



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**ADAPTABILIDAD Y CAPACIDAD PRODUCTIVA DE
HÍBRIDOS PUMA EN VALLES ALTOS.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
I N G E N I E R O A G R I C O L A
P R E S E N T A :
F E L I X R A M I R E Z L O P E Z

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

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO FEBRERO, 2001



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).

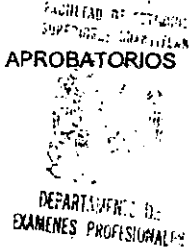
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

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

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

"Adaptabilidad y Capacidad Productiva de Híbridos Puma en Valles Altos"

que presenta el pasante: Félix Ramírez López
con número de cuenta: 9057440-9 para obtener el título de
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 07 de Diciembre de 2000

PRESIDENTE Ing. Eliberto Leyva Piña

VOCAL Ing. Miguel Angel Bayardo Parra

SECRETARIO Ing. Margarita Tadeo Robledo

PRIMER SUPLENTE Biol. Aurora Vázquez Mora

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Edgar Ornelas Díaz

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de hacer uso de sus instalaciones.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y en especial ala carrera de Ingeniería Agrícola por haber contribuido a mi formación.

Al Dr. Alejandro Espinosa Calderón por su apoyo y sugerencias para la realización de esta tesis y por su inquebrantable lucha en el mejoramiento genético del maíz

A la M. C. Margarita Tadeo Robledo por su apoyo y contribución para poder terminar este trabajo.

A los miembros del jurado por sus correcciones, sugerencias y aportaciones para la mejor presentación de este trabajo.

Ing. Filiberto Leyva Piña

Ing. Miguel Ángel Bayardo Parra

M,C, Margarita Tadeo Robledo

Biol..Aurora Vázquez Mora

Ing. Edgar Ornelas Díaz

A todos los maestros que contribuyeron a que se enriqueciera el espíritu.

Dedicatoria

a mis padres por darme la oportunidad de estar aquí y compartir estas experiencias.

Por haberme inculcado el respeto a las personas, la responsabilidad de los compromisos, el amor hacia las cosas y al trabajo, el afán de superarse, el carácter para resolver los problemas e imponer la disciplina, y la dignidad que debemos tener todos los hombres.

Al silencioso campo

A los que con su paciencia y voluntad hicieron que se enriqueciera el espíritu

A los locos que se han atrevido a explorar la sabia naturaleza.

Espíritu Campesino

***Guerrero incansable de sus ideales
Herencia viva de nuestros ancestros
De lucha constancia y perseverancia***

***Sabio conocedor de la naturaleza
Enriquecimiento espiritual y cultural
Fortaleza campesina que brinda seguridad***

***Sol que refleja el sudor de la frente
Sangre india azteca de carácter tenaz y fuerte***

***De mirada fija que anhela ilusión y éxito
Hombre que escucha y brinda respecto
Ímpetu de iniciativa, genio y recto***

***Actividad limpia y sana
Que dedica la mitad de su vida
Permitiendo meterse al campo para conocerlo.***

Félix Ramírez López

El libre campo

La libertad del campo silencioso donde
Nacen ideas y nadie te las roba
Las experiencias vividas en el campo
Son tan necesarias como respirar
Son satisfacciones tan completas y
Tan íntimas que difícilmente se
Se pueden compartir.

Es una sensación de libertad tremenda
De cuerpo y mente, una sensación de
Poder porque gobiernas plenamente
Tus hechos, desligas de todo y te
Sumas en lo esencial.

El campo te hace a ti mismo como algo distinto
Para quienes estamos en esto es simplemente
Una forma de vida.

Í N D I C E

	Página
LISTA DE CUADROS	i
RESUMEN	ii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Hipótesis	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Características Generales Del Maíz En Valles Altos	3
2.2. Heterosis O Vigor Híbrido	4
2.3. Endogamia	6
2.4. Vías Para Incrementar La Productividad	7
2.5. Interacción Genotipo Medio Ambiente	10
2.6. Maíz Híbrido	11
2.6.1. Híbridos De Cruza Simple	12
2.6.2. Híbridos De Cruza Doble	13
2.6.3. Híbridos De Tres Líneas	13
2.7. Antecedentes De Mejoramiento Genético En Valles Altos	14
2.7.1. Híbridos PUMA De Maíz.	16
2.8. Adaptación Y Productividad	18
2.8.1. Rendimiento	19
2.8.2. Componentes De Rendimiento	22
2.9. Maíces De Porte Bajo	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Localización	26
3.2. Condiciones Ambientales	26
3.3. Material Genético	27
3.4. Diseño Experimental	28
3.5. Análisis Estadístico Y Comparación De Medias	28
3.6. Manejo Agronómico	28
3.6.1. Preparación Del Terreno	28
3.6.2. Siembra	29
3.6.3. Fertilización	29
3.6.4. Control De Malezas Y Plagas	29
3.6.5. Cosecha	29
3.7. Variables Registradas Por Parcela	29
3.7.1. Días A Floración Masculina Y Femenina	29
3.7.2. Altura De Planta	30
3.7.3. Altura De Mazorca	30

3.7.4. Mazorcas Buenas	30
3.7.5. Mazorcas Malas	30
3.7.6. Plantas Cosechadas	30
3.7.7. Porcentaje De Cuateo	31
3.7.8. Mazorcas Sanas	31
3.7.9. Longitud De Mazorca	31
3.7.10. Número De Hileras Por Mazorca	31
3.7.11. Número De Granos Por Hilera	31
3.7.12. Diámetro De Mazorca	31
3.7.13. Diámetro De Olote	32
3.7.14. Granos Por Mazorca	32
3.7.15. Peso De 200 Granos	32
3.7.16. Rendimiento	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1. Análisis De Varianza 1995	34
4.2. Comparación De Medias 1995	36
4.3. Análisis De Varianza 1996	38
4.4. Comparación De Medias 1996	39
4.5. Rendimiento Medio Considerando 1995 Y 1996.	41
5. CONCLUSIONES	43
6. BIBLIOGRAFÍA	44

INDICE DE CUADROS.

Cuadro	Título	Página
1	Material genético de híbridos de maíz utilizados en los ciclos Primavera-Verano 1995 y 1996 que se evaluaron en Villa del Carbón, Estado de México.	27
2	Cuadrados medios, significancia y coeficientes de variación en las variables evaluadas en híbridos Puma de maíz en Villa Del Carbón, Edo., México. Primavera-Verano, 1995.	34
3	Comparación de medias (Turkey 0.05) de híbridos Puma de maíz evaluados en Villa del Carbón, Estado de México. Primavera-Verano, 1995..	36
4	Cuadros medios, significancia y coeficientes de variación en las variables evaluadas en híbridos Puma de maíz en Villa del Carbón, Estado de México. Primavera-Verano, 1996.	39
5	Comparación de medias (Tukey 0.05) de variables evaluadas en híbridos Puma de maíz en Villa del Carbón, Estado de México. Primavera-Verano 1996.	40
6	Medias de rendimiento para híbridos Puma de maíz evaluados durante 1995 y 1996 en Villa del Carbón, Estado de México.	42

RESUMEN

El maíz es el cultivo agrícola más importante en México porque se cultiva desde hace 8,000 años; en el mismo se ha ocupado una gran mayoría de productores rurales que se han hecho dependientes de él, al ser religión, cultura, alimento diario comercio, seguridad y constituir más de la mitad del consumo diario en calorías y proteínas. Actualmente se cultiva una superficie de 8,500 millones de hectáreas que ocupan el 40% de la superficie nacional destinada a la agricultura.

Gracias al trabajo de los campesinos se han podido conservar maíces prehispánicos, lo cual constituye un patrimonio nacional, a pesar de que están expuestos al polen de otros maíces que se han ido introduciendo.

Debido a que se ha tenido un proceso de selección y mejoramiento por miles de años a condiciones agroclimáticas muy particulares y para usos muy específicos, se tiene una gran diversidad de materiales que se encuentran desde los cero hasta los 3,000 msnm, los cuales, si se trasladan de un área ecológica o hábitat a otra diferente conlleva a una serie de manifestaciones fenotípicas y respuestas fisiológicas como presión de la adaptabilidad, manifestándose en planta y mazorca, floración y madurez, lo antes mencionado, puede ser superado cuando se presenta una buena habilidad genética para producir un alto rendimiento y establecerse en ambientes diferentes.

Razón por la cual la UNAM a puesto énfasis en realizar mejoramiento genético y generar tecnología de semillas para Valles Altos (2200-2600 msnm), con excelentes perspectivas de uso, debido a que hasta hace unos años los Valles Altos de México despertaron poco interés para las empresas semilleras, lo cual se refleja en un escaso uso de semilla mejorada (6%) sin embargo, cada año su utilización es mayor, por lo cual se espera que los híbridos de la UNAM ayuden junto con otros materiales de INIFAP y otras instituciones a elevar su uso en especial los híbridos PUMA materiales de calidad que pueden incidir en un impacto positivo en la producción nacional,

expresando su potencial productivo y ventajas que ofrecen al campo Mexicano exhibiendo rendimientos competitivos contra los materiales testigos.

Lo anterior, influyó en el interés para llevar acabo esta investigación como ensayo de rendimiento, que lleva como titulo adaptabilidad y capacidad productiva de híbridos Puma en Valles Altos, realizado en Villa del Carbón, Estado de México. Se cuantifica la respuesta de dichos híbridos a estas características agroclimáticas muy particulares; el Puma 1001, Puma 1075D, Puma 1075T, IA24 x IA64, IABA8985E-2, 1x2 y el H-33 comparados con el criollo de la zona en el ciclo Primavera-Verano de 1995 y ciclo Primavera-Verano 1996 dieron mejores resultados cubriéndose el objetivo de conocer su habilidad genética, para adaptarse y expresar su potencial productivo, lo cual se cumplió siendo algo novedoso en la zona y con características agronómicas benéficas para los Valles Altos en general por el arquetipo de planta de estos

1. INTRODUCCIÓN

El maíz es la especie vegetal que se cultiva en más países del mundo, y entre los que mayor superficie destinan a su cultivo destacan los Estados Unidos con 28 millones de hectáreas, representando el 21.0 por ciento de la superficie mundial sembrada, le sigue China con más de 21 millones de hectáreas y el 16.0% seguidos de Brasil, México y la India.

El cultivo de maíz en el ámbito mundial, ocupa el tercer lugar de superficie cosechada, después del trigo y del arroz; en los últimos años, esta superficie se ha estabilizado en 130 millones de hectáreas.

