al acame.

La resistencia al acame es una característica conveniente en cualquier variedad o híbrido de maíz. Las pérdidas de rendimiento que causa el acame pueden deberse a la caída o a la rotura de la planta (Milton, 1986). Que la plantación presente un alto porcentaje de

plantas acamadas depende de varios factores ambientales (tipo de tierra, vientos, etc.) y de las técnicas de cultivo (abonado, densidad de plantación, etc.), de modo que la propensión heredada por la variedad se manifestará de forma diferente en función de dichos factores naturales o técnicos, y podrá representar un problema económico más o menos grave.

Como todos los factores heredables muy influidos por el medio, la resistencia al acame es de difícil selección para su incorporación a una variedad comercial (Llanos, 1984).

Los productores siempre han deseado que su maíz se mantenga erguido hasta el momento de la cosecha (Aldrich, 1974), pues es frecuente que las mazorcas de las plantas acamadas se pierdan durante la cosecha. Dichas pérdidas son directamente proporcionales a la cantidad de maíz que se deja en el campo. Las pérdidas se deben también al hecho de que el acame favorece el desarrollo de mazorcas de poco peso y maduración incompleta, por lo tanto, la calidad del grano puede reducirse si el tallo se rompe de tal modo que la mazorca se ponga en contacto con el suelo y sufra daño (Milton, 1986).

Además, actualmente, como la cosecha manual ha sido sustituida por la mecánica, la capacidad para mantenerse en pie resulta esencial, porque la aplicación de medios mecánicos para la recolección se ve dificultada por un alto porcentaje de plantas acamadas, las cuales ocasionan pérdidas en el rendimiento, inconvenientes y peligro real para el operario que maneja la recolectora (Llanos, 1984; Aldrich, 1974).

Debido a esto, sea cual sea el sistema de cosecha que se emplee, es de elevada importancia que las variedades de este cultivo maduren uniformemente y que sean resistentes al acame (Llanos, 1984).

Por tanto, es necesario tener en cuenta en los planes de mejora, como un fin importante, la selección por resistencia a esta rotura.

Como características internas de la variedad relacionadas con su propensión o resistencia al acame deben seleccionarse las siguientes:

- Plantas de altura baja. Las líneas con plantas cortas y mazorcas bajas generalmente son menos susceptibles al acame que las líneas con plantas altas y las mazorcas localizadas a mayor altura, además las mazorcas localizadas a poca altura en el tallo se pueden cosechar con mayor facilidad que las mazorcas situadas a mayor altura. (Milton, 1986). La altura del tallo es variable y es característica varietal, genética y ambiental, el rango varía de 0.30m a 5.5 m. y su altura es el resultado del número y longitud de los entrenudos (Reyes, 1990).

2.15. Siembras en Valles Altos con temporal desfavorable.

2.15.1. Temporal desfavorable en México.

La siembra de temporal conocida también como cultivo de secano, se practica en amplias áreas maiceras del mundo. En México más del 82.7% de la superficie cultivada por maíz es de temporal; esto explica, al menos parcialmente la baja producción unitaria promedio nacional. Para nuestro país donde la mayor parte del maíz se cultiva en temporal, la cantidad, distribución y eficiencia de la lluvia son factores fundamentales para la producción de maíz. (Tadeo *et al*, 2005)

Se ha convenido considerar un temporal deficiente aquellas regiones con precipitaciones de 400 a 600 mm anuales (ver Anexo a) y mal distribuidas, con temperaturas extremas y veranos muy cálidos que provocan alta transpiración y evaporación, presencia de heladas tardías y tempranas, vientos y granizadas. Sembrar en estas condiciones es un riesgo y una alta convicción de baja producción o la esperanza de cosechar al menos rastrojo (Garduño, 200; Llanos, 1985; Reyes, 1990).

Las investigaciones en maíz han confirmado que la deficiencia de agua en el suelo durante el periodo de floración e inicio del llenado del grano es particularmente crítica para el rendimiento de grano en maíz. Esta observación es de especial importancia, dada la distribución bimodal de la precipitación pluvial en algunas regiones del país, presentándose una sequía a mediados de la estación lluviosa conocida por los agricultores como “canícula” o veranito. La causa de la sequía a medio verano obedece a cambios en la circulación aérea que año con año tiene lugar sobre el golfo de México. El fenómeno en cuestión tiene una duración diferente, dependiendo del área de que se trate y el mínimo de precipitación puede caer en julio, agosto o septiembre, estos son los meses en que el maíz sembrado entre febrero y junio llega a las etapas críticas en que la escasez de agua afecta directamente al rendimiento (Reyes, 1990).

El daño al maíz por efectos de calor y sequía o de ambos fenómenos a la vez por factores asociados a ellos, como una mayor caída de mazorcas, un ataque más fuerte del carbón o un mayor daño por insectos, tiene como efecto total; una reducción en el rendimiento, y calidad del maíz. Este cultivo durante su ciclo agrícola de desarrollo requiere tiempo caluroso en el día, y fresco en las noches, con problemas cuando la temperatura promedio es inferior a 18.9°C durante el día y 12.8°C durante la noche. En general, la mayor producción de este cereal se logra en aquellos climas en donde las

temperaturas en los meses calurosos varían entre 21°C y 27°C, con un periodo libre de heladas en su ciclo agrícola variable de 120 a 180 días (Llanos, 1984; Reyes 1990).

Aldrich (1974), informa que la temperatura mínima para el crecimiento es 12.8°C, la máxima 40.8°C y la óptima entre 26.7°C y 29.4°C, si la humedad en el suelo es suficiente para balancear las pérdidas de humedad por transpiración y evapotranspiración. Cuando la humedad del suelo es escasa la temperatura óptima es inferior a 26.7 °C.

Escasas progenies y variedades germinan satisfactoriamente a 10°C. Temperaturas entre 8°C y 12°C retardan la germinación, dificultan la emergencia de las plántulas y exponen a la semilla a daños ocasionados por organismos en el suelo. Por otro lado temperaturas muy altas durante la siembra pueden afectar a las plántulas o, semillas en germinación, si hay escasez de humedad (Aldrich, 1974).

Las plantas son muy susceptibles a las altas temperaturas en los periodos de floración, dañando el polen y los estigmas. Las temperaturas de 4°C o menos, afectan a las plantas en cualquier estado de desarrollo. Cuando las temperaturas de congelamiento ocurren en las primeras fases de desarrollo (8 a 10 cm de altura de la planta), pueden recuperarse lentamente. Si las temperaturas de congelamiento ocurren en estado lechoso los daños son severos (Reyes, 1990).

Por lo mismo, las heladas son un riesgo serio en la producción del maíz; aunque las heladas tardías de primavera pueden ser dañinas, las heladas de otoño generalmente ocasionan los mayores perjuicios. Las heladas de primavera pueden destruir las hojas que están sobre el suelo y retardan el crecimiento. Sin embargo, debido a que el punto de crecimiento de la planta se encuentra protegido por estar en esa época debajo de la superficie del suelo, la mayor parte de las plantas se recuperan a menos que la helada sea muy fuerte. Si continúa tiempo favorable para el crecimiento, las plantas se recobran y producen buenos rendimientos. Por otra parte, las heladas tempranas pueden producir un gran daño al maíz. Estas heladas pueden lesionar a las hojas a tal grado que se retarda la elaboración de alimentos y si es suficientemente severa cesa por completo. Como resultado de ello: (a), la maduración es retardada o impedida; (b) el rendimiento y la calidad se reducen; (c) se ocasionan problemas de almacenamiento debido al alto contenido de humedad del grano. A este tipo inmaduro del maíz comúnmente se llama maíz suave. Puede contener hasta del 40 al 60 % de humedad (Delorit, 1982).

El conocimiento de las temperaturas es fundamental para seleccionar la fecha óptima de siembra, eligiendo aquellas épocas libres de heladas en la germinación, en la floración y

en la madurez del grano. En cuanto a los vientos, si estos son secos y cálidos aumentan las pérdidas de agua y en algunas zonas reducen considerablemente los rendimientos (Reyes, 1990).

2.15.2. Condiciones de temporal desfavorable en los Valles Altos.

Aproximadamente una cuarta parte de la superficie de temporal del país, cultivada con maíz, se encuentra localizada en los Valles Altos; regiones que abarcan parte del Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla, comprendidas entre los 2000 y 2600 msnm (ver Anexo a), en las cuales existen zonas con temporal no favorable predominando las siguientes condiciones (Peña y Rodríguez, 1988; Tadeo *et al*, 2004a):

- a) Agricultura dependiente del agua de lluvia.
- b) Precipitación pluvial total anual que va de regular a mala a través del año.
- c) Mala distribución del agua de lluvia.
- d) Presencia de heladas tardías y tempranas, reduciendo la estación de crecimiento con temperaturas favorables de 120 a 140 días.
- e) Presencia de granizo.
- f) Suelos poco fértiles, erosionados o con mal drenaje.

En los Valles Altos el ciclo de crecimiento de las plantas está fijado básicamente por la ausencia y presencia de heladas tardías y tempranas, respectivamente, así como por la iniciación de la época de lluvias (Martínez; 1994).

