

49  
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**EVALUACION DE RENDIMIENTO EN LOS MAICES  
HIBRIDOS PUMA PARA VALLES ALTOS Y ZONA  
DE TRANSICION**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO AGRICOLA**

**P R E S E N T A**

**ISIDRO VASQUEZ SANTIAGO**

L

ASESOR: M.C. MARGARITA TADEO ROBLEDO.

DR. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERON.

258983

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1998

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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



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

U. N. A. M.  
 FACULTAD DE ESTUDIOS  
 SUPERIORES CUAUTITLAN

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 AUTÓNOMA DE  
 MEXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
 DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
 P R E S E N T E .

U.  
 EXAMEN

AT'N: ING. JAIME DE ANDA MONTAÑEZ  
 Jefe del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el trabajo de tesis: Evaluación de Rendimiento en los Maíces Híbridos Puma para Valles Altos y Zona de Transición.

que presenta el pasante: Isidro Vázquez Santiago  
 con número de cuenta: 8812750-7 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Agrícola

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

A T E N T A M E N T E .  
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
 Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 9 de Diciembre de 1997.

PRESIDENTE	M.C. M.M. Ofelia Grajales Muñoz	<u>[Signature]</u>
VOCAL	M.C. Margarita Tadeo Robledo	<u>[Signature]</u>
SECRETARIO	Ing. Miguel Bayardo Parra	<u>[Signature]</u>
1er. SUPLENTE	Ing. Edgar Ornelas Díaz	<u>[Signature]</u>
2do. SUPLENTE	Ing. Javier Vega Martínez	<u>[Signature]</u>

## REFLEXIONES

Cuando se persigue un objetivo, a veces es fácil llegar a ello, pero algunas veces cuesta mucho para lograrlo, y se sacrifican muchas cosas en la vida, pero finalmente se llega a la meta, no importando el tiempo "más vale tarde que nunca".

Isidro V.S.

En algún lugar de la Mixteca Oaxaqueña, caminando aproximadamente 500 metros de un lugar a otro, se puede observar y sentir que la vegetación y las condiciones del medio ambiente son totalmente diferentes, a pesar de estas características se siembran cultivos de maíz en las laderas de los cerros, obteniéndose rendimiento de 200 a 500 kg en grano por hectárea, por lo que es necesario considerar estas condiciones del país.

Isidro V.S.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme permitido realizar mis estudios en sus aulas para formarme a nivel profesional.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y especialmente a la carrera de Ingeniería Agrícola, donde finalmente obtuve una meta en la vida.

A la Fundación UNAM por otorgarme una Beca de Iniciación Temprana a la investigación y otra para tesis de licenciatura.

A la M.C. Margarita Tadeo Robledo por darme la oportunidad de realizar la tesis bajo su dirección.

Al Dr. Alejandro Espinosa Calderón por sus sugerencias fundamentales para la realización de la tesis.

A los miembros del jurado, por sus correcciones y sugerencias para mejorar la presentación de esta tesis.

Miembros del jurado:

M.C. M.M. Ofelia Grajales Muñiz

M.C. Margarita Tadeo Robledo

Ing. Miguel Ballardo Parra

Ing. Edgar Ornelas Díaz

Ing. Javier Vega Martínez

A los buenos profesores de Ingeniería Agrícola que hicieron lo posible de transmitir sus conocimientos para mi formación profesional.

A todos los profesores, especialmente al C. Ernesto Caballero Morales en Primaria, al C. Elpidio Zárate Reyes en Secundaria y a la Bióloga Rocío Azcarraga Rosette en Ingeniería Agrícola.

A mis compañeros de la generación 16 ava., que de una u otra manera son con quienes conviví para mi formación e integrarnos como equipo de trabajo en forma teórica y llevarlo a cabo en los viajes de práctica

A mis amigos, sin mencionar nombres, porque ellos saben quienes son, gracias por brindarme su amistad y comprensión en todo momento.

Al M.C. Ángel Piña del Valle y al Ing. Rafael Martínez Mendoza por su valiosa y muy acertada sugerencias para mejorar el contenido de la tesis profesional.

## DEDICATORIAS

A mis padres, Atenógenes Vásquez López y a Lorenza Santiago Pérez, porque gracias a ellos por su cariño y ternura que me han brindado siempre, he culminado una meta que me propuse en la vida.

A mis hermanos: Adelina, Fortunata, Alberta, Damiana y Valentino.

A mis sobrinos: Juliana, Eufemia, Francisca, Guilebaldo, Hermelinda, Emelia, Rubén, Hugo y Elizabeth; Rocío, Javier, Manuel y José Angel; Gilrardo y Adela; Fernando y Hannia.

Muy especialmente a mi sobrina Juliana, porque con ella conviví en los buenos y malos momentos, durante la niñez y en la adolescencia.

A mi hermano Valentino y su esposa Mariana por apoyarme incondicionalmente en mi etapa de estudiante.

Y sobre todo a dos personas muy especial, Teresa y María Isabel, que han compartido en mi vida los buenos y malos momentos y que me han inspirado para culminar mi carrera.

## CONTENIDO

<b>LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>IX</b>
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1.    Objetivos.....	3
1.2.    Hipótesis.....	3
<b>II. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1.    Mejoramiento genético en maíz.....	4
2.1.1.    Endogamia.....	8
2.1.2.    Heterosis.....	9
2.2.    Tipos de híbridos.....	12
2.2.1.    Híbrido de Cruza simple.....	14
2.2.2.    Híbrido de Cruza doble.....	15
2.2.3.    Híbrido de cruza triple.....	17
2.3.    Rendimiento.....	18
2.4.    Componentes de rendimiento.....	21
2.5.    Adaptación.....	23
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>28</b>
3.1.    Localización y límites.....	28
3.2.    Características agroecológicas.....	28
3.3.    Diseño experimental.....	28
3.4.    Material genético .....	29
3.5.    Análisis estadístico.....	31
3.6. <b>MANEJO AGRONOMICO.....</b>	<b>31</b>
3.6.1.    Siembra.....	31
3.6.2.    Fertilización.....	31
3.6.3.    Control de maleza.....	31



<b>3.7.</b>	<b>VARIABLES EVALUADAS.....</b>	<b>32</b>
3.7.1.	Días a floración masculina.....	32
3.7.2.	Días a floración femenina.....	32
3.7.3.	Altura de planta.....	32
3.7.4.	Altura de mazorca.....	32
3.7.5.	Acame de tallo.....	32
3.7.6.	Porcentaje de plantas con dos mazorcas	33
3.7.7.	Número de plantas cosechadas.....	33
3.7.8.	Peso de mazorcas en campo .....	33
3.7.9.	Mazorcas buenas y enfermas.....	33
3.7.10.	Cobertura de mazorca.....	33
3.7.11.	Cosecha.....	33
3.7.12.	Longitud de mazorca.....	33
3.7.13.	Diámetro de mazorca.....	34
3.7.14.	Número de hileras por mazorca.....	34
3.7.15.	Número de granos por hilera.....	34
3.7.16.	Porcentaje de materia seca.....	34
3.7.17.	Diámetro de olote.....	34
3.7.18.	Porcentaje de grano.....	34
3.7.19.	Tamaño de grano.....	35
3.7.20.	Peso de 200 granos.....	35
3.7.21.	Peso volumétrico.....	35
3.7.22.	Rendimiento.....	35
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
4.1.	Análisis de varianza.....	36
4.2.	Prueba de comparación de medias.....	38
<b>V.</b>	<b>DISCUSION.....</b>	<b>46</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>VII.</b>	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>54</b>

## LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1. Híbridos de maíz para Valles altos y Zona de Transición en Cuautitlán, México..... 30
- Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística de variables evaluadas en los híbridos Puma de maíz evaluados en Cuautitlán, México..... 37
- Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey=0.05) para rendimiento, floración masculina, floración femenina, altura de planta y altura de mazorca en híbridos Puma de maíz evaluados en Cuautitlán, México..... 39
- Cuadro 4. Comparación de medias (Tukey=0.05) para mazorcas buenas, mazorcas enfermas, acame, plantas cosechadas y plantas cuatas en híbridos Puma de maíz evaluados en Cuautitlán, México..... 41
- Cuadro 5. Comparación de medias (Tukey=0.05) para calificación de mazorca, porcentaje de grano, porcentaje de materia seca, peso de 200 granos y longitud de mazorca en híbridos Puma de maíz evaluados en Cuautitlán, México..... 43
- Cuadro 6. Comparación de medias (Tukey=0.05) para número de hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca, diámetro de olote y granos por mazorca en híbridos Puma de maíz evaluados en Cuautitlán, México..... 45

## RESUMEN

El siguiente trabajo se llevó a cabo con la finalidad de evaluar la capacidad productiva de los nuevos híbridos Puma experimentales en comparación con híbridos comerciales, así como también las perspectivas de uso comercial en forma extensiva en base a su rendimiento y al buen aspecto de planta (características agronómicas) para agricultores de los Valles Altos y la Zona de Transición, el bajío - Valles Altos, es una herramienta fundamental para elevar la productividad, sobre todo porque el maíz es de suma importancia en la dieta de los mexicanos, ya que está ligado a nuestra cultura.

El experimento se llevó a cabo en el ciclo de Primavera Verano de 1995 en Cuautitlán, México. Se aplicó un riego de siembra y lo demás fue bajo condiciones de temporal. La dosis de fertilización fue de 60-40-00 en la siembra. Se evaluaron 11 genotipos, de los cuáles cinco fueron Puma experimentales (Puma 1001, Puma 1003, Puma 1075T, Puma 1075D y Puma MM4) y 6 híbridos comerciales (Puma 1157, Puma 1159, H-33, H-137, H-135 y Jornalero). Se utilizó un diseño en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, se efectuaron análisis de varianza y comparación de medias (Tukey  $P < 0.05$ ), evaluandose las siguientes variables: rendimiento, floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, mazorcas buenas y enfermas, acame, plantas cosechadas, número de plantas con cuateo, calificación de mazorca, porcentaje de grano, cobertura de mazorca, peso de 200 granos, longitud de mazorca, número de hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca y olote, %, granos por mazorca.