Los Estados Unidos y China cosechan el 60 por ciento de la producción mundial; México sólo participa con el 5% de la superficie total, produciendo sólo el 3% de la producción total, lo cual en comparación con lo que produce Estados Unidos únicamente significa el 7.0%, según cifras registradas en los últimos años. Con respecto a Canadá, México produce casi el doble, aunque con una superficie siete veces mayor.

El maíz es el cultivo que históricamente más se ha sembrado en México, de 1996 a 2000 ha ocupado más del 40% de la superficie nacional destinada a la agricultura, aunque le ha correspondido mucho menos de ese porcentaje en relación con la superficie cosechada. Le sigue en importancia el frijol y el sorgo, que han ocupado entre ambos poco menos de la mitad de la superficie sembrada con maíz.

En los años indicados, la superficie sembrada con maíz ha oscilado de 7.6 a 8.7 millones de hectáreas, mientras que la cosechada es de 5.8 a 7.7 millones; el área promedio no cosechada representa el 14.5% del total de la superficie sembrada de maíz, en general, más del 92.0% corresponde a siembras de Primavera-Verano y el resto a Otoño-Invierno, siendo el 88.0 por ciento de temporal y solamente el 12.0% de riego.

Las entidades federativas que presentan mayores superficies y volúmenes de producción de maíz tradicionalmente han sido: Jalisco, Estado de México, Puebla, Veracruz y Michoacán, sin embargo los últimos años Sinaloa se ha ubicado por superficie, pero sobretodo por su alto rendimiento medio por hectárea, superior a 7.0 ton/ha, en los primeros lugares de volumen producido.

1.1. Objetivos.

- 1.- Determinar la capacidad productiva de híbridos PUMA (1101, 1103, 1075D 1075T) de maíz en comparación con el criollo usado en la zona de estudio.
- 2.- Definir con base en rendimiento, así como otras características agronómicas las perspectivas de los híbridos PUMA de maíz en la zona de estudio.

1. 2. Hipótesis.

- 1.- El uso de híbridos PUMA de maíz en la zona, con base en su nivel de producción y características agronómicas, presenta ventajas para su empleo comercial.
- 2.- Los híbridos PUMA superarán de manera significativa en rendimiento al criollo regional.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características Generales Del Maíz En Valles Altos

La producción de maíz en los Valles Altos es afectada de manera compleja por muchos factores entre los que se encuentran los ambientales: heladas tempranas y tardías, precipitación pluvial escasa y mal distribuida, granizadas, vientos, suelos de baja fertilidad, bajo contenido de materia orgánica, topografía irregular, erosión y salinidad.

Factores tecnológicos: uso limitado de la tecnología disponible (variedades mejoradas), baja productividad de maíces criollos, control ineficiente de malezas, plagas y enfermedades).

También cabe destacar que las 134 mil hectáreas que disponen de agua, la reciben bajo el sistema de punta de riego, el cual consiste en recibir un riego antes o durante la siembra, por lo cual quedan expuestas a mermas por sequía al no establecerse de manera oportuna el periodo de lluvias. Un sistema similar es el de temporal con humedad residual, en donde las propiedades del suelo permiten conservar la humedad y se puede sembrar el maíz hasta dos meses antes del establecimiento de las lluvias, lo cual permite sembrar cultivares de maíz de ciclo tardío o intermedio que tienen mayor potencial de rendimiento que las variedades precoces, pero que quedan expuestas a los problemas de sequía, heladas y granizadas. . (Velásquez y Arellano 1993).

En la región existe una brecha amplia entre la disponibilidad de la tecnología moderna de maíz y su uso por parte de los productores. Se ha estimado que tan solo el 6% de la superficie cosechada de maíz en el año 2000, fue sembrada con semilla certificada.

Debido a que la divulgación de la tecnología obtenida es deficiente en cantidad y calidad, limita directamente la adopción de las recomendaciones e indirectamente la producción de maíz (Espinosa 1993).

Oyervides definía en 1975, a la adaptabilidad, como la capacidad de un organismo para sobrevivir y reproducirse en ambientes fluctuantes y subrayó que es una habilidad de las interacciones genético ambientales por medio de las reacciones genéticas y fisiológicas de los organismos, mencionaba también que la adaptabilidad es la habilidad genética de las variedades cultivadas para producir un rendimiento alto y estable en ambientes diferentes.

Finlay y Wilkinson (1963) estudiaron el comportamiento del rendimiento de grano de 277 variedades de cebada a través de tres localidades del Sur de Australia y estimaron para cada variedad, la regresión lineal de su rendimiento, sobre el rendimiento promedio de todas las variedades en cada ambiente; el análisis involucró una regresión en escala logarítmica del rendimiento sobre el índice ambiental, el cual, a su vez, es el logaritmo del rendimiento medio de todas las variedades. Para el rendimiento medio de todas las variedades en cada ambiente, se tomó un gradiente numérico de los ambientes; esta metodología además, describe un ambiente natural complejo, sin la necesidad de definir o analizar los factores interactuantes que lo componen.

2.2. Heterosis o Vigor Híbrido

Allard (1989) designa los términos heterosis y vigor híbrido como sinónimos y los considera como el fenómeno inverso de la degradación que acompaña a la consanguinidad (Endogamia).

Shull (1914) citado por Jugenheinmer (1981), define como heterosis al fenómeno resultante de cruzar dos variedades y obtener un híbrido que es superior en crecimiento, tamaño, rendimiento o en vigor general. El término es una contracción de heterocigosis.

Carballo (1989) señala que la heterosis es el fenómeno inverso a la endogamia y abarca la mayor parte de las consecuencias acarreadas a nivel fenotípico por el estado heterocigote. El vigor se refiere más específicamente a consecuencias del cruzamiento entre líneas marcadamente diferentes, y más correctamente, entre subespecies o géneros.

La heterosis se manifiesta en la fenología de la planta híbrida, en el incremento de los rendimientos, mayor resistencia a enfermedades e insectos, plantas altas, madurez precoz, mayor número y peso de los frutos, incremento del tamaño o del número de partes de la planta o de otras características externas internas (Jugenheinmer 1990). La heterosis es un fenómeno que sucede entre dos cruces, dos variedades, dos líneas, y que producen un híbrido (F1) que es superior en tamaño, rendimiento o vigor en general para incremento de producción, altura, resistencia a plagas, sequía, enfermedades, que estima mayor vigor que el que manifiesta el promedio de los progenitores o el progenitor de constitución genética diferente, a mayor diversidad genética, mayor es el grado de heterosis (Reyes 1990 y Jugenheimer 1990).

La heterosis se ha utilizado desde siempre, principalmente para la formación de híbridos. La heterosis se puede presentar de diferentes formas, por ejemplo, en el maíz se pueden tener mazorcas más grandes, más hileras de granos por mazorca, mayor número de nudos por planta, más peso total por planta o un mayor rendimiento de grano que las líneas autofecundadas que la componen (Dardon 1980).

El vigor híbrido resulta de la acción de genes dominantes, cada uno de los cuales aportan un pequeño incremento al rendimiento final, por lo que la dominancia se

manifiesta si se logra la reunión de dos conjuntos de genes dominantes favorables que se complementan (Poehlman 1987).

Menciona que la importancia y utilización de la heterosis depende del incremento en el rendimiento, de la adquisición de otros caracteres agronómicos deseados, de la facilidad de la hibridación o del bajo costo de la producción de la semilla. La planta del maíz satisface estos requisitos de una manera excepcional. La heterosis tiene por resultado el estímulo general de la planta híbrida, afectándola de muchas maneras, frecuentemente tiene por resultado el incremento de los rendimientos, plantas más altas, mayor número y peso de grano.

2.3. Endogamia.

Kolreuter citado por Reyes (1990) fue el primero que indicó las manifestaciones de mayor vigor de los híbridos y los efectos de la endogamia en tabaco.

La endogamia es una depresión muy fuerte que se genera por el apareamiento entre líneas parientes en los caracteres cuantitativos como el rendimiento, la altura de planta, susceptibilidad a enfermedades, pérdida de vigor, plantas deformes y albinas un debilitamiento de la población, y en un caso extremo, la muerte misma del individuo al no poder multiplicarse (Martínez 1990 y Reyes 1990).

Espinosa (1982) indica que la forma más eficaz para propiciar la endogamia en maíz es efectuando auto polinizaciones, las cuales se realizan mediante polinización controlada; dicho proceso conduce a la obtención de líneas cada vez más vigorosas, las cuales pueden ser aparentemente homocigóticas en un periodo de cinco a siete generaciones.

Menciona que la mitad de la reducción total del vigor se obtiene 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 del 80%. Manifestándose en las plantas características como: disminución del vigor, reducción de la altura, tendencia a producir chupones, plantas deformes, albinas, susceptibilidad al acame y enfermedades, y otras características desfavorables.

Se desechan las plantas que no son convenientes a los intereses, y solamente se autofecundan en cada generación las plantas agrónomicamente sobresalientes (Espinosa 1982 y Reyes 1985).

Pero a través de ella es como se obtienen líneas puras y es la base para la obtención de maíz híbrido mediante la heterosis.

A través de las de las autofecundaciones, se han logrado fijar caracteres convenientes en una condición homocigótica, con objeto de que las líneas se puedan conservar sin que sufran cambios genéticos y que además se puedan aprovechar sus características en combinación con otras mediante la heterosis, lo que resultará en plantas muy uniformes y de mayor vigor que las variedades progenitoras de las líneas, (Espinosa 1985 y Reyes 1990).

2.4. Vías Para Incrementar La Productividad.

- A) Un incremento en el intervalo de la siembra a la cosecha del cultivo o duración de la fase de llenado de grano.

- B) Un incremento en la producción de la materia seca por unidad de área, y por consiguiente una mayor producción de grano.

- C) Un incremento en la proporción de materia seca destinada a la fracción cosechable (mazorca que reflejaría una mejoría en el índice de cosecha).

D) Una mejoría en la tolerancia a la alta densidad de población. Esta capacidad también estaría asociada a la capacidad de tolerar stress ambientales, (Fischer y Palmer 1984; Bolaños y Edmeades 1993).

Las ganancias genéticas en los cultivares de maíz de las zonas templadas, ha dependido principalmente de la duración de la etapa de llenado de grano y mantenimiento foliar verde (Duvick 1977 y Rusell 1984).

Interviene la energía solar en la vía de fijación de biomasa por el proceso de fotosíntesis. Aunque los principios sobre la distribución de fotosintatos entre los órganos de una planta todavía no son completamente entendidos, el patrón de distribución depende de las condiciones ambientales. Sequía y las bajas temperaturas tienden a favorecer el crecimiento relativo de la raíz. En maíz las hojas arriba y abajo de la mazorca contribuyen en un gran suministro de fotosintatos hacia el grano.