Actualmente, en estas regiones maiceras, se presentan las condiciones ambientales antes citadas, en los meses de marzo hasta mediados de abril, haciendo que los agricultores retrasen sus fechas de siembra, anteriormente programadas en esos meses, hasta mayo y junio, dentro del cual se sabe que el temporal es más estable, sin embargo, dicha actividad acorta la estación de crecimiento efectiva del maíz (longitud de tiempo durante el cual la humedad y la temperatura no representan en promedio una restricción para que el cultivo se desarrolle), incrementando el riesgo de exposición a heladas en la etapa previa a la maduración del grano. En consecuencia el productor muchas veces debe decidirse si usará variedades de madurez temprana que, aseguren que la madurez fisiológica del grano ocurrirá antes de que se presente la primera helada (Mendoza, 1982; Arteaga y Tijerina, 1989).

Como el maíz es muy poco tolerante a las heladas, su ciclo de crecimiento estará limitado, por el periodo de tiempo libre de estas. Dicho periodo no puede utilizarse

completamente, pues su duración varía de un año a otro, por lo que es necesario disponer de un cierto margen de seguridad mediante el cultivo de variedades suficientemente precoces, para madurar incluso en localidades de los Valles Altos donde la estación de crecimiento es corta (Tadeo *et al.*, 2005).

Hasta la fecha existen híbridos y variedades de polinización libre que se recomiendan para siembras de riego o para siembras de temporal; los híbridos se recomiendan para condiciones favorables y regulares, y las variedades de polinización libre para condiciones más limitantes. (Mendoza, 1982).

Así cuando las condiciones son favorables para la siembra temprana en marzo y abril, porque hay humedad en el suelo y se va a contar con un lapso más o menos grande para el crecimiento vegetativo, se utilizan para su siembra granos de maíz de coloración blanca, sin embargo; cuando esas condiciones se presentan más tarde, hasta mayo o junio, y hacen riesgoso la producción con los materiales anteriores se utilizan granos amarillos, que son genotipos precoces y de buen capacidad productiva (Salinas 2001; Mendoza, 1982).

2.16. Rendimiento.

Se reconoce en la agricultura, que existen dos tipos de rendimiento; el biológico y el agronómico, el primero representa la producción total de materia seca por unidad de superficie en un tiempo dado y el segundo se refiere al volumen o peso de aquellos órganos de valor económico para el hombre por planta o por unidad de superficie por tiempo (Cruz, 1995; Pons *et al.*, 1991)

El rendimiento no es una característica fácil de predecir ni de herencia simple. La planta de maíz puede tomarse como una fábrica que produce paquetes de energía: los granos. El rendimiento, tal como le interesa al productor, es el peso del grano seco producido por hectárea, que corresponde al peso del grano de cada planta multiplicado por el número de plantas por hectárea, en donde su incremento es el criterio fundamental en el mejoramiento genético del maíz en México y otros países del mundo (Aldrich, 1974; Cruz, 1995).

2.16.1. Componentes del rendimiento.

Kohashi (1979) citada por Cruz (1995) y Milton (1986), afirman que el rendimiento agronómico es la consideración fundamental en la producción de maíz, y está en

función del genotipo, ambiente que lo rodea y de la interacción de estos factores, manifestado a través del funcionamiento y de la interacción de muchos componentes de procesos fisiológicos de la planta, los cuales varían con el genotipo.

Por lo tanto, un mayor rendimiento de grano se logra solamente cuando se puede obtener una combinación apropiada de genotipo ambiente (Pons *et al.*, 1991).

Reyes (1990), confirma lo anterior, al explicar que existen componentes correlativos del rendimiento como son: longitud, número de hileras, peso del grano y número de mazorcas por planta, los cuales presentan baja heredabilidad, es decir, se ven sumamente afectados por el medio ambiente, por lo que Aldrich (1974) asegura que no se puede elegir una variedad o híbrido porque tenga espigas grandes, muchas hileras de granos, granos grandes o varias espigas por planta, e inmediatamente asegurar que producirá un rendimiento inmejorable. Después de estas consideraciones, cita el autor, que el mejor procedimiento consiste en examinar los registros de las pruebas de comportamiento realizadas en su zona durante varios años, y evaluar los rendimientos en su propio establecimiento.

Sin embargo, Tanaka y Yamaguchi (1969), aseguran que el número de granos por unidad de área sembrada o sea la cuantía o el tamaño de la demanda fisiológica, es el que determina el rendimiento en grano de maíz, y esta compuesto de:

- a) Número de plantas por unidad de área sembrada. Está bajo el control de los métodos de cultivo y puede ser incrementando al aumentar la densidad de siembra.
- b) El número de mazorcas por planta.
- c) El número de granos por mazorca. El número de granos por mazorca es el producto del número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera. Muchos híbridos producen de un 15 a un 20% más de grano que las variedades disponibles de polinización abierta. Por regla general, el maíz híbrido produce un mayor porcentaje de semilla comercial (Wilson, 1975).

2.17. Calidad de la semilla.

La calidad de la semilla puede definirse según Tadeo y Espinosa (2004) como el nivel o grado de excelencia, el cual es asumido por las semillas solamente cuando son

comparadas con un estándar aceptable. La semilla puede ser superior, buena, mediana o pobre en calidad.

La calidad de las semillas de maíz se establece con la interacción de sus componentes genéticos, fisiológicos, físicos y sanitarios, mismas que se determinan durante el ciclo biológico de la planta que les da origen y son afectadas por el ambiente en que se producen (Gutiérrez et al, 1991):

1. Componente genético.
2. Características físicas.
3. Componente fisiológico.
4. Componente sanitario (Tadeo y Espinosa, 2004).

1. Componente genético.

La calidad genética es mayor cuando se asegura la pureza varietal de acuerdo con la semilla original y está relacionada con la copia fiel de la variedad obtenida por el mejorador.

2. Características físicas.

Se refiere al nivel de excelencia con respecto a tamaño, forma, color, brillantez, densidad, entre otras características. Considera también porcentaje de semilla pura, peso de la semilla.

En la cosecha se trata de controlar las mezclas físicas, daño mecánico, etc.

Los agricultores han preferido históricamente semillas grandes, pero esta actitud tiende a cambiar.

Las semillas pequeñas germinan bien en condiciones favorables.

Unos de los aspectos importantes durante la cosecha es el contenido de la humedad al que se debe de iniciar la recolección de semilla con el objetivo de evitar al máximo el daño mecánico, además de que todo el equipo que se utilice durante la recolección, deberá estar limpio, para evitar las mezclas de semilla con otros lotes que se hallan cosechados con anterioridad.

3. Componente biológico o fisiológico.

Está integrado por características relacionadas con la capacidad metabólica y fisiológica para establecer nuevas plántulas y plantas sanas. Tales como:

- 1.-Germinación: Proceso de reinicio del crecimiento activo que inicia con la imbibición:
 - Activación enzimática.
 - Ruptura de la cubierta seminal y emergencia de la plántula.

-Establecimiento de la plántula.

2.-Viabilidad: Palabra que se refiere a la presencia de vida, con las funciones relacionadas, es decir que realiza respiración.

3.- Vigor: Es la suma total de aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla o lote de semillas, durante su germinación y emergencia de la plántula.

4. Componente sanitario.

Se refiere al hecho de que la semilla se encuentre libre de microorganismos (hongos, bacterias y virus), que representen una seria dificultad para la producción de semilla de alta calidad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Ubicación geográfica.

El experimento se realizó durante el ciclo Primavera-Verano 2004, bajo condiciones de temporal, en la parcela experimental No 7 de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, perteneciente al Municipio de Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, que se encuentra a los 19° 41'35" de Latitud Norte y a los 99° 11'42" de Longitud Oeste, a una altitud de 2252 msnm.

3.2. Condiciones edafoclimáticas.

La región presenta clima templado C (Wo) (w) b (i') que corresponde para las condiciones de México al más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias en verano, e invierno seco con menos del 5% de la precipitación anual (García 1973).

La temperatura media anual es de 15.7 ° C. El mes más frío es enero con 11.8° C en donde la temperatura mínima corresponde a los 2.3 ° C. El promedio anual de días con heladas es alto, 64 días, abarcando desde octubre hasta abril, siendo más frecuentes en diciembre, enero y febrero; las heladas tempranas se pueden presentar entre el 8 y 10 de septiembre y las tardías hasta el mes de mayo. El mes más caliente es junio con 18.3° C, cuya temperatura máxima es de 26.5 ° C. La precipitación de la zona es de 605 mm., concentrándose en los meses de mayo a octubre siendo junio el mes más lluvioso con 128.9 mm y febrero el más seco con 3.8 mm, en promedio. Las probabilidades de lluvia aquí son menores al 50%, por lo que es indispensable contar con riego. La frecuencia de granizadas es baja, observándose principalmente en verano (Estación Almaráz, FESC, UNAM, 2000).

De acuerdo con el sistema FAO los suelos de la FES-Cuautitlán han sido clasificados como Vertisoles pélicos los cuales presentan una textura fina arcillosa; son pesados, difíciles de manejar al ser plásticos, adhesivos cuando están húmedos y duros cuando se secan, formando de esta manera grietas profundas; pueden ser impermeables al agua de riego y/o de lluvia. Se sabe por información proporcionada en el Departamento de Suelos de la FESC, UNAM, que tienen un ph ligeramente ácido, de 6 a 7; con un contenido medio de materia orgánica, alta saturación de bases y mediana Capacidad de Intercambio Catiónico.