IX

Los resultados para rendimiento señalan, que la gran mayoría de los híbridos Puma mostraron tener mas rendimiento principalmente el Puma 1003 (con 10,003 kg/ha), en comparación con los mejores híbridos comerciales, siendo superior en 8.7% y un 17.5% que el Puma 1157 y el H-135 respectivamente, que son los únicos que se encuentran dentro del grupo de los mejores híbridos.

En cuanto a las características agronómicas, en relación a los testigos los híbridos Puma fueron 9 días más precoces, tuvieron plantas más vigorosas y sanas, y con menor porte, por lo cual no se acamaron. Las características fenotípicas antes mencionadas demuestran que los híbridos Puma experimentales tienen buenas posibilidades de ser utilizados para su uso extensivo y comercial dada su buena adaptación en la zona de estudio.

## I. INTRODUCCION

El maíz es el cultivo básico de mayor importancia para la alimentación de la población mexicana porque está íntimamente ligado a su cultura; es originario del país, por lo que reviste un gran importancia buscar un óptimo aprovechamiento de las condiciones donde se cultivan las diferentes variedades.

El mejoramiento genético de las plantas aplica numerosos métodos para evaluar y aprovechar al máximo la variación natural, o bien, para producirla y seleccionar las plantas de mayor producción (Chávez, 1993).

La gran diversidad de ambientes es uno de los problemas más serios que enfrenta el fitomejorador para seleccionar con acierto los genotipos para una región dada (Rodríguez, 1990). Las regiones de los Valles Altos de México (2200-2600 msnm) y la Zona de Transición (1800 - 2200 msnm) son regiones tradicionalmente maiceras que poseen una amplia diversidad de ambientes, algunos con altos potenciales de rendimiento que demandan nuevas variedades más productivas a las utilizadas anteriormente en las regiones recomendados por el INIFAP son el H-137 para Valles Altos y H-135 para la Zona de Transición.

Desde hace varios años empresas privadas han tratado de superar con materiales propios al H-135 en su zona de adaptación, sin embargo, hasta ahora no lo han logrado (Tadeo, 1994).

El INIFAP (1996) reporta que actualmente se han liberado un total de 168 maíces mejorados a nivel nacional de los cuales el 50% son híbridos, el 33.9% son variedades mejoradas y el 15.5% restante son variedades sintéticas. De ese total, 35 maíces mejorados se han generado para regiones de Valles Altos, 52 para regiones del tipo Bajío e intermedias, 44 para trópico seco y 37 para trópico húmedo. De los 85 híbridos formados, el 60% son el resultado de cruza dobles, 18,8% cruza triples, 17.7% cruza simples y 3.5% son híbridos varietales.

En Ingeniería Agrícola se ha realizado mejoramiento genético en maíz desde 1984, utilizando como fuente de germoplasma algunos materiales del CIMMYT así como líneas generadas en la UNAM a partir de generaciones avanzadas de híbridos comerciales y materiales nativos (Espinosa *et al.*, 1995).

Los híbridos de maíz Puma 1157 y Puma 1159 desarrollados en la FESC - UNAM para zonas de transición han demostrado tener ventajas en rendimiento y características agronómicas con respecto a los testigos H-135, H-149, A-791 con los que se les ha comparado (Tadeo *et al.*, 1996).

Además se han desarrollado otros híbridos específicamente para la región de Valles Altos que en forma experimental han exhibido buen comportamiento como lo muestran los resultados de Espinosa *et al.*, (1995) con los híbridos Puma 1079, Puma 1003, Puma 1001 y Puma 1073 y los de Martínez *et al.*, (1996) con los híbridos Puma 1003 y Puma 1075, contra los híbridos experimentales CIMMYT5, CIMMYT6, CIMMYT14 y el Comercial H-33.

Por lo anterior aquí se planteó evaluar los híbridos Puma experimentales específicos para Valles Altos y los híbridos Puma utilizados ya comercialmente para la zona de Transición en comparación con híbridos comerciales comúnmente utilizados. La evaluación se realizó en Cuautitlán, México región que se localiza en los límites de las dos regiones (2252 msnm), desprendiéndose de lo anterior los siguientes objetivos:

### **1.1 OBJETIVOS**

1. Determinar la capacidad productiva de los híbridos Puma para Valles Altos y Zona de Transición en comparación con diferentes híbridos comerciales en Cuautitlán, México.
2. Definir las características de uso comercial en los híbridos experimentales Puma.

### **1.2 HIPOTESIS.**

Los híbridos Puma experimentales son de alto potencial de rendimiento por lo que se espera que superen a los híbridos comerciales.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Mejoramiento genético en maíz.

La población Mexicana está en constante crecimiento y la demanda de alimentos para sostenerla ha hecho necesario disponer de alimentos y materias primas industrializables en mayor cantidad por unidad de superficie cultivable (Chávez, 1993).

Además de que en nuestro país existen condiciones del medio ambiente muy específicos, por lo que es necesario seguir mejorando genéticamente a todos los cultivos básicos, principalmente el maíz hasta generar híbridos con capacidad productiva elevada y adaptados para cada zona de México.

El aumento de la producción agrícola puede lograrse mediante una o dos de las siguientes vías: incrementando la superficie cultivada o aumentando la producción por unidad de área (SARH - DGEA, 1935 a 1980).

Para evitar ocupar nuevas zonas agrícolas, los países desarrollados se preocuparon por aumentar la producción por unidad de área mediante el mejoramiento genético del maíz, actualmente retoman algunos países subdesarrollados con el fin de encontrar nuevos materiales para las distintas zonas de adaptación característicos de cada país.



Chávez (1993) indica que en cualquier método de mejoramiento, el factor más importante para incrementar la producción es la resistencia a las enfermedades y plagas, ya que la mayoría de las plantas son atacadas por patógenos e insectos que reducen o eliminan totalmente las cosechas. En muchos casos resulta incosteable o contraproducente combatirlos por métodos químicos o biológicos. Por lo tanto, el mejor método de control de enfermedades y plagas es el genético, es decir, desarrollar variedades resistentes a patógenos e insectos.

El maíz es adecuado para la investigación genética, ya que la planta es fácil de cultivar, se adapta a un amplio rango de condiciones ambientales debido a que posee gran número de variaciones hereditarias diferentes; además la endocría o el cruzamiento son simples y rápidos (la planta presenta 95% de polinización cruzada), y pueden obtenerse cientos de granos en una mazorca a partir de una sola polinización en un tiempo relativamente corto (Jugenheimer, 1990).

Puesto que el maíz es un cultivo de polinización abierta, la mayoría de sus razas nativas exhiben una gran variabilidad genética. Un cultivo de polinización abierta, tal como el maíz, ofrece oportunidades únicas para producir y liberar varios tipos de cultivares, ya sean híbridos o variedades de polinización abierta, genéticamente se han cruzado diversos tipos de maíz para producir poblaciones que se han sometido a varios ciclos de mejoramiento (CIMMYT, 1987).

En diferentes razas de maíces mexicanos se ha demostrado que los cruzamientos entre variedades de maíz de genealogías diferentes, pueden dar origen a combinaciones con un alto grado de heterosis medido por su rendimiento. Esto no quiere decir que se puedan formar híbridos comerciales directamente a partir de diferentes razas, pero sí que la introducción de germoplasma exótico puede ser una base muy eficiente como punto de partida para seleccionar posteriormente combinaciones de progenitores de gran vigor híbrido. Por lo tanto, el vigor híbrido o heterosis es un fenómeno biológico de importancia económica, ya que la F1 manifiesta mayor rendimiento que el progenitor más rendidor y además mejores características agronómicas deseables (Peñuelas, 1976).

Mendoza (1994) menciona que desde hace miles de años el hombre sin conocer prácticamente nada de genética y fisiología, ha seleccionado las mejores semillas de una cosecha para utilizarlas en el siguiente ciclo agrícola, sin tener la mínima idea de que las mejoraba; transformando el empirismo en una verdadera ciencia: el mejoramiento genético de las plantas.

El maíz es uno de los vegetales en donde más trabajos de mejoramiento se han realizado y los avances en la genética, fisiología y respecto a su evolución han permitido lograr incremento en el rendimiento de grano (Mendoza, 1982).

Molina (1986) menciona que el aumento de la producción por medio del incremento de la productividad en los cultivos de maíz y trigo se debió al uso de variedades mejoradas y a la aplicación

suficiente y oportuna de insumos agrícolas, destacando en esta segunda vía el uso de fertilizante (principalmente nitrogenados), pesticidas y otros medios para el control de malezas y plagas. Este mismo autor indica que el maíz en México es un cultivo eminentemente de temporal; no obstante, en el pasado el mejoramiento genético se orientó principalmente a las áreas de riego o de buen temporal, lo que explica en parte el hecho de que actualmente solo el 15% de la superficie cultivada sea sembrada con variedades mejoradas, con base en esto, se puede señalar que el incremento en la producción por hectárea se ha debido principalmente a la aplicación de insumos agrícolas.

Mendoza (1994), señala la importancia que tiene el mejoramiento genético como técnica biológica para ayudar a resolver el problema de la alimentación mundial. Por lo tanto, es necesario mantener altos niveles de investigación y aplicación del mejoramiento genético.

Las alternativas que muestran las metodologías de mejoramiento del maíz al fitomejorador se ubican dentro de dos grandes categorías: (1) formación de híbridos, lo cual incluye híbridos simples, dobles, de tres líneas e híbridos varietales, y formación de variedades de polinización libre; (2) mejoramiento poblacional a través de metodologías de selección (Vasal y Pondey 1982; Mendoza, 1982).

En 1987 se intensificaron los trabajos de fitomejoramiento en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM, de la carrera de Ingeniería Agrícola con el objetivo de generar

híbridos de maíz para alturas intermedias entre el Bajío y Valles Altos; buscando obtener buenas características y rendimiento. Las líneas de la UNAM se seleccionaron para porte bajo de planta y de mazorca, así como ausencia de ahijamiento, tolerancia al acame y enfermedades (Tadeo, 1993).

