

15



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

**"POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE SEIS GENOTIPOS
DE MAIZ DE TEMPORAL
CON DOS DENSIDADES DE POBLACION"**

297977

T E S I S
PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E T A N :
SANDRA LUZ GONZALEZ BLANCO
FELIPE ROBLES PAULINO

ASESORES:
DR. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERON
M.C. MARGARITA TADEO ROBLEDO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

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



ASUNTO VOTOS APROBATORIOS

ESTUDIOS
CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
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. 23 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Potencial de rendimiento de seis genotipos de maíz de temporal, con dos densidades de población".

que presenta la pasante: Sandra Luz González Blanco
con número de cuenta: 9061750-2 para obtener el título de :
Ingeniera 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 8 de Junio de 2001

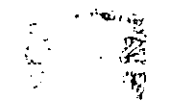
PRESIDENTE	<u>M.C. Margarita Tadeo Robledo</u>	
VOCAL	<u>Ing. Hilda Carina Gómez Villar</u>	
SECRETARIO	<u>Dr. Alejandro Espinosa Calderón</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Edgar Ornelas Díaz</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Javier Vega Martínez</u>	



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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
 CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
 EXAMENES PROFESIONALES

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

"Potencial de rendimiento de seis genotipos de maíz de temporal, con dos densidades de población"

que presenta el pasante: Felipe Robles Paulino
 con número de cuenta: 8620850-9 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 8 de Junio de 2001

PRESIDENTE	<u>M.C. Margarita Tadeo Robledo</u>	
VOCAL	<u>Ing. Hilda Carina Gómez Villar</u>	
SECRETARIO	<u>Dr. Alejandro Espinosa Calderón</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Edgar Ornelas Díaz</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Javier Vega Martínez</u>	

"Para alimentar a la raza nueva de hombres que los dioses hicieron, con pretensiones de que fueran duraderos y fuertes, tuvieron que buscar un alimento diferente, fue Quetzalcoatl, el dios máximo, el encargado de buscar el maravilloso sustento que sostendría sobre el mundo a una raza de hombres fuertes, quien convirtiéndose en una hormiga negra penetró en el Tonacatpetl o (cerro de las mieses), cogió el maíz y lo llevo a Tamoanchan, lo mascaron los dioses y lo pusieron en boca de los hombres para robustecerlos y los hicieron fuertes"

Leyenda Mexica

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por habernos guiado y permitirnos culminar la carrera.

A la UNAM ya que nos permitió ser parte de ella.

A la FES-Cuautitlán por tantas satisfacciones logradas a lo largo de la carrera.

A la M.C. Margarita Tadeo Robledo: Por su apoyo y confianza.

Al Dr. Alejandro Espinosa Calderón: Por ser parte importante de este trabajo y su amistad que nos brindo.

Al Ing. Edgar Órnelas Díaz: Por su amistad y confianza.

A la Ing. Hilda Carina Gómez Villar: Por las sugerencias y aportaciones a este trabajo.

Al C. Ing. Javier Vega Martínez: Por que sus conocimientos fueron muy valiosos.

A los Ingenieros Ana María Solano y Rafael Martínez: Por su ayuda incondicional.

Al M.C. Ángel Piña: Por su ayuda en el análisis de los resultados.

A los amigos y Compañeros de la Facultad por compartir tantos momentos agradables a lo largo de la carrera.

A Martha y Noe por su ayuda en la captación de este trabajo.

Sandra Luz y Felipe

DEDICATORIA

A MIS PADRES: Carmen Blanco + y Ángel González, por haberme dado la vida y permitirme superar.

A MI HIJA: A este angelito a quien tanto quiero y adoro, que desde que llego al mundo me da Las fuerzas para luchar, triunfar en la vida.

ITZEL DE JESÚS TE AMO.

A MIS HERMANOS: Lulú, Lety, Ángel, Oscar, Margarita, Cesar, Andrés y Wendy por su cariño y apoyo.

A MI ESPOSO: Con todo cariño y respeto.

A MIS DOS GRANDE AMIGOS: Jaime González Martínez y Mateo Elizalde Martínez, compañeros de generación y de trabajo quienes me brindaron su apoyo, ayuda y amistad incondicional.

A ARACELI AGUILAR: Por su apoyo y amistad.

SANDRA LUZ.

A mis padres Pascuala Paulino González y Vicente Robles Teodora, quienes me enseñaron el amor hacia las cosas y al trabajo, el afán de superarse, el carácter para resolver los problemas y el ser honesto con uno mismo.

A mi Hija Fernanda Itzel, que es el ser que ilumina mi camino.

A mis Hermanos: Eva, Elizabeth, Martha, Juan, Vicente, Noe, Francisco, por su apoyo que me han brindado, que esto sea un estímulo para seguir superándonos, gracias.

A mi esposa: Por compartir este trabajo conmigo, con cariño y amor.

FELIPE.

I. INDICE

	Pág.
Lista de Cuadros y Figuras	V
Resumen	VII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Maíz híbrido	4
2.2 Producción de maíz híbrido	6
2.3 Clases de híbridos	7
2.3.1 Híbrido de cruce simple	8
2.3.2 Híbrido de cruce doble	12
2.3.3 Híbrido de tres líneas	13
2.4 El papel de los híbridos adaptados y productivos	13
2.5 Adaptación y precocidad	14
2.5.1 Valles altos	14
2.5.2 Adaptación y precocidad	16
2.6 Densidad de población y rendimiento	22
III. MATERIALES Y METODOS	27
3.1 Localización	27
3.2 Condiciones ambientales	27
3.3 Condiciones edáficas	27

3.4	Material genético	27
3.5	Diseño experimental	28
3.6	Análisis estadístico	28
3.7	Manejo agronómico	29
3.7.1	Siembra	29
3.7.2	Control de malezas y plagas	29
3.7.3	Fertilización	29
3.7.4	Cosecha	30
3.8	Variables evaluadas	30
3.8.1	Plantas establecidas	30
3.8.2	Días a floración masculina	30
3.8.3	Días a floración femenina	30
3.8.4	Altura de planta	31
3.8.5	Altura de mazorca	31
3.8.6	Mazorcas buenas y mazorcas malas	31
3.8.7	Acame	31
3.8.8	Número de plantas cosechadas	32
3.8.9	Porcentaje de cuateo	32
3.8.10	Calificación de Mazorcas	32
3.8.11	Sanidad de Mazorca	32
3.8.12	Peso de Campo	32
3.8.13	Porcentaje de humedad	33
3.8.14	Porcentaje de materia seca	33

3.8.15	Longitud de mazorca	33
3.8.16	Número de hileras por mazorca	33
3.8.17	Número de granos por hilera	33
3.8.18	Diámetro de olote	34
3.8.19	Peso de 200 granos	34
3.8.20	Porcentaje de grano	34
3.8.21	Peso volumétrico	34
3.8.22	Rendimiento	35
IV. RESULTADOS		36
4.1	Análisis de varianza	36
4.2	Comparación de medias para densidades	38
4.3	Comparación de medias para genotipos	39
4.4	Interacción densidad – genotipo	45
V. DISCUSIÓN		46
VI. CONCLUSIONES		50
VII. BIBLIOGRAFÍA		51

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

	Pág.
Cuadro 1. Híbridos de maíz evaluados en Xochicuátla, Mpio de Lerma, Edomex	28
Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística de variables evaluadas en híbridos de maíz en Xochicuátla, Mpio de Lerma, Edomex	37
Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey 0.05), de diversas variables evaluadas bajo dos densidades de población al utilizar 6 híbridos de maíz en Xochicuátla, Mpio de Lerma, Edomex	38
Cuadro 4. Comparación de medias (Tukey 0.05), de rendimiento, floración masculina, floración femenina y días a madurez fisiológica del factor genotipo de maíces híbridos evaluados bajo dos densidades de población en Xochicuátla, Mpio de Lerma, Edomex	41
Cuadro 5. Comparación de medias (Tukey 0.05), de altura de planta, altura de mazorca, mazorcas buenas, mazorcas malas evaluadas bajo dos densidades de población en Xochicuátla, Mpio de Lerma, Edomex	41
Cuadro 6. Comparación de medias (Tukey 0.05), acame, plantas cosechadas, cuateo, calificación de mazorcas evaluadas bajo dos densidades de población en Xochicuátla, Mpio de Lerma, Edomex	41
Cuadro 7. Comparación de medias (Tukey 0.05), sanidad de planta, cobertura de mazorca, 200 granos, longitud de mazorca, evaluados bajo dos densidades de población en Xochicuátla, Mpio de Lerma, Edomex	43
Cuadro 8. Comparación de medias (Tukey 0.05), hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca, diámetro de olote, evaluados bajo dos densidades de población en Xochicuátla, Mpio de Lerma, Edomex	43

Cuadro 9. Comparación de medias (Tukey 0.05), peso volumétrico, tamaño chico, tamaño mediano y tamaño grande, evaluados bajo dos densidades de población en Xochicuattla, Mpio de Lerma, Edomex **43**

Figura 1. Interacción de genotipo-densidad en rendimiento de híbridos de maíz en Xochicuattla, Municipio de Lerma, Edomex **47**

RESUMEN

El presente trabajo "Potencial de rendimiento de seis genotipos de maíz de temporal, con dos densidades de población", se llevo a cabo durante el ciclo Primavera-Verano de 1996 en el poblado de San Francisco Xochicuautla, Municipio de Lerma, Estado de México.

Los materiales genéticos utilizados fueron: PUMA 1001, PUMA 1003, PUMA 1075 D, PUMA 1075 T, H-33 y como testigo un criollo bajo dos densidades de población una de 50 000 plantas por hectárea y otra de 60 000 plantas por hectárea, para su evaluación se estableció un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y seis tratamientos, el análisis estadístico se realizo en forma factorial, para la comparación de medias se aplico el método de Tukey al 0.05% de probabilidad para cada una de las variables que se evaluaron y que son: rendimiento de grano, días a floración masculina y femenina, días a madurez fisiológica, altura de planta y mazorca, acame, longitud de mazorca, número de granos por hilera, número de hileras por mazorca, cuateo, peso de 200 granos y peso volumétrico.

Los genotipos evaluados, tuvieron un mayor rendimiento en la densidad de 60 000 plantas por hectárea.

El testigo criollo obtuvo el más alto rendimiento con 6290 Kg/ha en las dos densidades manejadas, esto se debe a la gran adaptabilidad que tiene en la región.

Los otros materiales genéticos tuvieron los siguientes rendimientos: PUMA 1001 4052 Kg/ha, PUMA 1003 3430 Kg/ha, PUMA 1075 D 3982Kg/ha, PUMA 1075 T 3870 Kg/ha y H-33 2998 Kg/ha estos bajos rendimientos se relacionan con el hecho de sus características genéticas responden básicamente a un patrón de clima

determinado y requieren de un manejo adecuado para exponer todo su potencial de rendimiento.

Aunque hay que señalar que los híbridos PUMA 1001 y PUMA 1075 D, presentan características agronómicas deseables ya que tienen buena uniformidad en altura de planta y mazorca , resistencia al acame y a enfermedades.

