

I 13

2ij.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

"MADUREZ FISIOLÓGICA EN LOS HÍBRIDOS  
DE MAÍZ PUMA 1157 Y PUMA 1159"

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO AGRICOLA**  
**P R E S E N T A :**  
**ALBERTO FUENTES LOPEZ**

ASESORES: DR. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERON  
M. C. ANGEL PIÑA DEL VALLE

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1998

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

2595:8'



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).

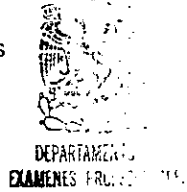
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



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

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe de. Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

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

"Madurez Fisiológica en los Híbridos de Mafz Puma 1157 y Puma 1159"

que presenta el pasante: Alberto Fuentes López  
con numero de cuenta: 9057429-6 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida 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 27 de Enero de 1998.

- PRESIDENTE M.C. M.M. Ofelia Grajales Muñoz
- VOCAL Dr. Alejandro Espinosa Calderón
- SECRETARIO Ing. Edgar Ornelas Díaz
- PRIMER SUPLENTE Ing. Javier Vega Martínez
- SEGUNDO SUPLENTE Ing. Gustavo Mercado Mancera

## AGRADECIMIENTOS

A México por haber nacido en este país.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haber tenido la oportunidad de cursar una profesión.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y a la carrera de Ingeniería Agrícola, donde logré obtener una de mis metas.

Al Dr. Alejandro Espinosa Calderón por la oportunidad, consejos y apoyo para realizar y terminar esta tesis.

A la M.C. Margarita Tadeo Robledo por sus comentarios y sugerencias en este trabajo.

Al M.C. Angel Piña del Valle por sus contribuciones, sugerencias y comentarios para la mejor calidad del presente trabajo, y por su amistad.

A los miembros del jurado: por sus aportaciones y recomendaciones en la revisión del presente trabajo.

M.C. M.M. Ofelia Grajales Muñiz

Dr. Alejandro Espinosa Calderón

Ing. Edgar Ornelas Díaz

Ing. Javier Vega Martínez

Ing. Gustavo Mercado Mancera

Al Ing. Rafael Martínez Mendoza por su amistad incondicional que me ha demostrado y consejos que me han ayudado.

A mi compañera de generación Ana María Solano por el apoyo y ayuda para poder terminar esta tesis, y por su amistad.

Al Ing. Gustavo Mercado Mancera por los datos proporcionados de la estación Climatológica FES-Cuautitlan.

A mis amigos de generación y de la carrera de Ingeniería Agrícola.

## DEDICATORIA

A mi padre Alberto Fuentes Hernández por su cariño y comprensión, que con su ejemplo de ser honesto y responsable me mostró el camino a seguir.

A mi madre Guadalupe López Espino por su amor y apoyo, quién siempre ha tenido fé en mi.

A mis hermanos Armando, Gerardo e Ivonne por su afecto y todos los momentos que hemos compartido.

A mi cuñada Nidia, a mi sobrino Abdi Yabne.

A mis primos Manuel Rangel Fuentes y Faustino Mejia Fuentes, quienes crecimos como hermanos.

A todos mis familiares.

Escucha: el Tonacáyotl, maíz,  
Nuestro Sustento, es para nosotros  
merecimiento completo.  
¿Quién fue el que dijo,  
el que nombró al maíz,  
carne nuestra, huesos nuestros?  
Porque es Nuestro Sustento,  
nuestra vida, nuestro ser.  
Es andar, moverse,  
alegrarse, regocijarse.  
Porque en verdad  
tiene vida Nuestro Sustento.  
Muy de veras se dice  
que es el que manda,  
gobierna, hace conquistas...  
Tan sólo por Nuestro Sustento,  
Tonacáyotl, el maíz,  
subsiste la tierra,  
vive el mundo.  
El maíz, Tonacáyotl,  
es en verdad valioso de nuestro ser.

INDICE

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS .....XI

RESUMEN .....XIV

SUMMARY .....XVI

I. INTRODUCCION.....1

    1.1 Objetivos.....4

    1.2 Hipótesis.....4

II. REVISIÓN DE LITERATURA.....5

    2.1 Hibridación.....5

    2.2 Tipos de híbridos.....7

        2.2.1 Híbridos de cruza simple .....7

        2.2.2 Híbridos de tres líneas .....8

        2.2.3 Híbridos de cruza doble .....8

    2.3 Etapas de crecimiento del maíz.....9

    2.4 Madurez.....13

        2.4.1 Madurez fisiológica .....15

            2.4.1.1 Determinación de la madurez fisiológica .....17

            2.4.1.2 Capa negra .....19

            2.4.1.3 Porcentaje de humedad .....21

            2.4.1.4 Unidades térmicas .....24

        2.4.2 Madurez comercial .....30



<b>III. MATERIALES Y METODOS</b> .....	34
3.1 Localización.....	34
3.2 Condiciones ambientales.....	34
3.2.1 Clima .....	34
3.2.2 Suelo.....	35
3.3 Material genético.....	35
3.4 Diseño experimental.....	37
3.5 Análisis estadístico.....	38
3.6 Manejo agronómico.....	38
3.6.1 Siembra.....	38
3.6.2 Fertilización .....	39
3.6.3 Control de maleza .....	39
3.6.4 Cosecha .....	39
3.7 Variables evaluadas.....	39
3.7.1 Antes de cosecha .....	39
Días a cinco hojas liguladas .....	39
Días a floración masculina .....	40
Días a floración femenina .....	40
Altura de planta .....	40
Altura de mazorca .....	40
Acame de tallo .....	40
Cuateo .....	40
3.7.2 Después de cosecha .....	41
Mazorcas buenas .....	41
Mazorcas malas .....	41
Sanidad de mazorca .....	41

	IX
Sanidad de planta .....	41
Cobertura de mazorca .....	41
Peso de 200 granos .....	41
Longitud de mazorca .....	41
Número de hileras por mazorca .....	42
Granos por hilera .....	42
Diámetro de mazorca .....	42
Diámetro de olote .....	42
Porcentaje de humedad .....	42
Porcentaje de grano .....	42
Días a capa negra .....	43
Rendimiento .....	43
3.8 Determinación de unidades térmicas.....	44
3.9 Estación de crecimiento.....	45
3.10 Período libre de heladas.....	45
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>47</b>
4.1 Variables evaluadas antes de cosecha.....	47
4.1.1 Análisis de varianza .....	47
4.1.2 Prueba de comparación de medias .....	47
4.2 Variables evaluadas después de cosecha	
(madurez) .....	52
4.2.1 Análisis de varianza .....	52
4.2.2 Prueba de medias .....	53
4.2.2.1 Factor genotipo .....	53
4.2.2.2 Factor fecha de cosecha .....	61

	X
4.2.2.3 Interacción genotipo x fecha	
de cosecha.....	67
4.3 Estación de crecimiento.....	73
4.3.1 Período de crecimiento por disponibilidad	
de humedad.....	73
4.3.2 Período de crecimiento por disponibilidad	
de temperatura.....	77
V. CONCLUSIONES.....	79
VI. BIBLIOGRAFIA.....	81
VII. APENDICE.....	87

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

XI

Cuadro 1. Etapas de crecimiento del maíz de acuerdo con Villalpando (1993) .....	9
Cuadro 2. Etapas de crecimiento del maíz de acuerdo con Lafitte (1994) .....	11
Cuadro 3. Etapas de crecimiento del maíz de acuerdo con Torres (1995) .....	12
Cuadro 4. Comparación de medias de las siete variables evaluadas antes de cosecha. ....	51
Cuadro 5. Comparación de medias, para las variables : mazorcas buenas, mazorcas malas, sanidad de mazorca , sanidad de planta y cobertura de mazorca, evaluadas después de cosecha .....	56
Cuadro 6. Comparación de medias para las variables : Rendimiento, peso de 200 granos , longitud de mazorca , hileras por mazorca , granos por hilera, diámetro de mazorca y diámetro de olote, evaluados después de cosecha, en los híbridos P-1157, P-1159, H-135 y H-137. ....	60

<b>Cuadro 7.</b> Comparación de medias y significancia estadística de las variables mazorcas buenas, mazorcas malas, sanidad de mazorca, sanidad de planta , cobertura de mazorca, con 3 fechas de cosecha .....	62
<b>Cuadro 8.</b> Comparación de medias y significancia estadística de las variables rendimiento, peso de 200 granos , longitud de mazorca, hileras por mazorca , granos por hilera, diámetro de mazorca y diámetro de olote, evaluadas con 3 fechas de cosecha .....	66
<b>Cuadro 9.</b> Promedios de rendimiento de grano, unidades térmicas , porcentaje de humedad y capa negra en la interacción genotipo x fecha de cosecha .....	72
 <b>CUADROS DE APÉNDICE</b>	
<b>Cuadro 1A.</b> Cuadrados medios y significancia estadística de las siete variables evaluadas antes de cosecha .....	88