La investigación que se realiza en la cátedra del mejoramiento de "Semillas" en la UNAM fue obtenido el híbrido de maíz Puma 1159. Fue liberado comercialmente en 1995 siendo junto con el Puma 1157 los primeros maíces híbridos que ofrece la UNAM a los agricultores mexicanos (Espinosa, *et al.*, 1995).

## 2.2 ENDOGAMIA.

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 poderse multiplicar (Martínez, 1990 y Reyes, 1990).

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 se logra específicamente con las autofecundaciones; la fijación de caracteres convenientes en una condición homocigótica, con el 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; Reyes, 1990).

Espinosa (1982) indica que la forma más eficaz para propiciar la endogamia en maíz es efectuando autopolinizaciones, las cuales se realizan mediante la polinización controlada; dicho proceso conduce a la obtención de líneas cada vez menos vigorosas, las cuales pueden ser aparentes homocigóticas en un período de 5 - 7 generaciones. Agrega que aproximadamente la mitad de la reducción total del vigor se obtiene en la primera generación de autofecundación.

### **2.3 HETEROSIS.**

La heterosis es un fenómeno que sucede entre dos cruza, dos variedades, dos líneas, y que produce un híbrido (F1) que es superior en tamaño, rendimiento o vigor en general para incremento de producción, altura, resistencia a plagas, sequía, enfermedades, etc., 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; Jugenheimer,1990).

La heterosis es el fenómeno inverso a la endogamia y abarca la mayor parte de las consecuencias tratadas a nivel fenotipo por el estado heterocigote. El vigor híbrido se refiere más específicamente al cruzamiento entre líneas marcadamente diferentes y más correctamente entre subespecies o géneros (Carballo, 1992 y Poehlman, 1987; Allard, 1980).

La heterosis se ha utilizado desde siempre, principalmente para la formación de híbridos. La heterosis se puede presentar de diferentes formas, 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 (Dardón, 1980).

Entre las teorías que explican el vigor híbrido, la más aceptada es la interacción de genes dominantes, ya que considera que el vigor híbrido resulta de la acción de genes dominantes, cada uno de los cuáles aportan un pequeño incremento al rendimiento final, por lo que se manifiesta si se logra la reunión de dos conjuntos de genes dominantes favorables que se complementan (Poehlman, 1987).

En la heterosis o vigor híbrido, generalmente se observa mayor exuberancia en el aspecto del híbrido en relación a sus padres (población base de la cual se derivaron las líneas progenitoras). Se observa mayor rendimiento, altura de planta, etc. También

indica que con las líneas o progenitores que son uniformes y estables en sus características, podemos formar el o los híbridos que nosotros queremos (Martínez, 1990).

Los híbridos que comprenden uno a dos progenitores que tienen 18 hileras o más, generalmente no presentan heterosis en el número de hileras, mientras que los híbridos que comprenden progenitores con menos de 16 hileras, casi siempre presentan heterosis para el número de hileras (Jugenheimer, 1990).

Carballo (1992) indica la forma de estimar la heterosis:

- Exceso promedio en vigor de los híbridos  $F_1$  en relación al promedio de los progenitores  $HF_1 = XF_1 - 1/2 (XP_1 + XP_2)$ .
- Exceso sobre el progenitor con mayor expresión del carácter que se trate.

Además indica que la importancia y utilización de la heterosis dependen 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.

Velázquez (1978) concluye que se tienen mejores posibilidades de encontrar cruzas rendidoras cuando provienen de progenitores de diferente origen genético, también menciona que el promedio de heterosis obtenido en base al promedio de los progenitores fue de 11.5% mayor en las cruzas interpoblacionales, con respecto a las intrapoblacionales.

## 2.4 TIPOS DE HIBRIDOS

Castellanos (1992), menciona que un programa tendiente a la formación de híbridos se inicia con la derivación de líneas autofecundadas a partir de una población variable. En el proceso de avance endogámico se practica la selección por caracteres de interés agronómico, sin embargo el valor de una línea se complementa con la selección por aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica.

Como variedad híbrida se designan las poblaciones F1 que se utilizan para siembras comerciales y que se pueden obtener por cruzamientos de variedades de polinización libre, líneas puras u otras poblaciones genéticamente diferentes. Las variedades híbridas aprovechan mejor la heterosis, sistema en el que se basa el éxito espectacular del maíz híbrido (Enciclopedia Agrícola, 1995).

La producción de híbridos en base a líneas con alto nivel de endocria es considerada una de las mejores alternativas para aquellas áreas que presentan condiciones ambientales y



posibilidades de manejo favorables. Los híbridos convencionales de líneas endocriadas es la forma más eficiente de explotar la heterosis, la cual se expresa en un incremento del rendimiento en la generación F1 de la cruce entre líneas élite que tengan buena aptitud combinatoria sobre los materiales parentales (Castellanos, 1992).

Jugenheimer (1987) señala que los híbridos se producen al cruzar líneas endocriadas seleccionadas; además que el maíz híbrido es superior a las variedades de polinización abierta, debido a que:

- Produce granos y forrajes de mejor calidad.
- Produce rendimientos significativamente más elevados.
- Tiene mayor resistencia a enfermedades e insectos.
- Es más resistente al acame.
- Puede resistir mejor a la sequía.
- Ha hecho más seguro el cultivo del maíz en la región Norte de nuestro país.

Una vez identificadas las líneas superiores, éstas pueden utilizarse en la formación de híbridos de cruce simple, trilineales y de cruce doble (Carballo, 1992).

Es posible formar varios tipos de híbridos, dependiendo del número y el ordenamiento de las líneas puras paternas. Los híbridos comprenden las cruces radiales o mestizos, cruces simples, cruces simples modificados, cruce de líneas hermanas, cruce de tres elementos, cruce de elementos modificados, cruce doble, cruce doble progresiva, regresivas simples, múltiples y sintéticos o compuestos (Jugenheimer, 1990; Márquez, 1988).

### 2.4.1 HIBRIDO DE CRUZA SIMPLE

Bartolini (1990), indica que un híbrido simple es cuando se cruzan dos líneas que han producido más y que tengan una mejor aptitud combinatoria, su potencialidad productiva es superior a los otros híbridos y la desventaja de este híbrido es su limitada adaptabilidad a las condiciones ambientales y la reducción de su capacidad productiva para producir semilla comercial, porque la planta que produce la mazorca, al ser una línea pura, no manifiesta el fenómeno de la heterosis y el costo de la semilla es alto.

Una craza simple superior recupera el vigor y la productividad que se perdió durante el proceso de las autofecundaciones y será más vigorosa y productiva que la variedad progenitora original de polinización libre, de las que se obtuvieron las líneas autofecundadas (Poehlman, 1990).

Es el producto del cruce que se manifiesta por una producción superior a la de los progenitores. La semilla que da lugar a los híbridos simples proviene del cruce entre líneas que han llegado a un alto grado de endogamia y que producen relativamente poco polen y poco semilla. Si este híbrido está bien adaptado a las condiciones ambientales (clima y suelo) y de cultivo (fertilización, densidad de siembra, etc.) puede dar más rendimiento que los híbridos dobles (Llanos, 1984).

Poelhman (1981), menciona que para la producción de semilla de maíz híbrido de cruz simple, la relación de surcos polinizadores a surcos productores de grano no excede generalmente de 2:1, debe tenerse cuidado especial para eliminar las plantas fuera de tipo o de origen dudoso en cualquiera de los progenitores durante el ciclo vegetativo, antes de la producción de polen y en la cosecha (depuración de mazorcas).

En cuando a productividad y vigor, los híbridos simples en la generación F1 pueden ser buenos pero como la producción de semillas en las líneas homocigotas es baja, la semilla F1 de un híbrido simple resultaría sumamente costosa para su uso comercial. Por esta razón, la semilla que comúnmente se usa en siembras comerciales es la de híbridos dobles (Enciclopedia Agrícola, 1995).

#### **2.4.2 HIBRIDO DE CRUZA DOBLE.**

Un híbrido de cruz doble es el resultado de una cruz entre dos cruza simples (híbrido de cuatro líneas). (Poehlman, 1987; Chávez, 1993).

La formación de híbridos de cruz 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 cruz doble de un vigor extraordinario (De la Loma, 1966; Espinosa y Carballo, 1986).

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

En general la endogamia de las líneas es baja, es decir, de  $S_0$  a  $S_4$ , aún con este nivel de endocria, muchos progenitores presentan limitación en su productividad, por eso todavía se generan, en mayor proporción los híbridos dobles, además de que se pretende lograr un rango de mayor adaptabilidad (Espinosa, 1990).

El híbrido de cruza doble al utilizar híbridos simples en su formación y no líneas, la manifestación de heterosis es poco, además de que producen abundante polen, esto hace posible una mayor proporción de surcos hembra para la producción de semilla con respecto a surcos macho productores de polen en los campos de cruzamientos, lo cual reduce el costo de producción de semilla. Sin embargo, los híbridos de cruza doble son ligeramente más variables en los caracteres de la planta y la mazorca que las cruza simples o las de tres elementos lo cual puede ser una ventaja cuando el cultivo se siembra bajo condiciones adversas; además de tener el inconveniente de manifestar un menor potencial productivo (Jugenheimer, 1990; Bartolini, 1990; Poehlman, 1987; Reyes, 1990).

### 2.4.3 HIBRIDOS DE CRUZA TRIPLE.

El híbrido de craza triple es la progenie híbrida entre una craza simple y una línea autofecundada. También se le conoce como de "tres vías" (Poelhman, 1987; Bartolini, 1990; Chávez, 1993).

Bartolini (1990) señala que éstos híbridos se desarrollaron para tratar de encontrar una solución de compromiso entre los híbridos simples y los dobles, con objeto de aumentar la adaptabilidad de los primeros y la capacidad productiva de los segundos. Se pueden producir donde se cuenta con tres líneas que combinan bien y que no se dispone de una cuarta línea adecuada para la formación de un híbrido doble, ya que para ello se desea una uniformidad extrema.

La semilla de craza de tres líneas  $(A \times B) \times (C)$ , generalmente es menos cara de producir que la de cruza simple, pero más cara que la de cruza doble. Las cruza de tres líneas tienden a ser más uniformes y un poco más productoras que los híbridos dobles (Alemán, 1981).

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).