I. INTRODUCCION

En México, el maíz constituye el cultivo más importante por superficie sembrada, producción, consumo, aspectos socioeconómicos y culturales. A nivel nacional se tiene una superficie sembrada entre 7 a 7.5 millones de hectáreas con una producción de 13.5 millones de toneladas, con un promedio de 2.2 toneladas por hectárea.

En el Estado de México, el maíz es el principal cultivo y su volumen de producción sitúa al Estado entre los primeros del país, alcanzándose una producción de dos millones 200 mil toneladas de dicho grano, con un rendimiento promedio de 3.4 toneladas por hectárea (Velasco, 1996).

Este cultivo requiere un incremento en la producción de grano, ya que constituye un elemento esencial en la alimentación de los mexicanos, el aumento de la población ha propiciado un déficit de este grano, razón por la cual se ha recurrido a tecnología que permita el incremento de la producción.

Para lograr incrementos en la producción se propone el uso de diferentes materiales genéticos, entre ellos a los híbridos para regiones con riego o de buen temporal son una alternativa importante ya que ofrecen ventajas como son: uniformidad en floración, altura de planta, resistencia al acame y a enfermedades, madurez fisiológica, lo cual permite que se pueda aplicar y realizar una mejor tecnología en la producción, obteniéndose buenos rendimientos.

Una de las características deseadas en los híbridos de maíz que se producen, es que estos aprovechen en su totalidad el potencial ambiental donde son sembrados. Por lo general, los genotipos tardíos manifiestan rendimientos superiores que los genotipos precoces y responden mejor, cuando las condiciones ambientales son adecuadas.

En los Valles Altos de México, se siembra una gran superficie con híbridos que tienen como limitante la climatología, por lo cual los híbridos que se utilizan en esta región tienen las siguientes características: tolerantes al acame, de porte intermedio, precoces, resistentes a plagas y enfermedades, altos rendimientos, atractivos fenotípicamente y de un buen manejo de fertilización con lo cual se eleva el costo de producción de este cultivo y contrasta con los maíces criollos y con las variedades mejoradas disponibles que se tienen en la región.

La adaptación de tecnología moderna de producción es muy importante en la actualidad, ya que existe una gran superficie de tierra en el Estado de México que se siembran de manera tradicional y que su producción es de autoconsumo, motivo por lo cual se requiere producir genotipos que se adapten y aprovechen en forma óptima el ambiente que predomina en esta zona, razón por la cual en el presente trabajo se evalúan híbridos de maíz bajo condiciones de temporal, con dos densidades de población, lo cual nos permitirá conocer la adaptabilidad que puedan tener estos genotipos en la zona, el evaluar los diferentes componentes de rendimiento y proponer alternativas viables para productores de la región, los cuales pueden utilizar los materiales genéticos evaluados para incrementar su producción, de lo anteriormente expresado se plantean los siguientes:

1.1 Objetivos

- Determinar la capacidad de rendimiento de seis genotipos de maíz, bajo condiciones de temporal en San Francisco Xochicuaula, Municipio de Lerma, Estado de México bajo dos densidades de población.
- Evaluar y analizar los componentes de rendimiento, los cuales determinaran en que densidad de población los materiales en estudio, exhiben los mayores rendimientos.

1.2 Hipótesis

Existe híbridos de maíz que pueden tener una mejor adaptabilidad y mayores rendimientos que el criollo y un híbrido comercial, así como expresar una respuesta diferencial en su potencial de rendimiento, generado por la densidad de población y condiciones ambientales prevalecientes en la zona.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Maíz híbrido

El maíz híbrido es la contribución más importante que el mejoramiento genético ha hecho a la producción de alimentos en el siglo XX (Claure, 1990).

Como señala Jugenheimer (1990), el maíz es adecuado para la investigación genética, ya que es una planta fácil de cultivar, se adapta a un amplio rango de condiciones ambientales y posee gran número de variaciones hereditarias diferentes; además los cruzamientos son simples y rápidos (la planta presenta 95% de polinización cruzada), pueden obtenerse cientos de granos en una mazorca a partir de una sola polinización en un tiempo relativamente corto. Muchos principios fundamentales se han establecido o verificado a través de la investigación del maíz.

Esto permite la estructura morfológica de las inflorescencias estaminadas y pistiladas del maíz y el que estén distanciadas dentro de la misma planta, lo que hace al maíz ser una especie excepcionalmente adecuada para controlar la autofecundación o los cruzamientos y por lo tanto para la producción de líneas puras y de semilla híbrida (Alemán, 1981).

Por todas estas características, aunado al conocimiento que se tiene del cultivo, los fitomejoradores han podido obtener cada vez más y mejores híbridos que se recomiendan para su uso comercial por los agricultores para que logren cosechas satisfactorias.

A pesar de que el mejoramiento genético en maíz comenzó hace mucho tiempo, el gran paso se dio cuando Shull y East entre 1904 y 1906, cada uno por su parte describen la importancia de la endogamia al practicar autofecundaciones sucesivas en maíz para formar líneas puras y descubren el fenómeno de la heterosis (vigor híbrido), al cruzar líneas puras de maíz para formar híbridos simples F1 por lo cual ya se puede hablar de maíz híbrido como tal y de una mejora considerable en el rendimiento (Reyes, 1990). Cosa que no sucedía antes de esto, ya que por la misma naturaleza heterogénea del maíz, es decir, no había uniformidad de plantas, ya que unas rendían más que otras; y con el descubrimiento del maíz híbrido, se dispuso de un método por medio del cual se pudo controlar debidamente el genotipo, a fin de que sólo se produjeran plantas de alto rendimiento en un determinado campo de maíz (Poehlman, 1987).

En 1918, Donald F. Jones, sugirió la formación de híbridos dobles en la producción comercial de semillas mejoradas de maíz. Ya que la producción de cruza simples (A*B) F1, propuestas por Shull, resultaba escasa y cara. El híbrido doble (A*B)X(C*D) o cruza de dos híbridos simples F1, es más abundante y redituable para las compañías productoras.

En 1928 Henry Wallace comercializa la cruza doble del maíz en el Corn Belt de Estados Unidos (Reyes, 1990).

Sin embargo, señala Poehlman (1987), no fue sino hasta cerca del año de 1940 cuando la semilla de maíz híbrido se utilizó en forma extensa en la Faja del maíz en E.U. ya que se llevaron varios años en la formación de líneas que produjeran híbridos con alto potencial de rendimiento adaptados a las diferentes zonas de producción.

La producción de semilla de cruce simple se suspendió al surgir la tecnología de la cruce doble, comenta Reyes (1990), pero en 1960 se formaron líneas puras altamente productivas y similarmente cruces simples con buena capacidad productiva, actualmente se están produciendo en altos volúmenes semillas de cruces simple.

El mismo autor indica que existen estudios que señalan que ha habido un incremento en el uso comercial de cruces simples y de tres líneas en la actualidad.

El concepto de maíz híbrido considera a este material, como la primera generación de una cruce entre líneas autofecundadas (Poehlman, 1987).

2.2 Producción de maíz híbrido

La producción de maíz híbrido involucra:

- a) La obtención de líneas autofecundadas, por autopolinización controlada.
- b) La determinación de cuales de las líneas autofecundadas pueden combinarse en cruces productivas.
- c) Utilización comercial de las cruces para la producción de semilla.
- d) Pruebas de selección de líneas puras en todas las cruces posibles.
- e) El mantenimiento e incremento de líneas y la producción de diferentes combinaciones híbridas, por ejemplo, cruces dobles, triples.

El valor de una línea se basa en su capacidad para producir variedades superiores cuando se combina con otras líneas. (Poehlman, 1987).

Jugenheimer (1988) indica que la producción de maíz híbrido está basada en el fenómeno de la heterosis, en virtud de que la cruce de dos variedades producen un

híbrido superior en tamaño, rendimiento o vigor general; manifestándose este fenómeno en las plantas F1.

En la actualidad el método que generalmente se usa para producir híbridos, es obtener por medio de autofecundación líneas homocigóticas, y luego para probar su habilidad combinatoria, hacer entre ellas todos los cruces posibles. Las líneas autofecundadas deseables se conservan aisladas para mantener su pureza genética (Emsweller, 1986).

La producción de híbridos basándose en líneas con alto nivel de endocria es considerada una de las mejores alternativas para aquellas áreas que presentan condiciones ambientales y posibilidades de manejo favorable. Híbridos convencionales de líneas endocriadas en la forma más eficiente de explotar la heterosis, en el cual se expresa un incremento de rendimiento en generación F1 de la cruce entre líneas elite que tengan buena aptitud combinatoria sobre los materiales parentales (Castellanos, 1993).

2.3 Clases de híbridos

Una vez producida la línea pura por autofecundación durante un período de 5 a 6 años, y seleccionadas aquellas que han producido más, o bien aquellas que tienen una mejor aptitud combinatoria, se proceden a realizar los cruzamientos que pueden conducir a un híbrido simple, a un híbrido doble o de "cuatro vías" o a un híbrido de "tres vías" (Bartolini, 1990).

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,

cruzas simples, cruzas simples modificadas, cruzas de líneas hermanas, cruza de tres elementos, cruza de tres elementos modificados, cruza doble, cruza doble progresiva, regresiva simple, múltiples y sintéticos o compuestos (Jugenheimer, 1988; Marquez, 1995).

Poehlman (1987) señala que los objetivos que se buscan en el mejoramiento del maíz híbrido son:

1. La creación de nuevos híbridos que sean superiores, en cuanto a rendimiento, a los que se utilizan actualmente.

2. Que se adapten a la región donde se van a producir.

Los maíces híbridos tienen una gran importancia dentro de la tecnología moderna de producción ya que se buscan características especiales como son: alta producción, sanidad de la planta y mazorca, resistencia al acame y que resistan una alta densidad de plantas por hectárea.

2.3.1 Híbrido de cruza simple

Los híbridos de cruza simple se forman mediante la unión de dos líneas autofecundadas. El progenitor masculino debe ser una línea buena productora de polen y el progenitor femenino sea buena productora de semilla (De la Loma, 1996).

Una cruza simple es la descendencia híbrida de dos líneas autofecundadas. Debido a que las líneas autofecundadas que se utilizan en una cruza simple son probablemente homocigóticas, las plantas de la cruza simple son heterocigóticas para todos los pares de genes en que difieren las dos líneas autofecundadas. Una cruza simple superior

recupera el vigor y la productividad que se perdió durante el proceso de autofecundaciones y será más vigorosa y productiva que la variedad progenitora original de polinización libre, de la que se obtuvieron las líneas autofecundadas (Poelhman, 1987).

El maíz híbrido de cruce simple tiene un alto costo de producción, por ser las plantas poco productivas de semilla y polen, por ello se ha incrementado el uso de la cruce doble para fines comerciales ya que es muy económico la producción de híbridos dobles. Según Badillo (1981) en México, en el tiempo comprendido de 1970 a 1977 el rendimiento neto de producción de semilla ha sido de 1.8 toneladas anuales, principalmente de híbridos de cruce doble.