<b>Cuadro 2A.</b> Cuadrados medios y significancia estadística de las variables : mazorcas buenas, mazorcas malas, sanidad de mazorca, sanidad de planta y cobertura de mazorca, evaluadas después de cosecha. ....	89
<b>Cuadro 3A.</b> Cuadrados medios y significancia estadística de las variables rendimiento , peso de 200 granos , longitud de mazorca , hileras por mazorca , granos por hilera , diámetro de mazorca y diámetro de olote , evaluadas después de cosecha .....	90

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Obtención de un híbrido (Márquez, 1995) .....	6
<b>Figura 2.</b> Etapas de crecimiento del maíz (Villalpando, 1993) .....	10
<b>Figura 3.</b> Estación de crecimiento. Cuautitlán izcalli, Méx. 1996 .....	76
<b>Figura 4.</b> Temperatura mínima. Cuautitlán Izcalli, Méx 1996 .....	78

## RESUMEN

XII

En el cultivo del maíz el conocimiento de la fecha de madurez fisiológica es de gran importancia, ya que de ésta depende un buen manejo de fechas de siembra, cosecha y almacenamiento del grano. La madurez varía entre genotipos y condiciones ambientales, por lo que es necesario conocer, en que momento los genotipos evaluados alcanzan su madurez fisiológica.

Para determinar la madurez fisiológica existen varios métodos; en el presente trabajo se utilizaron tres de estos: 1) porcentaje de humedad del grano, 2) capa negra y 3) unidades térmicas.

El experimento se realizó con el propósito de 1) Evaluar en cuánto tiempo alcanzan la madurez fisiológica los híbridos de maíz Puma 1157 y Puma 1159 con base al porcentaje de humedad del grano y unidades térmicas. 2) Comparar la diferencia en madurez fisiológica y unidades térmicas de los híbridos Puma 1157 y Puma 1159 en comparación con los genotipos comerciales H-135 y H-137. 3) Determinar la relación entre la capa negra y el porcentaje de humedad, como indicadores de madurez fisiológica de los cuatro genotipos.

La fecha de siembra fue el 22 de mayo de 1996, utilizándose 3 fechas de cosecha: a los 151 días, 161 días y 179 días después de la siembra. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 6 repeticiones para las variables: días a 5 hojas liguladas,

floración masculina, floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, acame y cuateo. Para las variables tomadas después de cosecha se utilizó un diseño factorial 4X3 con tres repeticiones donde se evaluó a los genotipos, fecha de cosecha y la interacción genotipo x fecha de cosecha, para las variables: mazorcas buenas, mazorcas malas, sanidad de mazorca, sanidad de planta, cobertura de mazorca, rendimiento, peso de 200 granos, longitud de mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca y diámetro de olote.

Los resultados mostraron que existe una relación entre la capa negra y el porcentaje de humedad, ya que coincidió la presencia de la capa negra con un porcentaje de humedad menor al 35%; el genotipo H-137 presentó el ciclo más precoz de los híbridos evaluados, con 160 días después de la siembra, con presencia de capa negra y 1572.6 unidades térmicas. El Puma 1157 y Puma 1159 presentaron su madurez fisiológica a los 171 días después de la siembra con 1634.1 UT y presencia de capa negra. El H-135 fue el genotipo más tardío, con 175 días después de la siembra, con 1648.7 UT y también presencia de capa negra. El genotipo Puma-1157 cosechado a los 179 días obtuvo el más alto rendimiento de los materiales evaluados (8 459 Kg/ha).

**Palabras clave:** maíz (*Zea mays* L.), madurez fisiológica, híbridos puma, unidades térmicas, capa negra.



## SUMMARY

XVI

The knowlegde of physiological maturity date in maize is very import, it depends on management good of planting date, harvest, and corn storage. The maturity change among environment and genotypes, the important is know of physiological maturity date of the genotypes.

This estudy was determined for three methods the physiological maturity; 1) Grain moisture percentage. 2) Black layer formation. 3) Thermic units.

This experiment was carried out; 1) to evaluated the physiological maturity of the hybrids Puma 1157 and Puma 1159 on the basis to the grain moisture percentage, 2) to compare the differences in physiological maturity and thermic units in comparison with commercial genotypes H-135 and H-137, 3) to determine relationships among black layer formation and moisture percentage like reference of physiological maturity of the four genotypes.

The planting date was may 22, 1996 with three harvest date; 151 days, 161 days and 179 days after planting. A complete randomized block design with six replicates was used; five collar leaf, anthesis, silking, plant height, ear height lodgind and number of plant with two ears. A factorial 4X3 design with three replicates was used after harvest, were evaluated the genotypes, harvest date and genotype x harvest date interaction; the dates

registred were; healthy ear, rotten ear, plant height, ear height, ear covering, grain yield, 200 grains weight, ear length, number of grain per row, ear diameter and stalk diameter.

The results showed the relationships between grain moisture percentage and the date of black layer. Because the close coincidence in time between attainment of black layer and grain moisture percentage of 35; the genotype H-137 resulted to be early maturity with 160 days after planting, presence of black layer and 1572,6 UT. From the genotypes evaluated Puma 1157 and Puma 1159 presented 171 days after planting with presence of black layer and 1634.1 UT. The H-135 showed to be late maturity with 175 days after planting, 1648.7 UT and black layer too.

In relation to other variables, the best hybrid was Puma 1157 that yielded 8459 kg/ha.

**Key words:** maize (*Zea mays* L.), physiological maturity, hybrids Puma, thermic units, black layer.

## I. INTRODUCCIÓN

1

La historia del maíz mexicano, como la de ningún otro producto de esta tierra, está íntimamente ligada a la del hombre. Gracias a su intervención la planta ha encontrado las condiciones propicias para nacer, crecer y desarrollarse; la aportación del maíz a la dieta ha sido de tal magnitud que se constituyó en un factor esencial en el desarrollo de las sociedades mesoamericanas y se forjó un vínculo entre los habitantes de estas tierras y la "planta maravillosa", que permanece en el centro mismo de nuestra cultura (Barros y Buenrostro, 1997)

Por su importancia en la alimentación y cultura del pueblo mexicano, y dada su gran capacidad de adaptación a diversas condiciones ecológicas, el maíz se cultiva a todo lo largo y ancho del país, tanto con técnicas tradicionales como con prácticas agronómicas modernas (Centro de Investigaciones Agrarias, 1980)

Para obtener un alto rendimiento se necesitan condiciones ambientales favorables; con el mejoramiento genético se han modificado algunas respuestas de las plantas a estas condiciones, con el fin de lograr una mejor adaptación.

Las variedades de maíz se han clasificado por su precocidad, considerando como un indicador de ella el número de días de la siembra a la floración o de la siembra a la madurez fisiológica; sin embargo, con frecuencia no es posible generalizar esa carac-

terización en virtud del diferente comportamiento de las variedades al cambio de ambiente, particularmente climático, representando en consecuencia una de las limitantes principales en las recomendaciones de siembra, al no poder precisar el ciclo biológico requerido por cada genotipo y caracterizar de manera más confiable su precocidad para programación de fechas de siembra y cosecha (Hernández y Carballo, 1983).

Para determinar de manera más confiable el momento en que el cultivo alcanza la madurez fisiológica existen diferentes criterios, como son: la humedad del grano, la presencia de la capa negra, y las unidades térmicas.

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. Los híbridos de maduración tardía se necesitan en otras áreas con estaciones de crecimiento extremadamente largas para aprovecharlas totalmente (Jugenheimer, 1990).

La Zona de Transición el Bajío-Valles Altos se ubica entre 1800 a 2000 msnm, en esta condición las variedades mejoradas específicas para Valles Altos o el Bajío, tradicionalmente no expresaban buen rendimiento, los genotipos de maíz de mayor potencial de rendimiento fueron aquellos obtenidos expofeso para esta región y que utilizaban en su conformación germoplasma de

ambas regiones, de esta manera se liberaron los híbridos H-133, H-135, H-149. Estos híbridos poseen ciclos intermedios-tardíos, pero cuando se cultivan en los límites con los Valles Altos (más de 2200 msnm), el ciclo se alarga, representando un riesgo el daño por heladas.

Los híbridos Puma 1157 y Puma 1159 generados en la UNAM exhiben excelentes rendimientos superiores a los híbridos comerciales aún hasta 2300 msnm, sin embargo, deben sembrarse en fechas tempranas ya que, según reportes, presentan un ciclo biológico muy similar al H-135 (170 días aproximadamente), por lo tanto podrían sufrir daños al final del ciclo por heladas tempranas (Según Espinosa, 1997)<sup>1</sup> .