Para que ocurra la germinación, se da una serie compleja de procesos bioquímicos que conducen a la emergencia de la radícula y el talluelo siempre y cuando la semilla esté expuesta a condiciones ambientales favorables, humedad, oxígeno y temperatura para dar inicio al desarrollo de una nueva planta que tan solo se alimenta de las reservas almacenadas de la propia semilla y que se le denomina plántula.

El crecimiento del maíz depende de la radiación solar incidente sobre el cultivo, de la capacidad de la planta para interceptarla y de la eficiencia con que el cultivo transforma la radiación interceptada en materia seca. El rendimiento, expresado en unidades de masa, por su parte, queda determinado por la manera con que el cultivo distribuye la biomasa acumulada durante su crecimiento entre los órganos de cosecha y el resto de la planta.

El maíz posee una eficiencia de conversión de energía alta, si se compara con otros cultivos bajo condiciones ambientales similares. Las razones de este comportamiento

se explican por varias causas, a nivel del cloroplasto, el maíz, por poseer un metabolismo de fijación de carbono por la vía C-4, no presenta fotorrespiración detectable. Esta característica le confiere un ritmo fotosintético entre un 30 y un 40% mayor que el de las especies C-3, como el frijol.

Debido a que la fotosíntesis es función de la temperatura diurna, mientras que el desarrollo lo es de la temperatura diurna y nocturna, lo ideal para el maíz es contar con un ambiente de alta amplitud térmica. De esta manera, temperaturas diurnas relativamente elevadas permiten altas tasas de fotosíntesis, mientras que bajas temperaturas nocturnas prolongan el periodo de crecimiento, haciendo posible al cultivo disponer de más días de fotosíntesis.

El crecimiento de la planta resulta de la interacción entre ésta y el medio ambiente que la rodea (Gardner *et al.* 1985) y está determinado por la división y alargamiento celular. En estos procesos es indispensable el agua en la célula. La falta de ella, reduce o suspende el crecimiento. Relación fuente-demanda e índice de cosecha. El rendimiento depende de una producción adecuada de fotosintatos y de una adecuada capacidad de almacenamiento de estos productos.

Tanaka (1977), menciona que a medida que la productividad de un cultivo se incrementa mediante el mejoramiento, el factor limitante oscila entre la fuente y la demanda en cada momento. Señala que en 1960, en arroz, la limitante era la fuente, mientras que en el maíz, que tiene una fotosíntesis superior, la fuente era la limitante. (Zelitch, 1982).

Evans (1975), estableció que la capacidad de la demanda y el rendimiento tienden a incrementarse en forma paralela, hasta que se alcanza el límite dado por la capacidad fotosintética, también sostiene que los cultivares modernos de la mayoría de los cultivos probablemente tienen su capacidad fotosintética y de almacenamiento, casi

balanceadas y que un nuevo incremento en el rendimiento, requiere que ambas se incrementen de una manera coordinada.

2.5. Interacción Genotipo Medio Ambiente.

CIAT (1983), señala la importancia de conocer la manifestación de un fenotipo para tratar de diferenciar las variaciones debidas a los efectos genéticos, de aquellos que ocurren por efectos ambientales y que no se pueden eliminar, describiendo en forma simbólica los componentes que determinan el fenotipo de una planta.

$$F=G+A+GA$$

Donde:

F= Fenotipo

G= Efectos del genotipo

A= Efectos del ambiente

GA= Efecto de la interacción Genotipo - Ambiente.

Por lo que el fenotipo de una planta depende de los efectos genéticos (G) y ambientales (A) que los determinan, de manera que al cambiar uno de los dos o ambos, el fenotipo también cambiará, dando lugar a las variaciones que se observan entre las plantas.

Al respecto, Arellano (1982), explica que se ha observado que el traslado y siembra de una variedad de maíz de una área ecológica a otra diferente, conlleva a una serie de manifestaciones fenotípicas y respuestas fisiológicas como resultado de la adaptabilidad. Las modificaciones fenotípicas pueden ocurrir en la estructura de la planta y mazorca, y las respuestas fisiológicas se denotan principalmente en el periodo de floración y madurez así como en la susceptibilidad a plagas y enfermedades.

El ambiente es de primordial importancia y debe tomarse en cuenta que los genotipos se comportan mejor si al hacer selección, ésta se efectúa en el ambiente en el cual las líneas mejoradas están adecuadas a vivir o en ambientes favorables para la expresión de los caracteres deseados (Falconer 1952).

Existen dos criterios opuestos en cuanto a la clase de ambiente en que debe hacerse la selección y evaluación de las líneas. Uno propone la evaluación bajo condiciones sumamente favorables, donde sean capaces de expresar su máximo potencial, o sea en un ambiente de alto índice de productividad, en este caso se da como supuesto que los genotipos superiores en este ambiente serán iguales o superiores a otros genotipos en ambientes en condiciones menos favorables (Russell 1973 y Márquez 1974). El otro criterio sostiene que la selección debe hacerse bajo las condiciones que se presentan normalmente y que serán generalmente subóptimas o restrictivas, pues esas son las condiciones en que se cultivarán posteriormente y de esa forma mostrarán su comportamiento promedio mejor que las hechas en ambientes favorables (López *et al.* 1984).

Es necesario, para definir ambientes restrictivos y no restrictivos, determinar previamente el rango de adaptación de las variedades, para la cual es conveniente considerar un número adecuado de sitios que representen la gama de condiciones ambientales (Goldsworthy 1974), citado por López (1978).

2.6. Maíz Híbrido

El maíz híbrido es la primera generación de una cruce entre líneas autofecundadas (Poehlman 1981).

El maíz, es una planta creada por el trabajo del hombre y en gran parte depende de él para reproducirse, es una de las plantas que más se han estudiado y que se siguen estudiando a través del mejoramiento genético evolutivo, acelerado, controlado y dirigido hacia los intereses que nos convienen.

La historia del maíz híbrido comienza en 1909 con las investigaciones de George Harrison Shull y Edward Murray East. Cuando cada uno propone un método para la producción de semilla híbrida de maíz (Poelhman 1987). Basándose Shull en las aportaciones de investigadores que desde finales del siglo XVII divulgaron, trabajando con diversas especies vegetales, principalmente el maíz. Describiendo la importancia de la endogamia y heterosis, para poder controlar debidamente el genotipo para que solamente se produjeran plantas de alto rendimiento en un determinado campo de maíz (Poelhman 1981).

2.6.1. Híbridos De Cruza Simple.

Los híbridos simples son la mejor posibilidad para mantener con facilidad la calidad genética en los incrementos de semilla, ya que las mezclas se diferencian notoriamente (Espinosa 1989).

Una crusa simple (A x B) se hace combinando dos líneas puras, que tienden a ser de rendimiento ligeramente mayor y más uniformes que los otros híbridos, pero tiene un elevado costo en la producción de semilla (Jugenheimer 1990, Bartolini 1990).

En la formación de un híbrido crusa simple, intervienen dos líneas puras por auto polinización y selección (Poelhman 1987). La técnica consiste en ubicar una línea como progenitor femenino de acuerdo a las características convenientes entre las que destaca la productividad (Espinosa y Tadeo 1988) y designar a la otra línea como progenitor masculino, la cual debe de contar con buena capacidad para liberar polen (Tadeo 1991).

La semilla que da lugar a los híbridos simples proviene del cruce entre líneas que han llegado a un alto grado de endogamia (Llanos 1984).

2.6.2. Híbridos De Cruza Doble.

Es el cruce de dos híbridos simples (Llanos 1984).

En México se han obtenido tradicionalmente híbridos de maíz de cruza doble a partir de líneas derivadas de las razas Chalqueño, cónico, Celaya, Tuxpeño y bolita, entre otras. Se han tenido buenos resultados cuando se combinan líneas de diferentes razas; de esta manera se generaron los híbridos H-133 y H-135 de cruza doble y trilineal respectivamente (Espinosa 1985).

La formación de híbridos de cruza doble consiste en utilizar como progenitores para la obtención de la variedad, dos cruza simples; intervienen por tanto, en general, cuatro líneas autofecundadas. Esto proporciona la posibilidad de obtener a partir de cruza simples mediocres, una cruza doble de un vigor extraordinario (De la Loma 1966 y Espinosa y Carballo 1986).

2.6.3. Híbridos de Tres Líneas.

El híbrido de tres líneas se consigue cruzando un híbrido simple y una línea pura. Por sus características de productividad y capacidad de adaptación, ocupa un lugar intermedio entre el híbrido doble y el híbrido simple (Llanos 1984).

Es claro que los híbridos trilineales son de mayor potencial productivo que los híbridos dobles y además presentan menos complejidad para la producción de semillas y mantenimiento de la calidad (Espinosa 1989).

Es una semilla de cruza de tres elementos $(A \times B) \times C$, estos tienden a ser más uniformes y a tener un rendimiento ligeramente superior que el de las cruza dobles y el híbrido simple (Jugenheimer 1990).

2.7. Antecedentes De Mejoramiento Genético En Valles Altos.

El mejoramiento genético de las especies vegetales surge paralelamente con la agricultura, debido a que por siempre el hombre ha seleccionado la semilla de los mejores individuos de la población para los siguientes ciclos de cultivo (Márquez 1985). En una primera fase esta selección sólo se hacía de manera intuitiva, o por prueba y error, no obstante durante esta etapa se logró conformar poblaciones de plantas cultivadas diferenciadas entre sí en alguna o varias características. Posteriormente el mejoramiento genético llega a adquirir un carácter científico, cuando deja de ser una práctica empírica y se empieza a tratar de descubrir los principios básicos de la herencia y cómo controlarlos.

El mejoramiento genético de los cultivares ha desempeñado un papel fundamental en el incremento de la productividad y calidad de especies vegetales útiles al hombre como fuentes de alimento, forraje, fibra y de ornato (Fehr, 1993)

El mejoramiento genético del maíz en México se da desde los años cuarenta, liberando, hasta la fecha, 180 híbridos y variedades, siendo la mayoría de cruce doble, formados con líneas de bajo nivel de endogamia (S_0 a S_4), con el objetivo de que tuvieran mayor estabilidad y la semilla tuviera un precio accesible. Con este nivel de endogamia de las líneas generó una problemática muy especial en el proceso de producción y certificación de semillas, presentando sesgos en la identidad de los materiales por no usar tamaños adecuados de muestra, lo cual también limitó el aprovechamiento de los efectos de heterosis.

Este tipo de híbridos formados con líneas de bajo nivel de endogamia, en su momento cumplió con el objetivo de generar híbridos de amplia adaptación para condiciones variables de ambiente, ya que se deseaba que cubrieran grandes regiones, aun a costa de sacrificar el rendimiento.