Bajo el supuesto que a menor superficie de manejo, es fácil mantener la calidad genética, al producir semilla de híbridos simples, se usaran como progenitores, en comparación con la producción de híbridos de cruce doble (Tadeo, 1991).

La producción de semilla de cruce simple se suspendió al surgir la tecnología de la cruce doble. Sin embargo la tendencia actual en Norteamérica y en muchos otros países es producir en grandes volúmenes semillas de cruces simple, en lugar de la semilla de cruces dobles (Reyes, 1990).

La producción de semilla de cruce simple puede obtenerse en cantidades limitadas por la polinización manual, pero la producción en mayor escala se produce bajo polinización libre de las dos líneas progenitoras en campos aislados, 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) (Poelhman, 1987).

Aldrich y Leng (1974) mencionan que el desarrollo reciente de híbridos simples se debe a dos adelantos importantes, el método de mejoramiento y producción de semillas:

- 1) Líneas endogámicas vigorosas y capaces de lograr un aceptable rendimiento de semilla o de producir suficiente polen.
- 2) Empleo de técnicas de cruzamiento, de línea hermana para producir cruzas especiales o híbridos de tres líneas.

Los híbridos simples son la mejor posibilidad de mantener con facilidad la calidad genética en los incrementos de semilla, las mezclas son notoriamente diferentes (Espinosa, 1988).

La principal objeción que se hace a las cruzas simples, para que se generalice su uso, es el elevado costo en la semilla, ya que frecuentemente los rendimientos de sus líneas son bajos (Schnell, 1973; Jugenheimer, 1981; Curtis, 1982); lo cual puede compensarse, dado que únicamente se mantienen dos orígenes y en la crusa doble se tendrán que mantener seis (Schnell, 1973).

La baja productividad de semilla en las líneas, propició un escaso uso de híbridos simples en México; así el primer maíz híbrido de este tipo fue el H-511 liberado en 1981 (Cervantes et al; 1987).

El alto costo de la semilla, fue determinante para que el maíz híbrido de crusa simple no fuera difundido inmediatamente de los escritos de Shull. En 1918 Jones propuso el uso de la crusa doble con fines comerciales y para tratar de resolver los problemas en la producción de semilla. La mayoría de los investigadores en el mejoramiento de maíz

coinciden en que las líneas puras actuales; la cruz doble es el híbrido de maíz producido más económicamente en tiempo, sin embargo se están cultivando cruza simples y trilineales (Jugenheimer, 1987).

La producción de semilla de cruza simples es más cara por unidad de área que la cruz doble; sin embargo, esta desventaja puede ser compensada con respecto al mantenimiento de la semilla para las cruza simples, que sólo son dos orígenes en comparación de las seis involucradas en la cruz doble, así mismo se puede tomar como ventaja importante la facilidad y simplicidad de estudio, prueba e identificación de las mejores cruza simples (Schnell, 1973).

La semilla de la cruz simple se produce forzosamente en las plantas endocriadas, que son escasas productoras de semilla y polen. El rendimiento bajo provoca alto costo de la semilla, lo cual ocasionó que inicialmente el híbrido simple no llegara a ser popular después de los escritos de Shull (Jugenheime, 1981).

En la formación de un híbrido cruz simple intervienen dos líneas puras por autopolinización 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).

Reyes (1990) lo esquematiza de la siguiente manera:

FORMACIÓN DE UN HÍBRIDO CRUZA SIMPLE

PROGENITORES	HEMBRA	X	MACHO
	LINEA A		LINEA B

2.3.2 Híbrido de craza doble

Los híbridos de craza doble son el resultado de una craza entre dos cruza simples (híbrido de cuatro líneas). La semilla de una craza doble se produce en una planta de craza simple que ha sido polinizada por otra de craza simple altamente productora de polen (Poelhman, 1987).

La semilla de una craza doble se produce para obtener varias ventajas como son: mayor producción de semilla de calidad, producen abundante polen, esto hace posible una mayor proporción de surcos hembras para producción de semilla con respecto a surcos machos productores de polen en los campos de cruzamiento, lo cual reduce los costos de producción de semilla; su cultivo se adapta mejor a diversos ambientes aminorándose los riesgos en la producción de semilla; muestran una mayor producción de grano, mayor sanidad de mazorca y grano, plantas más cortas pero vigorosas, que resisten el acame, uniformidad en altura de planta floración y maduración.

2.3.3 Híbrido de tres líneas

El híbrido de cruce triple es la progenie híbrida entre una cruce simple y una línea autofecundada. También se le conoce como de "tres vías" (Poehlman, 1987; Bartolini, 1990). Estos se desarrollaron para tratar de encontrar una solución de compromiso entre los híbridos simples o los dobles, con objeto de aumentar la adaptabilidad de los primeros y la capacidad productiva de los segundos (Bartolini, 1990).

Las semillas de los híbridos de tres elementos es menos costosa de producir que la de cruces simples, aunque más cara que la de cruces dobles; tienden a ser más uniformes y a tener un rendimiento ligeramente superior que el de las cruces dobles.

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

2.4 El papel de los híbridos adaptados y productivos

El maíz híbrido no fue considerado práctico hasta que en 1922, Jones sugirió el uso de cruces dobles. Sin embargo, en realidad el desarrollo del maíz híbrido, es la culminación de diversas investigaciones en instituciones públicas y privadas durante años. Por lo tanto, el uso y el valor del maíz híbrido no puede atribuirse a una sola persona, organización y/o institución.

Ha habido una rápida aceptación del maíz híbrido en Estados Unidos desde 1933. La superficie de cosecha en el país aumenta de 0.1 hasta prácticamente el 100% hoy en día. La superficie sembrada con los híbridos en Estados Unidos aumentó de 143 000 acres en 1933 a 57 000 000 acres (23 085 000 Ha) en 1972.

Jugenheimer y Sitow(1954), Informaron que 45 de los mejores híbridos norteamericanos proporcionados por la FAO, produjeron en promedio 60% más grano que la mejor variedad local de polinización libre en 141 pruebas en 13 países en 1952. Si los 30 millones de acres (12 150 000 Ha) de tierras maiceras Europeas se plantaran con los mejores híbridos disponibles, el incremento resultante en el rendimiento equivaldría a la producción de 18 millones de acres adicionales (7 290 000 Ha). Se pronosticó que la producción podría duplicarse mediante el uso de híbridos adaptados y prácticas modernas de producción.

2.5 Adaptación y precocidad

2.5.1 Valles altos

Se denomina como Valles altos, a las regiones comprendidas entre los 2200 y 2600 msnm, abarcando a los estados de México, Tlaxcala, Hidalgo y Puebla en los cuales aproximadamente se siembran con maíz 1, 600 000 ha.

En estas zonas se tienen limitantes de tipo climático principalmente escasas de lluvia y presencia de heladas, una pobre fertilidad y erosión de los suelos, baja productividad de los maíces criollos, escaso nivel de adopción de las variedades mejoradas, deficiente control de plagas y malezas e inadecuada fertilización.

En los Valles altos el ciclo de crecimiento de las plantas esta fijado básicamente por la ausencia y presencia de heladas tardías y tempranas respectivamente, así como la iniciación de la época de lluvias (López, 1975).

Lo más importante en el mejoramiento de los cultivos, es incrementar los rendimientos y acortar el ciclo biológico, sobre todo en aquellas especies que se cultivan en localidades donde la estación de crecimiento es corta. Específicamente el maíz, en los híbridos modernos para los Valles Altos de la Mesa Central, se intenta reducir el ciclo biológico y a la vez aumentar el rendimiento de grano (Gómez, 1988).

La gran diversidad de tipos, razas y nuevas variedades de maíz que actualmente existen en México, permiten que haya maíces adaptados prácticamente a todas las condiciones que se pueden presentar en el país. Así se encuentra desde el nivel del mar hasta más de 3000 msnm y desde 28° C como temperatura media durante su desarrollo en las zonas más cálidas, hasta con 12° C en las zonas más frías, sin embargo, debido a la gran heterogeneidad de condiciones ambientales que se tienen en la República Mexicana, el cultivo y producción de maíz de temporal se encuentran limitados por la falta y/o exceso de humedad, presencia de vientos y granizadas lo que constituye el factor más importante en las regiones de buen temporal en los Valles Altos, la presencia de heladas, que no solo afectan aquella área sino que en conjunto al 75% del territorio nacional (Carcaño, 1987).

2.5.2 Adaptación y precocidad

En México, el maíz se cultiva en casi todas las condiciones ecológicas existentes, los maíces aun siendo cultivados en una ecología definida manifiestan cierta adaptabilidad, debido a su constitución genética y a los efectos de la selección natural y artificial.

Se ha observado que el traslado y siembra de una variedad de maíz de un área ecológica a otra diferente, con lleva a una serie de manifestaciones fenotípicas y respuestas fisiológicas como resultado de la inadaptabilidad. Las primeras pueden ocurrir en la estructura de la planta y mazorca, y las segundas se denotan principalmente en el periodo de floración y madurez, así como en la susceptibilidad a plagas y enfermedades.

Los factores ambientales que juegan un papel importante en la adaptabilidad son: predominantemente la temperatura, la humedad, el fotoperíodo y fertilidad del suelo.

Allard y Hanshe citados por Livera en 1979, definen la adaptabilidad como la capacidad para modificar la aptitud de sobrevivir al cambiar de ambiente, en tanto Matsuo citado por el mismo autor, señala que la adaptabilidad implica una propiedad, por lo cual los organismos capacitados sobreviven y se reproducen en ambientes fluctuantes, así mismo señala, que la adaptabilidad es una habilidad genética que resulta en la estabilización de las interacciones genético-ambientales por medio de reacciones genéticas y fisiológicas de los organismos, y que este carácter ha sido heredado por estos a través del proceso evolutivo.

Algunos de los factores que afectan a la adaptación, según Poehman (1987) son:

- 1) Una maduración satisfactoria para el área de producción.
- 2) La respuesta al grado de fertilidad de suelo.
- 3) La resistencia al calor y la sequía
- 4) La resistencia al frío.

Con respecto a la maduración satisfactoria para el área de producción, menciona que, como el maíz es muy tolerante a las heladas, su ciclo de crecimiento estaría limitado por el periodo libre de heladas. Y dado que este periodo no puede utilizarse completamente, pues su duración varía de un año a otro, es necesario disponer de un cierto margen de seguridad mediante el cultivo de variedades suficientemente precoces para madurar incluso en los ciclos más cortos y agrega que, en general los híbridos que utilicen de un modo más completo todo el ciclo de crecimiento con seguridad de maduración, serán los que den mayor producción en una determinada región.

Stskopf (citado por Orozco, 1988), enfatiza que actualmente en la agricultura moderna no sólo se requiere de materiales capaces de tener los más altos rendimientos bajo condiciones óptimas, sino genotipos con alta adaptación que tengan rendimientos altos y satisfactorios en condiciones inferiores a lo ideal o normal. Específicamente se desea que un cultivar posea la habilidad para tener buenos rendimientos bajo condiciones óptimas y adversas al cultivo.