3.3. Material genético.

Se evaluaron las siguientes seis variedades sintéticas de maíz amarillo, las cuales presentan ciclo precoz (menos de 135 días desde siembra a madurez fisiológica), así como textura de grano cristalina (se identifican con la letra “C”) y textura de grano dentado (se identifican con la letra “D”).

1. Oro Ultra 1C
2. Oro Ultra 2C
3. Oro Ultra 3C
4. Oro Plus 1D
5. Oro Plus 2D
6. Oro Ultra UNAM C

Como testigos se manejaron los siguientes materiales, utilizados en los Valles Altos

1. Una variedad mejorada de grano amarillo y ciclo precoz denominada Amarillo Zanahoria
2. Una variedad de grano blanco y ciclo intermedio llamada V-23 (Huamantla) y
3. Un híbrido de cruzada doble con grano blanco y ciclo intermedio denominado H-33, resultado de la combinación de dos cruces simples de alto rendimiento.

3.4. Diseño experimental.

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con 9 Tratamientos y 3 repeticiones, dando un total de 27 unidades experimentales.

Dicho diseño se aplicó porque es preciso, simple de analizar y principalmente para muestrear la variabilidad del suelo que podía existir entre los diferentes tratamientos.

El diseño de bloques al azar se realizó aleatorizando los tratamientos o variedades dentro de cada estrato o subgrupo.

3.5. Tamaño de la parcela.

La parcela experimental estuvo constituida por un surco de 5 metros de largo por 90 centímetros de ancho, dando un total de 4.5 m² como parcela útil.

3.6. Manejo agronómico.

3.6.1. Preparación del terreno

3.6.1.1. Barbecho.

Esta operación se realizó para incorporar los residuos del cultivo anterior, combatir las malezas y los insectos invernantes, aflojar el suelo para mejorar su aireación y lograr una mejor descomposición de la materia orgánica, con ello se aumenta la fertilidad del suelo y se obtiene una mejor preparación del terreno para la siembra. Se ejecutó con un tractor NH810 de 110 HP (caballos de fuerza), cuyo implemento fue un arado de 5 discos reversibles hidráulicamente a una profundidad de 30 cm.

3.6.1.2. Rastreo.

Después de la anterior labor se efectuó un paso de rastra para desbaratar los terrones, esto se hizo con el mismo tractor NH810 de 110 HP (caballos de fuerza) cuyo implemento fue una rastra de tiro de 28 discos a una profundidad de 20 cm.

3.6.1.3. Cruza.

Con el fin de obtener un suelo completamente mullido se realizó la labor denominada cruza que es otro paso de rastra pero en sentido contrario a la primera, con el mismo tractor NH810 de 110 HP (caballos de fuerza), y con el mismo implemento que fue una rastra de tiro de 28 discos a la misma profundidad de 20 cm.

3.6.1.4. Surcado y fertilización.

El surcado y la fertilización se hicieron al mismo tiempo con una sembradora John Deere MP-25 de tres cuerpos o rejas. El surcado se llevó cabo a una distancia de 90 cm entre surcos y la fertilización se realizó en banda, a una dosis de 70-40-00 de Urea y Fosfato de Amonio, a una profundidad de 20cm., siguiéndose lo que la guía técnica recomienda para la zona, en la cual los cultivos han dado buena respuesta a dicha fertilización.

3.6.2. Siembra.

La siembra se realizó el día 21 de junio del 2004, con pala, depositando cuatro semillas por golpe cada 50 cm, a una profundidad de 7cm, llevándose a cabo después de tres meses un aclareo, para dejar de esta forma solo 3 plantas, obteniéndose una densidad de

73 333 plantas /ha; se manejaron surcos borderos tanto al inicio como al final de la parcela donde se estableció el experimento, para que las plantas de la orilla tuviesen competencia completa.

3.6.3. Control de maleza.

Se llevó a cabo con la aplicación de herbicida postemergente Sanson (cuyo ingrediente activo es Nicosulfuron: 2-(4,6-dimetoxipirimidin-2-ilcarbomoilsulfamoil)-N, N-dimentilnicotinamida- 4.17% - Equivalente a 40 g de I. A. /L. (Thompson PLM, 2004) a una dosis de un litro por hectárea. Esta aplicación se efectuó con el mismo tractor NH810 de 110 HP (caballos de fuerza) cuyo implemento fue la aspersora Asperjet de 400Lt con un aguilón de 13 boquillas de abanico.

3.6.4. Cosecha.

Se cosechó de manera manual, el día 26 de noviembre del 2004, cada uno de los surcos, exceptuando a los borderos de la parcela experimental.

3.7. Variables evaluadas.

Se evaluó un total de 22 variables en consonancia a la metodología recomendada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (1985) para este tipo de ensayos, de estas mismas, las 10 primeras, determinaron características agronómicas de los materiales genéticos utilizados en este experimento; dos establecieron la calidad de la semilla y las últimas 10 los componentes del rendimiento de dichas variedades de acuerdo con el.

3.7.1. Días a floración masculina.

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50% de las plantas emitían polen.

3.7.2. Días a floración femenina.

Se consideró el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50% de las plantas de la parcela presentaban estigmas de 2 a 3 cm de largo.

3.7.3. Altura de planta.

En 5 plantas seleccionadas al azar, se midió la distancia en centímetros con un estadal graduado de 3m con divisiones cada 5 cm, desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga (panoja), tomándose el promedio de ellas como dato final.

3.7.4. Altura de mazorca.

En las mismas 5 plantas, se determinó la distancia en centímetros con un estadal graduado de 3m con divisiones cada 5 cm, desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta, tomándose el promedio de ellas como dato final.

3.7.5. Sanidad de planta.

Se utilizó una escala de uno a diez, dependiendo los daños en cuanto a enfermedades que presentaba cada planta; siendo uno para las más afectadas y diez a las más sanas.

3.7.6. Plantas horras.

Se contó el número de plantas por parcela que no tenían mazorcas.

3.7.7. Plantas cuatas.

Se contó el número de plantas por parcela que presentaron dos mazorcas.

3.7.8. Número de plantas cosechadas.

Se registró el número de plantas cosechadas de cada parcela sin importar si tenían una, dos o ninguna mazorca.

3.7.9. Mazorcas buenas y mazorcas malas.

Se realizó la separación de mazorcas sanas y enfermas, y se prosiguió al conteo de las mismas, anotándose dicho dato.

3.7.10. Sanidad de mazorca.

Se utilizó una escala de uno a diez, dependiendo de los daños en cuanto a enfermedades que presentaba cada mazorca; siendo uno para las más afectadas y diez a las más sanas.

3.7.11. Peso de 200 granos.

De una muestra desgranada de 5 mazorcas se contaron 200 granos y se pesaron con una balanza digital PM30-K con capacidad de 32 Kg, marca metler.

3.7.12. Peso volumétrico.

Se desgranó y homogeneizó completamente el grano de las 5 mazorcas, pesándolo en una balanza de peso hectolítrico marca Ohaus para de esta forma, obtener la relación del peso de la muestra a un volumen de litro.

3.7.13. Longitud de mazorca.

Se midieron desde la base hasta la punta 5 mazorcas obtenidas por cada parcela, con una regla metálica de 30 cm, obteniéndose de esta forma un promedio como dato final.

3.7.14. Diámetro de mazorca.

Se le midió a cada una de las 5 mazorcas su parte media con un vernier.

3.7.15. Diámetro de olote.

Una vez desgranadas las cinco mazorcas, se le midió con el vernier en la parte media de los olotes.

3.7.16. Número de granos/ hileras.

Se contaron los granos de una hilera de cada una de las cinco mazorcas desde la base hasta la punta.

3.7.17. Número de hileras/ mazorca.

Se determinó en una muestra de 5 mazorcas, contando las hileras de cada una y utilizando su promedio.

3.7.18. Granos/mazorca.

Se obtuvo de la multiplicación del número de granos /hilera por el número de hileras / mazorca.

3.7.19. Peso de campo.

Después de cosechar todas las plantas de la parcela, se registró en kilogramos el peso de las mazorcas con olotes, utilizando una báscula tipo reloj con capacidad de 30 Kg.

3.7.20. % de materia seca.

De una muestra de 100 gramos de grano por parcela, obtenida en base a las mazorcas buenas, se calculó su humedad en porcentaje por medio de un determinador digital moisture computer 700 marca Burrows, para posteriormente restarle el 100% y así determinar el % de materia seca.

3.7.21. % de grano.

Resultó de la relación entre el peso del grano y el peso total de la muestra, por 100, es decir:

$\frac{\text{Peso de 5 mazorcas sin olote}}{\text{Peso de 5 mazorcas con olote}} \times 100 = \% \text{ grano}$

Peso de 5 mazorcas con olote

3.7.22. Rendimiento.

Se calculó con la siguiente fórmula, expresándola en Kg /Ha;

Rendimiento= $\frac{P.C. \times \%M.S. \times \%G \times F.C.}{8600}$

8600

P.C. = Peso de campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas por parcela expresada en Kilogramos.

% M.S = Porcentaje de materia seca de la muestra de grano de cinco mazorcas recién cosechadas.