Por todo lo anterior conviene definir de forma precisa la duración del ciclo biológico, es decir, los días a madurez fisiológica de los híbridos Puma 1157 y Puma 1159 en comparación con híbridos comerciales como testigos, que tiene menor potencial productivo que los híbridos de la UNAM, por lo cual se plantearon los siguientes objetivos e hipótesis.

---

<sup>1</sup>Comunicación personal Dr. Alejandro Espinosa C.

## 1.1 OBJETIVOS

1. Determinar el tiempo en que los híbridos de maíz Puma 1157 y Puma 1159 alcanzan su madurez fisiológica medida con base al porcentaje de humedad en el grano y unidades térmicas.
2. Evaluar las diferencias en madurez fisiológica y unidades térmicas de los híbridos de maíz Puma 1157 y Puma 1159 con respecto a los testigos comerciales H-135 y H-137.
3. Establecer, la relación entre la capa negra y el porcentaje de humedad en el grano como índice de madurez fisiológica en los híbridos Puma de maíz y los testigos comerciales H-135 y H-137.

## 1.2 HIPÓTESIS

1. Los híbridos de maíz Puma 1157 y Puma 1159 presentan menos días a madurez fisiológica que el H-135.
2. Los híbridos de maíz Puma 1157 y Puma 1159 , presentan un ciclo más largo que H-137, pero su mayor rendimiento justifica su recomendación en comparación con este material comercial.
3. La capa negra es un indicador de madurez fisiológica , que podría utilizarse en los híbridos Puma como alternativa al porcentaje de humedad.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Hibridación

La hibridación es la cruce de dos líneas puras obtenidas por autofecundación-selección. Su importancia está orientada a la obtención de líneas que reúnan los caracteres favorables que debe tener el híbrido, y que a su vez se combinen bien entre sí (Llanos, 1984).

La finalidad es la de crear híbridos con altos rendimientos, adaptados a la región donde se va a producir, que no se acamen, resistentes a enfermedades, insectos y a la caída de mazorcas (Poehlman, 1987).

La hibridación se realiza partiendo de una variedad de fecundación libre, que constituye, por tanto una población inestable, a través de un proceso repetido de autofecundación, durante un período de 5 a 6 años y seleccionando aquellas que produzcan más y con mejor aptitud combinatoria, se pueden obtener líneas puras homocigóticas, que por su naturaleza son estables respecto a los caracteres seleccionados favorables para la producción, posteriormente se procede a realizar los cruzamientos que pueden conducir a un híbrido simple, de tres líneas o cruce doble (Bartolini, 1990).

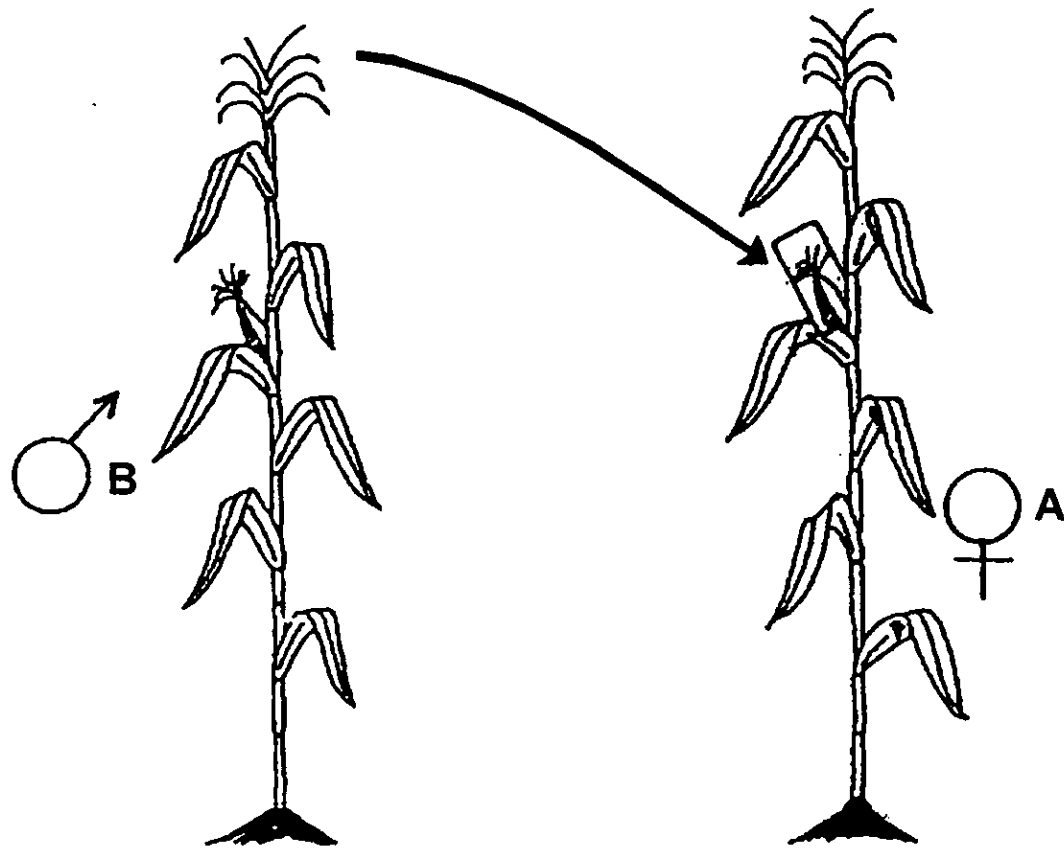


Figura 1. Obtención de un Híbrido ( Márquez, 1995 )



Shull (1909) citado por Reyes (1990), muestra la obtención de un híbrido de la siguiente manera:

PROGENITORES		HIBRIDO F1 Comercial	
Hembra	X	Macho	=
Línea A		Línea B	(AXB)

## 2.2 Tipos de híbridos

El maíz híbrido es la primera generación de una cruce entre líneas autofecundadas (Poehlman, 1987).

Es posible formar varios tipos de híbridos, dependiendo del número y del ordenamiento de las líneas puras paternas. Los híbridos comprenden las cruces simple, doble, o de tres líneas (Jugenheimer, 1990).

### 2.2.1 Híbridos de cruce simple

Es el cruzamiento simple entre dos líneas puras (Bartolini, 1990).

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

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

### 2.2.2 Híbridos de tres líneas

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

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

### 2.2.3 Híbridos de cruce doble

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

Es un cruzamiento entre dos híbridos simples  $(AB)$ ,  $(CD)$ , obteniendo así un híbrido  $ABCD$  llamado doble (Bartolini, 1990).

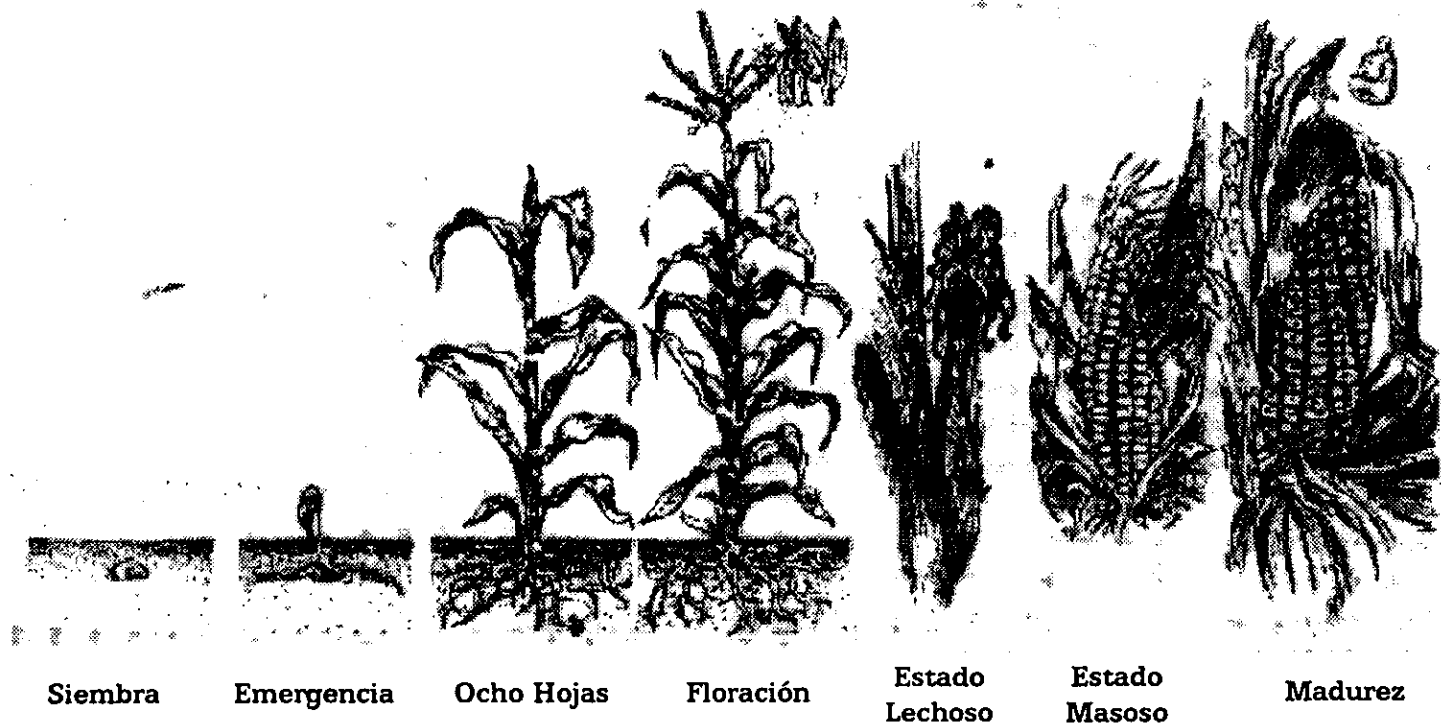
Por muchos años las cruza dobles,  $(AXB) \times (CXD)$ , constituyeron el tipo de híbrido de uso más generalizado. Este tipo de híbrido se produce en plantas de cruce simple (Jugenheimer, 1990).