## 2.5 RENDIMIENTO.

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 éstos procesos, está en relación directa con las condiciones ambientales y el manejo del cultivo que reciba el genotipo (Barrales, 1983).

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 controlan el rendimiento es el número de componentes fisiológicos (Wallace et al. citados por Ramírez, 1985).

Borrego (1989) 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, componentes de rendimiento morfológicos, componentes de rendimiento fisiológicos y componentes de rendimiento finales. Los componentes de rendimiento están determinados o afectados por

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

El rendimiento es la consideración fundamental en la producción del maíz híbrido. Se han hecho estudios para determinar el mejor sistema de mejoramiento para acumular una combinación de genes favorables para el rendimiento de un híbrido, básicamente éste está determinado por la acción de numerosos genes, muchos de los cuáles afectan a procesos vitales dentro la planta como: la nutrición, la fotosíntesis, la transpiración, la translocación y el almacenamiento de los principios nutritivos. Afecta directa o indirectamente al rendimiento: la precocidad, la resistencia al acame, resistencia a los insectos y enfermedades (Poehlman, 1987).

(Evans, 1983) Al parecer hay una orden de prioridad para satisfacer el rendimiento de una planta de manera que primero ocurre el desarrollo de granos desde la base hasta el extremo en la mazorca dominante (la superior), luego siguen los granos de la base de la segunda mazorca y así sucesivamente hasta alcanzar el rendimiento final. Para que una planta de maíz produzca granos es necesario que se cumplan dos etapas secuenciales: en primera instancia, debe existir una cantidad teórica de granos polinizados capaces de experimentar un desarrollo posterior y, segundo deben de recibir productos fotosintéticos durante este período. De modo que el rendimiento de grano a la cosecha queda determinado por la capacidad de los granos establecidos en el momento de la polinización o por la cantidad de productos fotosintéticos disponibles entre la polinización y la madurez.

Jenning (citado por Espinosa, 1985) explica que los procesos fisiológicos son comunes a todos los cultivos, y la diversidad ambiental, morfológica y fenológica es tan grande como sus productos finales (rendimiento agronómico).

Bolaños y Barreto (1992) indican que hay una fuerte dependencia del rendimiento de maíz con el 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 pl/ha. directamente, el número de mz/ha. es lineal y está directamente relacionado con el número de pl/ha. Teóricamente las plantas de maíz con mazorcas múltiples deben ser mas eficientes que las de una mazorca, ya que solo 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 contribuyen en el rendimiento de grano, el cual también está determinado por la longitud de la mazorca, el número de mazorcas por plantas y el número de plantas por unidad de área.

Tanaka y Yamaguchi (1984), al experimentar con híbridos  $F_1$  y sus progenitores, observaron una correlación positiva y estadísticamente significativa entre el rendimiento de grano y el peso total de la planta a la cosecha. Igualmente encontraron una correlación positiva entre el área de la hoja y el peso de planta durante el crecimiento. La altura de la planta y de la mazorca estriba en el porte y vigor que puede presentar la planta y el



potencial de rendimiento que puede aportar. La duración del período de formación del grano de la mazorca de maíz es un rasgo de importancia ya que de él depende en gran parte el rendimiento, su estudio permite evaluar el potencial de rendimiento de una planta.

Nichiporovich (citado por Yoshida, 1972) en su artículo sobre fotosíntesis y la teoría de obtención de altos rendimiento de cosecha, introduce los términos "rendimiento biológico" y "rendimiento económico". El rendimiento biológico se refiere a la materia seca total y el rendimiento económico se refiere a la parte económicamente útil del rendimiento biológico.

Algunas pruebas realizadas con diferentes tipos de maíces indican que la productividad aumenta según la progresión general del mejoramiento genético practicado en las poblaciones, la cual es: variedades criollas, variedades mejoradas de polinización libre, híbridos mestizos o varietales, híbridos de cruzada doble, híbridos triples e híbridos de cruzada simple (CIMMYT, 1987).

## **2.6 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).

Poey (1975) menciona que los componentes de rendimiento son características de la planta y se consideran determinantes en el

rendimiento final del grano. Entre los más importantes podemos mencionar número y peso de grano y número de mazorcas por planta. Estos componentes dependen de efectos génicos cuantitativos y pueden seleccionarse con relativa facilidad. Su influencia directa en el peso total de granos por planta es indiscutible, no así su influencia por unidad de superficie, lo cual es modificable cuando se aumentan los niveles de densidad de población.

Además añade que los componentes de rendimiento aunque sean medidos en plantas individuales, infieren sobre los rendimientos de la comunidad de plantas por unidad de superficie. El número de plantas en esa unidad tendrá un efecto en la eficiencia de producción por planta, por ejemplo, a altas densidades de población, la competencia por luz, nutrientes y humedad del suelo, ocasiona tallos delgados y de mayor altura, con menor número de mazorcas y éstas de menos tamaño. Indica que el rendimiento puede expresarse matemáticamente como el producto promedio de los componentes de una planta y el número de plantas por unidad de superficie. Para cereales, esta función puede expresarse en su forma más simple como:

$$R = Gm \times Pg \times 10$$

donde:

R = Kilogramos/hectárea (Kgs/ha).

Gm = Número promedio de granos por metro cuadrado.

Pg = Peso promedio de grano (en gramos), corregido a la humedad deseada.

10 = Se obtiene de multiplicar por 10,000 para ajustar Gm a 1 ha y dividir entre 1,000 para ajustar gr en Pg.

## 2.7 ADAPTACION.

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. Son las condiciones ecológicas del clima u 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 génicas y/o cromosómicas que son el fundamento de la evolución de las especies en sus procesos de adaptación.

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).

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 rendimiento en regiones diferentes en cuestiones climáticas y al sembrarlos estos bajan grandemente su producción, sufren de enfermedades foliares y de mazorca, plagas y algunas veces estos no llegan a producir.

Poehlman (1990) indica que cuando un cultivo se introduce a una nueva área de producción, puede estar menos adaptado que en la zona climática donde usualmente se produce. En algunos casos las especies introducidas por primera vez no parecen tener buena adaptación, pero después de que se cultivan varias veces, presentan mejor adaptación y mejor productividad. Una especie o una variedad de una especie, adquiere aclimatación solamente por un incremento de los genotipos de la población que se adaptan mejor al medio ambiente que el promedio de los genotipos presentes originalmente.

Los factores que afectan a la adaptación son:

- a) una maduración satisfactoria para el área de producción,
- b) la respuesta al grado de fertilidad del suelo,
- c) la resistencia al calor y a la sequía y
- d) la resistencia al frío.

Este mismo investigador añade que los anteriores no son los únicos factores que determinan la adaptación de los híbridos, ya que hay muchas otras características de las plantas que directa o indirectamente pueden determinar la adaptabilidad de un híbrido específico en un ambiente determinado. Por ejemplo, la resistencia

de un híbrido a insectos o a enfermedades puede afectar a su adaptación en ciertas zonas, así el tamaño de la espata que envuelve a la mazorca afecta la posibilidad de adaptación de un híbrido.

Mettler y Gregg (1982) indican que cada miembro de una población posee el genotipo y el fenotipo mejor adaptados al medio inmediato. La mayoría de los genotipos de una población producen individuos bien adaptados y normales, este grupo de individuos forman lo que llamamos norma adaptativa, esta norma rechaza el concepto tipológico de la especie, según el cual parece que solo hay un genotipo y un fenotipo que se pueden considerar los mejores, que producen una población formada principalmente por individuos típicos virtualmente idénticos. Para la adaptación a corto plazo, es ventajoso para todo individuo hallarse bien adaptado a su medio inmediato. Se sabe que el medio cambia inevitablemente, de modo que para la supervivencia a largo plazo la población debe producir continuamente algunos organismos que no se adaptan al medio actual, pero que pueden estar preadaptados a un medio futuro.

Todos los genotipos poseen un conjunto de características mediante las cuales aprovechan lo que el medio les proporciona, lo anterior sería el acondicionamiento para vivir en ese ambiente determinado (Rodríguez, 1990).

Jugenheimer (1990) apunta que entre las características deseables que los fitomejoradores deben incorporar a los maíces híbridos se encuentran los rendimientos elevados, la excelente

resistencia al acame y la madurez adecuada. Considera que la madurez de algunos híbridos debe ser extremadamente precoz, con el fin de proporcionar un elevado rendimiento de grano consistente dentro de los límites del período adecuado para su crecimiento o para cultivos múltiples, y los híbridos de madurez tardía se necesitan en otras áreas para aprovechar totalmente las estaciones de crecimiento extremadamente largas.

Chávez (1993) indica que al observar a una población de plantas con características hereditarias similares en condiciones ambientales diferentes no se comportan de igual manera. Ejemplo: un híbrido de maíz de líneas altamente endogámicas que se cultiva en un suelo pobre, no crecerá tan grande y vigoroso como lo haría si se cultivara en un suelo fértil. Dos semillas de igual genotipo, pero de distinto tamaño, producirán plántulas diferentes, debido a que la semilla pequeña tiene menos reservas al inicio del crecimiento de la plántula.

Además menciona que el mayor rendimiento de las plantas depende de su potencialidad genética y de su capacidad para aprovechar mejor los factores del ambiente (agua, energía solar, sustancias nutritivas), es decir, su adaptación al medio, debido a que:  $\text{Rendimiento} = \text{expresión fenotípica}$ ;  $\text{Fenotipo} = \text{genotipo} + \text{ambiente} + \text{interacción entre genotipo y ambiente}$ . El ambiente está determinado por una serie de condiciones variables para diferentes años en un mismo lugar y para diferentes lugares en un mismo año.

Por lo tanto, es necesario repetir las pruebas de adaptación tantas veces sea posible, a fin de apreciar las reacciones de cierto cultivo ante el ambiente.

Durante la obtención de variedades mejoradas y más productivas de plantas cultivadas, la genética ha sido de incalculable valor para el hombre y ha contribuido en mucho a que la agricultura pueda suministrar abastos adecuados de alimentos para la población siempre en aumento de la tierra. La investigación agrícola aplicada en realidad tiene solamente dos metas básicas, la producción de variedades mejoradas y la provisión del medio ambiente posible para ellas (Grelach y Adams, 1990).