% G = Porcentaje de grano, producto de la relación grano-olote.

F. C. = Factor de conversión para obtener rendimiento por hectárea. Se obtiene al dividir 10 000 m²/ tamaño de la parcela útil en m².

8600= constante para estimar el rendimiento con humedad comercial del 14% (CIMMYT, 1985).

3.6. Análisis estadístico.

Utilizando la información de las medias de cada variable, de cada una de las parcelas, se realizó el análisis de varianza, de acuerdo al modelo de bloques completos al azar por medio del programa SAS (Sistema de Análisis Estadístico).

$$\text{Modelo: } Y_{ij} = \mu + \mu_i + t_j + \epsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, r = \text{bloques} \\ j = 1, 2, \dots, t = \text{tratamientos} \end{array}$$

Donde:

Y_{ij} = Observaciones en el bloque i con el tratamiento j

μ = Media general

μ_i = Efecto del i – ésimo bloque

t_j = Efecto del j – ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental

El método que se llevó a cabo para realizar la comparación de medias fue la prueba de rango múltiple de Tukey ($p = 0.05$), a través del mismo programa de análisis estadístico, con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$DSH = q ; t_n \frac{CME}{r}$$

donde:

DSH = Diferencia significativa honesta

$q ; t_n$ = valor tabulado del rango estandarizado al nivel de significancia de la prueba, para comparar t medias de tratamiento con $n = (r-1) (t-1)$ grados de libertad del error experimental.

CME = Cuadrado medio del error.

r = Número de bloques completos del experimento

IV. RESULTADOS.

4.1. Análisis de varianza.

En el cuadro 1 se aprecia que para el factor tratamientos, la mayoría de las variables presentaron diferencias altamente significativas al 0.01 de probabilidad, mostrándose solamente el peso de 200 granos y las hileras/mazorca con diferencias significativas al 0.05, en cambio las variables: mazorcas malas, sanidad de mazorca, plantas cuatas, plantas horras, longitud de mazorca, granos/hilera y diámetro de olote no manifestaron diferencia estadística significativa.

Con respecto al factor de variación repeticiones, en la variable diámetro de mazorca se detectó diferencia altamente significativa, las variables altura de mazorca y peso volumétrico mostraron diferencias significativas, en la mayoría de las variables no se detectaron diferencias significativas.

El coeficiente de variación más alto fue el correspondiente al porcentaje de plantas horras con 123.4%, el valor más bajo correspondió a la variable floración masculina con 1.5%, para la variable rendimiento el coeficiente de variación fue 21.3% y la media de rendimiento fue 3405.7 kg/ha.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística de variables evaluadas en variedades de polinización libre de maíz amarillo en Cuautitlán. México, 2004.

VARIABLES	CUADRADOS MEDIOS		C.V. (%)	MEDIAS
	TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
Rendimiento (kg/ha)	3339154.6**	102428.7NS	21.3	3405.7
Floración masculina (días)	13.3**	0.7NS	1.5	70.5
Floración femenina (días)	16.8**	1.4NS	2.1	72.8
Altura de planta (cm)	1686.6**	153.2NS	4.3	212.9
Altura de mazorca (cm)	1179.9**	260.5*	7.4	112.2
Mazorcas buenas	110.7**	2.8NS	24.8	19.4
Mazorcas malas	4.9NS	1.4NS	97.3	2.4
Mazorcas totales	138.9**	5.5NS	16.6	22.3
Plantas cosechadas	140.7**	5.8NS	17.4	21.8
Sanidad de planta	1.5**	0.5NS	5.9	7.4
Sanidad de mazorca	1.5NS	0.0NS	12.5	8.3
Plantas cuatas	3.9NS	1.8NS	112.7	1.7
Plantas horras	2.2NS	1.3NS	123.4	1.3
Peso volumétrico (kg/Lt)	4481.5**	1837.0*	2.7	734.0
Peso de 200 granos (g)	107.7*	2.3NS	9.6	60.2
Long. de mazorca (cm)	2.9NS	3.6NS	8.0	13.6
Hileras/mazorca	10.3*	4.3NS	9.4	14.7
Granos/hilera	17.7NS	15.1NS	11.3	27.2
Granos/mazorca	22618.5**	10311.3NS	13.8	402.5
Diámetro de mazorca (cm)	0.6**	0.3**	4.6	4.4
Diámetro de olote (cm)	0.9NS	0.6NS	31.6	2.6

**Altamente significativo (0.01); *Significativo (0.05); NS (No significativo).

4.2. Comparación de medias.

En el cuadro 2, se observa que para el rendimiento se establecieron tres grupos de significancia, en el primero se ubicaron uno de los testigos denominado V-23, la variedad Oro Plus 1D, el testigo H-33, y las variedades amarillas Oro Ultra UNAM C, Oro Ultra 3C, Oro Plus 2D y Oro Ultra 1C, quienes fueron estadísticamente similares entre sí. Dentro de estos materiales destacó, por su capacidad de rendimiento, la variedad V-23 ya que produjo 5494 kg/ha. Le siguieron en capacidad productiva, la variedad Oro Plus 1D y el híbrido H-33 las cuales obtuvieron rendimientos superiores a los 4000 kg/ha. Otras variedades pertenecientes al grupo que rindieron más de 3400 kg/ha fueron Oro Ultra UNAM C, Oro Ultra 3C, Oro Plus 2D y Oro Ultra 1C. Los materiales del anterior grupo superaron significativamente a la variedad Oro Ultra 2C ubicándose esta misma en el segundo grupo que a la vez, con una producción de 2837 kg/ha, superó al Amarillo Zanahoria quien rindió únicamente 529 kg/ha perteneciendo por lo tanto al tercer grupo de significancia.

Para la variable días a floración masculina, se formaron 2 grupos de significancia, en el primero se encontraron dos de los testigos más tardíos, la variedad V-23 y el H-33 con 74 días a floración. Ubicándose en el segundo a los siete genotipos restantes (Oro Plus 1D, H-33, Oro Ultra UNAM C, Oro Ultra 3C, Oro Plus 2D, Oro Ultra 1C, Oro Ultra 2C y Amarillo Zanahoria) más precoces con 69 y 70 días a floración masculina, incluyendo al testigo Amarillo Zanahoria. De manera similar a la descrita para floración masculina, se localizaron los mismos grupos de significancia en los días a floración femenina, encontrándose de igual forma en el primero los testigos más tardíos V-23 y H-33 con 77 días, y en el segundo, los demás materiales quienes presentaron de 70 a 73 días en esta variable.

Para altura de planta, se establecieron cuatro grupos de significancia, encontrándose en el primero, las mayores alturas en los tres testigos V-23 (253 cm), H-33 (244 cm) y Amarillo Zanahoria (228 cm), el segundo estuvo formado por las variedades Oro Ultra UNAM C Y Oro Ultra 3C con alturas de 213 y 206cm respectivamente, el tercero fue constituido por las variedades Oro Plus 1D Oro Plus 2D y Oro Ultra 1C con 197, 194 y 193 cm correspondientemente, siendo la variedad Oro Ultra 2C quien presentara la más baja altura con 186 cm diferente tanto estadísticamente como numéricamente de las anteriores encontrándose de este modo en el cuarto grupo. En la variable altura de mazorca, se presentaron dos grupos de significancia, encontrándose en el primero los testigos H-33 y V-23 con las alturas más altas de 146 y 145 cm respectivamente, siendo

estadísticamente y numéricamente diferente al otro grupo, en donde se establecieron los demás genotipos evaluados con alturas más bajas, que van de 95 a 116 cm.

La variable mazorcas buenas, presentó dos grupos significativos, en el primero se encontraron todos los tratamientos exceptuando al testigo Amarillo Zanahoria, con promedios de 19 a 23 mazorcas, siendo superior tanto estadísticamente como numéricamente al segundo grupo conformado por el anterior testigo mencionado quien presentó solo 4 mazorcas buenas; y de esta misma forma las variables mazorcas totales, y plantas totales, presentaron los mismos grupos de significancia formados por los mismos genotipos. En cuanto a la variable sanidad de planta, se ubicaron dos grupos de significancia, en donde los testigos V-23 y H-33 integraron el primer grupo con promedios de 9, superiores al segundo grupo, donde los demás tratamientos se encontraron con calificación de 7.

En las mazorcas malas, sanidad de mazorca, plantas cuatas y plantas horras, no hubo grupos de significancia.

Cuadro 2. Comparación de medias (Tukey 0.05) de variables evaluadas para las características agronómicas deseables en variedades de polinización libre de maíz amarillo en la FES-Cuautitlán, UNAM. Ciclo Primavera – Verano 2004.