Dentro de las modalidades que presentan las especies vegetales para resistir a la sequía, y particularmente el maíz, se encuentra la denominada de "escape", en ella se agrupan las variedades e híbridos que por su misma característica de precocidad producen satisfactoriamente en tiempos relativamente cortos (Avila, 1990).

En todas las regiones maiceras hay una época de siembra dentro de la cual se debe ajustar la mejor fecha de siembra para que el cultivar no se exponga a heladas tempranas o tardías, escasez o abundancia de lluvias, presencia de vientos, altas temperaturas, plagas y enfermedades.

Cuando las condiciones del clima son similares, la fecha óptima se relaciona con: los objetivos del cultivo, ciclo vegetativo de la variedad, localidad y la disponibilidad de recursos materiales y humanos (Reyes, 1990).

Las plantas son muy susceptibles a las altas temperaturas en los períodos de floración, dañando el polen y los estigmas.

Las temperaturas de 4°C o menos, afectan a las plantas en cualquier estado de desarrollo. Cuando las temperaturas de congelamiento ocurren en las primeras fases de desarrollo (8 a 10 cm de la planta) pueden recuperarse lentamente. Si las temperaturas de congelamiento ocurren en estado lechoso los daños son severos.

El conocimiento de las temperaturas es fundamental para seleccionar la fecha óptima de siembra, eligiendo aquellas épocas libres de heladas en la germinación, en la floración y en la madurez del grano. (Reyes, 1990).

Reyes (1990), indica que el maíz en su desarrollo, en el día requiere tiempo caluroso y en la noche tiempo fresco. Teniendo problemas cuando la temperatura promedio es inferior a 18.9°C durante el día y 12.8°C durante la noche. Y que en la faja maicera de Estados Unidos, las temperaturas diurnas del verano alcanzan un promedio de 21.1°C y las nocturnas 14.4°C y el período libre de heladas es de 140 días. Agregando que en general, la mayor producción en el mundo se logra en aquellos climas en donde las

temperaturas en los meses calurosos varían entre 21°C y 27°C y un período libre de heladas en ciclo agrícola variable de 120 a 180 días.

Aproximadamente una cuarta parte de la superficie de temporal cultivada con maíz, se encuentra localizada en los Valles Altos; en estas regiones con frecuencia se presentan heladas tardías o tempranas, reduciendo la estación de crecimiento con temperaturas favorables de 120 a 140 días (Peña, 1986).

El problema de las heladas en el cultivo, se presenta cuando las bajas temperaturas afectan las diferentes etapas de crecimiento, reducción de la población por hectárea, deshidratación de tejidos y el de propiciar un ambiente favorable para el desarrollo de pudriciones (Peña, 1986).

Jugenheimer (1988), 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 a 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 que los híbridos de madurez tardía se necesitan en otras áreas para aprovechar totalmente las estaciones de crecimiento extremadamente largas.

González (1995), menciona que se acostumbra a clasificar a las poblaciones de maíz en precoces, intermedias y tardías, sobre la base del número de días que transcurren desde la siembra hasta la floración, pero que una clasificación más adecuada sería considerando los días transcurridos desde la fecha de siembra hasta la madurez

fisiológica, ya que ésta abarca el ciclo vegetativo completo de las plantas, y en cambio la floración es únicamente una etapa intermedia.

Se puede definir como PRECOCIDAD, el tiempo mínimo requerido para que una planta pueda alcanzar su madurez fisiológica, desde el punto de vista de su aprovechamiento, ya sea por sus frutos, flores, raíces, tallos, látex, fibras, entre otros.

Es entonces un fenómeno de diferenciación de las células del individuo cuya manifestación puede apreciarse en el transcurso del ciclo vegetativo del mismo, por la aparición de indicios tales como flores, contenido de sustancias de reserva, aumento en tamaño de algún órgano determinado, color o consistencia del mismo, contenido de agua.

En el maíz son apreciables la floración y la madurez lechosa, siendo útiles para apreciar en forma comparativa, la precocidad de una planta a otra o de un grupo de plantas a otro.

Es claro que la apreciación sería más valiosa cuando más cercano sea el momento de la madurez (Barrientos, 1956).

La precocidad está determinada tanto por características hereditarias de la planta, como por el medio ambiente (su respuesta al fotoperíodo, a la temperatura, a la altitud, al tipo de suelo, y a la distribución de humedad, durante el ciclo de crecimiento), y a otros factores.

En el caso del maíz, la fecha en que aparecen los estigmas es un índice común de la precocidad, aún cuando el por ciento de humedad en el momento de la cosecha también da una medida de la precocidad relativa (Poehlman, 1987).

López (1975), señala que debido a las condiciones climatológicas que se presentan en los Valles altos son muy variables, los productores han logrado identificar y seleccionar maíces adaptados a la mayoría de ellas, básicamente maíces criollos, basándose en la coloración del grano.

Así, cuando las condiciones son favorables para la siembra temprana en marzo y abril, porque hay humedad en el suelo y se va a contar con un lapso más o menos grande para el crecimiento vegetativo, utilizan para su siembra granos de maíz de coloración blanca. Cuando esas condiciones se presentan más tarde utilizan granos de color amarillo.

Y cuando se retrasan mucho, hasta mayo o junio, y hacen riesgosa la producción con los materiales anteriores, tienen como última alternativa a los de color negro o azul.

Aún cuando todos estos tipos son apropiados para el consumo humano, el maíz blanco es el preferido por la mayoría de los consumidores.

Fue gracias al mejoramiento genético que se incrementó considerablemente el rendimiento en el cultivo del maíz, lo cual fue posible con la creación del maíz híbrido que vino a sustituir a las variedades de polinización libre que muestran una capacidad productiva inferior (Poehlman, 1987; Claire, 1990).

En México ocurre un fenómeno similar al de los Estados Unidos, así, el programa de mejoramiento genético de maíz se intensificó en la década de los cuarenta, en años recientes muchas variedades e híbridos se han generado, pero no se ha logrado que su capacidad de rendimiento sea superior a la de los híbridos obtenidos durante la década de los cincuentas (Claire, 1990).

Weatherspoon (1970) evaluó el rendimiento de cruzas simples, cruzas dobles y cruzas de tres líneas de maíz; y encontró que el rendimiento promedio de las cruzas simples fue más elevado que el de las cruzas de tres líneas, y el de éstas más elevado que el de las cruzas dobles.

2.6 Densidad de población y rendimiento

Díaz y Olivares (1991), Dionisio (1992) y García (1992), han mencionado que algunos de los principales factores que inciden principalmente en la determinación del potencial de rendimiento en el Valle de Toluca-Atzacmulco son las heladas, la sequía, el exceso de humedad, el uso de variedades con bajo potencial de rendimiento y las diferencias en la aplicación de la técnica de cultivo por parte de los productores.

Una densidad de población adecuada es importante en el aprovechamiento eficiente de la humedad del suelo, de los nutrientes, del bióxido de carbono de la atmósfera y de la energía radiante (Gómez, 1992).

En México, las investigaciones indican que el número óptimo de plantas por hectárea varía de 20, 000 plantas para maíz sin fertilizar en regiones de alturas bajas y medianas sobre el nivel del mar, hasta 80, 000 plantas/ha en maíz fertilizado en regiones con alturas mayores a 2000 msnm (Ordaz y Moreno, 1968).

Si la densidad de población óptima de siembra es de 50 a 60 mil pl/ha, esto significa que muchas plantas no llegan a producir mazorcas o mueren durante el ciclo. La baja densidad de población al momento de la cosecha está claramente asociada a los bajos rendimientos en la región (Bolaños y Pérez, 1992).

Poehlman (1987), indica que los híbridos de tallo corto suelen producir mazorca, pero su rendimiento total por unidad de superficie se ve aumentado debido al incremento de la densidad de población.

La tolerancia a densidad ha sido una de las causas del aumento en rendimiento de los cultivares de maíz moderno (Pandey y Gardher, 1992). Mientras que los híbridos disponibles en la zona templada tienen densidades óptimas mayores a las 70 mil pl/ha, los cultivares tropicales de maíz las tienen aun por debajo de 50 mil pl/ha (Fischer y Palmer, 1984; Bolaños y Pérez, 1992).

Los estudios realizados por Ortiz et al, durante 1984, manifiestan que los incrementos en la densidad de población ocasiona una disminución progresiva y lineal de la producción de materia seca y del rendimiento de grano por planta. Estas pérdidas se atribuyen a un decreciente tamaño y número de mazorcas producidas por planta y a su vez conducen a un menor número de granos por planta. La reducción en el número de mazorcas por planta es causada por un aumento en la proporción de plantas que no producen mazorca; esto se explica por el considerable retraso en el desarrollo en los órganos reproductivos femeninos asociados con las altas densidades de población.

Hurtado (citado por Espinosa, 1985) señala que manejando líneas, compuestos balanceados y sintéticos de maíz para definir la competencia interpoblacional, se produjo una fuerte reducción del número de hijos, de mazorcas y rendimiento de grano al aumentar la densidad de población, lo cual se explica por la competencia de espacio, luz y nutrientes.

La densidad de plantas está estrechamente relacionado con el rendimientos del maíz. El mejoramiento de los híbridos también es un factor importante en el incremento de los

rendimientos. Los híbridos más recientes están adaptados a mayores densidades de plantas y altas fertilizaciones (Jugeinheimer, 1988).

En la investigación hecha por González et al 1984, menciona que el rendimiento biológico por planta, el rendimiento de grano por planta y sus componentes (número de granos, tamaño del grano, número y tamaño de la mazorca), se reduce en forma lineal al aumentar la densidad de población debido a una mayor competencia entre plantas.

Goldosworthy y Colegrove (1974), por su parte señalan que el incremento en el rendimiento se atribuye a un mayor número de plantas por hectárea y un mayor número de granos por metro cuadrado.

En los Estados Unidos de Norteamérica, pero en condiciones completamente contrastantes a las que comúnmente predominan en los Valles Altos de México, se ha observado que el rendimiento de los híbridos fue mayor al de las variedades de polinización libre hasta en un 55 %, resultados que se atribuyen en gran parte al mayor potencial genético de las cruza simples sembrados en altas densidades de población y con una mejor respuesta a la aplicación de mayores cantidades de fertilizantes (Russell, 1974).

Son varios los factores que influyen de manera limitada o determinante sobre el rendimiento de un cultivo. Entre ellos, se encuentran las condiciones ambientales (temperatura, luz y humedad principalmente) y labores de manejo de cultivo como las fechas de siembra, distancia entre surcos, densidad de población, fertilización. El mejoramiento de los híbridos también es un factor importante en el incremento de los rendimientos. Los híbridos más recientes están adaptados a mayores densidades de plantas y altas fertilizaciones.

Regland, Hatfield y Benoit (1965) en un experimento de maíz, trabajaron con tres fechas de siembra y ambientes bien definidos, determinaron que el área foliar de maíz de riego estuvo positivamente correlacionada con temperatura, radiación solar y evaporación del agua.

Tanto la reducción en la competencia interplanta y el aumento en la captación de la radiación pueden ser las responsables del incremento en el rendimiento potencial en maíz en surcos poco espaciados.