### III. MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1 LOCALIZACION Y LIMITES

El experimento se llevó a cabo en las parcelas de investigación de la FES-C UNAM durante el ciclo Primavera - Verano de 1995, bajo condiciones de punta de riego, ubicada en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México, que se encuentra a los 19°41'35" de Latitud Norte y a los 99°11'42" de Longitud Oeste, una altura de 2252 msnm (Valles Altos).

#### 3.2 CARACTERISTICAS AGROECOLOGICAS.

La zona presenta un clima templado húmedo, con una temperatura media anual entre 12° y 18°C. De acuerdo con Enriqueta García (1981) queda definido como C(Wc)(W)b(1"); por su temperatura se ubica como templado con verano fresco largo, con una temperatura del mes más frío entre -3° y 18° y el mes más caliente superior a 6.5°C; por su precipitación como el más seco de los subhúmedos con un promedio de 605 mm de precipitación anual, con una probabilidad de 45% de que se presenta ésta cantidad de lluvia; y por su oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, entre 5° y 7°C de variación.

#### 3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental estuvo constituida por dos



surcos de 5 m de largo por 80 cm. de ancho, tomándose como parcela útil un surco; teniéndose un total de 44 parcelas.

#### 3.4 MATERIAL GENETICO.

Se evaluaron 5 híbridos para Valles Altos, de los cuáles 4 son trilineales (Puma 1001, Puma 1003, Puma 1075T, y Puma MM4) y un híbrido doble (Puma 1075D), se incluyeron 2 híbridos Puma comerciales para la zona de transición: Puma 1157 Y Puma 1159, como testigos se incorporaron los híbridos del INIFAP H-33, H-137, H-135 y el híbrido varietal de Chapingo, Jornalero; en total se consideraron 11 genotipos (Cuadro 1).

Cuadro 1. híbridos de maíz para Valles Altos y Zona de transición en Cuautitlán, México.

GENOTIPO	TIPO DE HÍBRIDO	ORIGEN	AREA DE ADAPTACION	REPETICIONES
PUMA-1001	TRILINEAL	CUAU94	VALLES ALTOS	1 20 24 42
PUMA-1003	TRILINEAL	CUAU94	VALLES ALTOS	2 21 26 41
PUMA-1075T	TRILINEAL	CUAU94	VALLES ALTOS	3 22 25 40
PUMA-1075D	DOBLE	CUAU94	VALLES ALTOS	4 18 27 43
PUMA-MM4	TRILINEAL	CUAU94	VALLES ALTOS	5 12 33 44
PUMA-1157	TRILINEAL	PRONASE	ZONA DE TRANSICIÓN	6 17 31 36
PUMA-1159	TRILINEAL	PRONASE	ZONA DE TRANSICIÓN	7 16 32 35
H-33	DOBLE	AMISES	ZONA DE TRANSICION	8 19 23 39
H-137	DOBLE	PRONASE	ZONA DE TRANSICION	9 13 29 37
H-135	TRILINEAL	PRONASE	ZONA DE TRANSICION	10 15 30 34
JORNALERO	VARIETAL	CHAPINGO	ZONA DE TRANSICION	11 14 28 38

### **3.5 ANALISIS ESTADÍSTICO.**

Se llevó a cabo un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por el método de Tukey al 0.05 de probabilidad para cada una de las variables a evaluar.

### **3.6 MANEJO AGRONÓMICO.**

**3.6.1 SIEMBRA.** El experimento se estableció el 12 de mayo de 1995 en las parcelas de investigación de la FES-C en el ciclo Primavera Verano de 1995; depositando 3 semillas por golpe cada 50 cm. a una profundidad de aproximadamente 12 cm., obteniendo una densidad de siembra de 70,000 plantas por hectárea, debido a que posteriormente se hizo un aclareo dejando 28 plantas por surco, quedando un total de 56 plantas por parcela o por cada repetición.

**3.6.2 FERTILIZACIÓN.** La fertilización se realizó en una sola aplicación, al momento de la siembra, con maquinaria en forma de chorrillo, a una dosis de 60 - 40 - 00, esta labor se realizó el 12 de mayo.

**3.6.3 CONTROL DE MALEZA.** Se realizó la aplicación de Gesaprim y Hierbamina a razón de 2 y 1 litros/ha. respectivamente en forma manual.

### 3.7 VARIABLES EVALUADAS.

3.7.1 **Días a floración masculina.** Se tomó este dato cuando las plantas de cada parcela tenían un 50% de espigas tirando polen, es decir, se contaron los días desde que se sembró hasta que las espigas de la mitad de las plantas llegaron a antesis.

3.7.2 **Días a floración femenina.** El número de días se consideró entre la siembra y la fecha en que el 50% de las plantas presentaron estigmas de 2 a 3 cm.

3.7.3 **Altura de planta.** Se midió la distancia en cm desde la base o punto de inserción de las raíces hasta el punto donde la espiga comienza a dividirse, de 3 plantas seleccionadas al azar de cada parcela, tomando el promedio de ellas, como dato final.

3.7.4 **Altura de mazorca.** Se consideró la distancia en cm desde la base o punto de inserción de las raíces hasta el nudo de inserción de la mazorca más alta o principal, de las mismas 3 plantas de las que se tomó la altura, tomando el promedio de ellas como dato final.

3.7.5 **Acame de tallo.** Se tomó este dato un día antes de la cosecha, observando las plantas de cada parcela y calificándolas cualitativamente, manejando una escala del 1 al 10, en donde 1 es excelente y 10 es parcela muy acamada.

**3.7.6 Plantas con dos mazorcas.** Se registró el número de plantas por parcela que tenían dos mazorcas, y se estimó el porcentaje de acuerdo al total de plantas por cada parcela.

**3.7.7 Número de plantas cosechadas.** Se consideró a todas las plantas de cada parcela útil.

**3.7.8 Peso de campo.** Una vez de que se cosecharon las plantas del surco útil se procedió a pesar todas las mazorcas de cada parcela.

**3.7.9 Mazorcas buenas y enfermas.** Una vez que se pesaron las mazorcas en el campo, se separaron las de buen estado y las enfermas, usando la escala de 1 al 10, donde 1 está muy enferma y 10 muy sana.

**3.7.10 Cobertura de mazorca.** Es cuando el totemoxtle protege en forma total o parcial a la mazorca. La escala utilizada fue de 1 al 10, donde 1 indica que la mazorca está descubierta y 10 de que está cubierta totalmente.

**3.7.11 Cosecha.** La cosecha se realizó a los 180 días en forma manual en cada uno de los surcos de los experimentos, excepto los borderos, para eliminar el efecto de orilla.

**3.7.12 Longitud de mazorca.** Se determinó midiendo con la cinta métrica de 5 mazorcas por parcela, de la base hasta el ápice.

**3.7.13 Diámetro de mazorca.** Se determinó midiendo cada una de las cinco mazorcas en la parte central con un Vernier y después se obtuvo el promedio.

**3.7.14 Numero de hileras por mazorca.** Se realizó el conteo de las hileras en cada una de las cinco mazorcas y se calculó el promedio.

**3.7.15 Número de granos por hilera.** Se contaron los granos de una hilera de las 5 mazorcas desde la base hasta la punta.

**3.7.16 Porcentaje de materia seca.** Al momento de la cosecha, se tomaron muestras de aproximadamente 250 g de grano por parcela, posteriormente en laboratorio, por medio de un determinador de humedad de lectura directa Burrows 300, se conoció su porcentaje de humedad, al cual se le restó el 100% y el producto fue el porcentaje de materia seca.

**3.7.17 Diámetro de olote.** Una vez que se desgranaron las cinco mazorcas, a cada uno de los olotes por la parte central con un vernier se les midió el diámetro en cm obteniéndose el promedio.

**3.7.18 Porcentaje de grano.** Se obtuvo de la relación entre el peso del grano y peso total de una muestra de 5 mazorcas de la siguiente manera:

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

**3.7.19 Tamaño de grano.** Se utilizó una cantidad conocida de grano de cada parcela y luego se separó por forma y tamaño en zarahandas; en primer lugar el grano plano y redondo y en segundo lugar los granos grandes, medianos y chicos, se pesaron y se sacó el porcentaje en relación a la cantidad conocida.

**3.7.20 Peso de 200 granos.** De una muestra de grano previamente homogeneizado se contaron 200 y se pesaron.

**3.7.21 Peso volumétrico.** Una vez que los granos estaban homogeneizado se vaciaron en un recipiente de 250 ml y se rasó con una regla, se pesó y se multiplicó por 4 para obtener la relación a un litro.

**3.7.22 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 kg.

**% M.S.** = Porcentaje de materia seca de la muestra de grano de las 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 de dividir 10 000 m<sup>2</sup>/tamaño de la parcela útil en m<sup>2</sup>.

**8600** = Constante para estimar el rendimiento con humedad comercial (14%).

## IV. RESULTADOS

### 4.1 ANALISIS DE VARIANZA

Para el factor de variación **tratamientos**, las variables floración masculina, floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, acame, cuateo, número de hileras por mazorca y diámetro de mazorca mostraron diferencias altamente significativas; solo calificación de mazorca, porcentaje de grano, peso de 200 granos y longitud de mazorca no presentaron diferencias significativas (Cuadro 2), el resto de variables mostraron solo diferencia significativa.

Con respecto a **repeticiones**, la gran mayoría de las variables evaluadas no mostraron significancia, solo la variable acame mostró diferencias altamente significativas, la variable número de granos por hilera y número de granos por mazorca mostraron solo significancia al 5% de probabilidad.

Para el **coeficiente de variación**, la variable que tuvo el mayor porcentaje fue número de mazorcas malas con 66% le siguió el acame con 37%, el porcentaje de grano fue el menor con 1.3% y para rendimiento, su valor fue de 14% .



**Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística de variables evaluadas en los híbridos Puma de maíz en Cuautitlán, México.**

VARIABLE	TRATAMIENTOS	REPETICIONES	MEDIAS	C.V.
Rendimiento	3457295.68 *	4137887.12	8168.8	14.3
Floración ♂	52.94 **	0.69	85.2	1.6
Floración ♀	61.90 **	1.12	88.7	1.8
Altura de planta	625.67 **	406.33	288.1	4.2
Altura de mazorca	564.89 **	278.08	180.8	7.8
Mazorcas buenas	67.11 *	7.36	27.7	17.2
Mazorcas malas	11.10 *	9.84	2.9	66.0
Acame de tallo	3.70 **	2.94 * *	1.7	37.1
Plantas cosechadas	24.46 *	16.45	33.3	9.0
Número de plantas cuatas	51.25 **	3.52	4.8	30.7
Calificación de mazorca	0.66 N.S.	0.14	8.2	9.7
Porcentaje de grano	2.51 N.S.	2.37	86.5	1.3
Porcentaje de materia seca	9.06 *	2.18	80.7	2.4
Peso de 200 granos	115.16 N.S.	20.72	58.3	12.7
Longitud de mazorca	3.44 N.S.	5.37	14.2	10.2
Hilera por mazorca	11.90 **	2.30	17.0	8.7
Grano por hilera	22.93 *	35.53	29.6	10.5
Diámetro de mazorca	0.16 **	0.04	4.8	4.3
Diámetro de olote	0.03 *	0.002	2.6	3.8
Grano por mazorca	9630.72 *	17412.55	501.6	13.0

(0.05) \* significativo

(0.01) \*\* Altamente significativo

N.S. No significativo

## 4.2 PRUEBA DE COMPARACION DE MEDIAS

En el Cuadro 3 se presenta la prueba de comparación de medias para rendimiento de grano, se observa que el híbrido denominado Puma 1003 registró un alto **rendimiento** con 10,003 kg./ha., en relación con el H-137 que se utilizó como testigo de riego para Valles Altos, que fue el menos productivo con 6,353 kg./ha., éstos dos materiales fueron diferentes estadísticamente; aunque numéricamente destacan los Puma 1075T y Puma 1157, ya que resultaron 12.1% y 10.6% más productivos que el híbrido comercial más rendidor que fue el H-135 con 8,250 kg/ha.

Los materiales que llegaron a **floración masculina** a los 81 días, fueron los híbridos para Valles Altos: Puma 1003, Puma 1075T y Puma 1075D a excepción, del Puma MM4 que presentó a los 88 días su floración y el Puma 1001 a los 82 días; los otros híbridos fueron muy similares entre sí, teniendo entre 87 (H-137) y 90 días (Puma 1157); solo el híbrido H-33 resultó más precoz con 83 días como mejor testigo (Cuadro 3).

Para la variable **floración femenina** se observa en el cuadro 3, que se mantuvieron los mismos resultados que en la floración masculina porque los híbridos para Valles Altos (Puma 1003, Puma 1075T y Puma 1075D) fueron los más precoces, y los más tardíos los Puma de la Zona de Transición (Puma 1159 con 91 días y el Puma 1157 con 93 días) y los híbridos del INIFAP H-135 (94 días) y H-137 (91 días).

**Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey=0.05) para rendimiento, floración masculina, floración femenina, altura de planta y altura de mazorca en Híbridos Puma de maíz evaluados en Cuautitlán, México.**

Genotipo	Rendimiento Kg/ha	Floración		Floración ♀ días	Altura de	
		♂ días	♀ días		planta (cm)	mazorca (cm)
PUMA 1003	10003 a	81 d	84 d	84 d	285 ab	171 ab
PUMA 1075T	9253 ab	81 d	84 d	84 d	282 ab	178 ab
PUMA 1157	9131 ab	90 a	93 ab	93 ab	288 ab	186 ab
PUMA MM4	8754 ab	88 ab	91 ab	91 ab	304 a	190 ab
H-135	8250 ab	90 a	94 a	94 a	303 a	200 a
PUMA 1075D	8038 ab	81 d	84 d	84 d	292 ab	181 ab
PUMA 1001	8019 ab	82 cd	85 d	85 d	266 b	169 ab
H-33	7651 ab	83 cd	87 cd	87 cd	287 ab	181 ab
JORNALERO	7548 ab	85 bc	89 bc	89 bc	286 ab	172 ab
PUMA 1159	6857 ab	89 a	91 ab	91 ab	271 b	162 b
H-137	6353 b	87 ab	91 ab	91 ab	303 a	198 a
DSH	3509	3	4	4	30	35

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey p<0.05)

Para la variable altura de planta, el híbrido con menor altura fue el Puma 1001 con 266 cm; y el híbrido con mayor altura promedio fue de 304 cm y la presentó el Puma MM4; los demás híbridos alcanzaron alturas intermedias entre los valores anteriores (Cuadro 3).

Con respecto a la variable altura de mazorca, el H-135 (200 cm) y el H-137 (198 cm) fueron los genotipos con mayor altura de mazorca; con 162 cm el Puma 1159 fue el genotipo de menor altura y todos los demás genotipos tuvieron alturas de 169 a 190 cm (Cuadro 3).

Para la variable mazorcas buenas, el valor más alto lo presentó el Puma 1157 con un promedio de 35 mazorcas buenas, en cambio el H-137 obtuvo 22 mazorcas buenas, lo que indica una diferencia de 13 mazorcas, todos los demás genotipos son iguales estadísticamente pero diferentes numéricamente y nuevamente el Puma MM4 presentó 33 mazorcas buenas después del Puma 1157 (cuadro 4).

Con respecto a mazorcas enfermas, la mayor cantidad de éstas la obtuvo el Puma 1075D con 6 mazorcas enfermas y con menos de una mazorca (0.5) la obtuvo el H-137, que fue el valor más bajo en comparación con los demás genotipos que fueron iguales estadísticamente y numéricamente diferentes (Cuadro 4).

En la evaluación de acame, el híbrido H-137 fue el material que presentó un mayor número de plantas caídas con 3.2, y

**Cuadro 4. Comparación de medias (Tukey  $p=0.05$ ) de mazorcas buenas, mazorcas enfermas, acame, plantas cosechadas y número de plantas cuatas en híbridos Puma de maíz evaluados en Cuautitlán, México.**

Genotipo	Mazorcas buenas	Mazorcas enfermas	Acame	Plantas Cosechadas	Plantas cuatas
PUMA 1003	30 ab	2.2 ab	0.7 d	36 a	1.7 d
PUMA 1075T	29 ab	1.7 ab	0.5 d	32 a	3.0 cd
PUMA 1157	35 a	5.2 ab	1.7 abcd	34 a	13.5 a
PUMA-MM4	33 ab	1.2 ab	1.5 bcd	36 a	8.5 b
H-135	29 ab	2.2 ab	3.0 ab	37 a	5.7 bc
PUMA 1075D	27 ab	5.7 a	1.0 d	34 a	4.7 cd
PUMA 1001	24 ab	3.7 ab	0.7 d	31 a	5.2 bcd
H-33	25 ab	2.0 ab	2.7 abc	31 a	1.7 d
JORNALERO	24 ab	3.2 ab	2.0 abcd	35 a	2.2 cd
PUMA 1159	25 ab	4.2 ab	1.2 cd	31 a	4.7 cd
H-137	22 b	0.5 b	3.2 a	29 a	1.7 d
DSH	12	5	1.5	7	3.6

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey  $p<0.05$ )

la mayoría de los Puma para Valles Altos presentaron una o ninguna planta acamada a excepción del Puma MM4 con 1.5 plantas caídas en sus cuatro repeticiones.

Para la variable **plantas cosechadas** como se puede observar en el **cuadro 4**, los híbridos evaluados no presentaron diferencias estadísticas, pero numéricamente sí fueron diferentes. El H-135 fue quien presentó el valor más alto con 37 plantas cosechadas y el H-137 con 29 plantas cosechadas.

En cuando a **número de plantas cuatas**, la mayor cantidad lo obtuvo el Puma 1157 con 13.5 plantas con 2 mazorcas o más, seguido por el Puma MM4 con 8.5, el H-135 con 5.7 y el Puma 1001 con 5.2; el Jornalero, el Puma 1159, el Puma 1075D y el Puma 1075T fueron iguales estadísticamente y diferentes numéricamente, respecto al H-137, el Puma 1003 y el H-33 que presentaron el valor más bajo numérica y estadísticamente (Cuadro 4).

Respecto a **calificación de mazorca**, no se registraron diferencias estadísticas, y numéricamente fue poca la diferencia entre genotipos (Cuadro 5). El Puma 1075T fue el material que obtuvo más alta calificación en cuando a su presentación en uniformidad, tamaño, sanidad y forma de mazorca, contra los híbridos comerciales que no presentaron estas características.

Para la variable **porcentaje de grano**, estadísticamente casi todos los materiales fueron iguales, y solo hubo diferencias

cuadro 5. Comparación de medias (tukey  $p=0.05$ ) para calificación de mazorca, porcentaje de grano, porcentaje de materia seca, peso de 200 granos y longitud de mazorca en híbridos Puma de maíz evaluados en Cuautitlán, México.

Genotipo	Calificación de mazorca	% de grano	% de M. S.	Peso de 200 granos (gramos)	Longitud de mazorca (cm)
PUMA 1003	8 a	86.7 ab	80.5 ab	57.7 ab	13.6 a
PUMA 1075T	9 a	86.8 ab	82.7 ab	62.6 ab	15.1 a
PUMA 1157	8 a	84.8 b	79.6 ab	53.1 ab	14.1 a
PUMA MM4	8 a	86.3 ab	79.6 ab	57.5 ab	14.9 a
H-135	8 a	86.0 ab	82.9 a	49.3 b	15.5 a
PUMA 1075D	8 a	86.6 ab	80.0 ab	63.5 ab	13.9 a
PUMA 1001	8 a	86.5 ab	80.0 ab	68.0 a	14.1 a
H-33	8 a	86.6 ab	81.7 ab	61.1 ab	12.6 a
JORNALERO	8 a	87.8 a	80.2 ab	60.0 ab	14.0 a
PUMA 1159	8 a	86.3 ab	78.0 b	53.8 ab	15.2 a
H-137	8 a	87.6 a	82.0 ab	55.4 ab	13.0 a
DSH	2 a	2.7	4.9	18.3	3.5

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey  $p<0.05$ )

numéricas y estadísticas entre el jornalero y el H-137 con el Puma 1157, cuyos valores son 87.8%, 87.6% y 84.8% respectivamente, (Cuadro 5).