Genotipo	Rendimiento (Kg/ha)	Floración masculina (días)	Floración femenina (días)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)
V-23	5494 A	74 A	77 A	253 A	145 A
ORO PLUS 1D	4036 AB	69 B	71 B	197 CD	97 B
H-33	4007 AB	74 A	77 A	244 A	146 A
ORO ULTRA UNAM C	3848 AB	69 B	72 B	213 BC	103 B
ORO ULTRA 3C	3573 AB	69 B	70 B	206 BCD	108 B
ORO PLUS 2D	3451 AB	69 B	72 B	194 CD	102 B
ORO ULTRA 1C	3405 AB	70 B	71 B	193 CD	98 B
ORO ULTRA 2C	2837 B	69 B	71 B	186 D	95 B
AMARILLO ZANAHORIA	529 C	69 B	73 AB	228 AB	116 B
DSH (0.05)	2148	3	4	26	24

Continuación del cuadro 2

Genotipo	Maz. Buenas	Maz. Malas	Maz. Totales	Sanidad Planta	Sanidad Mazorca	Plantas Cuatas	Plantas Horras	Plantas Totales
V-23	21 A	4 A	25 A	9 A	8 A	1 A	2 A	27 A
ORO PLUS 1D	22 A	2 A	24 A	7 B	9 A	2 A	1 A	26 A
H-33	19 A	4 A	23 A	9 A	7 A	2 A	1 A	25 A
ORO ULTRA UNAM C	22 A	3 A	25 A	7 B	9 A	4 A	1 A	24 A
ORO ULTRA 3C	22 A	1 A	23 A	7 B	9 A	2 A	0 A	24 A
ORO PLUS 2D	23 A	2 A	25 A	7 B	8 A	1 A	3 A	24 A
ORO ULTRA 1C	23 A	3 A	26 A	7 B	9 A	2 A	2 A	24 A
ORO ULTRA 2C	19 A	2 A	21 A	7 B	9 A	2 A	1 A	22 A
AMARILLO ZANAHORIA	4 B	0 A	4 B	7 B	7 A	0 A	1 A	5 B
DSH (0.05)	14	7	10	1	3	5	5	11

Con respecto a la variable peso de 200 granos, se puede observar en el cuadro 3, que se establecieron dos grupos de significancia con ocho de los tratamientos (Oro Plus 2D, Oro Plus 1D, V-23, H-33, Oro Ultra UNAM C, Oro Ultra 3C, , Oro Ultra 1C, y Amarillo Zanahoria) los cuales presentaron pesos entre 56 a 69 g, siendo diferentes estadísticamente al segundo grupo integrado por la variedad Oro Ultra 2C con 48 g, quien por lo tanto obtuvo la semilla de menor tamaño.

En el mismo cuadro para peso volumétrico se formaron tres grupos significativos, en el primero se localizaron las variedades amarillas Oro Ultra UNAM C, Oro Ultra 3C, Oro Plus 1D, Oro Plus 2D y Oro Ultra 1C, quienes fueron estadísticamente similares entre sí. Dentro de estos materiales destacó por su alto peso volumétrico las variedades Oro Ultra UNAM C y Oro Ultra 3C ya que pesaron 77.6 y 77.3 (Kg/HI) respectivamente. Le siguieron en peso, los materiales Oro Plus 1D y Oro Plus 2D con 76.0.(Kg/HI) y el genotipo Oro Ultra 1C con 75.3 (Kg/HI). Otras variedades como el Oro Ultra 2C con un peso de 71.3 (Kg/HI) y el testigo Amarillo Zanahoria con 71.0 (Kg/HI) integraron al segundo grupo. Las variedades de los anteriores grupos superaron significativamente a los pesos de 67.6 (Kg/HI) de la variedad V-23 y 68.3 (Kg/HI) del híbrido H-33, los cuales pertenecieron al tercer grupo de significancia, al presentar los peso volumétricos tanto estadísticamente como numéricamente más bajos.

Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey 0.05) de variables evaluadas para la calidad de semilla en variedades de polinización libre de maíz amarillo en la FES-Cuautitlán, UNAM. Ciclo Primavera – Verano 2004.

Genotipo	Peso vol. (Kg/Hl)	Peso de 200 granos (g)
V-23	67.6 C	65 A
ORO PLUS 1D	76.0 AB	58 AB
H-33	68.3 C	63 AB
ORO ULTRA UNAM C	77.6 A	64 AB
ORO ULTRA 3C	77.3 A	59 AB
ORO PLUS 2D	76.0 AB	56 AB
ORO ULTRA 1C	75.3 AB	59 AB
ORO ULTRA 2C	71.3 BC	48 B
AMARILLO ZANAHORIA	71.0 BC	69 A
DSH (0.05)	57	17

En el cuadro 4, se puede notar que en variables como longitud de mazorca, diámetro de olote y granos por hileras, no hubo diferencias tanto estadísticamente como numéricamente y por tanto, no se formaron grupos de significancia. Encontrándose que para la variable diámetro de mazorca se formaron dos grupos significativos, en los cuales el primero estuvo constituido por los testigos V-23 y H-33, quienes obtuvieron un diámetro de 5 cm, en el segundo grupo le siguió el resto de los tratamientos con diámetros entre 3 y 4 cm. En las hileras por mazorca se establecieron tres grupos, donde el primero estuvo conformado por los testigos V-23, H-33 los cuales fueron superiores numéricamente al obtener 18 hileras y las variedades amarillas Oro Ultra 3C, Oro Plus 2D, quienes obtuvieron 15 y 14 hileras respectivamente, en el segundo grupo se encontraron la variedad Oro Ultra UNAM C con 14 hileras y el testigo Amarillo zanahoria con 13. El tercer grupo estuvo integrado por los genotipos Oro Plus 1D, Oro Ultra 1C y Oro Ultra 2C con 13 hileras.

Para la variable granos por mazorca se determinaron tres grupos de significancia, en el primero se localizaron los testigos H-33 con 558 granos por mazorca y V-23 con 540 granos, siendo superiores estadísticamente y numéricamente al segundo grupo formado por la variedad Oro Ultra 3C, que a la vez con 405 granos superó al tercer grupo integrado por los genotipos, Oro Plus 1D, Oro Ultra UNAM C, Oro Ultra 3C, Oro Plus

2D, Oro Ultra 1C, Oro Ultra 2C y Amarillo Zanahoria quienes obtuvieron entre 336 a 364 granos.

Cuadro 4. Comparación de medias (Tukey 0.05) de variables evaluadas de los componentes del rendimiento en variedades de polinización libre de maíz amarillo en Cuautitlán, México 2004.

Genotipo	Long. mazorca (cm)	Diámetro mazorca (cm)	Diámetro olote (cm)	Hileras/ mazorca	Granos/ Hileras	Granos/ mazorca
V-23	14 A	5 A	2 A	18 AB	30 A	540 AB
ORO PLUS 1D	13 A	4 B	2 A	13 C	26 A	338 C
H-33	14 A	5 A	2 A	18 A	31 A	558 A
ORO ULTRA UNAM C	13 A	4 B	4 A	14 BC	26 A	364 C
ORO ULTRA 3C	14 A	4 B	2 A	15 ABC	27 A	405 BC
ORO PLUS 2D	12 A	4 B	3 A	14 ABC	24 A	336 C
ORO ULTRA 1C	15 A	4 B	2 A	13 C	28 A	364 C
ORO ULTRA 2C	12 A	3 B	2 A	13 C	26 A	338 C
AMARILLO ZANAHORIA	12 A	4 B	2 A	13 BC	26 A	338 C
DSH (0.05)	3	1	2	4	.9	161

V. DISCUSIÓN.

Comparación de medias.

En la comparación de medias (cuadro 2), para la variable rendimiento (kg/ha), se puede observar que uno de los testigos denominado V-23, con un rendimiento de 5494 kg/ha, si bien estadísticamente es similar a otras variedades (Oro Plus 1D, H-33, Oro Ultra UNAM C, Oro Ultra 3C, Oro Plus 2D, Oro Ultra 1C), y diferente estadísticamente al Oro Ultra 2C, así como al Amarillo Zanahoria, la comparación es un tanto desventajosa ya que esta variedad mostró un ciclo largo desde siembra a floración en comparación con las variedades amarillas, el ciclo de la variedad V-23 sólo fue similar al presentado por el híbrido H-33. Adicionalmente ambos materiales (V-23 y H-33) expresaron ciclos vegetativos intermedios hasta madurez fisiológica (160 días) en comparación con las variedades amarillas (135 días), lo anterior es relevante y factor relacionado con las potenciales ventajas de cada material (Tadeo *et al.*, 2004a; Tadeo *et al.*, 2005), ya que la magnitud del periodo vegetativo, puede ser la diferencia entre cosechar o no cosechar nada, en casos donde se presentan las heladas tempranas (ver Apéndice a).

En este experimento se utilizaron como testigos la variedad de grano blanco V-23, liberada en 1980, así como el híbrido de maíz H-33, liberado en 1992 (Espinosa, 1993 a), en el primer caso, desde hace años no se comercializa semilla certificada y en el segundo algunas empresas de semillas como IMPULSAGRO, Federación de Productores de Maíz del Estado de México, Semillas de Valles de México (SEVAMEX), han continuado comercializando este híbrido, a pesar de que la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) con su cierre operativo dejó de emplear este material. Los testigos V-23 y H-33 se usaron como referentes dado que sólo existe comercialmente la variedad de maíz de grano amarillo, Amarillo Zanahoria, liberada por ICAMEX, hace 15 años. Con base en ello las variedades de grano amarillo podrían ser utilizadas en esquemas alternativos de abasto de semilla como lo señalan Tadeo *et al.*, (1994), Tadeo *et al.*, (2004). Con el antecedente, sobre los testigos, se puede observar que la variedad de maíz Oro Plus ID obtuvo rendimiento de 4036 kg/ha,

considerado como una productividad aceptable, en comparación con H-33, el cual produjo 4007 kg/ha, pero este último con un ciclo a floración cinco días más tardío, lo cual se acentúa más desde siembra a madurez fisiológica. Un aspecto adicional es que el híbrido H-33, requiere la inversión económica de la compra de semilla, lo que debe hacerse cada nuevo ciclo, en cambio la variedad Oro Plus ID, no requiere la adquisición de semilla cada ciclo, lo que otorga seguridad en este importante insumo a los agricultores.