### 2.3 Etapas de crecimiento del maíz

En la planta de maíz se presentan varias etapas de crecimiento entre las cuales se encuentra la madurez, por lo que es necesario identificarla de manera precisa como se muestra en los cuadros 1, 2 y 3 , aunque los autores no mencionan una etapa de crecimiento que es igual de importante que las demás la germinación, que no se visualiza en campo.

**Cuadro 1. Etapas de crecimiento del maíz de acuerdo con Villalpando (1993).**

ETAPA	CARACTERÍSTICAS
<b>Siembra.</b>	Fecha en la cual se realiza la siembra.
<b>Emergencia.</b>	Fecha en la que aparece la primera hoja sobre la superficie del suelo.
<b>Ocho hojas.</b>	Fecha en que el maíz presenta ocho hojas liguladas.
<b>Floración masculina.</b>	Fecha en que la mitad de la espiga presenta anteras al descubierto.
<b>Floración femenina.</b>	Fecha en que aparece el jilote.
<b>Estado lechoso.</b>	Momento en que el grano desprende un líquido de apariencia lechosa al ser presionado con la uña.
<b>Estado masoso.</b>	Fecha en que el grano presenta una consistencia masosa , ya no desprende líquido lechoso al ser presionado con la uña.
<b>Madurez fisiológica.</b>	Fecha en que el grano presenta en la base la formación de la capa negra.



**Figura 2. Etapas de crecimiento del maíz ( Villalpando, 1993 ).**

**Cuadro 2. Etapas de crecimiento del maíz de acuerdo con Lafitte (1994).**

ETAPAS	CARACTERÍSTICAS
1. Coleóptilo.	emerge de la superficie del suelo
2. Primera hoja ligulada.	es visible (la primera hoja siempre es de punta redondeada).
3. Segunda hoja ligulada.	es visible.
4. Número de hojas liguladas "n"	"n" es usualmente entre 16-22, pero para la floración, las 4 ó 5 hojas inferiores se habrán perdido.
5. La última ramificación de la espiga.	es visible. No es la floración masculina , porque ésta es cuando comienza a soltar polen.
6. 50% de espigas.	son visibles.
7. Etapa de formación.	Los granos están llenos de un líquido color claro y el embrión es visible.
8. Estado lechoso.	Los granos están llenos de un líquido blanco-lechoso.
9. Estado masoso.	Los granos están llenos de una pasta color blanca , el embrión se encuentra a la mitad de ancho como el grano.
10. Estado duro.	La parte superior de los granos están llenos con almidón sólido. Y una "línea de leche" es visible, cuando el grano es visto por ambos lados.
11. Madurez Fisiológica	La capa negra es visible en la base del grano. Con una humedad del 35%

**Cuadro 3. Etapas de crecimiento del maíz de acuerdo con Torres (1995).**

ETAPAS	CARACTERÍSTICAS
1. Emergencia	El 50 % de la superficie sembrada tiene plántulas.
2. Quinta hoja.	Cuando el 50 % de las plantas inspeccionadas tienen cinco hojas. Debe atarse un cordel en cada planta, que señale la quinta hoja.
3. Encañe (Novena hoja).	Cuando en las plantas marcadas hay cuatro hojas por encima del cordel y la novena hoja tiene un centímetro de longitud. La novena hoja y el encañe son simultáneos , y el encañe es más difícil de observar.
4. Espigamiento.	Salida de la espiga del interior de la hoja superior, que debe ser cuando en la 50 % de las plantas inspeccionadas haya salido alrededor de 1 cm de largo.
5. Floración.	Apertura de las primeras flores y liberación del polen.
6. Elote.	Cuando hay maíz tierno en el 50 % de la plantación.
7. Madurez Fisiológica.	Amarillamiento del follaje y hay mazorcas (maíz duro) en el 50 % de la superficie cultivada.

## 2.4 Madurez

La madurez es el momento en que la planta ha terminado su ciclo biológico, coincidiendo con el desarrollo completo de la cariósida y su máximo peso seco.

Para Besnier (1989) la madurez es cuando el embrión o germen que potencialmente puede dar lugar a una nueva planta alcanza su estado definitivo, y la cariósida su máximo peso seco. La madurez es un fenómeno autónomo de naturaleza endógena, que no es totalmente independiente del desarrollo de la planta madre, ya que de este desarrollo depende el aporte de agua y nutrientes cuya alteración afectaría a la madurez de la semilla.

La madurez es importante, tanto para la obtención de grano como para ensilaje. Si un híbrido se siembra en una región donde la estación de crecimiento es más grande que su ciclo biológico, probablemente rendirá en grano o en forraje, menos de lo que debería de producir en una región donde alcance la estación de crecimiento. A su vez, si el híbrido es demasiado tardío para la estación de crecimiento; es posible que las heladas tempranas ocasionen descenso en el rendimiento y tal vez deba enfrentar los riesgos que supone la cosecha y almacenamiento de un cultivo con alto contenido de humedad (Aldrich y Leng, 1974).

La madurez para Bartolini (1984) es cuando después de la octava o novena semana después de la fecundación el embrión ha terminado de formarse en el interior del grano y ha finalizado la acumulación de sustancias nutritivas de reserva, por lo que el grano ha alcanzado el máximo peso seco.

El comienzo del período de maduración puede ser fijado convencionalmente en el momento en que la semilla alcanza su peso fresco máximo. Ese momento coincide en general con la fase máxima de expansión celular y contenidos máximos en ácidos nucleicos; a partir de entonces se inicia la desecación y disminuyen drásticamente los contenidos de hormonas. La síntesis de sustancias de reserva continúa variando su intensidad según la especie (Besnier, 1989).

Bartolini (1990) define varios estadios de madurez en maíz, las cuales pueden explicarse como:

**-Madurez lechosa:** Es el primer estadio de la madurez de la carióspside, la cual adquiere su forma y dimensiones definitivas. Es de color claro y de contenido lechoso con gran cantidad de azúcares, pero contiene los principios de cuerpos formadores de almidón y proteínas.

**-Madurez cerosa:** El color del grano es aún amarillo pálido, se incide fácilmente con las uñas y su humedad es de 50 al 60% . El



contenido en sustancia seca de la planta entera es próximo al 25% y las hojas y el tallo están aún verdes.

**-Madurez cerosa avanzada:** La carióspside adquiere una coloración cada vez más amarillenta y comienza a endurecerse. Su humedad está comprendida entre el 45 y 50%, y el contenido en sustancia seca de la planta entera es próximo al 30%. Las hojas y el tallo comienzan a secarse.

**-Madurez vítrea:** La coloración de la carióspside es amarilla y su dureza alta. La humedad es inferior al 40%. El contenido de sustancia seca de la planta entera es de alrededor del 35%. Las hojas por debajo de la mazorca y el tallo están completamente secos.

**-Madurez fisiológica:** La carióspside tiene un color amarillo intenso y una consistencia dura; su humedad es inferior al 35%. La sustancia seca de la planta entera es superior al 45%. Las hojas excepto en algunos híbridos, están completamente secas.

#### 2.4.1 Madurez fisiológica

La madurez fisiológica es cuando ha finalizado el depósito de almidón al grano, este se endurece y disminuye el contenido de humedad, alcanzando el peso seco máximo, mientras no alcance ésta etapa no se obtiene el máximo rendimiento (Aldrich y Leng, 1974).

Bartolini (1990) menciona que 40 días después de la fecundación, en la carióspside se distingue una zona superior rica en almidón y una inferior rica en sustancia lechosa, en el prosigue el proceso de acumulación de elementos nutritivos, con aumento de la sustancia seca y pérdida simultánea de humedad.