Bryant y Blaser (1968) en un estudio sobre el efecto de la densidad de población y el espaciamiento entre surcos sobre los constituyentes de la planta (mazorca, tallo, hojas y cubierta de la mazorca) en un maíz tardío y un precoz; observaron que para ambos híbridos y en todos los niveles de población, el peso promedio de la planta decreció ligeramente con cada incremento en la distancia entre surcos y cuando las densidades de población aumentaron, el peso de los constituyentes de las plantas se redujo proporcionalmente.

Williams *et al*; (1965), Fisher y Wilson (1971) coinciden en afirmar que el crecimiento inicial del índice de área foliar está afectado por la luz y la temperatura; y que ésta aumenta con aplicaciones de nitrógeno y particularmente con altas densidades de siembra.

Goldsworthy y Colegrave (1974), indican que en maíz los incrementos en rendimiento examinados a través de sus componentes se debieron a densidades de población crecientes y aumentos en el número de granos/m²

La población de maíz para máximos rendimientos económicos de grano, varía en el material genético, es decir en la integración de varias características, el ancho del

surco, la fertilidad, disponibilidad de agua y los efectos climáticos. Un gran número de investigaciones se han hecho para determinar la población óptima de plantas para un híbrido en ciertas condiciones ambientales. Los resultados muestran que el rango de población varía de 40 000 a 100 000 pl/ha.

Yao y Shaw (1964), citan que la densidad de población y la distribución de las plantas sobre el terreno afectan el rendimiento por planta y por hectárea en dos formas, determinando la eficiencia de la utilización de energía solar, el agua y los nutrientes del suelo. Modificando ciertas características de las plantas, tales como: número de hijos por planta, la capacidad de éstas para producir mazorca, la proporción de plantas estériles, que están ligadas directa o indirectamente al rendimiento.

Loomis y Williams (1963), mencionan que el rendimiento de grano por unidad de área en maíz, es altamente dependiente de la población de plantas, la distancia entre surcos, el nivel de fertilidad y las características de crecimiento del híbrido adaptado a una área determinada.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

El experimento se realizó durante el ciclo Primavera-Verano de 1996 bajo condiciones de temporal, se estableció en San Francisco Xochicuautla, Municipio de Lerma, Estado de México, sus coordenadas geográficas son: Latitud Norte 19° 17' y Longitud Oeste 99° 31', y a una altura de 2740 msnm.

3.2 Condiciones ambientales

En el área de estudio se tiene un clima húmedo semifrío, con lluvias en verano, una precipitación media anual de 1000 mm, la temperatura media anual oscila entre 10° y 15°C; de acuerdo a la clasificación climática de Koppen, modificada por Enriqueta García es C (E) (W₂) (W).

3.3 Condiciones edáficas

En el área de estudio, los suelos predominantes son los Andosoles de acuerdo al sistema de clasificación de la FAO-UNESCO. Son suelos derivados de depósitos calcaricos recientes, de color oscuro, con frecuencia negro.

3.4 Material genético

El material genético que se utilizó, para evaluar este trabajo fueron seis genotipos que incluyen cinco híbridos y una variedad de polinización libre, en los cuales se evaluó el rendimiento bajo el manejo en dos densidades de población una de 50 000 y otra de 60 000 plantas por hectárea tal como se enlistan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Material genético de maíz evaluado en Xochicuautla, Municipio de Lerma Edo. De México.

MATERIAL GENÉTICO	TIPO DE HÍBRIDO	PROCEDECIA
(1) P-1003	TRILINIAL	UNAM
(1) P-1001	TRILINIAL	UNAM
(1) P-1075 T	TRILINIAL	UNAM
(1) P-1075 D	TRILINIAL	UNAM
(1) H-33	CRUZA DOBLE	INIFAP
(1) CRIOLLO	POLINIZACION LIBRE	
(2) P-1003	TRILINIAL	UNAM
(2) P-1001	TRILINIAL	UNAM
(2) P-1075 T	TRILINIAL	UNAM
(2) P-1075 D	TRILINIAL	UNAM
(2) H-33	CRUZA DOBLE	INIFAP

(1) 50 000 pl/ha, (2) 60 000 pl/ha.

3.5 Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de campo en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 6 tratamientos. La parcela experimental estuvo constituida por dos surcos de 5 metros de largo por 80 centímetros de ancho, tomándose los mismos surcos como parcela útil.

3.6 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó en forma factorial, para la comparación de medias se aplicó el método de Tukey al 0.05% de probabilidad, para cada una de las variables que se evaluaron.

3.7 Manejo agronómico

3.7.1 Siembra

La siembra se realizó el 13 de abril de 1996 de forma manual, a una distancia de 50 centímetros entre mata y mata, depositando 4 y 5 semillas por golpe, para cada una de las dos densidades manejadas, siendo de 5 metros de largo cada surco por 80 centímetros de ancho, dejando por cada surco 11 matas, se manejaron surcos de bordos al principio y al final de la parcela para eliminar el factor de competencia, en este caso en particular arrastre de suelo, donde se le aplicó el primer riego el mismo día de la siembra.

3.7.2 Control de malezas y plagas

El control de malezas se realizó en forma manual durante las primeras siete semanas después de la siembra, para la octava semana se aplicó Hierbamina (2,4D-amina +atrazina) más Gesaprim 50 en una porción de 1 litro + 0.5, además de dos escardas y deshierbes manuales. La incidencia de plagas y enfermedades no fue importante, motivo por lo cual no se utilizaron agroquímicos para su control.

3.7.3 Fertilización

La primera aplicación de fertilizante se realizó al momento de la primera escarda, que fue a las 8 semanas después de la siembra de forma manual con Urea, con una dosis de 80-00-00.

La segunda fertilización se realizó en el momento de realizar la actividad denominada "echar montón" (arrimar tierra alrededor de la planta).

3.7.4 Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual el 1 de diciembre de 1996.

3.8 Variables evaluadas

3.8.1 Plantas establecidas

Se consideraron 20 y 24 plantas establecidas por surco después de 3 semanas de la siembra.

3.8.2 Días a floración masculina

Se consideró desde el día de la siembra, y la fecha en que se presentó el inicio de la floración, en donde la espiga de la mitad de las plantas derramó polen.

3.8.3 Días a floración femenina

Se consideró el número de días a partir de la siembra y la fecha en que se presenció el inicio de la aparición de los estigmas.

3.8.4 Altura de planta

Se seleccionaron 5 plantas al azar, midiendo la distancia en centímetros desde la base o punto de inserción de las raíces hasta el punto donde la espiga comienza a dividirse, de las plantas seleccionadas, se tomó el promedio de ellas como dato final.

3.8.5 Altura de mazorca

En las mismas 5 plantas, donde se tomaron las alturas se determinó la distancia en centímetros, desde la base de las raíces de la planta hasta el nudo de inserción de la mazorca más alta o principal.

3.8.6 Mazorcas buenas y mazorcas malas

Ya pesadas las mazorcas de cada parcela, se considero el que estuvieran o no afectadas por plagas y enfermedades, se dividieron en buenas y malas, registrándose el número por separado de cada una de ellas.

3.8.7 Acame

Se efectuó la toma de este dato un día antes de la cosecha, registrándose el número de plantas por parcela con los tallos rotos abajo de la mazorca. Manejando una escala de 1 al 5, en donde 1 será las parcelas con mayor acame y 5 las parcelas con menor acame.

3.8.8 Número de plantas cosechadas

Se consideraron todas las plantas de cada parcela, sin importar si tenían una, dos o ninguna mazorca.

3.8.9 Porcentaje de cuateo

Se contó el número de plantas por parcela que tuvieran dos o más mazorcas, y se estimó el porcentaje de acuerdo al total de las plantas por cada parcela.

3.8.10 Calificación de mazorca

Se consideró la sanidad en una escala de 1 al 10, donde 1 será la más afectada y 10 será la más sana.

3.8.11 Sanidad de mazorcas

La sanidad de mazorcas se consideró después de la cosecha, en una escala de 1 al 10 donde 1 es la más afectada y 10 la más sana.

3.8.12 Peso de campo

Este dato se toma después de cosechar todas las parcelas en los surcos escogidos, se toman los pesos de la mazorcas de cada parcela y se registra en kilogramos.

3.8.13 Porcentaje de humedad

Se tomaron 5 mazorcas de cada parcela, se designaron y se mezcló el grano obtenido y con la muestra a granel se determinó el porcentaje de humedad en el momento de la cosecha.

3.8.14 Porcentaje de materia seca

Se obtuvo este dato en la cosecha, se tomó una muestra de 250 granos por parcela de las mazorcas buenas, para determinar en el laboratorio por medio de un determinado modelo Steinline 4006 el contenido de humedad en porcentaje, el restante porcentaje será % de materia seca.

3.8.15 Longitud de mazorca

Se determinó tomando el promedio en centímetros de 5 mazorcas por parcela que sirvieran como muestra para tomar los datos de mazorca midiéndolas de la base a la punta.

3.8.16 Número de hileras por mazorca

Se tomó el promedio del número de hileras de cinco mazorcas, se contaron en la parte central de la mazorca.

3.8.17 Número de granos por hilera

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

3.8.18 Diámetro de olote

Una vez desgranadas las cinco mazorcas, a cada uno de los olotes por la parte central con el vernier se le determino el diámetro en centímetros, obteniéndose el promedio.

3.8.19 Peso de 200 granos

El grano previamente homogeneizado con la mano, se contaron 200 granos y se pesaron.

3.8.20 Porcentaje de grano

Resulta de la relación entre el peso del grano y peso total de la muestra, es decir:

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

3.8.21 Peso volumétrico

Homogeneizado el grano se vació en un recipiente del litro y se razó con una regla, posteriormente se peso y se expreso en Kg/ha.

3.8.22 Rendimiento

Se calcula con la siguiente formula, expresándose en Kg/ha:

$$\text{Rendimiento} = (\text{P.C} * \% \text{ M. S} * \% \text{ G} * \text{FC}) / 8600$$

Donde :

PC = peso de campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas por parcela expresada en kilogramos.

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

% G = por ciento de grano.

F. C = factor de conversión para obtener rendimiento por hectárea. Se obtiene de dividir 10,000 m² entre tamaño de la parcela útil en m².

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

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de varianza

En el Cuadro 2, se observa que para el factor genotipos la gran mayoría de variables, mostraron diferencias estadísticas altamente significativa a excepción de las variables mazorcas buenas, cobertura de mazorcas y tamaño de grano mediano las cuales no mostraron significancia; mientras que las plantas cosechadas al igual que la sanidad de plantas presentan significancia al nivel de 0.05 de probabilidad. Para el factor repetición se mostró no-significancia en su mayoría a excepción de las variables plantas cosechadas, granos por hilera y peso volumétrico que mostraron diferencia estadística altamente significativa en comparación con las variables cuateo, calificación de mazorca, peso de 200 granos, tamaño chico y tamaño mediano que presentaron significancia al nivel de 0.05 de probabilidad.