Al evolucionar las condiciones de manejo de cultivo y por la urgencia de elevar los rendimientos, durante los años ochenta se analizaron los planteamientos y las estrategias en los programas de mejoramiento genético del maíz (INIFAP), estableciéndose objetivos claros con respecto al arquetipo, en el cual se consideraron el porte de planta, ciclo vegetativo, disposición y tamaño de hojas, eficiencia fotosintética y la distribución de asimilados, así como resistencia a las enfermedades y tipo de híbrido, en concordancia con las diferentes provincias agronómicas en las que se cultiva el maíz en México (Ortiz 1990, citado por Espinosa 1998).

Como parte de la estrategia de mejoramiento definida se consideró la conveniencia de utilizar comercialmente híbridos de cruza simple, formados con líneas de alto nivel de endogamia, con el fin de elevar la productividad del cultivo de maíz en áreas de alto potencial productivo, ya que este tipo de materiales muestra un mayor potencial de rendimiento, al aprovechar mejor el vigor híbrido, además de que se facilita el mantenimiento de la calidad genética.

Para Valles Altos el programa ha venido trabajando en el desarrollo de híbridos produciendo en México el primer híbrido en 1950. Desde entonces los maíces de altura son extremadamente susceptibles a endocría teniendo dificultades para obtener generaciones avanzadas en líneas endogámicas, muchos de los híbridos provienen de generaciones tempranas (S_2 - S_3) como se había mencionado anteriormente.

A partir de 1985 el CIMMYT ha puesto más énfasis en el mejoramiento para maíces de Valles Altos en México utilizando nuevas metodologías y la introducción de germoplasma exótico. La tolerancia a la depresión a endocría ha sido considerada en el mejoramiento para maíces de Valles Altos y generalmente algunas generaciones avanzadas de líneas endocriadas, las cuales son utilizadas en el CIMMYT e INIFAP, pudiendo contribuir a obtener niveles altos de heterosis observados en algunas cruza preliminares entre los dos distintos germoplasmas. Esto se realiza con el fin de producir híbridos triples en germoplasma de Valles Altos.

En la Mesa Central (Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala) se cultivan anualmente 1.5 millones de hectáreas con maíz, correspondiendo un 45% al Estado de México, el cual tradicionalmente lleva la vanguardia en cuanto a proyectos de mejoramiento genético en este cultivo.

Históricamente los enfoques han variado hacia la obtención de híbridos y/o variedades de polinización libre, así como de amplia adaptación durante los años ochenta, el objetivo de una corriente en el mejoramiento genético, fue la obtención de híbridos de cruce simple con adaptación específica y definición de estados de producción.

2.7.1. Híbridos PUMA de maíz.

En Ingeniería Agrícola de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, se lleva a cabo el Programa de mejoramiento genético en maíz, el cual se inició en 1984. Enfocándose los primeros años hacia la zona de transición el bajo, Valles Altos (1800 a 2200 msnm), región que comprende 400,000 ha de maíz en México, para esta región se obtuvieron y liberaron comercialmente los híbridos PUMA 1157 y PUMA 1159, los cuales rinden en promedio de varios años y experimentos 11,682 kg/ha y 10277 kg/ha respectivamente, valores que superan en 24% y 17% al híbrido testigo H-135. Además de los híbridos señalados ahora se cuenta con nuevos materiales como PUMA 1161 y PUMA 1163, con excelentes características y mayor rendimiento.

Posteriormente se extendieron los trabajos a los Valles Altos de México (2200 a 2600 msnm) estos últimos se ubican en varios estados mexicanos (México, Tlaxcala, Hidalgo y Puebla) comprendiendo una superficie de más de 700,000 ha de maíz con buen potencial de rendimiento. Para el mejoramiento en Valles Altos se dio énfasis en la obtención de plantas de porte bajo y eliminación del ahijamiento, característica muy frecuente en los materiales de esta zona, así como también el incorporar tolerancia al acame y a enfermedades, para ello se echó mano de fuentes con estas características

y posteriormente se combinaron las líneas obtenidas de germoplasma del CIMMYT generándose así diversos híbridos dentro de los cuales destacaron los maíces PUMA: 1075D, 1075T, 1001 y PMM4, de los cuales ha sido liberado comercialmente el PUMA 1075T actualmente se cuenta con otro grupo de híbridos con mayor endogamia en las líneas de la UNAM, así como otras características agronómicas que les dan excelentes perspectivas de uso. Un grupo de estos híbridos sobresalientes fue evaluado en tres localidades: Apan, Hgo. (2500 msnm), el testigo fue el criollo regional, Cuautitlán, Méx. (2240 msnm), el testigo fue el H-33 y Tlaxcoapan, Hgo. (2000 msnm), el testigo fue el H-137 por lo que se procedió a definir la estabilidad para el rendimiento y otras variables de estos híbridos a través del modelo de Eberhart y Russel (1966). La nueva generación de materiales posee progenitores de germoplasma del CIMMYT que como su contraparte (líneas de la UNAM), además de mayor endogamia incluyen características que fenotípicamente dan ventaja a los híbridos que generan, estos se evaluaron en el ciclo Primavera-Verano de 1996 en las parcelas experimentales del Campus Cuautitlán, UNAM, de acuerdo a los valores del coeficiente de relación igual a 1 y desviación de regresión similares a 1, los híbridos PUMA's evaluados se definió como estables para el rendimiento y otras variables en estudio, a través de los ambientes que son representativos de los Valles Altos.

Los valores promedio del rendimiento en tres localidades señalan que cinco híbridos PUMA superan en forma importante a los testigos sobresaliendo el PUMA 1075, liberado recientemente, con 9,396 kg/ha, superando con un 25.3% al criollo que rindió 7,497 kg/ha y en 32.2% al H-137 mejor testigo híbrido comercial, que produjo 105 kg/ha además de rendimiento, PUMA 1075 es de ciclo similar al H-137, pero de mejor porte de planta y mazorca lo que le confiere ventajas con respecto al acame y facilidad para mecanizar la cosecha.

La nueva generación de híbridos, los cuales al ser generados con líneas de mayor endogamia son uniformes algunos ejemplos son: UH597E0603, con 11,031 kg/ha y UH597E0645, con 11,015 kg/ha que superan al híbrido PUMA 1075 en 18.8% y en un

porcentaje mayor a otros testigos, como son el PUMA 1003, H-137 y H-133, pero también presentan ventaja de que son de menor porte de planta y de mazorca, además de que son más precoces, lo que comprueba el avance de mejoramiento genético de la UNAM.

2.8. Adaptación Y Productividad.

Jugenheimer (1981) señala la importancia del maíz en la utilización para la investigación genética, debido a que la planta es fácil de cultivar, se adapta a un amplio rango de condiciones ambientales y posee gran número de variaciones hereditarias diferentes.

Los genotipos poseen una gran diversidad de características mediante las cuales aprovechan lo que el medio les proporciona.

Oyervides *et al.* (1982) define a la adaptación como el valor de sobrevivencia de un organismo bajo condiciones que prevalecen en el hábitat en que este se desarrolló.

Robles (1995) indica, que la adaptación es la capacidad de desarrollarse normalmente los individuos o las poblaciones en un medio ambiente específico de acuerdo con su constitución genética, como son las condiciones ecológicas, el clima y otros factores indispensables para el desarrollo, supervivencia y multiplicación de los organismos, los procesos de adaptación natural se realizan en el transcurso de generaciones sucesivas por medio de la segregación y recombinación genética o por mutaciones y/o cromosómicas que son el fundamento de la evolución de las especies en sus procesos de adaptación.

Márquez (1974), menciona que para que se adapte un determinado genotipo a una región se deben considerar los materiales y las condiciones ambientales y posteriormente investigar las respuestas de dichos materiales a través de una profunda

experimentación, para que basado en esto, al final, pueda ser recomendado un determinado material de acuerdo a las modificaciones que se hayan encontrado pertinentes o simplemente delimitar el alcance de dichos materiales.

Esto es, debido a que muchas veces se quieren extrapolar materiales que presentan altos rendimientos en regiones diferentes en cuestiones climáticas, y al sembrarlos, bajan grandemente su producción, sufren de enfermedades foliares y de mazorca, plagas y algunas veces no llegan a producir.

Los esfuerzos para mejorar la productividad y la calidad de las plantas de cultivo no han cesado desde el comienzo del manejo agrícola. La selección de las semillas de las plantas productivas para generar cultivos subsiguientes fue en realidad un esfuerzo para mejorar la adaptación de las plantas al medio ambiente (Cristiansen y Lewis 1991).

Mettler y Gregg (1982) indican que cada miembro de una población posee el genotipo mejor adaptado al medio inmediato. La mayoría de los genotipos de una población producen individuos bien adaptados y normales; este grupo de individuos forma lo que llamamos norma adaptativa, esta norma rechaza el concepto topológico de la especie, según el cual parece que sólo hay un genotipo y un fenotipo que se pueden considerar los mejores, que producen una población formada principalmente por individuos típicos virtualmente idénticos.

2.8.1. Rendimiento.

Arellano (1990) expresa que el rendimiento, es la materia seca o producto final de la transformación de energía química que realiza un genotipo, mediante una serie de procesos fisiológicos, reacciones bioquímicas y estructurales morfológicas bajo la acción de las fuerzas ambientales y con la participación voluntaria o involuntaria del hombre.

El rendimiento básicamente está determinado por la acción de numerosos genes, muchos de los cuales afectan a procesos vitales dentro de la planta como la nutrición, la fotosíntesis, la transpiración, la translocación y el almacenamiento de los principios nutritivos (Poelhman 1987).

Espinosa (1985) considera como componentes de rendimiento a aquellos caracteres morfológicos y procesos fisiológicos que pueden ser identificados desde el momento de la germinación de la semilla, y que regula la producción final de grano por planta. Asimismo agrega que por su importancia a estos componentes se les ha evaluado su mecanismo hereditario, el grado de heterosis existente entre los híbridos, así como su influencia en el rendimiento y el grado de asociación que tienen entre sí.

Gardner *et al.* (1985) designa como rendimiento al producto final integrado por un número de fracciones llamadas componentes de rendimiento, estos pueden ser componentes morfológicos y componentes fisiológicos.

Debido a la práctica, una estrategia efectiva para incrementar el rendimiento del maíz por unidad de área ha sido el uso de altas densidades de plantas; sin embargo, como esto aumenta el porcentaje de plantas sin mazorca, se ha propuesto el desarrollo de plantas prolíficas (más de una mazorca por planta) que en altas densidades produzcan al menos una mazorca. Por otro lado la identificación de plantas prolíficas es un criterio de selección muy efectivo para aumentar el rendimiento. Por lo anterior es de gran importancia el estudio de la prolificidad desde el punto de vista genético y fisiológico, como un determinante en las relaciones fuente-demanda.