La madurez fisiológica es el momento en el que el grano contiene el máximo de materia seca acumulada, y ésta se alcanza normalmente con un contenido de humedad del 30% al 35% (Robles, 1981 y Llanos, 1984).

Aunque para Metcalfe y Elkins (1987) el maíz madura fisiológicamente a un nivel de humedad de un 30 al 32% .

La madurez fisiológica es aquella que se alcanza cuando el grano termina su completo desarrollo, es decir únicamente está en la planta perdiendo humedad, ya no crece, e incluso se puede caer de la planta o desgranar; al cosecharlo cuando alcanza su madurez fisiológica, el grano germina, ya que tiene completamente formadas todas las estructuras de la semilla (Reyes,1985).

Para algunos investigadores la madurez fisiológica es cuando termina el período de llenado de grano, así mismo este punto se mide por el porcentaje de humedad en el grano ó cuando aparece la capa negra en la parte basal en el mismo (González, 1987 y Villalpando, 1993).

Al momento de la madurez fisiológica, el rendimiento de la cosecha está prácticamente logrado y las plantas contienen en su conjunto la máxima materia seca acumulable en las condiciones en que se ha desarrollado el crecimiento vegetativo y la producción de grano (Llanos, 1984).

#### **2.4.1.1 Determinación de la madurez fisiológica**

Jugenheimer (1990), cita diferentes criterios para medir la madurez fisiológica:

1. El número de días desde la siembra o la emergencia hasta la mitad del desarrollo de los estigmas o la mitad del espigamiento.
2. El número de días desde la siembra o la emergencia hasta la madurez.
3. El porcentaje de materia seca o la humedad del grano al cosechar.
4. La suma de los grados de los días de crecimiento o la suma de las unidades térmicas.
5. Las comparaciones con modelos o con sistemas de apreciación de la madurez.
6. El número y la madurez de las hojas.
7. El número de días desde la siembra o la emergencia a la capa negra del grano.

Vieira et al., (1995) evaluaron la relación de la capa negra y el desarrollo de la línea de leche como indicadores confiables para determinar la madurez de las semillas de maíz CX135 y IAC 100 desarrollados en 1990/91 y 1991/92 en Sao Paulo, Brasil.

Otro de los métodos para evaluar la madurez fisiológica fue estudiado por Szalka (1995) basándose en el máximo peso de 1000 granos de 21 híbridos entre 1992 y 1993, muestreados semanalmente, este método demostró la determinación de la capa negra dentro del grano y permitió el control de humedad del grano.

La capa negra y la línea de leche son los dos indicadores visuales más confiables que en forma práctica estiman en el campo la madurez fisiológica en maíz. En 1984, Afuakwa y Crookston, citados por Reyes (1990), realizaron estudios para establecer la relación de la línea de leche con el estado de maduración del grano, para ser empleado como otro indicador visual complementario de la capa negra. La línea de leche es una capa de transición o límite entre la zona sólida y la masosa pastosa que se visualiza durante el proceso de maduración del endospermo. Dicha línea y su localización se puede observar fácilmente en el grano al hacer un corte transversal a la mazorca en formación; en estas condiciones es posible observar su desplazamiento de la parte superior o corona, hacia la parte inferior del grano y su desaparición cuando se alcanza la madurez fisiológica.

#### 2.4.1.2 Capa negra

Uno de los métodos para determinar la madurez fisiológica en maíz es la observación de la capa negra que se forma en la base del grano, pues su aparición coincide con el máximo peso seco acumulado.

La capa negra en el grano de maíz consiste de células muertas que originalmente fueron células activas del tejido de la placenta del ovario que unen al grano con el olote de la mazorca. Cuando las células están activas, todos los nutrientes de la planta pasan al grano a través de ellas. Cuando el grano deja de crecer, dichas células activas se ennegrecen y dejan de pasar nutrientes del olote al grano (Reyes, 1985).

La función de esta capa es de conducir los nutrientes desde la planta hasta el grano, de manera que cuando el grano detiene su crecimiento estas células se colapsan y se tornan negras, impidiendo así el transporte adicional de nutrientes (Daynard y Duncan, 1969).

El índice para determinar el momento en el que la planta ha terminado su ciclo fisiológico es la aparición en la base de la cariósida de una formación callosa pardo negruzca, que impide la posterior acumulación de elaborados en la cariósida. Por tanto, el ciclo de un híbrido de maíz expresado en días, se inicia cuando

nace la planta y termina con la formación de la capa negra (Bartolini, 1990).

En la práctica, para conocer cuándo ha llegado la madurez fisiológica del grano de maíz, es necesario observar la "capa negra" que se forma en el grano para cancelar el paso de los nutrientes de la planta al grano; la aparición de esta capa negra es indicación de que el grano está maduro, siempre y cuando la planta observada esté sana (Reyes, 1985).

El grano que ha terminado de transformar en almidón y proteína sus sustancias de reserva, tiene en su parte basal una zona callosa negruzca, conocida en inglés por el nombre de "black-layer" o capa negra que se forma para cancelar el paso de los nutrientes de la planta al grano. A partir de entonces solo se producirá una ligera pérdida de peso por variación en el contenido de humedad del grano. Este se va secando desde la corona hasta la base (Llanos 1984, Reyes 1985 y Bartolini 1990).

Daynard y Duncan (1969), analizaron la conveniencia de utilizar la capa negra como indicador confiable de la madurez fisiológica en maíz, concluyendo que un desarrollo rápido de ésta en la región placentar de los granos representa un indicador simple, preciso y adecuado que señala que se ha alcanzado el máximo peso seco del grano. Cuando la totalidad de los granos de la parte media de la mazorca desarrollan la capa negra, la humedad es cerca o

menor al 30%, y cuando el 90 ó 95% de los granos de la porción basal la presentan, el contenido de humedad es de 25 al 30%, asumiéndose que el maíz está normalmente maduro.

La capa negra también se forma cuando por cualquier motivo el grano deja de crecer, los granos muy pequeños y abortados cercanos a la punta de la mazorca tienen capa después de la polinización, pero eso no es una indicación de que los demás granos hayan madurado o dejado de crecer (Reyes, 1990).

#### **2.4.1.3 Porcentaje de humedad**

Otro método para determinar la madurez fisiológica es el porcentaje de humedad en el grano; Llanos (1984), Reyes (1985) y Bartolini (1990) mencionan que cuando el grano presenta un porcentaje de humedad del 30-35% el grano está maduro, coincidiendo con la presencia de la capa negra.

Se puede determinar la madurez fisiológica de los híbridos basándose en las fechas de espigado o en la aparición de los estigmas (floración), en la fecha de maduración o en el contenido de humedad del grano en el momento de la cosecha. Este último es un procedimiento muy común; los híbridos precoces que están maduros en el momento de la cosecha tendrán un bajo contenido de humedad, mientras que los híbridos tardíos no maduros tendrán un alto contenido de humedad (Poehlman, 1987).

Cuando la humedad del grano es de un 25% poco más o menos, se ve brillante y se ha hecho duro, de forma que no se puede aplastar apretándolo entre las uñas de los dedos pulgares (Llanos, 1984).

La humedad en los granos, es la cantidad de agua que contienen en su interior. La semilla tiene cierta humedad en su interior, aunque no parece estar húmeda a simple vista, se puede saber si el grano está húmedo al quebrarlo con los dientes, el grano húmedo nunca está duro porque el agua de su interior humedece a la semilla y la mantiene blanda. La humedad del grano depende principalmente de las condiciones ambientales en que se recibe, por ejemplo, el grano cosechado en una estación lluviosa puede tener más humedad que el grano cosechado en condiciones secas (Lindblad y Druben, 1976).

La velocidad de la pérdida de humedad después de la madurez fisiológica depende más de las condiciones climáticas que de cualquier otro factor. Las diferencias entre híbridos también son importantes, pues algunos tipos tienden a secarse más lentamente que otros. El grano se seca desde la corona hacia abajo, de manera que la parte próxima a la mazorca contiene más humedad que el grano durante la mayor parte del tiempo de maduración y secado del grano sobre la planta. Como resultado, el porcentaje de humedad tiende a ser mayor en la mazorca completa que en el grano, hasta que tanto la mazorca como el grano hayan alcanzado un porcentaje de humedad inferior al 20%. Esto significa que los niveles máximos de humedad



del grano para almacenamiento de la mazorca son menores de lo que se podría esperar (Aldrich y Leng, 1974).