El factor densidad de población no presentó significancia para ninguna de las variables evaluadas; para la interacción genotipo densidad, no presentaron significancia para ninguna de las variables evaluadas.

El coeficiente de variación más alto fue el correspondiente a mazorcas malas con 46.22% lo cual se debe a la naturaleza de la variable. Con respecto a la variable tamaño grande de semilla resultó con 64.72% lo que corresponde a la naturaleza de esa variable, en cambio para la variable días a floración femenina el valor fue bajo con 1.86%, la mayoría de las variables tuvieron coeficiente de variación bajo, para el caso de rendimiento el valor fue de 33.22% y la media fue 4103 Kg/ha.

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística de variables evaluadas en híbridos pumas de maíz evaluados en Xochicuautla, Edo de México 1996.

VARIABLES	GENOTIPOS	REPETICIONES	DENSIDADES	GENOTIPO-DENSIDAD	MEDIAS	C.V %
Rendimiento	10451420.93 **	5160818.53 N.S	975840.33 N.S	577587.08 N.S	4103.79	33.22
Floración masculina	252.887500 **	5.520833 N.S	3.520833 N.S	2.820833 N.S	116.19	1.90
Floración femenina	273.683333 **	5.388889 N.S	5.333333 N.S	1.683333 N.S	119.66	1.86
Altura de planta	3149.00000 **	375.94444 N.S	85.333333 N.S	314.533333 N.S	184.25	11.41
Altura de mazorca	2901.57083 **	310.07639 N.S	196.02083 N.S	211.77083 N.S	93.23	15.1
Mazorcas buenas	185.050000 N.S	100.166667 N.S	140.083333 N.S	26.533333 N.S	37.50	24.03
Mazorcas malas	41.6708333 **	10.1319444 N.S	22.6875000 N.S	4.9375000 N.S	7.23	46.22
Acame	1.8000000 **	0.3888889 N.S	0.3333333 N.S	0.2333333 N.S	1.50	40.76
Plantas cosechadas	81.3708333 *	136.6875000 **	105.0208333 N.S	8.9708333 N.S	34.23	15.77
Cuateo	156.3500000 **	66.6944444 *	1.3333333 N.S	11.3333333 N.S	9.63	45.73
Calificación Mazorca	1.53333333 **	1.5000000 *	0.7500000 N.S	0.4500000 N.S	8.83	7.24
Sanidad de planta	0.48333333 *	0.47222222 N.S	0.08333333 N.S	0.28333333 N.S	1.21	36.97
Cobertura mazorca	0.28333333 N.S	0.27777778 N.S	0.33333333 N.S	0.18333333 N.S	1.42	39.18
200.granos	1051.333375 **	210.076319 *	22.005208 N.S	30.553708 N.S	57.86	14.12
Longitud mazorca	7.00320833 **	1.97243056 N.S	1.50520833 N.S	0.49520833 N.S	13.92	6.96
Hileras por mazorcas	16.35133333 **	0.46555556 N.S	0.75000000 N.S	0.40600000 N.S	16.06	3.79
Granos por hilera	20.8338750 **	33.4757639 **	8.9268750 N.S	5.5638750 N.S	26.97	8.00
Diámetro de mazorca	0.17537500 **	0.05409722 N.S	0.01020833 N.S	0.04570833 N.S	4.64	4.04
Diámetro de clote	0.53533333 **	0.01583333 N.S	0.00833333 N.S	0.11683333 N.S	2.65	12.0
Peso volumétrico.	1946.253333 *	3159.897778 **	36.053333 N.S	251.893333 N.S	668.68	3.50
Tamaño chico	49949.8481 **	10217.7321 *	385.3957 N.S	4610.8390 N.S	104.03	56.34
Tamaño mediano	5617.57083 N.S	7694.35417 *	2537.52083 N.S	2063.97083 N.S	209.73	23.72
Tamaño grande	274214.748 **	21120.075 N.S	3521.517 N.S	9058.594 N.S	204.61	64.72

/(0.05) * Significativo
 (0.01) **Altamente Significativo
 (N.S) No significativo
 Valores de X < 0.05 ó >0.01

4.2 Comparación de medias para densidades

Como se observa en el Cuadro 3, todas las variables bajo dos densidades de población no se presentaron grupos de significancia estadística. En la densidad de 60,000 plantas por hectárea la media de rendimiento de todos los genotipos empleados fue de 4246 Kg/ha, diferente numéricamente a la densidad de 50,000 plantas por hectárea con 3961 Kg/ha.

Cuadro 3. Resultados obtenidos en la comparación de medias (Tukey 0.05), de diversas variables evaluadas bajo dos densidades de población, al utilizar medias de 6 materiales genéticos de maíz en Lerma, Edo de México.

VARIABLES	DENSIDAD 1 50.000 PLAN/HA	DENSIDAD 2 60.000 PLAN/HA	D.H.S
Rendimiento	3961.2 A	4246.4 A	800.87
Floración masculina	116.5 A	115.9 A	1.296
Floración femenina	120.0 A	119.3 A	1.3106
Altura de planta	182.9 A	185.6 A	12.344
Altura de mazorca	91.2 A	95.2 A	8.2679
Mazorcas buenas	35.8 A	39.2 A	5.2923
Mazorcas malas	6.5 A	7.9 A	1.9622
Acame	1.4 A	1.6 A	0.3591
Plantas cosechadas	32.8 A	35.8 A	3.1706
Cuateo	9.8 A	9.5 A	2.5853
Calificación de mazorca	8.7 A	9.0 A	0.3757
Sanidad de planta	1.2 A	1.3 A	0.2623
Cobertura de mazorca	1.3 A	1.5 A	0.326
200 grano	58.5 A	57.2 A	4.7996
Longitud de mazorca	14.1 A	13.7 A	0.569
Hileras por mazorcas	16.2 A	15.9 A	0.3574
Granos por hilera	27.4 A	26.5 A	1.266
Diámetro de mazorca	4.7 A	4.6 A	0.1101
Diámetro de olobe	2.6 A	2.7 A	0.1871
Peso volumétrico	669.5 A	667.8 A	13.755
Tamaño chico	106.9 A	101.2 A	34.426
Tamaño mediano	217.0 A	202.2 A	29.215
Tamaño grande	213.17 A	196.0 A	77.777

4.3 Comparación de medias para genotipos

Como se aprecia en el Cuadro 4, para la variable rendimiento se establecieron 2 grupos de significancia, en el que se ubica como primer grupo de significancia al criollo, el cual se destacó por su excelente rendimiento ya que produjo 6291 Kg/ha, en el segundo grupo, se concentraron los híbridos Puma 1001 con 4052 Kg/ha, P-1075 D con 3982 Kg/ha, P-1075 T con 3870 Kg/ha, P-1003 con 3430 Kg/ha y H-33 con 2998 Kg/ha.

Para la variable días a floración femenina, se establecieron 2 grupos de significancia en el primer grupo se encuentran los híbridos más tardíos encabezados por el H-33 y P-1003 con 120 días a floración masculina, dentro de este mismo grupo se encuentran también los P-1001, P-1075 D con 118 días y el P-1075 con 117 días, en el otro grupo se encuentra el criollo que fue el más precoz ya que alcanzó la floración femenina a los 105 días (Cuadro 4).

De manera similar a lo descrito para floración femenina, para la variable días a floración masculina se observan 2 grupos de significancia, ubicándose en el grupo más tardío los híbridos H-33, P-1003, P-1001, P-1075 D, P-1075 T que son significativamente iguales pero numéricamente diferentes de 121 a 124 días. El criollo fue el más precoz con 108 días a floración masculina (Cuadro 4).

Para altura de plantas se establecieron dos grupos de significancia (Cuadro 5), se observa que el criollo es el que tiene la mayor altura de planta con 223 centímetros, teniendo la diferencia significativa más alta, con los demás híbridos evaluados, el híbrido de menor altura de planta fue el P-1003 que alcanzó 168 centímetros.

Para la variable altura de mazorca se establecieron 2 grupos de significancia, en el primero se encuentra el criollo con 131 centímetros de altura de mazorca el cual presenta el nivel más alto de significancia, el híbrido con menor altura de mazorca fue el P-1003 con una altura de 101 centímetros (Cuadro 5).

Para la variable mazorcas buenas, en el Cuadro 5 se observa que no hay significancia.

De manera recíproca a la descripción para mazorcas buenas para la variable de mazorcas malas, se establecieron 2 grupos de significancia, siendo P-1001, P-1075T que son estadísticamente iguales y numéricamente diferentes que van de 8 a 11 mazorcas malas, en el otro grupo se encuentran el criollo y el H-33 que son estadísticamente y numéricamente iguales (Cuadro 5).

Se puede apreciar que para la variable acame, se encuentra dos grupos de significancia, en el primero está el criollo y el H-33 que son estadísticamente y numéricamente iguales, en el segundo grupo se encuentran los P-1001, P-1075 D y P-1003 que son estadísticamente y numéricamente iguales (Cuadro 6).

Respecto al número de plantas cosechadas (Cuadro 6), se observó que el genotipo con mayor número con plantas cosechadas fue el P-1001 con 37 plantas cosechadas teniendo la diferencia significativa más alta, con los demás genotipos evaluados el híbrido con menor número de plantas cosechadas fue H-33 que alcanzó 28 plantas cosechadas.

En relación al cuateo (Cuadro 6), se presentan 3 grupos de significancia en el primer grupo, se encuentran los genotipos que mostraron mayor significancia siendo P-1001, P-1003, P-1075 D pero son numéricamente diferentes con 10 a 16 mazorcas que presentaron cuateo.

Cuadro 4. Comparación de medias (Tukey 0,05), de rendimiento, floración masculina, floración femenina y días a madurez fisiológica del factor genotipo de maíces híbridos evaluados bajo dos densidades de población en Xochicuátla, Municipio de Lerma Edo. De México.

GENOTIPO	RENDIMIENTO	FLOR FEMENINA	FLOR MASCULINA
CRIOLLO	6291 A	105 B	108 B
P-1001	4052 B	118 A	121 A
P-1075D	3982 B	118 A	121 A
P-1075T	3870 B	117 A	121 A
P-1003	3430 B	120 A	123 A
H-33	2998 B	120 A	124 A
D.H.S	2061.4	3.3359	3.3736

Cuadro 5. Comparación de medias (Tukey 0,05), de altura de planta, altura de mazorca, mazorcas buenas y mazorcas malas evaluados bajo dos densidades de población en Xochicuátla, Municipio de Lerma Edo. De México.

GENOTIPOS	ALTURA PLANTA	ALTURA MAZORCA	MAZORCAS BUENAS	MAZORCAS MALAS
CRIOLLO	223 A	131 A	36 A	6 BA
P-1001	176 B	82 B	44 A	11 A
P-1075D	179 B	89 B	37 A	7 BA
P-1075T	186 B	91 B	42 A	8 BA
P-1003	168 B	78 B	35 A	7 BA
H-33	174 B	88 B	31 A	4 B
D.H.S	31.77	21.281	13.622	5.0508

Cuadro 6. Comparación de medias (Tukey 0,05), de acame, plantas cosechadas, cuateo y calificación de mazorca evaluados bajo dos densidades de población en Xochicuátla, Municipio de Lerma Edo. De México.