Borrego (1987) define al rendimiento como un carácter complejo que depende de la interacción de varios componentes fisiológicos, en especial de aquellos que más lo limitan y que hacen variar su expresión entre variedades. El rendimiento final de un cultivo está determinado por componentes de rendimiento iniciales, de rendimientos morfológicos, de rendimientos fisiológicos y componentes de rendimientos finales, los componentes de rendimiento están determinados o afectados por factores ambientales,

factores genéticos, manejo de cultivo y la interacción de cada uno de los factores sobre el cultivo, a través de sus diferentes etapas fenológicas.

Bolaños y Barreto (1992) indican que hay una fuerte dependencia del rendimiento del maíz con un número de mazorcas cosechadas por hectárea y el peso promedio de éstas, independientemente de los tratamientos experimentales impuestos. A pesar de que no detectaron una relación significativa entre rendimiento y plantas por hectárea, directamente el de mazorcas por hectárea, es lineal y está directamente relacionado con el número de plantas por hectárea.

Teóricamente las plantas de maíz con mazorcas múltiples, deben ser más eficientes que las de una mazorca, ya que sólo un pequeño porcentaje de la energía de las plantas se necesitaría para su desarrollo en comparación con el desarrollo de las mazorcas, las plantas con una mazorca, han sido las más populares. Los tipos sin ahijamiento, generalmente se prefieren para la producción de grano, el número y tamaño de los granos contribuye en el rendimiento de grano, número de mazorcas por plantas y el número de plantas por unidad de área.

Nichiporovich (citado por Yoshida 1972). Introduce los términos "rendimiento biológico y rendimiento económico", el primero se refiere a la materia seca total, y el segundo se refiere a la parte económicamente útil del rendimiento biológico.

Desde el punto de vista genético, se ha considerado que el rendimiento es un carácter complejo y su expresión depende del funcionamiento y la interacción de muchos componentes de procesos fisiológicos, cuyo límite varía con el genotipo. La descripción más simple posible de la genética del rendimiento, es suponer que cada uno de los componentes está controlado por un par de genes, por lo que el número mínimo de genes estimado que controla el rendimiento, es el número de componentes fisiológicos (Wallace *et. al.*, citado por Ramírez 1985).

El rendimiento final logrado por una planta de maíz, es el producto de las contribuciones que hacen las estructuras morfológicas, procesos fisiológicos y bioquímicos, durante su ciclo biológico. La magnitud de las estructuras y la intensidad de estos procesos, está en relación directa con las condiciones ambientales y el manejo del cultivo que reciba el genotipo (Barrales 1983).

2.8.2. Componentes De Rendimiento

Los componentes de rendimiento son aquellos caracteres morfológicos y procesos fisiológicos que regulan la producción final de grano por planta (Espinosa 1985).

El rendimiento es el producto final integrado por un número de fracciones llamadas componentes de rendimiento, y puede expresarse como:

$$Y = NrNgWg$$

Donde:

Y = rendimiento.

Nr = número de unidades reproductivas (p.e. panojas, mazorcas, panículas) existentes por unidad de terreno.

Ng = número de granos por unidad reproductiva.

Wg = peso promedio de grano.

Los componentes de rendimiento son afectados por: genotipo, ambiente y manejo, los cuales a menudo ayudan a explicar por qué ocurren reducciones en el rendimiento.

El genotipo puede modificar las manifestaciones de las capacidades y el logro del potencial para amacollamiento, número de flores, número de florecillas y su desarrollo para lograr grano, cantidad de asimilados producidos y distribución de asimilados; en tanto que el ambiente afecta la capacidad de la planta para expresar su potencial genético.

Asimismo, los factores de manejo que incluyen el número de semillas sembradas, la fertilización, época de siembra, control de factores bióticos adversos, aplicación de riego y otros, además de la experiencia del productor para otorgar un ambiente de crecimiento que permita el máximo rendimiento (agua, nutrientes, temperatura, luz y otros factores ambientales que en niveles diferentes al óptimo pueden reducir uno o más componentes de rendimiento, por ejemplo el efecto del stress sobre el rendimiento y sus componentes.

2.9.1. Maíces De Porte Bajo

Para Molina (1959) citado por Cortes (1991) las plantas que presentan diversas formas y miden desde unos cuantos centímetros hasta más de un metro de altura se les denomina plantas cortas, enanas, semi-enanas, intermedias, braquíticas, reducidas, compactas, miniatura, plantas con mazorca androgina, plantas de porte bajo, etc., algunos de los cuales, son simple sinonimia y pueden ser consecuencia de una serie de factores genéticos.

Janick señalado por Muro (1977) describe al tipo braquítico como plantas con el mismo número de entrenudos que las normales pero cortos, sin flores estaminadas en la mazorca, el acortamiento de los entrenudos va acompañado de una reducción del espacio entre las ramas de la espiga y alto número de ramificaciones, así como un diámetro del tallo proporcionalmente mayor. Son de altura variable, sus hojas son similares a las normales. El acortamiento de los entrenudos es casi a la altura del suelo por lo que aumenta el número de raíces primarias.

Kato y Castro (1970) citado por Cortés (1991) mencionan que la productividad de los maíces enanos podría ser incrementada mediante la selección de genotipos que permitan una mejor penetración de la luz; hojas angostas, espiga chica sin ramificar y entrenudos menos cortos arriba de la mazorca.

Guzmán (1977) dice que el término de planta baja se refiere a un carácter gobernado por varios genes, cada uno con acción sobre un segmento limitado del componente total de altura de planta; en cambio los braquíticos, tienen su porte muy bajo gobernado por un solo gen mayor. Del gene braquítico original existen muchas variantes pero todas mantienen las mismas características.

Molina (1976) argumenta que al reducir la altura de planta y que tenga hojas erectas, se podrán formar genotipos más eficientes en el aprovechamiento de la energía solar.

Para Poey (1973) y Cortés (1991) las plantas enanas con una área foliar similar a las de las plantas normales, tendrán una mayor eficiencia de translocación de los productos dentro de la planta.

Castro (1973) menciona que la modificación en la altura de las plantas permite reducir las pérdidas por acame, aumentar la densidad y la dosis de fertilización. Además, al producirse enanismo, causa un ahorro de energía que se capitaliza parcialmente en una mayor producción de grano, o bien en un requerimiento menor de agua y/o nutrientes por planta, lo cual favorece un aumento en las utilidades por hectárea.

Ramírez (1973) menciona que la obtención de híbridos de fenotipo enano representa un nuevo modelo de planta, permite suponer incrementos en la productividad de grano. La productividad depende fundamentalmente de la capacidad de la planta para captar y transformar la energía solar y de su habilidad para aumentar tal capacidad al suministrarle fertilizante, lo cual esta en función de la arquitectura de la planta y del cultivo.

Villena y Johnson (1972) citado por Cortés (1991) afirman que la altura de la planta es un carácter importante que está correlacionado genéticamente con la altura de la mazorca, mencionan también que el uso de variedades de planta baja, facilita las operaciones de cultivo y cosecha, y reduce las pérdidas por acame que son comunes en poblaciones tropicales de planta alta.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización.

Los experimentos se realizaron en los años 1995 y 1996 en el ciclo Primavera-Verano bajo condiciones de riego en el poblado del Llano de Zacapexco, Municipio de Villa del Carbón, Estado de México. El Llano de Zacapexco se ubica entre las coordenadas geográficas; 19°37'28" a 19°43'36", latitud norte y 99°26'20" a 99°32'07", longitud oeste, a una altura de 2800 msnm. (García, 1973).

3.2. Condiciones Ambientales.

Por sus características, la localidad pertenece al clima C (W2) (W) que corresponde al tipo templado. El más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano e invierno seco.

La precipitación media anual es mayor de 800 mm; la temperatura media anual oscila entre 4° y 12° C; la mayor precipitación pluvial se registra en el mes de julio, con un rango que fluctúa entre 200-210 mm; y la mínima corresponde a febrero con un valor de menos de 10 mm.

La máxima temperatura se presenta en los meses de abril y mayo con un valor de entre 12° y 13° C y la más baja en diciembre y enero, ambos con temperaturas que oscilan entre 8° y 9° C. (García, 1973).

El promedio de días con heladas va de 28 a 54, comenzando en octubre y finalizando en abril, aunque las tempranas se pueden presentar entre el 8 y 10 de septiembre y las tardías hasta el mes de mayo.

Según el sistema FAO-UNESCO los suelos que presenta esta zona son: handosol húmico, handosol ocrico y feozem haplico, con un color café oscuro, textura arcillo arenosa estructura granular fuerte y adherentes, espesor promedio de 2 m., materia orgánica de 20 a 50 cm y con pH bajos de 4 a 6.

o

3.3. Material Genético.

En el ciclo Primavera-Verano de 1995, se sembraron nueve híbridos con características de adaptación a la zona, que se consideraba, podían tener capacidad productiva y competitiva, comparados con el criollo de la zona como testigo; posteriormente, se analizaron los datos, para identificar los híbridos por sus características benéficas para la zona como: capacidad productiva y características físicas de la planta, determinándose los híbridos que se emplearían para el segundo ciclo de evaluación, el cual se estableció en 1996, donde se evaluaron tres híbridos comparados con el Criollo, como testigo.

Cuadro 1. Material genético de híbridos de maíz utilizados en los ciclos Primavera-Verano 1995 y 1996 que se evaluaron en Villa del Carbón, Estado de México

Ciclo Primavera-Verano 1995	Ciclo Primavera-Verano 1996
Genotipos Comparados	Genotipos Comparados
PUMA 1003	PUMA 1001
PUMA 1075D	Criollo
PUMA 1075T	PUMA 1075D
IA24 X IA64	PUMA 1003
H-33	
IA24 X Cal	
IA-BA8985E-2	
PUMA 1001	
Criollo	
1 X 2	

3.4. Diseño Experimental.

En ambos experimentos, es decir en 1995 y 1996, se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, en el primer año se manejaron 10 tratamientos y en 1996 se utilizaron cuatro materiales.

La parcela útil en el primer ciclo (1995) fue de un surco de 5.0 m de largo y en el segundo ciclo (1996), constó de un surco de 3. m, en ambos casos de 0.80 m entre surcos.

3.5. Análisis Estadístico y Comparación De Medias.

Se realizó un análisis estadístico en bloques completos al azar, obteniéndose el análisis de varianza, la comparación de medias fue a través del método de Tukey al 0.05 de probabilidad estadística.