Cuando el grano tiene una humedad próxima al 30-35%, desde este momento en adelante, si la planta permanece en el campo, se producirá una pérdida "natural" de humedad del grano, dependiendo de las condiciones climáticas, y se mantiene constante la cantidad de sustancia seca acumulada, por lo que la producción por hectárea no sufre variación. Según sean las características de la zona de cultivo, las características del suelo y la alternativa de cultivos, el agricultor debe decidir si deja las plantas sobre el terreno o procede a recolectarlas, aunque la humedad del grano sea alta y haya que secarlo hasta alcanzar el 14% de humedad, lo que asegura la buena conservación del producto (Bartolini, 1990).

Daynard (1972) estudió las relaciones entre la formación de la capa negra, el porcentaje de humedad del grano y la acumulación de unidades calor o unidades térmicas, al igual examinó el efecto del medio ambiente sobre la longitud del intervalo de la siembra y desde la floración femenina a la formación de la capa negra en maíz; registró datos del 50% de floración femenina, 50% de capa negra y un porcentaje de humedad del 50% al igual que el grano y su rendimiento final. Tomó datos de condiciones climatológicas para calcular el número de unidades calor acumuladas, por el método de Unidades Calor del Maíz en Ontario, Canadá UCMO, como el de Unidades de los Grados de Temperatura de los Días de Crecimiento de

10 a 30°C UGTDC, desde la siembra y desde la floración femenina, hasta el 50% de capa negra. La formación prematura de la capa negra fue consecuencia aparente del frío presente durante la semana previa al desarrollo de la capa negra. La siembra retrasada dió por resultado una disminución del número de días desde la siembra hasta la floración femenina, y un incremento en el número de días de la floración femenina hasta la madurez (50% de la capa negra). La siembra retrasada dio también por resultado un incremento en el número de unidades calor acumuladas, desde la siembra hasta la floración femenina y una disminución de las unidades calor acumuladas desde la floración femenina hasta la madurez, para ambos sistemas, el UCMO y el UGTDC. Como resultado, el número de acumulación de unidades calor de la siembra a la madurez fue solamente reducido ligeramente por el efecto de la fecha de siembra. La precisión de los dos sistemas fue comparable y fueron superiores al número de días "per se" para caracterizar la amplitud del intervalo desde la siembra hasta la floración femenina.

#### 2.4.1.4 Unidades térmicas

Un factor de gran importancia en el desarrollo de las plantas, es la temperatura, la cual podemos evaluar mediante el concepto de unidades térmicas (UT) requeridas por un cultivo y su comparación con las unidades térmicas acumuladas en cada lugar de introducción de los cultivos. La constante térmica para un determinado cultivo es la cantidad acumulada de temperatura, desde la siembra hasta la

madurez fisiológica. Sin embargo, la acumulación de unidades térmicas UT durante una etapa vegetativa es variable para localidades diferentes (Corzo, 1991).

Todos los cultivos requieren de un rango de temperatura que se encuentra entre el límite máximo, mínimo y óptimo para completar sus etapas de desarrollo y puede variar dependiendo de la especie y variedad de la que se trate (González, 1987).

Shaw (1989) señala, que el número de días para que el maíz alcance la madurez varía ampliamente con los cambios del ambiente, aunque a las variedades se les ha designado un cierto número de días a la madurez. Las unidades calor o unidades térmicas se han propuesto como una aproximación más constante del índice de madurez, para condiciones climáticas variables siempre y cuando las otras condiciones ambientales no se aparten mucho del óptimo del cultivo. Las unidades térmicas están basadas en el uso de datos de temperatura del aire, así que no son realmente unidades calor, sino una unidad numérica de temperatura. Se han llamado también unidades termales.

Este mismo autor menciona tres índices básicos para calcular las unidades térmicas que son:

**1) Índice Exponencial.** El índice exponencial supone que con un incremento de  $10^{\circ}\text{C}$  en la temperatura, la tasa de crecimiento se

duplica. Este método asigna altas eficiencias a las temperaturas muy altas para el crecimiento óptimo.

2) **Índice Fisiológico.** Un índice de tipo fisiológico se basa en la respuesta fisiológica de las plantas a la temperatura y a menudo ha sido desarrollado de datos obtenidos en condiciones controladas. Las UT pueden calcularse para cualquier etapa de desarrollo o para el tiempo total desde la siembra hasta la madurez.

3) **Índice Residual.** El tercer tipo básico, el índice residual, acumula grados superiores a una temperatura base. En su forma más simple se calcula por:

$$U T = \frac{\text{temp. máx. diaria} + \text{Tem. mín. diaria}}{2} - T. \text{ base}$$

2

Cualquier temperatura máxima superior a 30°C se pone en la ecuación como 30 y cualquier mínimo inferior a 10°C se designa como 10. Las unidades térmicas pueden calcularse para cualquier etapa de desarrollo o para el tiempo total desde la siembra o desde la emergencia hasta la madurez y se expresan como °Cd unidades de temperatura acumulada, grados día o simplemente unidades térmicas.

Bloc y Govet (1977) citado por González (1987), relacionan las unidades térmicas sobre la madurez del maíz mediante estimaciones

de temperatura base en función del método residual, que relaciona la temperatura máxima y mínima restando una temperatura base para el período de siembra a floración entre 6 y 10°C, mostrando una correlación del 90% en los cálculos realizados en el período floración-madurez entre unidades térmicas acumuladas y contenido de materia seca. Concluyeron que el método de unidades térmicas para la predicción de madurez es más eficiente que utilizando el número de días, y los períodos fisiológicos deben controlarse para diferentes tipos de suelos y fechas de siembra.

La necesidad de contar con un procedimiento confiable en la caracterización de variedades de maíz por su ciclo vegetativo, que permitiera predicciones y en consecuencia programación de fechas de siembra y cosecha, han conducido a la evaluación de fórmulas con las cuales se realizaron correcciones en las temperaturas máximas, mínimas y base, tratando de mejorar su cálculo; a este respecto, Cross y Zuber (1972) y Mederski et al., (1972), señalan que las correcciones en temperatura abajo del mínimo para el crecimiento 10°C y arriba del óptimo 30°C, cumplen con este objetivo. Estos investigadores encontraron que el número de UT requeridas para alcanzar la floración, denominados grados efectivos, permanecieron relativamente constantes en diferentes fechas de siembra, mientras que el número de días a floración varió ampliamente (Hernández y Carballo, 1983).

Mederski et al. (1973) determinaron bajo un amplio rango de condiciones climáticas si el método de acumulación de unidades calor (AUC) es superior al registro diario para clasificar la madurez del maíz y predecir las etapas fenológicas. Mederski et al. realizaron 4 siembras de 3 híbridos a un intervalo de 7 semanas, sembrados en diferentes localidades en Ohio en 1969 y 1970. El registro diario y AUC, calculado por 6 métodos, se determinó de la siembra a floración femenina, y de la siembra a 40,35,30 y 25% de humedad del grano y formación de capa negra. Los datos obtenidos indicaron que el método de acumulación de unidades calor para clasificar los híbridos de maíz fue superior al método de registro diario.

Cross y Zuber (1972), determinaron la madurez por diferentes métodos con varias fórmulas de unidades térmicas, utilizando datos de 6 cultivos de maíz en un período de 2 años, emplearon 22 diferentes métodos de unidades térmicas donde se probó su habilidad para tomar en cuenta la variación de los datos de floración. Se utilizaron datos de temperatura por horas y diarias. En general las mediciones diarias fueron una precisa aproximación como las mediciones por hora. La mejor ecuación para la predicción de la floración fue la que presentó una temperatura base de 10°C y una óptima de 30°C. El exceso de temperatura superior de 30°C fue substraído para eliminar su período alto de temperatura.

Hernández y Carballo (1983), estimaron los requerimientos de Unidades Calor UC para alcanzar cierta etapa fenológica en maíz y concluyeron que el método de estimación de unidades calor depende principalmente de los regímenes de temperatura imperantes en cada región, y determinaron un método apropiado a las condiciones de los Valles Altos Centrales de México; al calcular por 16 métodos las Unidades Calor requeridas a la floración, encontraron que el método:

$$UC = \left\{ \left[ \frac{\text{Tem.máx.} + \text{Tem.mín.}}{2} \right] - \text{tem. que excede a } 27^{\circ}\text{C} \right\} - 7^{\circ}\text{C}$$

Fue el que mostró menor coeficiente de variación, desviación estándar y amplitud en dichas unidades; por lo que se aplicó para caracterizar 12 variedades mejoradas de maíz adaptadas a la región ya señalada, empleando datos de temperaturas de la siembra a la floración y de la siembra a madurez fisiológica a partir de tres fechas de siembra durante 1979 en Chapingo, México. Los resultados de este estudio indicaron que hubo cierta variación entre los valores de unidades calor estimados a través de las fechas de siembra, y que el promedio puede considerarse adecuado para definir el número de días que requerirían las variedades para llegar a floración o a madurez fisiológica.