El punto de comparación de las variedades amarillas, debe referirse a la variedad Amarillo Zanahoria, la cual es utilizada en forma comercial, en este sentido, la variedad testigo fue superada por todas las variedades amarillas de la UNAM, ya que solo rindió 529 kg/ha, esto debido a que por su origen presenta un escaso vigor, niveles de acame elevados (60%) y menor adaptación; propiciándose con esto, el establecimiento de pocas plantas por parcela, afectando directamente al rendimiento.

Los rendimientos de Oro Plus 1D (4036 kg/ha), Oro Ultra UNAM C (3848 kg/ha), Oro Ultra 3C (3573 kg/ha), Oro Plus 2D (3451 kg/ha), Oro Ultra 1C (3405 kg/ha), fueron estadísticamente similares entre sí. Cabe destacar que si bien no son rendimientos elevados, se puede deducir que poseen capacidad productiva, explicándose el moderado rendimiento con base en la fecha retrasada de siembra, la cual fue el 21 de junio de 2004, fecha demasiado tardía, además de haberse manejado con humedad de precipitación pluvial.

La mejor variedad Oro Plus ID, en el mismo ciclo primavera verano 2004, mostró buena productividad y características agronómicas en Tlaxcala, donde ahora se está incrementando la producción de semilla por parte de grupos de agricultores que adquirieron este insumo en la FESC, con base en esos resultados (Tadeo, 2005)¹.

En los Valles Altos, como cita Tadeo, *et al* (2004a), la estación de crecimiento es corta, por lo tanto el ciclo de crecimiento del maíz estará limitado, por el periodo libre de heladas, en el cual su duración varía de un año a otro y por lo tanto no se puede utilizar completamente, por tanto las variedades amarillas otorgan mayor margen de seguridad para alcanzar la madurez fisiológica del grano, antes de que ocurra alguna helada. En el

¹ M.C. Margarita Tadeo Robledo. FESC, Comunicación personal.

ciclo Primavera-Verano 2004 cuando se desarrolló el experimento, la primera helada ocurrió el 6 de noviembre del mismo año, en esta fecha, se había completado el ciclo de todas las variedades, la helada se presentó cuando ya no afectó el ciclo de ninguno de los materiales, lo que incluye al H-33 y V-23 de ciclo intermedio, sin embargo en otros años la primera helada ocurre la primera y segunda quincena de octubre, e incluso las heladas tempranas ocurren en el mes de septiembre, en estos casos solo podrían escapar a ellas y alcanzar la madurez fisiológica las variedades de maíz de ciclo precoz, como es el caso de las variedades amarillas, esto debe ser evaluado de esta manera para verificar en otros años lo que ocurre con las heladas tempranas.

De acuerdo con autores como Delorit (1982), Reyes (1990) y Llanos (1984) el híbrido H-33, debería presentar rendimientos más elevados y por tanto ser superior a las variedades de polinización libre como es el caso del otro testigo V-23 o la variedad sintética Oro plus 1D, debido a que es un material con rendimientos potenciales superiores, sin embargo, en este experimento solo rindió 4007 kg/ha, porque al ser un material con un ciclo vegetativo intermedio de 165 a 175 días, necesitó más tiempo, para poder expresar todo su potencial genético pues según Mendoza, (1982) los híbridos se recomiendan para condiciones favorables y regulares, siendo este ideal para siembras tempranas y no retrasadas, ya que en estas últimas se acorta su ciclo de desarrollo.

La variedad sintética Oro plus 1D, fue uno de los genotipos que presentó buen rendimiento, estadísticamente igual que el H-33, las variedades sintéticas son más adaptables a las condiciones del medio ambiente en zonas marginales, debido a la mayor variabilidad genética que presentan en comparación con los híbridos.

Los testigos V-23 y H-33, presentaron floración más tardía, clasificándose como intermedios (González, 1995), por lo tanto, estos se pueden utilizar en lugares donde se cuente con un lapso más o menos grande para el crecimiento vegetativo, en los cuales las condiciones son favorables para la siembra temprana en marzo y abril (Martínez, 1994; Mendoza, 1982). En cambio, el Oro Plus 1D, al presentar 69 días a floración masculina y 71 días a femenina, presentó lo que autores como Llanos (1984) y Martínez (1994) citan como precocidad, es decir; rapidez de desarrollo vegetativo y pronta entrada en floración, su importancia radica en la necesidad de establecer variedades que alcancen regularmente la madurez fisiológica, o se acerquen a ella, antes de las heladas, en la zona de los Valles Altos asimismo, para que antes de la cosecha se sequen lo

suficiente como para poder almacenarlos sin riesgo (Aldrich, 1974), por lo mismo estos materiales se pueden sembrar hasta mayo o junio, sin hacer riesgosa su producción. Esto es muy importante porque según Jugenheimer (1990) tanto las industrias de molienda en húmedo como de molienda en seco compran maíz amarillo con bajo contenido de humedad (menos de 15% de humedad), porque un alto contenido de ésta forma conglomerados en los transportadores y hace difícil su descarga, así como también interfiere con el balance del sistema de molienda.

En el cuadro 2, se puede apreciar también que la variedad V-23 presentó la mayor altura de planta (253 cm) con una altura de mazorca de 145 cm, y al H-33 con altura de planta y mazorca de 244 y 146 cm respectivamente, por lo mismo como lo afirma Milton (1986), por ser plantas altas y por tener mazorcas localizadas a mayor altura son susceptibles al acame, y por lo mismo a que produzcan grano de mala calidad, menor producción y en consecuencia la recolección será más difícil de realizarse .

El Oro Plus 1D presentó una altura menor de planta y mazorca de 197 y 97 cm respectivamente, manifestando mejores características agronómicas debido a que además de ser más precoz, tiene una buena altura tanto de planta como de mazorca, la cual disminuye el tiempo de la cosecha, dado que es muy factible que se efectúe en forma mecanizada. Además puede presentar plantas que son atractivas a la vista del productor dado que no ahíjan, son más uniformes y de menor porte (Milton 1986; Reyes 1990).

En cuanto a las variables sanidad de planta, de mazorca, plantas cuatas y horras no influyeron en el rendimiento de los tratamientos al presentar diferencias poco significativas tanto estadística como numéricamente.

En el cuadro 3, se observa que los testigos V-23 y Amarillo Zanahoria presentaron mayor tamaño de semilla al manifestar los mayores pesos de 65 g y 69 g en los 200 granos, siendo estadística y numéricamente diferentes a los demás genotipos, al obtener granos más grandes y en contraparte, el que presenta la semilla más pequeña es el Oro Ultra 2C, al presentar un peso de 48 g. Sin embargo en el peso volumétrico aunque influenciado por el genotipo debe de ser de 74 a 76 kilos por hectolitro con semilla seca (12% de humedad) un peso menor puede indicarnos semilla que proviene del campo donde hubo algún problema durante la definición para su calidad (Espinosa, 1993 b), por lo tanto se detectó claramente que los pesos más bajos los presentan la variedad V-23 y el híbrido H-33 de 67.6 kilogramos por hectolitro y 68.3 kilogramos por hectolitro, lo que demuestra que estos materiales desarrollan semillas grandes pero de

bajo peso específico, pues al sembrarse en una fecha retrasada siendo materiales para siembras tempranas como cita el INIFAP (2003) acortaron su ciclo de desarrollo y lo expresaron bajando su calidad de grano, en contraste las variedades de grano amarillo Oro Ultra UNAM C y Oro Ultra 3C, presentaron valores de 77.7 kg/hl y 77.3 kg/hl respectivamente superiores, en forma similar las otras variedades amarillas mostraron excelentes valores de peso hectolítrico al estar adaptados a ese tipo de siembras, permitiendo a los agricultores con dichos pesos, obtener un mayor valor económico de este maíz en las agroindustrias del país.

Por otra parte, se puede notar en el cuadro 4, que el H-33, fue el material que manifestó el mayor número de granos por mazorca (558 granos) siendo este un componente importante por ser un elemento correlativo en el rendimiento del grano (Llanos, 1984), esto se puede explicar porque un híbrido producen mayor número de granos que las demás variedades de polinización libre disponibles (Reyes 1990; Wilson, 1975); sin embargo sus granos son poco pesados y su rendimiento fue menor a lo que bibliográficamente se esperaba al ser un híbrido, porque como citan Pons *et al.*(1991) un mayor rendimiento de grano se logra solamente cuando se puede obtener una combinación apropiada de genotipo-ambiente.

Además de acuerdo con Tanaka, Yamaguchi Y Fujita (1969), lo que también determina el rendimiento es el número de plantas por unidad de área sembrada y el número de mazorcas, siendo, por lo mismo, el testigo V-23 quien presente mayor rendimiento pues a pesar de tener menor número de granos (540) que el híbrido, presenta un mayor número de plantas (26) y mazorcas (25) (cuadro 2).