GENOTIPOS	ACAME	PLANTAS COSECHADAS	CUATEO	CALIFICACIÓN DE MAZORCA
CRIOLLO	2 B	36 BA	5 BC	9 A
P-1001	1 B	37 A	16 A	9 BA
P-1075D	2 BA	36 BA	11 BAC	9 A
P-1075T	1 B	36 BA	12 BA	9 BA
P-1003	1 B	33 BA	10 BAC	9 BA
H-33	2 BA	28 B	4 C	8 B
D.H.S	0.9242	8.161	6.6546	0.9669

En cuanto a calificación de mazorca, se puede apreciar en el Cuadro 6, dos grupos de significancia, siendo el de mejor calificación el criollo, siguiéndole P-1075 D, P-1075 T, P-1001, P-1003 que son estadísticamente iguales y numéricamente iguales que van de 9 a 10 en calificación de mazorca, en el otro grupo se encuentran el H-33 con la menor calificación. Para la variable sanidad de la planta se observa en el Cuadro 7, que el criollo presentó el valor más alto, no exhibiendo roya, ni enfermedad alguna. Así como el resto de los genotipos evaluados que son numéricamente iguales en 1. En cuanto a la cobertura de mazorca, se observó que todos los genotipos evaluados presentan buena cobertura de mazorca, con menor cobertura de mazorca se encuentra el criollo y el P-1003 (Cuadro 7).

Acerca de la variable peso de 200 granos, se establecieron 2 grupos de significancia (Cuadro 7), en el primer grupo se ubica al criollo, con un peso de 81 gramos, en el segundo grupo se encuentran P-1075D, P-1001, P-1075T, H-33, P-1003 que son estadísticamente iguales y numéricamente diferentes que van de 50 a 56 gramos.

Para la longitud de mazorca, se definieron 3 grupos (Cuadro 7), de los cuales en el primer grupo se encuentran las mazorcas de mayor longitud que son: Criollo, P-1075D, P-1075T, P-1003 que son estadísticamente iguales pero numéricamente diferentes que van de 14 a 15 centímetros, en el otro grupo se encuentra el H-33 con 12 centímetros.

Cuadro 7. Comparación de medias (Tukey 0,05), de sanidad de planta, cobertura de mazorca, 200 granos y longitud de mazorca evaluados bajo dos densidades de población en Xochicuatla, Municipio de Lerma Edo. De México.

GENOTIPOS	SANIDAD DE PLANTA	COBERTURA DE MAZORCA	200 GRANOS	LONGITUD DE MAZORCA
CRIOLLO	2 A	1 A	81 A	15 A
P-1001	1 A	2 A	54 B	14 B C
P-1075D	1 A	1 A	56 B	15 BA
P-1075T	1 A	1 A	53 B	14 BA
P-1003	1 A	1 A	50 B	14 BAC
H-33	1 A	2 A	53 B	12 C
D.H.S	0.6752	0.8391	12.354	1.4645

Cuadro 8. Comparación de medias (Tukey 0,05), de hileras por mazorca, granos por hileras, diámetro de mazorca y diámetro de olote evaluados bajo dos densidades de población en Xochicuatla, Municipio de Lerma Edo. De México.

GENOTIPOS	HILERAS POR MAZORCAS	GRANOS POR HILERAS	DIÁMETRO DE MAZORCA	DIÁMETRO DE OLOTE
CRIOLLO	14 C	29 A	4.9 A	2.2 B
P-1001	16 B	26 BA	4.6 B	2.9 A
P-1075D	16 B	28 A	4.6 BA	2.8 A
P-1075T	15 C	28 A	4.4 B	2.7 A
P-1003	18 A	26 BA	4.6 BA	2.8 A
H-33	17 A	25 B	4.7 BA	2.6 A
D.H.S	0.9201	3.2588	0.2835	0.4815

Cuadro 9. Comparación de medias (Tukey 0,05), de peso volumétrico, tamaño chico, tamaño mediano y tamaño grande evaluados bajo dos densidades de población en Xochicuatla, Municipio de Lerma Edo. De México.

GENOTIPOS	PESO VOLUMÉTRICO	TAMAÑO CHICO	TAMAÑO MEDIANO	TAMAÑO GRANDE
CRIOLLO	678 A	27.5 B	173.2 B	553.3 A
P-1001	679 A	35.2 B	195.5 BA	203 B
P-1075D	675 A	81.1 B	225.1 BA	206.3 B
P-1075T	684 A	76.8 B	199.4 BA	167 B
P-1003	683 A	191.1 A	250.0 A	51.9 B
H-33	650 A	212.5 A	215.4 BA	46.2 B
D.H.S	35.406	88.611	75.198	200.2

Con respecto a la variable hileras por mazorca se observan (Cuadro 8), que los P-1003, H-33, P-1001, P-1075D son los que tuvieron mayor número de hileras de 16 a 18 respectivamente siendo significativamente iguales pero numéricamente diferentes, el grupo que tuvo menor número de hileras por mazorca fueron los P-1075 T y el criollo con 14 y 15 hileras por mazorca respectivamente.

Para granos por hilera se observa (Cuadro 8), dos grupos de significancia, en el primer grupo se encuentran el criollo, P-1075 D, P-1075T, P-1003 que son significativamente iguales pero numéricamente diferentes teniendo de 26 a 29 hileras, mientras que el H-33 tuvo menor número de hileras con 24.

Para la variable diámetro de mazorca (Cuadro 8), se tienen dos grupos de significancia en el primero se encuentran el Criollo, H-33, P-1001, P-1075 D, P-1003 que son significativamente y numéricamente iguales, en el otro grupo se encuentra el P-1075 T que es significativamente diferente.

Los híbridos con mayor diámetro de olote (Cuadro 8), son los genotipos P-1001, P-1075D, P-1003, P-10075T que van de 2.7 a 2.9 centímetros de diámetro de olote que son significativamente iguales pero numéricamente diferentes, el Criollo y el H-33 se encuentran en el otro grupo de significancia con 2.6 centímetros de diámetro de olote.

De acuerdo al (Cuadro 9), se observa diferencia significativa en peso volumétrico, los genotipos de mayor peso volumétrico fueron P-1003, P-1001, Criollo, P-1075 D, P-1075 T encontrándose estadísticamente iguales pero numéricamente diferentes que van de 675 a 684 Kg/Hl, en el otro grupo se encuentra el H-33 con 650 Kg/Hl.

En cuanto a tamaño de grano chico en el Cuadro 9 se observan 2 grupos de significación en el primer grupo se ubica a H-33, P-1003 que van de 191 granos a 212 granos, en el otro grupo sobresale P-1075 D y P-1075 T que son significativamente iguales pero numéricamente diferentes.

Con respecto a tamaño de grano grande sobresale el criollo con 553 granos con diferencia estadística con respecto a H-33 con 46 granos.

4.4 Interacción genotipo-densidad

Como se observa (Cuadro 2), para la interacción genotipo-densidad no hubo significancia estadística para las variables evaluadas, hecho que indica un comportamiento o respuesta en sentido similar de los diferentes híbridos bajo las dos densidades de población que se evaluaron.

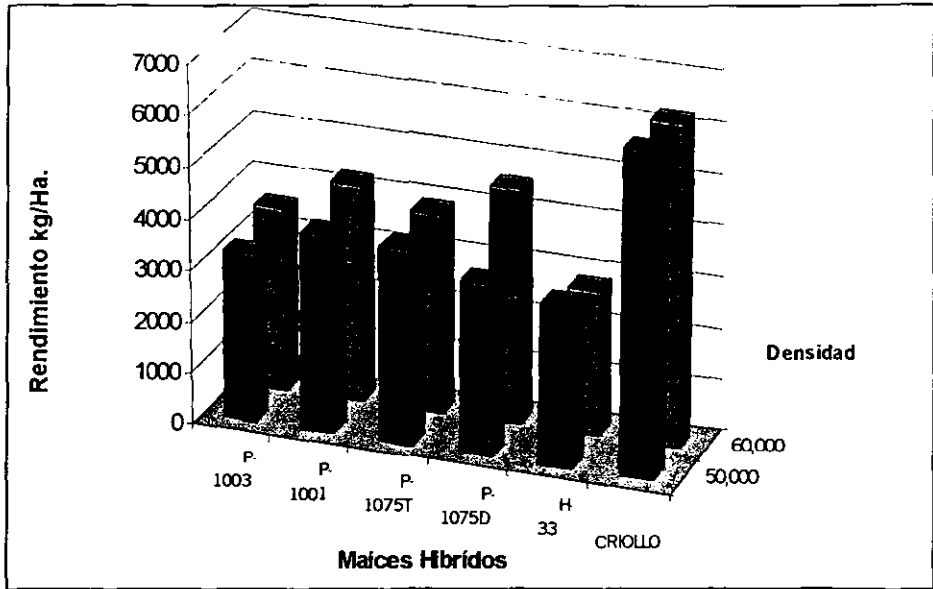
V. DISCUSIÓN

Los valores de los coeficientes de variación obtenidos del análisis de varianza para las diversas variables, en su mayoría fueron inferiores al 20%, lo cual se puede considerar como aceptable ya que el experimento se realizó en condiciones de temporal.

El tener una densidad de población adecuada es un factor importante para el aprovechamiento eficiente de la humedad del suelo, nutrientes, luz y un buen manejo agronómico, debe dar como resultado un mayor rendimiento de grano, los resultados de este trabajo demuestran que en la densidad de 60 000 plantas por hectárea los genotipos evaluados tuvieron los mayores rendimientos.

Como se observa en la figura 1, el criollo en la densidad de 60 000 plantas por hectárea rindió 6291 Kg/ha. Esto se debe a que este material está bien adaptado a la zona y que su ciclo vegetativo (floración masculina y floración femenina y madurez fisiológica) fue más corto que el resto de los demás materiales, el mismo criollo en la densidad de 50 000 plantas por hectárea obtuvo el más alto rendimiento, el H-33 de uso comercial en Valles altos y los PUMA 1001, PUMA 1003, PUMA 1075 D, PUMA 1075 T generados para esta zona, no obtuvieron buenos rendimientos, teniendo un ciclo vegetativo muy largo, esto se debe a que las condiciones ambientales predominantes en la región no son favorables para que muestren su verdadero potencial genético; tal y como lo señalan Muñoz (1976) y Gámez (1988) que el ambiente modifica la expresión fenotípica del rendimiento y de otros componentes morfológicos.

Figura 1. Interacción de genotipo-densidad en rendimiento de híbridos de maíz evaluados en Xochicuattla, Municipio de Lerma Estado de México.



Podemos decir que la superioridad que mostró el criollo (polinización libre) está relacionado con su menor interacción genotipo-ambiente, debido a que su población es heterogénea – heterocigótica.

El mayor rendimiento del criollo también fue apoyado por el mayor peso de 200 semillas, longitud de mazorca y peso de grano grande componentes de rendimiento que no se tuvieron en los otros genotipos o fueron muy bajos.