3.6. Manejo Agronómico

El manejo agronómico consideró la aplicación de las practicas comunes que se realizan en maíz, en forma tradicional, con la finalidad de que los materiales fuesen evaluados bajo las condiciones en que prospera normalmente el testigo.

3.6.1. Preparación Del Terreno

La preparación del terreno para ambos ciclos, consistió en una aradura, rastreo, riego y surcado, realizándose en los meses de enero a marzo, para posteriormente establecer el experimento en abril en el ciclo 1995 y marzo en el trabajo de 1996.

3.6.2. Siembra.

Se realizó en forma manual, el 25 de abril de 1995 a una distancia de 50 centímetros entre mata y mata, depositando tres semillas por golpe; la de 1996 se llevó a cabo el 23 de marzo en la misma forma que el anterior.

3.6.3. Fertilización.

La primera aplicación de fertilizante se llevó a cabo en forma manual al momento de la escarda, consistió en el mateado con estiércol de ganado bovino de engorda; la segunda, cuando comenzaba a florear aplicando la dosis del tratamiento fertilizante químico 46-00-00.

3.6.4. Control De Malezas y Plagas.

Se efectuó antes de la primera escarda y posteriormente en la etapa de elote, realizándose manualmente.

3.6.5. Cosecha.

La cosecha se llevó a cabo el día 15 de noviembre de 1995 y el día 27 de octubre de 1996 en forma manual en cada uno de los surcos.

3.7. Variables Registradas Por Parcela.

3.7.1. Días A Floración Masculina Y Femenina.

Se contaron los días transcurridos desde el momento de la siembra hasta la aparición del 50% de las espigas y el 50% de plantas que presentaran los estigmas, para evaluar las variables floración masculina y femenina, respectivamente en ambos ciclos.

3.7.2. Altura De Planta.

Se tomaron los datos de igual manera para ambos ciclos y de acuerdo a la metodología propuesta por el CIMMYT (1988). La altura de planta se midió en centímetros desde la inserción de las raíces hasta la inserción o añadidura de la espiga, seleccionando 5 plantas al azar de cada parcela, y considerándose la media de estas medidas.

3.7.3. Altura De Mazorca.

Para registrar la altura de la mazorca, se llevó acabo la medición de la base o la parte en contacto de la planta con en el suelo, hasta donde se localizaba el nudo de la inserción de la mazorca principal, es decir, la mazorca superior.

3.7.4. Mazorcas Buenas.

Una vez que se pesaron las mazorcas de cada una de las parcelas se identificaron las buenas, es decir, las que no tenían ningún defecto, además de considerarse por sus características físicas; se contaron en los dos ciclos.

3.7.5. Mazorcas Malas.

Después de que se pesaron las mazorcas de cada parcela, se observaron y pesaron las que presentaban cualquier defecto físico y se contaron.

3.7.6. Plantas Cosechadas.

Al cosechar las parcelas, en cada una de ellas se contó el número de plantas cosechadas y se estimo su cantidad para ambos ciclos.

3.7.7. Porcentaje De Cuateo.

Se contó el número de plantas por parcela que tenían dos mazorcas y se estimó el porcentaje en el ciclo 1996.

3.7.8. Mazorcas Sanas.

Una vez que se pesaron las mazorcas, se observaron las que no sufrieron algún daño físico y se cuantificaron, para el ciclo 1996.

3.7.9. Longitud De Mazorca.

Se tomó una muestra de 5 mazorcas de las más representativas de cada parcela y se midió su longitud en centímetros, calculándose el promedio, siendo ese el dato para esta variable en los dos experimentos.

3.7.10. Numero De Hileras Por Mazorca.

De las mismas mazorcas a las que se les tomó la longitud, se contó el número de hileras por la parte media de cada mazorca, esto se hizo en los dos experimentos.

3.7.11. Número De Granos Por Hilera.

Se contaron los granos por hilera desde la base hasta la punta en cada una de las 5 mazorcas que sirvió como muestra.

3.7.12. Diámetro de Mazorca.

Se midió cada una de las 5 mazorcas por la parte central con el vernier, determinándose el diámetro en centímetros, con lo cual se obtuvo el promedio en los dos ensayos.

3.7.13. Diámetro de Oloste.

Después de desgranadas las cinco mazorcas, se midió el oloste de la parte central con el vernier y se determinó el diámetro promedio.

3.7.14. Granos Por Mazorca.

Se determinó multiplicando el número de hileras por el número de granos por hilera en cada una de las mazorcas, se sacó el promedio en las 5 mazorcas obteniéndose el valor para esta variable.

3.7.15. Peso De 200 Granos.

Se contaron 200 granos por parcela experimental, previamente homogeneizados y luego se pesaron.

3.7.16. Rendimiento.

Se calculó con la siguiente fórmula expresándose en kg/ha

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

Donde:

P. C. = Peso de campo de la totalidad de las mazorcas

cosechadas por parcela expresado en kilogramos.

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

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

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

8,600 = constante para estimar el rendimiento con humedad comercial (14 %).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Análisis De Varianza 1995.

En los resultados obtenidos del análisis de varianza para el ciclo Primavera-Verano 1995, se observa que para la variable rendimiento, se presentó significancia al 0.05 de probabilidad en el factor de variación Tratamientos, en cambio para repeticiones fue altamente significativa.

Las variables: mazorcas buenas, hileras por mazorca, diámetro de mazorca y diámetro de olote, exhibieron diferencias altamente significativas, para tratamientos, para longitud de mazorca la significancia fue al 0.05 de probabilidad; en cambio las variables: peso de 200 gramos y granos por hilera, no mostraron significancia.

A excepción de rendimiento y mazorcas buenas, que presentaron significancia al 0.01 y 0.05 de probabilidad para el factor Repeticiones, en las otras variables no se detectaron diferencias estadísticamente significativas. (Cuadro 2).

El coeficiente de variación para rendimiento fue de 26.63% y la media general de 6,185 kg/ha.

Cuadro 2. Cuadrados medios, significancia y coeficientes de variación en las variables evaluadas en híbridos Puma de maíz en Villa del Carbón, Edo. de México. Primavera - verano, 1995

Variables	Tratamientos	Repeticiones	Medias	C.V. (%)
Rendimiento	18468111.6 *	23263709.6 **	6185	26.63
Mazorcas Buenas	258.57 **	176.93 *	31.93	22.71
Mazorcas malas	4.35 NS	0.13 NS	1.73	90.60
Peso de 200 gr.	55.92 NS	30.00 NS	69.00	9.99
Long. de mazorca	5.52 *	0.66 NS	15.33	9.05
Hileras / mazorca	4.57 **	0.75 NS	15.04	6.60
Granos por hilera	17.35 NS	8.06 NS	28.12	12.11
Diám. De mazorca	0.61 **	0.00 NS	4.88	4.41
Diám. De olote	0.15 **	0.00 NS	2.57	3.95

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

Como se observa en el cuadro 3, para rendimientos de grano, la producción más elevada correspondió a Puma 1003, con 9,319 kg/ha y el menor valor fue 2,988 kg/ha, para la cruza 1x2. El testigo comercial H-33, rindió 7,661 kg/ha, y el Criollo 3,018 kg/ha, lo cual indica que ambos materiales fueron superados por los materiales señalados.

De acuerdo con los elementos teóricos, es posible esperar generalmente más altos rendimientos si se siembran híbridos de tres líneas, que híbridos dobles (Robles 1986), sin embargo en este trabajo no ocurrió así, la probable explicación podría basarse en las condiciones que prevalecieron en el desarrollo del cultivo, las cuales beneficiaron a los híbridos dobles e hicieron que el híbrido trilineal se ubicara en tercer lugar con 8,025 kg/ha.

Si bien las variables analizadas frecuentemente explican el rendimiento (Espinosa 1985), ya que generalmente están relacionados con la producción, en este caso se observa que no hay consistencia en los mayores rendimientos con los valores de las variables, lo cual se debe a que estos son elementos compensatorios.

Las variables floración masculina y floración femenina, presentaron valores entre 95 días y 103 días para su expresión, siendo uno de los materiales más precoces, el híbrido trilineal Puma 1003, lo cual aunado al buen comportamiento en el rendimiento, representa una característica favorable para los Valles Altos.

Se presentaron valores de menor altura de planta y mazorca, para los híbridos Pumas de maíz, con respecto a H-33 y al Criollo, lo que representa que un arquetipo de planta favorable, esta característica es buena, ya que otorga ventajas para las condiciones de los Valles Altos, facilitando la cosecha manual y, eventualmente en forma mecanizada, en este sentido es importante la altura de mazorca, ya que una posición más baja, evita el acame.

Los maíces Pumas mostraron características que los hacen atractivos, considerándose de buen aspecto para los productores, lo cual fue confirmado por los resultados obtenidos en el rendimiento.

Las mazorcas de los materiales evaluados presentaron un buen aspecto al igual que las del Puma 1075D con pocos defectos físicos y una presentación agradable y de buena sanidad obteniendo una longitud de mazorca de 15 cm superando por 1 cm a las demás mazorcas normales.

Los diámetros de mazorca y de olote, están estrechamente relacionados, por lo que cuando se tiene un diámetro de mazorca mayor, en el olote se espera lo mismo. El híbrido trilineal Puma 1003 alcanzó el valor mas alto en diámetro de mazorca con 6 cm. y también en el diámetro de olote con 3 cm., así como con 17 hileras por mazorca. No ocurrió así con los otros maíces.

Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey 0.05) de híbridos Puma de maíz evaluados en Villa del Carbón, Estado de México. Primavera - Verano, 1995.

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)	Mazorcas Buenas	Mazorcas Malas	Peso 200 gr	Long. Maz. (cm)	Hileras/ Maz.	Granos/ Hilera	Diám. Maz. (cm)
Puma 1003	9319 A	41 A	2 A	67 A	15A	17A	29A	6A
Puma 1075D	8591 A	41 A	1 A	65 A	14A	16A	27A	4C
Puma 1075T	8025 AB	42 A	1 A	72 A	14A	14AB	26A	5BC
IA24XIA64	7908 AB	42A	3 A	65 A	16A	15AB	33A	5BC
H-33	7661 ABC	24ABC	0A	73 A	16A	15AB	28A	6A
IA24Xcal	6468 ABC	36AB	4 A	68 A	14A	15AB	28A	5BC
IA-BA8985E2	4570 ABC	27AB	1 A	65 A	17A	13B	26A	4C
Puma 1001	3302 BC	21AB	2 A	68 A	14A	15AB	25A	5AB
Criollo	3018 C	21AB	3 A	68 A	14A	15AB	27A	5BC
1X2	2988 C	20AB	1 A	78 A	18A	13B	32A	5BC

Las letras indican la significancia estadística de medias ($p > 0.05$).