VI. CONCLUSIONES.

Con base a los resultados obtenidos y a su respectiva discusión, en esta investigación se tiene como conclusiones, lo siguiente:

1. En condiciones de temporal desfavorable con fecha de siembra retrasada, de la segunda quincena de junio, la variedad de maíz amarillo que presentó el mejor rendimiento en los Valles Altos (estado de México) fue la Oro Plus ID (4036 kg /ha) obteniéndose de esta forma una producción segura, la cual tiene un mercado tangible en industrias almidoneras (Almidones Mexicanos, S.A. de C.V., Industrializadora de Maíz, S.A. de C.V., Aranal Comercial, S.A. de C.V.); cerealeras (Maizoro, S.A. de C.V., Fernando Ignacio Michel Velasco); de frituras y botanas (Sabritas, S. de R.L. de C.V., Barcel, S.A. de C.V. y/o Captadora y Comercializadora de Granos S.A. de C.V.) y del sector pecuario (Granja Coapan, S.A. de C.V., José Gustavo Romero Bringas, Productos Agropecuarios Beristain, S.A. de C.V.). demandantes de gran cantidad de maíz amarillo las cuales se encuentran dentro y cerca de la zona de evaluación.
2. Con las variedades amarillas, al ser precoces (135 días a madurez fisiológica) se obtuvo un grano que se puede almacenar sin riesgo para que se seque lo bastante, siendo lo suficientemente atractivo para las industrias que desean maíz amarillo con bajos contenidos de humedad.
3. Las alturas más bajas de planta las presentaron las variedades amarillas como el Oro Ultra 2C, Oro Ultra 1C, Oro Plus 2D, y Oro Plus 1D, con 186 cm., 193 cm, 194 cm y 197cm respectivamente, reduciéndose los costos de producción al no requerir que se efectuara ni la primera y segunda escarda, por la tolerancia al acame; presentando por lo tanto alturas de mazorca bajas y uniformes con un rango de 95 a 116 cm facilitando de esta manera su cosecha.
4. Las variedades amarillas que presentaron pesos hectolítricos altos fueron el Oro Ultra 1C (75.3 Kg/HI), Oro Plus 1D (76.0 Kg/HI), Oro Plus 2D (76.0 Kg/HI), Oro Ultra UNAM C (77.6 Kg/HI) y Oro Ultra 3C (77.3 Kg/HI),

mostrando que son variedades con granos de buena calidad que no se quiebran cubriendo con los requisitos de las industrias consumidoras de este maíz.

5. La variedad V-23 presentó 1458 Kg/ha más que la variedad amarilla, mostrando al tener un ciclo intermedio (160 días a madurez fisiológica) que no es una variedad recomendada para esta zona por ser irresoluto el mantener dicho rendimiento, al poderse presentar una helada temprana, o por la ocurrencia de acame al poseer una altura grande de planta (253 cm); además los productores no tienen un mercado seguro de su producto al ser un grano blanco con baja sanidad (con calificación de 7) y bajo peso hectolítrico (67.6 Kg/HI).

6. El híbrido H-33 (4007 Kg/ha) no mostró un rendimiento significativamente más elevado que las variedades de polinización libre (V-23 y Oro Plus ID), siendo no apto para este tipo de condiciones en fechas de siembra retrasadas, al requerir más tiempo y mayor inversión para expresar su potencial, produciendo mazorcas con un mayor número de granos (540) pero con bajo peso hectolítrico (68.3Kg/HI) expresando que en estas zonas la hibridación aumenta el costo de la semilla pero el rendimiento no compensa de sobra el gasto.

V11. BIBLIOGRAFÍA.

1. Aldrich S. R. 1974. Producción moderna del maíz. Ediciones Hemisferio. pp. 26-39.
2. Alfaro Y., V. Segovia, M. Mireles, P. Monasterios, G. Alejos, M. Pérez. 2004. El maíz amarillo para la molienda húmeda. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela. Núm. 6. 13 pp.
3. Arenas Humberto. 2004. Producción insuficiente de maíz Amarillo en México. Agro-síntesis.
4. Arteaga R., R., y L., Tijerina Ch. 1989. Aptitud agroclimática del área de Chapingo, México, con respecto al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) (H-30). Agrociencia. Área Agrometeorología. Núm. 78. pp. 297 -300.
5. Ceballos M., Y. Jueves 28 de julio de 2005. Maíz prodigio prehispánico. Reforma. pp. 2/3.
6. Celis A. H. 1982. Mejoramiento poblacional. Presentación sobre metodología de la investigación en maíz. México. Campo experimental. Valle de México-texcoco. Chapingo. pp. 16-19.
7. CIMMYT. 1985a. Desarrollo, Mantenimiento y Multiplicación de Semilla de Variedades de Maíz de Polinización Libre, pp. 12-15.
8. CIMMYT. 1985b. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz. México. D.F. pp.1-18.
9. CIMMYT. 2004. Análisis del sistema mexicano de investigación agropecuaria. México, D.F. Cuarta Edición. Revista TECNOAGRO. pp. 12-15

10. Cruz G., P. 1995. Capacidad productiva de maíz de riego bajo dos densidades de población en el Valle del mezquital. Tesis de licenciatura Cuautitlán izcalli, Edo. De México. pp. 14-17.
11. Delorit R J. 1982. Producción Agrícola. Editorial continental. S. A.C. V. México.
12. Valencia I., C. E. Departamento de Suelos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Muestreo de la parcela No 7. 1998.
13. Diario Oficial de la Federación. 1996. Ley sobre Producción, certificación y comercio de semillas, Capitulo 1. Artículo 3. Definición XIX.
14. Espinosa, C., A. Endogamia y Heterosis. 1982. Presentación sobre metodología de la investigación en maíz. México. Campo experimental Valle de México-Texcoco. Chapingo. pp. 20-22.
15. Espinosa C., A. 1993a. Tecnología de producción de semilla del híbrido de maíz H-33 para Valles Altos. Agronegocios en México.
16. Espinosa C., A. 1993b. Tecnología de producción de semillas de maíz en México. In: Primer Simposium Internacional “El maíz en la década de los 90”, SARH Delegación Jalisco, Guadalajara.
17. Estación Almaráz, 2000. FES-Cuautitlán. Resumen Anual del Comportamiento del Cima.
18. Faeth R., J. C. 1998. Entresacamiento, una valiosa práctica para producir semilla pura. Seminario Internacional sobre tecnología de semillas para Centroamérica, Panamá y el Caribe. 19 pp.
19. García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 2da. Edición. Dirección General de Publicaciones. México. pp. 246.

20. Garduño V., J. L. 2000. Apuntes de la materia Producción y Tecnología de semillas, semestre 2000-II. UNAM, FESC Cuautitlán, Ingeniería Agrícola (Sin editar). pp. 21 y 22.
21. González A., U. 1995. El maíz y su conservación. Editorial trillas. México. pp. 13-15, 20 y 21, 31-43.
22. Gutiérrez H., G. F., A. Carballo C., Ma. L. Ortega D. 1991. Calidad de semilla en maíz en función de factores genéticos, fisiológicos y ambientales. Agrociencia serie Fitociencia. Vol. 2. Núm. 1. pp. 121-123.
23. INIFAP. 2003. Folleto del Centro de Investigación Regional del Centro Experimental Tlaxcala. Producción de maíz de temporal en el estado de Tlaxcala. México. 16 pp.
24. Jugenheimer R., W. 1990. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. Editorial Limusa. México, D.F. pp. 298-301.
25. Llanos M. 1984. El maíz (su cultivo y aprovechamiento). Ediciones Mundiprensa. España, Madrid. 318pp.
26. Malaver F., G. 1998 Indicadores visuales de la madurez fisiológica. Núm. 22. Panorama agropecuario. pp.18 y 19.
27. Márquez S., F. 1992. Cálculo del coeficiente de endogamia en 12 tipos de posibles sintéticos de maíz. Agrociencia serie Fitociencia. Vol. 3. Núm. 2. pp. 8 y 9.
28. Martínez M., R.1994, Capacidad Productiva de Híbridos Trilineales Experimentales de Maíz (*Zea mays*) Pumas En Valles Altos. Tesis de Licenciatura. UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo. De Méx. pp. 12-17

29. Mendoza R., M. 1982. Mejoramiento Genético del maíz. Presentación sobre metodología de la investigación en maíz. México. Campo experimental Valle de México-texcoco. Chapingo. pp. 14 y 15.
30. Milton P., J. 1986. Mejoramiento Genético de las cosechas. Editorial LIMUSA. México. pp. 270- 281.
31. Oropeza E., Ortiz L. B. 1989. Evaluación nutricional de la proteína del grano de seis cultivares de maíz (*Zea mays* L.). Instituto de Química y Tecnología. Fac. Agronomía. U.C.V. Maracay-2101-Aragua Venezuela. Apdo. 4579. Publicación el 6-12, (15): 225-234.
32. Palacios V., O. y Hermilo H. Angeles Arrieta.1990. Comparación de probadores para evaluar líneas S₁ de maíz (*Zea mays* L.). Agrociencia serie Fitociencia. Vol. 1. Núm. 1. pp. 123-125.
33. Pasillas S.Lizabeth. Guadalajara, Jal. 17 de noviembre 2004. IEPS a fructosa frenará inversiones en 2005. Prensacampo pp.11-17
34. Peña O., M. G. y J. L. Rodríguez O. 1988. Caracterización y selección de líneas precoces de maíz por mínima duración de etapas fenológicas. Agrociencia .Área Mejoramiento genético. Núm. 74. pp. 89-91
35. Pérez U., M. México D.F. Jueves 18 de noviembre de 2004. La jornada. Producción bajo contrato, nueva opción. pp. 4/10
36. Pons H., J. L., Alfredo Carballo Quirós, Víctor González Hernández y Hermilo Angeles Arrieta. 1991. Modificadores al índice de cosecha de maíz. Agrociencia serie Fitociencia. Vol. 2. Núm. 3. pp. 35-33.
37. Reyes C., P. 1990.El maíz y su cultivo. AGT Editor S.A. México. D.F. pp.64-72, 144-148.