La literatura menciona que un híbrido o variedad tardía rinde más que un precoz, no siempre es así ya que criollo con 105 días a floración femenina en ambas densidades rindió más que los otros híbridos que supuestamente tienen una sincronía a floración masculina y femenina y un ciclo vegetativo de 144 a 155 días desde la siembra a madurez fisiológica, características que en este experimento no se presentaron.

Con respecto a altura de planta, el criollo mostró mayor altura de planta que todos los demás genotipos, lo cual es una desventaja por que tendrá un mayor acame, una de las principales características de los híbridos PUMA es que estos son de porte intermedio de planta y de mazorca, lo cual facilita la cosecha y su tolerancia al acame, en estos resultados se observan que todos los maíces híbridos presentan menor porte que el criollo.

En altura de mazorca el criollo superó al resto de los híbridos siendo esta una característica no deseable, ya que dificulta la cosecha que se realiza en esta zona de forma manual y se tiene una mayor pérdida de tiempo, en esto es superado por los demás híbridos que presentan mazorcas a menor altura que el criollo, lo cual agronómicamente es deseable ya que facilita la cosecha y disminuye el tiempo de la misma, siendo esto muy atractivo para los productores.

El criollo tuvo el mayor acame siendo sus tallos delgados lo cual lo hacen muy susceptibles a acamarse, sin embargo los demás genotipos evaluados no tuvieron problema de acame ya que sus tallos son más vigorosos y resistentes.

Con respecto a sanidad de planta, todos los híbridos fueron tolerantes y resistentes a las plagas y enfermedades, el criollo tuvo un mayor grado de afectación.

VARIABLES COMO PESO DE 200 SEMILLAS Y PESO VOLUMÉTRICO, SEÑALA ESPINOSA (1985), además de estar relacionadas con el rendimiento ayudan a complementar la definición para la calidad de líneas e híbridos. Siendo el criollo el más rendidor en peso de 200 granos con 81 gramos, siguiéndole el P-1075D con 56 gramos, P-1001 con 54 granos, P-1075 T con 53 gramos, H-33 con 53 gramos y P-1003 con 50 gramos por lo cual se obtuvieron bajos rendimientos que se explican como señala Martínez (1990), el peso volumétrico en maíz, aunque influenciado por el genotipo debe ser de 74 a 76 kilos por hectolitro con semilla seca (12% de humedad), un peso menor puede indicarnos semillas que provienen del campo donde hubo algún problema, como falta de humedad, acame, lo que provocó avenamiento de la semilla. Esta cuestión es interesante ya que en este trabajo el peso de todos los híbridos fue menor a 60 gramos en 200 semillas, y sin embargo el peso volumétrico de todos los genotipos evaluados fue muy similar y se refleja en un bajo rendimiento de todos los híbridos.

La mayoría de los híbridos evaluados se mantuvieron en ese rango de peso volumétrico, lo cual indica que el manejo fue el adecuado y su comportamiento aceptable bajo las condiciones ambientales en las que se desarrollaron.

Es evidente que los híbridos PUMA 1001, PUMA 1003, PUMA 1075 D, PUMA 1075 T y H-33 aun que no mostraron buenos rendimientos y fueron superados por el criollo, poseen buenas características agronómicas, pudiendo tener una buena perspectiva para ser utilizados en esta región.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos e hipótesis planteada y de los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

- 1.- El criollo de maíz utilizado como testigo rindió 6291 Kg/ha superó estadísticamente a los híbridos PUMA-1001, PUMA-1003, PUMA-1075 D, PUMA-1075 T así como al híbrido comercial H-33 en capacidad de rendimiento.
- 2.- La densidad de población que presentó mayor rendimiento de grano fue la de 60,000 plantas por hectáreas que produjo 4246 Kg/ha superando a la densidad de 50.000 plantas por hectárea que rindió 3961 Kg/ha.
- 3.- Los híbridos PUMA-1001, PUMA-1003, PUMA-1075 D, PUMA-1075 T numéricamente superaron al híbrido H-33, pero no al criollo regional en un 25 %.
- 4.- Los híbridos Pumas de maíz presentaron menor altura de planta y mazorca, lo cual representa tolerancia al acame, así como un mejor manejo agronómico y de cosecha, sin embargo el ciclo al ser tardío lo pone en desventaja en esta zona, por las condiciones ambientales predominantes en la región.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Allard R.W., 1978 Principios de la mejoría genética en las plantas, Ediciones Omega, 3ª. Edición, Barcelona, España.
- Avila C., J.A 1990 Capacidad de rendimiento de variedades de maíz *Zea mays* L. Precoces evaluados en temporal retrasado de Valles Altos. Tesis de Licenciatura. UNAM. Cuautitlan Izcalli, Edo. de México.
- Badillo N.,E. 1981 El sistema en México. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Barrientos P.,F. 1956 Herencia de la precocidad en los maíces de altura. Tesis de Licenciatura. ENA. Chapingo, Mex.
- Bartolini, R. 1990 El maíz. Versión española. A. Rodríguez del Rincón, Editorial Mundi-Prensa, Madrid. España.
- Bolaños J. J y H .Barreto 1992. Análisis de los componentes de rendimiento de los ensayos regionales de maíz 1990. En análisis de los Resultados Experimentales del Programa regional de maíz 1990, Vol. 2 CIMMYT, Guatemala. 11-19 P.
- Castellanos S., J.L. 1992. Evaluación de cruces dialécticos y estimación de aptitud combinatoria de diez líneas de maíz de grano amarillo. En programa regional de maíz para Centro América y el Caribe. 53 P.
- Carcaño S.L.,R.J. 1987 Análisis retrospectivo de la producción de maíz: 1950-1983. Tesis de Licenciatura. UACH. Chapingo, Mex.
- Cervantes R.,J., J. Rodríguez V. Y J .Guevara C.1987. Listado de variedades por el INIA, INIFAP, SARH, México, D.F.

- Claire I., V.T. 1990 Aumento del potencial de rendimiento mediante alternancia de hibridación y selección y selección de maíz (*Zea mays* L.) Montecillos, Mex. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Mex.
- De la Loma, J.L. 1996 Genética general y aplicada. Ed. OTEHA, 3ª. Edición, México.
- Díaz O., D:R y Olivares M.,J.1991 Evaluación de 4 líneas homocigóticas y sus híbridos de cruce simple en maíz (*Zea mays* L.) Tesis Profesional, Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM, Toluca, México.
- Dionicio E.,M. 1992. Evaluación del rendimiento y sus componentes agronómicos de 32 híbridos experimentales y 11 variedades de maíz (*Zea mays* L.) en Ixtlahuaca, México, tesis profesional, Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEM, Toluca, 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 M. Tadeo R. 1988. Efecto del orden de cruzamiento en la producción de semillas de híbridos de maíz de temporal. Resúmenes del XII Congreso de Fitogenética Sociedad Mexicana de Fitogenética.
- ————— 1989 Aprovechamiento de una cruce simple de Maíz a través de la Tecnología de Producción de semillas, Premio César Garza AMSAC, 1989. Red de Tecnología de semillas. INIFAP, SARH.
- Ernsweiler. S.L. 1986. Procedimiento básico en el mejoramiento de cultivo en semillas. The yearbook of agriculture. USA.

- Fischer K.S., and A . F.E. Palmer. 1984. Tropical maize pp. 213-248 in: P.R. Goldworthoy and N.M. Fischer (Eds), The Physiology of Tropical Crops, John Wiler and sons, New York.
- García, E. 1987 Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F.
- García D.T., L.M.1989 Rendimiento de híbridos simples, dobles y de tres líneas de maíz (*Zea mays* L.) limitaciones y ventajas de la Producción de sus semillas. Tesis de Licenciatura UNAM. Cuautitlan Izcallí, Edo. de México.
- Golsdworthy, P.R., and M. Colegrave 1974. Growth and yield of highland maize in México. *J.Agric.sei.camb.*
- Gómez G.J.L. 1988 Floración, madurez fisiológica y periodo de llenado de grano en híbridos modernos de maíz de cruza simple de Valles Altos. Tesis de Licenciatura. UNAM. Cuautitlan Izcallí; Edo. de México.
- González. A., V. 1995. El maíz y su conservación. Editorial Trillas México.
- Jugenheimer R.H., 1988 Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas, Editorial Limusa, México, 881 p.
- Livera M, M. 1979. Adaptación y adaptabilidad de genotipos de Sorgo *Sorghum bicolor* (L) Moench tolerantes al frío. Tesis de Maestría C.P. Chapingo, México.
- López H; A. 1975 Fechas de siembra en Valles Altos para comprobar la relación de la coloración de maíz con la precocidad y la producción. Tesis de Licenciatura. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo, México.
- Loomis, R. S., Williams, W. A., 1963 Maximum crop productivity: An estimate. *Crop.sci.*

- Márques S., F. 1980. Variedades sintéticas de maíz. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Márques S., F. 1995 Métodos de mejoramiento genético del maíz. Dirección de Centros Regionales, Universidad Autónoma Chapingo, 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-Cuautitlan, México.
- Nuñez, R. And E. Kamprath (1969) Relationships between N response, plant population, and row width on growth and yield of corn. *Agron.jour.*
- Ordaz F., R. M y D. Moreno 1968. Efecto del espaciamiento entre matas de maíz y rendimiento bajo diferentes niveles de fertilización del suelo. *Agri. Técnica*, AGT México.
- Orozco H.,G. 1988 Estabilidad en rendimiento de variedades de maíz (*Zea mays L.*) en la región norte de México. Tesis de Licenciatura. UNAM. Cuautitlan Izcalli, Edo. de México.
- Peña O.,M.G.1986 Caracterización y selección de líneas precoces de maíz en base a mínima duración de etapas fenológicas. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Poehlman., M. J. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas, Editorial Limusa, México.
- Reyes C.P, 1985 Fitogenotecnia. Editorial AGT Editor S.A. México.
- Reyes C.P, 1990 El maíz y su cultivo. Editorial AGT Editor S.A. México.
- Reyes C., P 1990. Diseño de experimentos aplicados, Trillas, México.

- Russell, W.A. 1974 Comparative Performance for maize hybrids representing different eras of maize breeding. *proc.*
- Schnell E.,A. 1973 Type of variety and average performance in hybrid maize, *Ann. Genet. Sel. Anim.*
- Tadeo R.,M 1991 Producción de semilla en híbridos de maíz con problemas de sincronía en la floración de sus progenitores. Tesis de M. en C. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Méx.
- Velasco, S.,S."Esperan elevar en el Edomex la producción de maíz", en el *Financiero*, 26 de agosto de 1996, México.
- Weatherspoon, J.H. 1970. Comparative yields of single, three way, and double crosses of maize. *Crop Sci.*
- Williams, W.A., R.S. Loomis and C.R. Lepley 1965 Vegetative growth of corn as affected by population density. I. Productivity in relation to interception of solar radiation. *Crop Sci.*
- Yao, A.Y.M., and Shaw, R.H. 1964 Effect of plant population and planting pattern of corn on water use and yield *Agron.*