#### 2.4.2 Madurez comercial

Se considera la madurez comercial cuando el maíz tiene un porcentaje de humedad de 12 al 14% , para un buen manejo postcosecha. Esta humedad es importante para la compra-venta y durante el almacenamiento del grano. Esto se refiere a que cuando el grano se almacena con exceso de humedad, es atacado por hongos e insectos, dañándolo y acelerando su descomposición (Ramírez 1981, citado por González, 1995).

Uno de los factores físicos que provoca fuertes pérdidas en los granos, es el alto contenido de humedad con que son almacenados, siendo más frecuente este fenómeno en regiones cálidas y húmedas. Del contenido de agua en los granos depende una buena conservación durante su almacenamiento, altos contenidos de humedad provocan desarrollo de microorganismos que se alimentan de los componentes del grano disminuyendo su calidad alimenticia, y además lo contaminan con sustancias tóxicas para el hombre y los animales. Cuando el grano es almacenado con contenidos de humedad que fluctúan entre 13% y 20% se presenta el desarrollo de hongos, siendo las humedades más favorables para las especies de hongos que producen sustancias tóxicas las comprendidas entre el 15% y 18% (Gil,1990).

Prieto (1984) señala que el conocimiento del grado de humedad de los granos y semillas es de primordial importancia para la



cosecha, almacenamiento y procesamiento de los mismos. El grano contiene dos tipos de agua: de constitución y de interposición. La primera forma parte de las moléculas del grano, no se separan sin alterar su composición química y no afecta la medición de la humedad; la segunda va ligada a las moléculas del grano pero no forma parte de ellas y puede eliminarse. El grado de humedad de los granos y semillas es el porcentaje de agua de interposición con relación a la masa total del producto. Está en función del tipo de grano, de su estado de desarrollo, del lugar y de las condiciones ambientales.

La gran relevancia de la humedad en el manejo de las semillas radica en que es el factor más importante en la conservación de las semillas, favoreciendo el desarrollo de insectos y hongos, así como por su efecto sobre los procesos fisiológicos de las semillas, de los que depende la pérdida de vigor y viabilidad. Por otra parte, la humedad es importante en el comercio de los granos y semillas, ya que si se adquiere agua al mismo precio que la semilla, representará una fuerte pérdida económica; además la semilla húmeda ocupa más espacio que la semilla seca. Otro factor que se ve afectado es el ángulo de reposo del granel, al no fluir fácilmente la semilla húmeda su ángulo de reposo es más escarpado; esto es de importancia en el diseño de silos y bodegas graneleras, ya que los muros son calculados teniendo en cuenta el ángulo de reposo de los granos y semillas, porque al llenarlos y vaciarlos éstos ejercen tensiones sobre los muros (Moreno, 1984).

Bowen y Kratky (1985) mencionan que a veces las semillas no germinan, dan porcentajes de germinación muy bajos o producen plántulas que carecen de vigor. La pérdida de calidad de la semilla generalmente se debe a condiciones de almacenamiento inadecuadas durante el período comprendido entre la recolección y la siembra de la semilla, período que puede durar de varios meses a varios años. El almacenamiento correcto asegura el vigor de la semilla. Las semillas son tejidos vegetales vivos que para germinar deben permanecer vivos. Sin embargo, también envejecen y mueren. Las condiciones adecuadas de almacenamiento reducen drásticamente aunque no detienen ese proceso de envejecimiento.

Dos factores principales que regulan el envejecimiento son:

- 1) La humedad relativa (HR) en la instalación de almacenamiento.
- 2) La temperatura de la misma.

El índice de crecimiento y desarrollo de microorganismos, insectos, ácaros y la magnitud de los cambios físicos y químicos, depende del contenido de humedad y de la temperatura del grano almacenado. La humedad es el factor más importante que se considera para un almacenamiento seguro, ya que existe actividad biológica solamente si hay humedad. Cuanto más elevada sea la temperatura, más bajo será el contenido de humedad permisible para un almacenaje sin riesgo (González, 1995).

La madurez de cosecha es aquella en la que la humedad en el grano es tal que facilita su cosecha sin dañar el grano al quebrarse o evitando que haya problemas de manejo en su transporte y almacenamiento, ya que el grano húmedo favorece el desarrollo de hongos y bacterias, o demasiado seco es muy favorable al desarrollo de insectos o se desgrana y hay pérdida en el campo (Reyes, 1990).

El maíz puede ser almacenado con seguridad a una humedad del 13.5% (esto es, el 13.5% del peso total de la semilla puede ser agua), rodeado por agua con una temperatura de entre 25-35°C, con una humedad relativa del 70%, o sea que el aire a ésta temperatura puede retener 30% más de agua que la que está reteniendo). En este punto el grano de maíz y el aire no van a intercambiar humedad; a esto se le llama punto de equilibrio. Este equilibrio es la condición que tiende a establecer un buen almacenamiento de grano, pero es muy difícil mantener almacenado el grano de almacenamiento en condiciones que se mantenga en equilibrio (Lindblad y Druben, 1976).

Para almacenar cereales es preciso que éstos tengan un 14% o menos de humedad. El grano sigue respirando y por tanto adquiere humedad del ambiente si ésta aumenta. Por esto es preciso vigilar continuamente los granos almacenados (Meier, 1978).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización

El experimento fue establecido en el campo experimental de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, la cual se encuentra ubicada en el municipio de Cuautitlán Izcalli, a una altura de 2252 msnm, y está comprendida entre los 19° 41' 35" de Latitud Norte y a los 99° 11' 42" de Longitud Oeste (García, 1987).

#### 3.2 Condiciones Ambientales

##### 3.2.1 Clima

En la región se presenta un clima Cwo(w)b(i') que de acuerdo con García (1987), se interpreta como clima templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos con lluvias en Verano, menos del 5% de la precipitación anual en invierno, con verano largo y fresco, con poca oscilación de temperatura, sin sequía intraestival, con una temperatura del mes más frío entre -1.6 y 11.2°C , y del mes más caliente de 27°C con un promedio de 535 mm de precipitación anual (datos tomados de la Estación Meteorológica Almaraz FES-C UNAM, del año de 1996).

### 3.2.2 Suelo

De acuerdo con el Sistema de Clasificación FAO-DETENAL, se reporta que los suelos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán; han sido clasificados como vertisoles pélicos (Vp). Son suelos que presentan una textura fina, y arcillosa; son suelos pesados, difíciles de manejar por ser plásticos y adhesivos cuando están húmedos y duros cuando se secan; forman grietas profundas cuando están secos y pueden ser impermeables, con un pH de 6 (FAO, 1968).

### 3.3 Material Genético

En este experimento se evaluaron los híbridos de maíz: Puma 1157, Puma 1159, H-135 y H-137.

Las características de los híbridos evaluados, según PRONASE (1996) se presentan a continuación:

**HIBRIDO:** Puma 1157

**TIPO DE HIBRIDO:** Trilineal.

**ORIGEN:** FES-C UNAM.

**CARACTERÍSTICAS:** De ciclo intermedio (165-175 días) no ahija y es tolerante al acame, de porte intermedio y uniforme lo que facilita la cosecha manual y mecanizada, presenta tolerancia al carbón de la espiga (*Sphaceloteca reiliana*) y a la roya (*Puccinia spp*), su rendimiento promedio es de 11 ton/ha. Las mazorcas son

ligeramente cónicas y uniformes y el color del grano es blanco dentado se recomienda para la zona de transición de los estados de Hidalgo, Puebla, Michoacán, México, Jalisco, Oaxaca, San Luis Potosí, etc. Se puede manejar bajo condiciones de riego, punta de riego y muy buen temporal.

**HIBRIDO:** Puma 1159

**TIPO DE HIBRIDO:** Trilineal.

**ORIGEN:** FES-C UNAM.

**CARACTERISTICAS:** De ciclo intermedio tardío (165-180 días), presenta excelente uniformidad en la altura de planta y mazorca, por lo que facilita la cosecha manual o mecánica, es tolerante a la roya (*Puccinia spp*), al carbón de la espiga (*Sphaceloteca reiliana*), su rendimiento promedio es de 9.5 ton/ha. Las mazorcas son cilíndricas o ligeramente cónicas y el grano de color blanco-claro dentado, se recomienda para la zona de transición (1800-2200 msnm) bajo condiciones de riego, punta de riego y buen temporal.

**HIBRIDO:** H-135

**TIPO DE HIBRIDO:** Trilineal.

**ORIGEN:** INIFAP

**CARACTERISTICAS:** Ciclo tardío (170-185 días) resistente al carbón de la espiga (*Sphaceloteca reiliana*) y tolerante al acame, el rendimiento promedio experimental es de 9 ton/ha. Las hojas son largas y anchas de color verde normal. La mazorca es ligeramente cónica y bien cubierta por las brácteas, grano dentado color

blanco, algunos granos con tonalidad amarillenta, se recomienda en primavera-verano en regiones del estado de Hidalgo, con alturas de 1900-2100 msnm.