4.2. Comparación de Medias 1995.

En el cuadro 3 se exhiben los resultados de la prueba de comparación de medias de los diez genotipos evaluados, identificándose tres grupos de significancia estadística,

entre los tratamientos. En el primer grupo el Puma 1003 se ubicó en el primer lugar de rendimiento con 9,319 kg/ha, el cual representa 121.6% con respecto al testigo comercial H-33. El Puma 1075D ocupó el segundo lugar al registrar 8,591 kg/ha y el Puma 1075T el tercer lugar con 8,025 kg/ha, este valor es 104.7% con relación a H-33, lo cual es importante, ya que el Puma 1075T, fue inscrito por la UNAM, ante el Catalogo de Variedades Factibles de Certificación (CVC), en 1999, contándose con la autorización para la certificación actualmente (Tadeo et al, 2000, Tadeo et al, 2001). El H-33 testigo comercial usado en Valles Altos, rindió 7,661 kg/ha, este maíz fue liberado por INIFAP en 1992, sirve como punto de comparación ya que supera al criollo en 153.8%. El Criollo y una cruce denominada 1 x 2 presentaron los valores de rendimiento menores con 3,018 y 2,988 kg/ha, respectivamente.

El híbrido trilineal PUMA 1003, rindió de forma lógica más que los híbridos dobles, sin embargo, los demás híbridos obtuvieron un rendimiento bueno, respondiendo en forma aceptable, aún bajo condiciones adversas de los Valles Altos; característica que se confirmó ya que el cultivo fue afectado por una granizada en la etapa de plántula.

En relación a la variable peso de 200 gramos no hubo diferencia significativa entre los genotipos evaluados, numéricamente el material 1 x 2 y el H-33 fueron los materiales que mayor peso presentaron con 78 y 73 granos, respectivamente. (Cuadro 3).

La variable longitud de mazorca, no presentó diferencia significativa entre los tratamientos comparados. La cruce 1 x 2, numéricamente obtuvo el valor más alto con 18 centímetros y los de menor valor fueron Puma 1075D, 1075T, IA24 x CAL. Puma 1001 y Criollo con 14 centímetros de longitud cada uno.

Para hileras por mazorca, la comparación formó dos grupos de diferencia, siendo iguales estadísticamente todos los genotipos a excepción del IA-BA8985E-2 y el 1 x 2 que tuvieron una diferencia numérica de 3, de 2 y de 1 hilera entre los genotipos del primer grupo que fue de 14 hileras el más bajo para el Puma 1075T con el de mayor

que fue el Puma 1003 con 17 hileras por mazorca, con lo cual podría haber influido en el rendimiento.

Referente a granos por hilera no se presentaron grupos diferentes al no haber diferencia significativa entre los tratamientos, numéricamente hay una diferencia de 8 gramos por hilera entre el que obtuvo el mayor valor, que fue el IA24 x IA64 y el de menor el Puma 1001.

Con relación al diámetro de mazorca, se observaron 4 grupos de significancia, siendo el Puma 1003 y el H-33 los de mayor diámetro con 6 centímetros, seguidos del Puma 1075T, IA24 x IA64, IA24 x CAL, Puma 1001, Criollo y 1 x 2 con 5 centímetros, y con 4 centímetros el Puma 1075D y el IA-BA8985E-2.

4.3. Análisis De Varianza 1996.

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza, se observa que para rendimiento en el factor tratamientos, no se presentó significancia estadística, lo cual fue similar también para repeticiones (Cuadro 4).

Las variables evaluadas: floración masculina, floración femenina, mazorcas buenas, longitud de mazorca y diámetro de mazorca exhibieron diferencias altamente significativas, las variables: altura de mazorca e hileras por mazorca, presentaron diferencias al 0.05 de probabilidad en cambio, altura de planta, mazorcas malas y granos por mazorca no presentaron significancia estadística .para la variable mazorcas malas y granos por mazorca.

Para repeticiones no se detectaron diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas.

El coeficiente de variación para rendimiento fue de 24.62 y la media general de 8,878 k/ha, lo cual señala que las condiciones fueron mejores durante 1996, en comparación con 1995.

Cuadro 4. Cuadrados medios, significancia y coeficientes de variación en las variables evaluadas en híbridos Puma de maíz en Villa del Carbón, Estado de México. Primavera - verano, 1996.

Variables	Tratamientos	Repeticiones	Medias	C.V. (%)
Rendimiento	3739750.31 NS	1891784.25 NS	8878	24.62
Floración femenina	132.75 **	7.75 NS	98.25	3.77
Floración masculina	124.22 **	0.58 NS	106.66	1.13
Alt. De planta	636.97 NS	205.58 NS	218.58	5.86
Alt. De mazorca	643 *	191.58 NS	123.16	6.77
Mazorcas buenas	8.55 **	4 NS	15.5	14.74
Mazorcas malas	28.55 NS	0.25 NS	3.5	47.85
Cuateo	1.22 NS	6.08 NS	2.16	70.08
Mazorcas sanas	57 NS	3.16 NS	14.16	15.11
Long. de mazorca	12.58 **	0 NS	14.7	5.31
Hileras/mazorca	4.17 *	0.01 NS	17.05	4.66
Granos/hilera	24.52 *	0.58 NS	31.08	6.71
Diám. de mazorca	0.51 *	0.01 NS	4.98	6.21
Diám. de olote	0.15 **	0.01 NS	2.75	3.82
Granos/mazorca	23618.44 NS	16866.75 NS	451	18.1

**Altamente significativo (0.01)

*Significativo (0.05)

NS No Significativo

4.4. Comparación De Medias 1996.

Como se observa en el cuadro 5, respecto a los rendimientos totales de grano, numéricamente destacó el híbrido trilineal Puma 1001 por su excelente capacidad productiva con 10,148 kg/ha, superando en 9.7%, es decir con 900 al criollo que fue el que le siguió en orden descendente con 9,248; el híbrido doble Puma 1075D obtuvo un rendimiento de 8,630 kg/ha que representa 93.3% con respecto al criollo lo cual pudo deberse, en parte, propiamente al ciclo vegetativo y a su constitución como cruza doble (Tadeo 1991). Con respecto al híbrido trilineal PUMA 1003 que fue el que obtuvo menor rendimiento de los 4 genotipos evaluados, con 8559 kg/ha, que representan 92.5% con relación al criollo, probablemente lo anterior se deba a que fue afectado por

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

algunas condiciones que prevalecieron en el lugar de estudio, las cuales lo afectaron negativamente en comparación con los otros materiales.

Cuadro 5. Comparación de medias (Tukey 0.05) de variables evaluadas en híbridos Puma de maíz en Villa del Carbón, Estado de México. Primavera - Verano, 1996.

Genotipo	Rend. (kg/ha)	Flor. Masc. (días)	Flor. Fem. (Días)	Altura Planta (cm)	Altura Maz. (cm)	Maz. Buenas	Maz. Malas
Puma 1001	10148a	95b	103bc	207 a	111b	17 a	1b
Criollo	9248a	98b	107b	230 a	133ab	15 a	2b
Puma 1075D	8630a	108 ^a	116a	232 a	139 a	17 a	8a
Puma 1003	7489a	93b	101c	205 a	111b	17 a	3b

Continuación del Cuadro 2

Cuateo	Mazorcas Sanas	Longitud Mazorca	Hileras/ Mazorca	Granos/ hílera	Diámetro Mazorca	Granos
2 a	15a	15a	18 a	32ab	5ab	436a
2 a	14a	16a	15b	34 a	5ab	349a
3 a	17a	12b	18 a	27b	4b	454a
2 a	11a	16a	17 ab	32 ab	5 a	565a

Las letras indican la significancia estadística de los promedios ($p > 0.05$)

En la variable altura de mazorca se establecieron 2 grupos de significancia presentando la mayor altura el Puma 1075D con 139 cm; el criollo se comportó como intermedio con relación a los otros genotipos para esta variable con 133 cm, presentando la mayor altura los Pumas 1001 y 1003 con 111 cm.

Con respecto a mazorcas buenas se observa que ningún tratamiento demuestra diferencia significativa estadística; numéricamente hay una diferencia de 4 mazorcas buenas entre los PUMAS 1001, 1075D y 1003; con relación al criollo, hay una diferencia de 2 mazorcas buenas.

En lo referente a la variable mazorcas malas se observan dos grupos de significancia estadística, ubicándose el PUMA 1075D en el nivel más alto del grupo principal con 8

mazorcas malas por lo que fue el más susceptible a esta característica, el PUMA 1003 presentó 3, con 2 el criollo y 1 mazorca mala para el Puma 1001.

Para longitud de mazorca se observan dos grupos de diferencia estadística significativa, perteneciendo al primer grupo el criollo, el PUMA 1003 con 16 cm de longitud, con 15 el PUMA 1001 y el PUMA 1075D con 12 cm de longitud.

Con respecto a la variable hileras por mazorca se observan 2 grupos de diferencia estadística significativa de 3 hileras por mazorca entre el genotipo de mayor valor con el de menor, teniendo 18 hileras los PUMAS 1075D y 1001, con 17 el PUMA 1003 y el criollo con 15 hileras.

En lo que toca a la variable granos por hilera, se establecieron dos grupos de significancia en las que se definió que en el nivel más alto del grupo se ubicó el criollo con 34 granos por hilera, siguiéndole en orden descendente los PUMAS 1003 y 1001 con 32 granos, así como el PUMA 1075D con 27 granos por hilera.

Respectivamente el diámetro de mazorca observa tres grupos de significancia. El criollo y los PUMAS 1001 y 1003 muestran claramente la superioridad en lo que corresponde a esta variable con 5 cm de diámetro y por último el PUMA 1075D con 4 cm.

Para la variable granos por mazorca, no existe diferencia estadística significativa; numéricamente el PUMA 1003 presentó un mayor número de granos por mazorca con 565, continuándole el PUMA 1075D con 454; le siguió el PUMA 1001 con 436; en cambio, el criollo resultó ser, para esta variable, el de menor número de granos con 348.

4.5. Rendimiento Medio considerando 1995 y 1996.

En el cuadro 6, se observa que al obtener la media de rendimiento, considerando los dos años de evaluación y los híbridos que fueron evaluados, los híbridos Pumas de

maíz superaron al criollo, siendo Puma 1003, el que obtuvo el promedio más alto con 8939 kg/ha, valor que superó en 145.7%, con respecto al material criollo. Sin embargo también Puma 1075D y Puma 1001, superaron en porcentajes de 140.4% y 109.6% con respecto al criollo, lo cual coincide con resultados obtenidos en otros trabajos (Tadeo et al, 2000).