En la variable **materia seca**, la mayoría de los híbridos experimentales fueron iguales estadísticamente y diferentes numéricamente con un rango de 79.6% a 82.7%; el H-135 tuvo 82.9% y el Puma 1159 con el valor más bajo con 78% de materia seca. Ver el Cuadro 5.

La variable **peso de 200 granos** muestra que el Puma 1001 fue quien demostró pesar más que los otros materiales con 68 gramos, así el H-135 pesó 49.3 gramos y todos los demás no presentaron diferencias estadísticas, numéricamente el rango va de 53.1 a 63.5 gramos en 200 granos.

En el Cuadro 5 se puede observar que para la **longitud de mazorca**, no se presentaron diferencias estadísticas entre los genotipos, numéricamente hubo poca variación, el H-135 fue quien presentó una mayor longitud en sus mazorcas con 15.5 cm contra la menor longitud de las mazorcas del H-33 con 12.6 cm.

En cuando al número de **hileras por mazorca** se presentó lo siguiente; el H-137 fue el híbrido comercial quien mostró mayor número de hileras por mazorca con 21, promedio de las cuatro repeticiones; el Puma 1003, el Jornalero y H-33 fueron iguales estadísticamente con 18, y los demás híbridos mostraron ser numéricamente y estadísticamente diferentes al H-137 (Cuadro 5).



Cuadro 6. Comparación de medias (tukey  $P=0.05$ ) para número de hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca, diámetro de olote y granos por mazorca en híbridos Puma de maíz evaluados en Cuautitlán, México.

enotipo	Núm. de hileras por mazorca	Granos por hileras	Diámetro de mazorca (cm)	Diámetro de olote (cm)	Granos por mazorca
PUMA 1003	18 ab	29 a	5.0 ab	2.68 a	532 a
PUMA 1075T	15 b	31 a	4.8 ab	2.57 ab	482 a
PUMA 1157	15 b	30 a	4.5 b	2.67 ab	488 a
PUMA MM4	16 b	33 a	4.9 ab	2.58 ab	536 a
H-135	17 b	32 a	4.6 ab	2.64 ab	551 a
PUMA 1075D	17 b	29 a	5.0 ab	2.61 ab	485 a
PUMA 1001	15 b	28 a	4.9 ab	2.65 ab	422 a
H-33	18 ab	25 a	4.8 ab	2.44 ab	444 a
JORNALERO	18 ab	29 a	5.1 a	2.56 ab	514 a
PUMA 1159	17 b	32 a	4.6 b	2.62 ab	524 a
H-137	21 a	27 a	5.0 ab	2.44 b	577 a
DMS	4	8	0.5	0.24	160

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey  $p<0.05$ )

El mayor diámetro de mazorca lo representa el Jornalero con 5.1 cm, contra el híbrido Puma 1159 (4.6) y el Puma 1157 (4.5) fueron los que presentaron el diámetro menor y estadísticamente fueron diferentes como numéricamente (Cuadro 6), y los demás materiales fueron diferentes numéricamente con un rango de 4.6 a 5 cm. El material que obtuvo mayor rendimiento, Puma 1003 también presentó 5 cm. en el diámetro de mazorca.

En cuando a la variable granos por mazorca, el material que presentó mayor número de grano fue el H-137 con 577, el Puma 1001 con 422 granos, fue el que obtuvo menor número de grano; lo que indica que hubo diferencia numérica de 155 granos entre todos los genotipos evaluados (Cuadro 6).

## V. DISCUSION

De acuerdo a los objetivos planteados y a los resultados obtenidos en esta investigación se establece que:

En los análisis de varianza correspondientes, la mayoría de las variables estudiadas presentaron diferencias significativas en los genotipos evaluados, es decir, estos híbridos son diferentes entre sí en sus características fenotípicas y agronómicas, lo cual en cierta medida era esperado porque genéticamente deben de ser materiales diferentes, porque algunos fueron formados para adaptarse a Valles Altos y otros para la zona de Transición, además que los testigos incluidos deben de tener germoplasma diferente, al haber sido formados por instituciones diferentes así como investigadores, lo que propicia que su respuesta, fenotípica y agronómica, presenten cambios de una región a otra; con respecto al valor de los coeficientes de variación, en la gran mayoría de las variables, los valores fueron inferiores a 18%, con excepción de las variables número de mazorcas malas, acame y cuateo con 66%, 37% y 31%, respectivamente; sin embargo, estos valores altos deben de ser atribuidos a la naturaleza de las variables y la forma en que se midieron, porque por tener medias muy cercanos a cero los coeficientes de variación resultaron muy altos. En general el experimento se desarrolló bajo condiciones homogéneas para los híbridos en todas las repeticiones.

Carballo (1992) menciona que la heterosis tiene por resultado el estímulo general de la planta híbrida del maíz afectándola de muchas maneras como: incremento del rendimiento, plantas más

altas, mayor número y peso de grano. Tal es el caso de los cuatro híbridos trilineales Puma experimentales, en donde la mayoría mostró mayor incremento en su rendimiento en comparación del híbrido doble (Puma 1075D), que fue inferior a los trilineales, ya que este último en su formación se realizó con una cruce simple y una línea, lo que demuestra mayor heterosis en su rendimiento final.

En cuando a componentes de rendimiento de los que se evaluaron mostraron influencia directa sobre el rendimiento final, como lo muestra la floración masculina y femenina, altura de planta y acame principalmente; como lo indica Poey (1975), los componentes de rendimiento son características de la planta y se consideran determinantes en el rendimiento final del grano y éstos dependen de efectos génicos cuantitativos y pueden seleccionarse con relativa facilidad, su influencia directa en el peso total del grano por planta es indiscutible.

Durante el desarrollo vegetativo de los maíces, no se proporcionó humedad suficiente, lo que también pudo ser un factor limitante para el buen vigor de las plantas y por ende del llenado de grano, lo que redujo el rendimiento de los genotipos evaluados, además de que todos estos materiales son producidos bajo condiciones de riego.

Las pérdidas de rendimiento que causa el acame pueden explicarse debido a que con la caída o quebradizo de las plantas se pierden las mazorcas en la cosecha y también se favorece el desarrollo de

mazorcas de poco peso y de maduración incompleta, y la calidad del grano disminuye Poehlman (1990). Lo que indica finalmente este trabajo de investigación es que la mayoría de los tratamientos testigos tuvieron una altura mayor, lo que trajo como consecuencia el acamado de los materiales comerciales, lo cual se reflejó en la reducción del rendimiento de grano.

La adaptación ha sido definida de acuerdo con Font Quer (1953) como un proceso que hace apto a un organismo para resistir a las condiciones del medio en que se halla y acomodarse a ellas, es decir, a cada uno de los factores climáticos, al suelo, a las condiciones de la asociación en que crece; en este sentido se puede afirmar que los híbridos PUMA no presentaron problemas de adaptación en la zona de evaluación, pues cuatro de éstos híbridos fueron los más productivos (Puma 1003, Puma 1075T, Puma 1157 y Puma MM4 en este orden) y superaron al principal testigo comercial H-135, además de que todos los materiales que se han generado en la UNAM han sido evaluados para la zona de Valles Altos y Zona de Transición y los genes de estos materiales se han adaptado para la zona de estudio.

Arellano (1983) indica que cuando se siembra una variedad de maíz en una área ecológica diferente pueden ocurrir una serie de manifestaciones fenotípicas y respuestas fisiológicas como resultado de la adaptabilidad. Al respecto, en este trabajo, al comparar los valores de los promedios en las variables que miden las características de la planta y de mazorca, los resultados presentaron valores similares entre los testigos comerciales

ampliamente utilizados y los Puma experimentales. Además la respuesta fisiológica expresada en el período de días a floración mostró en los resultados que los híbridos de la UNAM fueron los más productivos (Puma 1003, Puma 1075T) inclusive, resultaron 8 días más precoces que el mejor testigo H-135. Este último puede ser explicado en términos fisiológicos, dado que materiales más tardíos resultan más productivos debido probablemente a que la fecha de siembra utilizada, es más favorable para materiales precoces, pudiendo estos expresar buen rendimiento comparativamente con híbridos un poco más tardíos, los cuáles exhiben su máxima potencial productivo en siembras tempranas en el mes de abril. Sin embargo, para este trabajo no se cumple con esta teoría, ya que los Puma fueron más precoces y más rendidores en grano, esto puede ser explicado basándose en lo que menciona Jugenheimer (1990), de que en su madurez, algunos híbridos deben ser extremadamente precoces, con el fin de proporcionar un elevado rendimiento de grano consistente dentro de los límites del período adecuado para su crecimiento. Chávez (1993) menciona que el mayor rendimiento de que las plantas de una población depende de su potencialidad genética y de su capacidad para aprovechar mejor los factores del ambiente (agua, energía solar, sustancias nutritivas, etc.), es decir, su adaptación al medio ambiente.

El genotipo Puma 1003 fue el material más productivo con 10,003 kg/ha, además la mayoría de los híbridos Puma experimentales fueron superiores a los 8,000 kg/ha; también el ciclo biológico de estos híbridos fue inferior a los testigos, lo que indica una reducción en días en su madurez fisiológica y por ende su cosecha

se realiza más temprano., lo cual es una ventaja importante para aquellas zonas donde prevalecen las heladas tempranas, que son perjudiciales para el cultivo.

Muñoz et al., (1976) mencionan que la adaptación de variedades de maíz criollo en los Valles Altos de México, se presenta de dos maneras, adaptación vertical y adaptación horizontal, la vertical presenta genotipos muy rendidores en su localidad y poco productivos en otras; la horizontal presentan genotipos que se adaptan a diferentes localidades. Considerando a los híbridos Puma experimentales, algunos presentan excelente comportamiento en la localidad de evaluación.