38. Secretaría De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación (SAGARPA). TLAQUEPAQUE, Jal., 13 de marzo de 2002. Jornada. Fomentan productores de Jalisco la reconversión de cultivos a maíz amarillo. Cultivaran entre 20 y 40 mil hectáreas del ciclo P.V. Se comprometen empresarios a adquirir hasta 240 mil toneladas. Núm. 104/02.
39. Salinas M., Y. 2001. Desarrollo y aprovechamiento de maíces para usos especiales En: Memoria del Día de Campo CEVAMEX. 1 Expo Nacional de Maquinaria Agrícola. 20 y 21 de Septiembre del 2001. pp. 85-86.
40. Solano, A. M. 1998. Androesterilidad e identificación de restauradores de la fertilidad en híbridos de maíz para Valles Altos. Tesis Profesional. FESC-UNAM. Cuautitlán Izcalli, Edo. De Méx. pp. 12-16.
41. Tadeo R., M., A. Espinosa C., A. Piña D. V. Y R. Martínez M. 1994. Desarrollo de híbridos de maíz para alturas de transición 1800-2200 msnm de México y su empleo en Microempresas de Semillas. En Resumen de la XI Reunión Anual del PCCMCA, San José, Costa Rica.
42. Tadeo R. M. A. y Espinosa C. A., R. 2004. Producción y Tecnología de semillas. Universidad Autónoma de México. FES-C. pp. 4, 40-53,68-70.
43. Tadeo R. M. A. Espinosa C. A., R. Arias R. 2004a. Producción de semilla y difusión de variedades e híbridos de maíz de grano amarillo para Valles Altos. En: Revista FESC Divulgación Científica Multidisciplinaria. Año 4 (14): 5-10.
44. Tadeo R. M., A. Espinosa C., P. Sánchez P., G. Torres E. 2004b. Rendimiento de forraje de híbridos experimentales puma e híbridos comerciales de maíz para Valles Altos. En: Revista FESC Divulgación Científica Multidisciplinaria. Año 4 (13): 5-12.
45. Tadeo R., M., A. Espinosa C., R. Martínez M., R. Arias R., D. Salazar H., L. Rodríguez I. 2005. Nuevas variedades de maíz de grano amarillo para Valles Altos de México generadas en la UNAM. Agrosíntesis, Marzo 2005. pp. 17-21.

46. Thompson PLM. 2004. Diccionario de Especialidades Agroquímicas. DEAQ. Edición 14.
47. Velásquez C., G. A., 2001. H-51 y H-40, Dos Nuevos Cultivares de Maíz para Siembras de Riego y Buen Temporal en los Valles Altos y Zona de Transición en Estado de México. INIFAP. En: Memoria del Día de Campo CEVAMEX. 1 Expo Nacional de Maquinaria Agrícola. 20 y 21 de Septiembre del 2001. pp. 7-10.
48. Virgen V., J., A. Carballo C., F. Castillo G. 1992. Caracterización de genotipos de maíz y su utilidad en el mantenimiento varietal. Agrociencia serie Fitociencia. Vol. 3. Núm. 2. pp. 39-42.
49. Wilson H. K., A. Chester R. 1975. Producción de cosechas. Editorial Continental. pp. 219-222; 235-238, 244-248.

VIII. ANEXOS.

Apéndice a

Clasificación de variedades de maíz.

Nomenclatura de variedades de maíz del INIFAP con base en adaptación de altura sobre el nivel del mar y condición de humedad.			
Región ecológica	Altitud (msnm)	Condición de humedad	Numeración
Valles Altos	2200-2600	temporal	1- 99
Valles Altos	2200-2600	riego	101-199
Zona de Transición	1800-2200		
Bajío- Valles Altos			
Bajío	1200-1800	temporal	201-299
Bajío	1200-1800	riego	301-399
Trópico seco	0-1200	temporal y riego	401-499
Trópico húmedo	0-1200	temporal y riego	501-599

Variedades= V; Variedades Sintéticas=V.S.; Híbridos=H; Híbridos Varietales=H.V.

Al final una letra "C" identifica variedades QPM; al final una letra "A" identifica variedades amarillas. (Espinosa, 2005)* Comunicación personal.

Ciclo vegetativo	
(C)	Corto hasta 135 días
(I)	Intermedio hasta 160 días
(T)	Tardío más de 160 días

(Garduño, 2000)

Temporal	
(M)	Malo de 0 a 400 mm de p.p.
(D)	Deficiente de 400 a 600 mm de p.p.
(R)	Regular de 600 a 750 mm de p.p.
(B)	Bueno más de 750 mm de p.p.

Milímetro= mm; precipitación pluvial= p.p. (Garduño, 2000)

Apéndice b

Industrias demandantes de maíz amarillo localizadas dentro y cerca a los valles altos.

INDUSTRIAS	ESTADO
Industrias almidoneras	
Almidones Mexicanos, S.A, de C.V.	Jalisco
Industrializadora de Maíz, S.A. de C.V.	Jalisco
Aranal Comercial, S.A. de C.V.	Jalisco
Industrias cerealeras	
Maizoro, S.A. de C.V.	Distrito Federal
Fernando Ignacio Michel Velasco	Jalisco
Industrias de frituras y botanas	
Sabritas, S. de R.L. de C.V.	Distrito Federal
Barcel, S.A. de C.V. y/o Captadora y Comercializadora de Granos S.A. de C.V.	Estado de México
Industrias del sector pecuario	
ANFAPB	
Fábrica y Laboratorios de Alimentos para Ganadería y Avicultura, S.A. de C.V.	Distrito Federal
Unión de Crédito Alpura, S.A. de C.V	Estado de México
Ganaderos Asociados de Querétaro, S.A.	Querétaro

de C.V.	
Grupo Gómez Cobo, S.A. de C.V.	Querétaro
Los Olivos Alimentos, S.A. de C.V.	Querétaro
Proveedora La Perla, S.A. de C.V.	Querétaro
Productora de Alimento Ganadero, S.A. de C.V.	Tlaxcala
CANACINTRA	
Alimentos Balanceados Especializados, S.A. de C.V.	Estado de México
Alimentos Balanceados Proteo, S.A. de C.V.	Estado de México
Alimentos Tecamac, S.A. de C.V.	Estado de México
Forrajes La Llosa, S.A. de C.V.	Estado de México
Productores Agropecuarios Tepexpan, S.A. de C.V.	Estado de México
Ralston Purina México, S.A. de C.V.	Estado de México
Concentra Consorcio Agroindustrial, S.A. de C.V.	Hidalgo
Alibale de Morelos, S.A. de C.V.	Morelos
Alimentos Balanceados y Servicios Integrados 2070, S.A. de C.V.	Querétaro
Eduardo José Sterling Bours	Querétaro
Effem México Inc. y Compañía, S. en N.C. de C.V.	Querétaro
Graneleras Montes, S.A. de C.V.	Querétaro
Nestlé México, S.A. de C.V.	Querétaro

Agro Tehuacán, S.A. de C.V.	Puebla
Grupo Alvaze, S.A. de C.V.	Puebla
Agribrands Purina México, S.A. de C.V.	Estado de México, Jalisco, Puebla.
Bachoco, S.A. de C.V.	Puebla
Unión Nacional de Avicultores	
Agropecuaria La Fortuna, S.A. de C.V.	Puebla
Granja Coapan, S.A. de C.V.	Puebla
Avicultores Unidos del Valle de Tehuacán, S. de P.R. de R.L.	Puebla
Estela Romero Bringas	Puebla
José Gustavo Romero Bringas	Puebla
Productos Agropecuarios de Tehuacán, S.A. de C.V.	Puebla
Socorro Romero Sánchez	Puebla
Unión de Productores Agropecuarios de Tecamachalco, S.A. de C.V.	Puebla
Pilgrim's Pride, S.A. de C.V.	Querétaro
Otros	
Drol, S.A. de C.V.	Distrito Federal
Complejo Agropecuario Industrial de Tizayuca, S.A. de C.V.	Hidalgo
Productos Agropecuarios Beristain, S.A. de C.V.	Puebla
Campiezo, S.A. de C.V.	Querétaro

Luis Bernabé Trueba Hoyos	Querétaro
Nutrimentos Querétaro, S. de R.L. de C.V.	Querétaro

Fuente: SIC-M, SE.