Lo anterior indica que aún bajo las condiciones de manejo similares a como se cultivan el criollo y las variedades locales, los maíces Pumas responden aceptablemente, con posibilidades de competir con ese tipo de variedades.

Cuadro 6. Medias de rendimiento para híbridos Pumas de maíz evaluados durante 1995 y 1996 en Villa del Carbón, Estado de México.

Genotipo	Rend. (kg/ha) 1995	Rend. (kg/ha) 1996	Media de Años (kg/ha)	% VS Testigo
Puma 1001	3302	10148	6725	109.6
Criollo	3018	9248	6133	100
Puma 1075D	8591	8630	8610	140.4
Puma 1075T	8025		8025	130.8
Puma 1003	9319	8559	8939	145.7

5. CONCLUSIONES

1. El híbrido trilineal PUMA 1003 obtuvo el máximo rendimiento en el ciclo Primavera-Verano 1995, con 9,319 Kg./ha, en el año 1996, si bien no fue el de mayor rendimiento (8939 kg/ha), su producción permitió superar en promedio de los dos años a los demás híbridos y al Criollo, con respecto a este ultimo rindió 145.7%.
2. Los cuatro híbridos PUMA 1003, PUMA 1001, PUMA 1075D y PUMA 1075T expresaron rendimientos competitivos con respecto al H-33 y al Criollo.
3. Los híbridos PUMA de maíz mostraron aceptable producción en el ambiente y bajo las prácticas de manejo de la zona en la cual se evaluaron.
4. Las características de los híbridos de maíz PUMA, permitieron expresar aceptable rendimiento, así como adaptación y comportamiento favorable, lo cual podría ser una alternativa para los productores de la zona.
5. Se sugiere el uso de híbridos PUMA maíz en la zona, con énfasis en los materiales Puma 1003, Puma 1075D, así como Puma 1001, los cuales en promedio de los dos años superaron al criollo.
6. Es necesario evaluar nuevamente a estos materiales Pumas, para confirmar las características y ventajas en rendimiento con lo cual se podrían recomendar, en caso de que su rendimiento fuera bueno en el tercer año.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Allar R. W. 1980. Principios de la mejora genética en las plantas. Editorial Omega, S. A. Cuarta edición, Barcelona, España.
- Ángel T. A. 1997. Productividad de híbridos de maíz formados a partir de líneas progenitoras del H-28 por diferente orden de cruza, Tesis de licenciatura, UNAM. FES-Cuautitlán, México.
- Arellano V., J. L. 1983. Avance generacional. En Resúmenes de las ponencias sobre metodología de investigación en maíz SARH-INIA. México, D.F.
- Balderrama C., S. 1996. Efectos de aptitud combinatoria en poblaciones de maíz nativas de Valles Altos de México. Tesis de M. C. Colegio de Postgraduados. Montecillo México.
- Bolaños J. 1994. Bases fisiológicas del progreso genético en cultivares de programa regional de maíz, *Agronomía Mesoamericana* 5: 67-77.
- Borrego E., F. 1989. Curso de fitotecnia, opción a tesis. Departamento de Fitotecnia, UAAAN. Coahuila, México
- Carballo C., A. 1992. Técnicas de mejoramiento, Apuntes de la asignatura. UNAM. FES-Cuautitlán, México.
- Cortes H., E. 1991. Evaluación de 20 genotipos de maíz (*Zea mays L*) de porte bajo y normal en Tepetzotlán, Estado de México. Tesis profesional. UNAM. FES-Cuautitlán, México.
- Chávez A. J. L. 1993. Mejoramiento de plantas. Tomo I segunda edición. Editorial Trillas, S. A. de C.V. México.
- Espinosa C., A. 1982. Endogamia y heterosis. En presentación sobre metodología de la investigación en maíz. P. Aguilar, F. P. *et al* SARH-INIA. Chapingo, México.
- Espinosa C., A. 1985. Adaptabilidad, productividad y calidad de líneas e híbridos de maíz (*Zea mays L*). Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Espinosa C. A. y Carballo C. A. 1986. Productividad y calidad de semilla en líneas e híbridos de maíz (*Zea mays L.*) para la zona de transición El Bajío-Valles Altos de México. *Fitotecnia* N. 8

- Espinosa C., A. 1989. Aprovechamiento de una cruza simple de maíz a través de la tecnología de producción de semillas de un híbrido de cruza doble de maíz resúmenes del XII Seminario Panamericano de Semillas. FELAS, Guatemala.
- Espinosa C., A., M. Tadeo. R. R., Martínez. M. y A. Piña. del V. 1995. Híbridos puma de maíz para los Valles Altos de México. En. Investigación multidisciplinaria FES-Cuautitlán. Memorias del IX Foro Interno de Investigación.
- Espinosa C. A. 1997. Comportamiento per se y ACG de caracteres relacionados con la producción de semillas en líneas de maíz (*Zea mays L*) y sus cruza. Tesis de Doctor en Ciencias especialista en genética, Col. De Postgraduados, Montecillo, México.
- Eberhart S. A. and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop sc.
- Evans L. T. 1983. Fisiología de los cultivos. Traducción H, González I. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- Fira. Boletín Informativo, núm. 309 volumen xxx 1 de octubre de 1998 oportunidades de desarrollo del maíz mexicano. Alternativas de competitividad.
- Galicia G. P. R. 1993. Descripción varietal de las líneas progenitoras de los híbridos de maíz: H-28, H-30 y H-137. En base a caracteres de planta y mazorca. Tesis de licenciatura, UNAM, FES-Cuautitlán, México.
- García M. E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana, UNAM, México
- Jugenheimer W.; R, 1990. Maíz variedades mejoradas, y métodos de cultivo y producción de semillas, trad. R. Piña G. Ed. Limusa. México.
- Martínez M. R. 1994. Capacidad productiva de híbridos trilineales experimentales de maíz (*Zea mays L*) pumas en Valles Altos. Tesis de licenciatura. UNAM. FES-Cuautitlán, México.
- Medina S. H. 1993. Aplicación de fitohormonas para acelerar floración y modificar la altura de planta en los progenitores de híbrido de maíz H-311, Tesis de licenciatura. UNAM. FES-Cuautitlán, México.
- Molina J. D., G. y C. F. 1976. Diferentes grados de defoliación en maíz superenano AN-36, bajo dos densidades. Tesis profesional. UAAAN. Coahuila, México.
- Molina J. D, G. y C. F. Yañes G. 1994. La aptitud combinatoria general de líneas de maíz en la explicación de heterosis en XV Congreso Nacional de Fitogenética Somefi, Monterrey, México. 374 p.

- Montero H. R. 1982. Efecto de dos densidades de siembra en 7 variedades de maíz (*Zea mays L*) de planta corta y normal en Apodaca N L. Tesis profesional. ITESM. Monterrey, N, L. México.
- Moreno G. R. 1993. Mejoramiento Genético de los cereales en México (Trigo, Cebada, Avena y Arroz) y modalidades a futuro, Segundo Encuentro Científico y Tecnológico del Cultivo de Avena. SARH. Cd. Cuauhtémoc. Chih, México.
- Ortiz C. A. y Vázquez A. 1970. Maíces braquíticos para el trópico cálido húmedo. 8a. Reunión de la Asociación Latinoamericana de Fitotecnia. Bogota, Colombia.
- Ortiz C. J. L. E. Mendoza y V. A. González H. 1984. Cambios en las características morfológicas y grano, Agrociencia. (58) 153-163.
- Ortiz C. J. M. del C. Mendoza Castillo y G. Herrera Zamarión. 1994. Influencia de la heterosis sobre la proliferación en maíz, resúmenes del XV Congreso Latinoamericano de Fitogenética, México.
- Pavon R. J. A. 1983. Efecto de los bioestimulantes en variedades braquíticas de maíz (*Zea mays L*) en Apodaca, N. L. Tesis profesional. ITESM. Monterrey, México.
- Poelhman J. M. 1987. Mejoramiento Genético de las cosechas. Trad al español por Nicolás Sánchez Durón, séptima reimpresión. Editorial Limusa Wiley, S.A. México.
- Ramírez D. J. L. 1985. Análisis de crecimiento y compartimiento del rendimiento de los híbridos de maíz H-30 y H-131 y de sus progenitores. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Ramírez V. P. 1973. Comparación del potencial de rendimiento entre maíces híbridos tropicales enanos y normales. Tesis profesional. UACH. Chapingo, México.
- Reyes C. P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. A. G. T. Editor, S.A. México 460 p.
- Reyes C. P. 1990. El maíz y su cultivo. A. G. T. Editor, S. A. México.
- Rodríguez A. J. 1989. Conceptos de fenología, modelos matemáticos aplicados a la agricultura. CAADES. Sinaloa, México.
- Rodríguez M. F. 1990. Adaptación y adaptabilidad de genotipos de maíz al área tropical de México. En Memorias del curso teórico-práctico de capacitación sobre el cultivo del maíz. SARH. Veracruz, Ver., México.
- Sierra M. M. 1983. Transferencia de genes de enanismo en variedades precoces de maíz (*Zea mays L*) de clima caliente seco. Tesis M.C. ITESM. Monterrey, México.

Tadeo-Robledo M., Espinosa-Calderón A., Martínez R., Solano A. M., Piña D. V. A. 1998. Mejoramiento genético en investigación en semillas de maíz en la UNAM. XVI Seminario Panamericano de Semillas. Buenos Aires, Argentina.

Tadeo R., M., Espinosa C., A., Martínez M., R., Ganesan S., D. Beck , J. Lothrop, Torres J.L. 2001. Puma 1075 y Puma 1076 híbridos de maíz de temporal para los Valles Altos de México (2200 a 2600 msnm). Fitotecnia, SOMEFI.

Tanaka A. y Yamaguchi J. 1954. Producción de materia seca. Componentes de rendimientos de grano en maíz. Trad. Josué kohashi Shibata. 3era. Edición, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Valdivia B. R. 1993. Estrategias de mejoramiento genético del maíz en el Estado de México; en el Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.

Velázquez C., G. A. 1998. Mejoramiento genético de maíz para los Valles Altos y zona de transición en la región central de México. Reporte para el curso avanzado de mejoremiento genético. INIFAP-CEVAMEX. México.

Villarreal D. A. 1982. Evaluación de heterosis en variedades de maíz (*Zea mays L*) con caracteres braquíticos, cultivados en el verano de 1981 en Apodaca, N. L. Tesis profesional ITESM. Monterrey, N. L. México.