De acuerdo a lo anterior, los híbridos Puma experimentales presentan características que los hacen atractivos para los productores por su potencial productivo, aunque como se ha mencionado, es necesario evaluarlos en un mayor número de localidades para definir de forma precisa su área de adaptación donde pueden expresar mejor su capacidad productiva. Además debe considerarse que los híbridos que resultaron más productivos (Puma 1003 y Puma 1075T) son materiales propuestos tanto para localidades con latitudes como la Cuautitlán (2250 msnm), en la cual se evaluaron como para localidades de hasta 2600 msnm. Por lo tanto sería importante probar estos híbridos a altitudes superiores para constatar su capacidad de amortiguamiento o flexibilidad para cambiar en aptitud y mantener la productividad en una amplia gama de condiciones ambientales en las cuáles se les puede utilizar, como mencionan Eberhart y Russell (1966).

## VI. CONCLUSIONES

1. Los híbridos PUMA experimentales fueron superiores en un 17.5% y un 8.2%, en cuanto a capacidad de rendimiento, que los mejores testigos Puma 1157 y H-135 respectivamente.
2. Los híbridos de maíz PUMA fueron más precoces en su floración masculina con 81 días (Puma 1003) contra el mejor testigo (90 días), lo que les da la oportunidad y perspectivas de empleo comercial en esta zona.
3. Los híbridos PUMA son de porte más bajo, 282 cm en comparación con los testigos que alcanzaron 304 cm de altura de planta; lo cuál favorece su tolerancia al acame y por consecuencia permite darles un mejor manejo para cosecha manual o mecánica.
4. El acame redujo significativamente el rendimiento final de los diferentes híbridos comerciales.
5. Los híbridos trilineales fueron mejores que los híbridos dobles para la zona de estudio.
6. El híbrido de maíz Puma 1157 con 9,131 kg/ha superó numéricamente al H - 135 con 8,250 kg/ha y este a su vez superó al Puma 1159 con 6857 kg/ha.



7. Los híbridos de maíz Puma 1001, Puma 1003 y Puma 1075T con 82, 81, 81 días respectivamente, aún cuando fueron más precoces, superaron a los híbridos tardíos Puma 1157, H-135, Puma 1159, Puma MM4, H-137 con 90, 90, 89, 88 y 87 días, debido a la fecha de siembra, desfavorable para estos últimos.

## VII. LITERATURA CITADA

- Allar R., W. 1980. Principios de la mejora genética en las plantas. Editorial Omega, S.A. Cuarta edición, Barcelona, España.
- Alemán D., C.A. 1981. Evaluación de seis cruzas simples de maíz, sus progenitores y dos cruzas de tres líneas en Apodaca N.L. Tesis. ITESM, México.
- Arellano V., J. L. 1983. Avance generacional. En: Resúmenes de las ponencias sobre metodología de investigación en maíz. SARH. INIA. México, D.F.
- Bartolini, R. 1990. El maíz. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Barrales D., J. S. 1983. Ensayos de familias de maíz bajo temporal en Valles Altos y relaciones termopluviométricas. Tesis de M.C. Colegio de Posgraduados, Montecillo, México.
- Bolaños J., J. y Barretto, h. 1992. Análisis de los componentes de rendimiento de los ensayos regionales de maíz 1990. En: análisis de los resultados experimentales del programa regional del maíz en 1990. Vol. 2. CIMMYT. Guatemala.
- 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. FESC-UNAM. México.
- Castellanos S., J. L. 1992. Evaluación de cruces dialélicos y estimación de aptitud combinatoria de diez líneas de maíz de grano amarillo. En : Programa regional de maíz para Centro mérica y el Caribe.
- Chávez A., J.L. 1993. Mejoramiento de plantas. Tomo I Segunda edición. Editorial Trillas, S. A. de C.V. México D. F.
- Christiansen, M. N. y Lewis, C. F. 1991. Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables; Editorial Limusa, S.A. de C.V. Primera reimpresión. México D.F.
- CYMMYT, 1987. Hechos y tendencias mundiales relacionadas con el maíz. México. El centro.
- Dardón, M.A. 1980. Aptitud combinatoria general y específica de 10 poblaciones de maíz (Zea mays L.). Tesis M.C. Sc. Saltillo Coahuila. UAAAN.
- De la Loma O., J. L. 1966. Genética general y aplicada. 3ra. edición. Editorial UTHEA. México.
- Eberhart, S. A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci.

- 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 maíz L.). Tesis de M. C. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- Espinosa C., A. y Carballo C., A. 1986. Productividad y calidad de semillas 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 crusa simple de maíz a través de la tecnología de producción de semillas. Premio César Garza 1989. AMSAC, México D.F.
- Espinosa C., A. 1990. Densidad de población y tratamientos fertilizantes para producción de semillas de un híbrido de crusa doble de maíz. Resúmenes del XII seminario Panamericano de Semillas. FELAS, Guatemala.
- Espinosa C., A. M. Tadeo R., R. Martínez M., A. Piña del V., 1995. Puma 1159 híbrido de maíz de riego para alturas de transición (1800-2200 msnm.) en México. Gaceta UNAM-FESC. PRONASE.

- 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 - C. Memorias del IX foro interno de investigación.
- Enciclopedia Agropecuaria; 1995. Terranova Editores, Ltda. Santa Fé de Bogotá, Colombia.
- Evans, L. T. 1983. Fisiología de los cultivos. Traducción H. González I. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- Font Quer, P. 1953. Diccionario de botánica. Ed. Labor, S.A. Barcelona, España.
- García, E. 1981. Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen. UNAM. México.
- Greulach, V. A. y J. E. Adams. 1990. Las plantas. Cuarta reimpresión. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México D.F.
- INIFAP-SAGAR, 1996. Híbridos y variedades de maíz liberados por el INIFAP hasta 1996. Publicación especial N. 16. Toluca, México.
- Jugenheimer W. R. 1990. Maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Trad. R. Piña G. Editorial Limusa. México D.F.

Llanos C., M. 1984. El maíz, su cultivo y aprovechamiento. Ediciones Mundi - Prensa, Madrid, España.

Márquez S., F. 1974. El problema de la interacción genético-ambiental en genotecnia vegetal. Editorial Patena, A.C. Chapingo, México.

Márquez S., F. 1980. Sistema de selección combinada, familiar e individual en el mejoramiento genético del maíz (Zea mays L.). Fitotecnia.

Márquez S., F. 1988. Genotecnia vegetal. Tomo II. AGT editor S.A. México.

Martínez C., J. J. 1990. Hibridación en maíz. En: Memoria del curso teórico-práctico de capacitación sobre el cultivo del maíz. SARH. Veracruz, Ver., México.

Martínez M., R.; M. Tadeo R.; A. Piña del V.; A. 1996. Productividad de híbridos de maíz y del CIMMYT en una localidad de Valles Altos. En: Investigación multidisciplinaria. UNAM-FESC.

Mendoza De G., E. 1994. Agrobiotecnología. Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V. México D.F.

- Mendoza, R. M. 1982. Comparación de metodología de fitomejoramiento en dos variedades temporales de maíz (Zea mays L.). Tesis de M.C. Montecillos, México.
- Mettler, L. E. y T.G. Gregg 1982. Genética de las poblaciones y evolución. Traducción del inglés por H. Sauza. Editorial UTEHA. México.
- Molina M, J.C. 1986. Avaliação de testes de vigor em sementes de milho e suas relações com a emergência a campo. Tesis M. Sc. Pelotas-Rio Grande do Sul. Brasil.
- Muñoz O., A. A.; A. Carballo C. y A. González V. 1976. Mejoramiento de maíz en el CIAMEC II. Ampliación de la base germoplasmica y su aprovechamiento considerando caracteres agronómicos y rendimiento. En: Memoria del VI Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Monterrey, N.L., México.
- Peñuelas F., M. M. 1976. Evaluación de variedades de maíz de planta alta y planta corta cultivadas en la Primavera de 1976 en Apodaca N. L. Tesis profesional. ITESM. Apodaca, N.L., México.
- Poehlman J., M. 1990. Mejoramiento de las cosechas. Vol. 1 y 2. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México D.F.

- Poey D., F.R. 1975. El mejoramiento integral del maíz, valor nutritivo y rendimiento; hipótesis y métodos. Tesis de Doctorado. Editorial Talleres gráficos de la nación. Chapingo, México.
- Ramírez D., J. L. 1985. Análisis de crecimiento y comportamiento 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.
- Reyes C., P. 1990. El maíz y su cultivo. AGT Editor, S.A. México D.F.
- Robles S., R. 1995. Diccionario genético y fitogenético. Editorial Trillas, S.A. de C.V. México D.F.
- Rodríguez, M. F. 1990. Adaptación y adaptabilidad de genotipos de maíz al área tropical de México. En: memoria del curso teórico-práctico de capacitación sobre el cultivo del maíz. SARH. Veracruz, Ver., México.
- SARH, DGEA, 1935 - 1980. Boletines de Economía Agrícola. DGEA, SARH. México.
- Tadeo R., M. 1993. Puma 1157 y Puma 1159 primeros híbridos de maíz que ofrece la FESC-UNAM a la agricultura mexicana. En: UNAM comunidad Vol.8



- Tadeo R., M. 1994. Puma 1157 y Puma 1159 maíces híbridos de la UNAM para el campo mexicano. En: Investigación Multidisciplinaria. UNAM - FESC.
- Tadeo R., M.; A. Espinosa C.; P. Cruz G.; A. Piña del V.; R. Martínez M.; y A. M. Solano. 1996. Rendimiento de los híbridos de maíz Puma 1157 y Puma 1159 en Tlaxcoapan, Hidalgo. En: Investigación Multidisciplinaria. UNAM-FESC.
- Tanaka A., y J. Yamaguchi. 1984. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano en maíz. (Traducción Josué Kohaschi Shibata). 3a edición. Colegio de Posgraduados, México.
- Vasal S. K., A. and S. Pondey. 1982. CIMMYT'S Maize germoplasma management, improvement and utilization program. Centro internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. El Batám. México.
- Velásquez, R. 1978. Formación de híbridos simples en base a familias de hermanos completos provenientes de diferentes poblaciones de maíz (Zea mays L.). Tesis M. C. Sc. C.P. Montecillos. México.
- Yoshida S. 1972. Physiological aspects of grain yield. Ann Rev. plant physiology.