**HIBRIDO:** H-137

**TIPO DE HIBRIDO:** Doble.

**ORIGEN:** INIFAP

**CARACTERISTICAS:** De ciclo intermedio tardío (160-165 días), se puede usar para forraje o grano, el grano es de color blanco cremoso semidentado. Se recomienda en la siembras de primavera-verano para regiones con altitudes de 2200-2500 msnm. En el Estado de México, así como, para los municipios de Tulancingo, Huasca de Ocampo y Atotonilco, el Grande en el estado de Hidalgo.

### **3.4 Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue un bloques completos al azar para las variables que se tomaron antes de la cosecha, con la finalidad de lograr la estimación de los efectos de los tratamientos estudiados que en este caso fueron los 4 híbridos; se utilizaron seis repeticiones para cada uno obteniéndose 24 unidades experimentales en total.

Para las variables tomadas después de la cosecha y dado que se quería obtener el efecto simultáneo de los cuatro híbridos en diferentes fechas de cosecha sobre la madurez, se utilizó un diseño

en bloques completos al azar con arreglo factorial, teniéndose un factorial de 4X3 donde se evaluó el factor genotipo con 4 niveles (4 híbridos) y el factor fecha de cosecha con 3 niveles (fecha 1, 2 y 3), además de la interacción genotipo x fecha de cosecha, teniéndose 4 repeticiones por tratamiento dando un total de 48 unidades experimentales.

Cada parcela experimental estuvo constituida por dos surcos de 3 metros de largo y por 0.82 metros de ancho. Tomándose un surco como parcela útil para las variables tomadas antes y después de cosecha.

### **3.5 Análisis estadístico**

Se llevó acabo un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por el método Tukey al 0.05 de probabilidad tanto para las variables tomadas antes de cosecha como para las variables tomadas después de cosecha.

### **3.6 Manejo agronómico**

#### **3.6.1 Siembra**

Se realizó el 22 de mayo de 1996 en seco y se regó al día siguiente. Se sembró depositando 3 semillas por golpe cada 50 cm a una profundidad de aproximadamente 12 cm.



### **3.6.2 Fertilización**

Se aplicó al momento del surcado con una dosis de N-P-K de 60-40-00 respectivamente.

### **3.6.3 Control de maleza**

El control fue químico con atrazina y 2,4-D, en una dosis de Gesaprim 1.5 litros/ha más 1 litro/ha de Esteron. Esta labor se efectuó en postemergencia,, con tractor.

### **3.6.4 Cosecha**

Las fechas de cosecha asignadas fueron las siguientes:

**Fecha 1)** a los 151 días después de la siembra (21/oct/96).

**Fecha 2)** a los 165 días después de la siembra (4/Nov/96).

**Fecha 3)** a los 175 días después de la siembra (18/Nov/96).

## **3.7 Variables evaluadas**

### **3.7.1 Antes de cosecha**

**Días a cinco hojas liguladas.** Se seleccionaron 4 plantas al azar, por parcela útil (1 surco) y se cuantificó el número de días a partir de la siembra hasta el momento en que presentó la quinta hoja ligulada.

**Días a floración masculina.** Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que el 50% de plantas presentaban antesis.

**Días a floración femenina.** Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta el día en que se presentó el 50% de plantas que tenían expuestos los estigmas en las inflorescencias femeninas.

**Altura de planta (cm).** Se seleccionaron 5 plantas al azar por parcela útil, midiendo la distancia desde la superficie del suelo a la base de la espiga.

**Altura de mazorca (cm).** Esta se tomó en las mismas plantas seleccionadas al azar; midiendo la distancia desde la superficie del suelo al nudo de inserción de la mazorca principal.

**Acame de tallo.** Se registró mediante observación considerando en una escala de 1 al 5, en donde 1 fueron las parcelas con mejor calificación, y 5 las parcelas con las plantas más acamadas.

**Cuateo.** Se contó el número de plantas por parcela que tenían dos mazorcas.

### 3.7.2 Después de cosecha

**Mazorcas buenas (No.).** Se observaron todas las mazorcas cosechadas de cada parcela útil, y se consideró el número de mazorcas que no fueron afectadas por plagas y enfermedades.

**Mazorcas malas (No.).** Se consideró el número de mazorcas cosechadas de cada parcela útil que fueron afectadas por plaga y enfermedad.

**Sanidad de mazorca.** Se consideró por observación en base a una escala de 1 al 10 en donde 1 es la más afectada y 10 la más sana.

**Sanidad de planta.** Se realizó por surco en base a una escala de 1 al 5, donde 1 fue la parcela que no presentó daño por enfermedades ni plagas y 5 fue la parcela con más daño de plagas y enfermedades.

**Cobertura de mazorca.** Se observaron las mazorcas de cada surco y se calificó en base a escala de 1 al 5, donde el valor de 1 se dió a las brácteas que cubrían estrechamente la punta de la mazorca y se extendían más allá de ella, y 5 cuando la cobertura era deficiente, con la punta claramente expuesta.

**Peso de 200 granos (g).** Desgranadas las mazorcas de cada surco, se contaron 200 granos de una muestra homogénea y se pesaron.

**Longitud de mazorca (cm).** Se tomó el promedio de 5 mazorcas,

midiendo la longitud de la mazorca desde la base de inserción en el pedúnculo hasta su ápice.

**Número de hileras por mazorca.** Se obtuvo de una muestra de 5 mazorcas tomadas al azar, contando el número de hileras de grano presente.

**Número de granos por hilera.** Se obtuvo contando el número de granos por hilera de 5 mazorcas desde la base hasta el ápice de la mazorca.

**Diámetro de mazorca (cm).** Se determinó midiendo con un vernier el diámetro por la parte media de la misma, calculando el promedio de 5 mazorcas.

**Diámetro de olote (cm).** Una vez desgranadas las mazorcas, se midió a cada uno de los olotes por la parte central, calculándose el promedio de 5 mazorcas

**Porcentaje de humedad.** Se tomó una muestra de 250 gr. de grano por surco, y con un determinador de humedad digital modelo Burrows 700 se obtuvo el porcentaje de humedad.

**Porcentaje de grano.** Se cuantificó tomando una muestra al azar de 5 mazorcas por surco, se obtuvo de la relación del peso del grano y el peso total mediante la ecuación:

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

**Días a capa negra.** Se tomaron al azar 5 mazorcas por surco, y a cada mazorca se le desprendieron en promedio 10-15 granos, a cada grano se le separó el casquete y si 3 mazorcas presentaban cada una de ellas un 50% de granos con una capa color negro, se consideró que ya habían alcanzado la capa negra y se anotó el número de días transcurridos desde la siembra hasta ese momento.

**Rendimiento.** El rendimiento por hectárea se determinó de la siguiente manera:

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{P.C.} \times \% \text{M.B.} \times \% \text{G} \times \text{F.C.}}{8600}$$

**Donde:**

**P.C.** = Peso de campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas por parcela expresado en kilogramos.

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

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

**F.C.** = Factor de conversión para obtener rendimiento por hectárea, se obtiene 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%)

### 3.8 Determinación de Unidades térmicas

Para la determinación de las unidades térmicas se utilizó el método residual en cada uno de los híbridos, el cual esta basado en el uso de datos de temperatura del aire. Se empleó el método empleado por Shaw (1989) para determinar las relaciones de madurez para maíz que consiste en la siguiente ecuación:

$$U.T. = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(T. \text{máx} + T. \text{mín})}{2} \right] - 7^{\circ}\text{C}$$

Donde:

**n** = número de días desde la siembra hasta que la variedad respectiva alcance la etapa fenológica para la cual se calcularon la (UT).

**U.T.** = Unidades térmicas.

**T. máx.** = Temperatura máxima diaria (°C).

**T. mín.** = Temperatura mínima diaria (°C).

7°C = Temperatura base para el maíz.

Los datos de temperatura máximas y mínimas fueron tomadas de la estación meteorológica de la FES-C (Mercado, 1997).

### 3.9 Estación de crecimiento

Para definir la estación de crecimiento por disponibilidad de humedad, los elementos climatológicos que se utilizarón fuerón: precipitación, evaporación, evapotranspiración potencial ETP y la ETP al 0.5. La ETP se determinó, con los datos de evaporación multiplicados por el coeficiente 0.75 y la ETP al 0.5 se obtuvo dividiendo el valor de ETP entre 2.

Se determinó la estación de crecimiento basado en el período de inicio y fin de las lluvias, específicamente se determinó en el período en el cual la precipitación fue igual o mayor del 0.5 de ETP.

El período húmedo se determinó como el intervalo de tiempo en el cual la precipitación es mayor a la evapotranspiración potencial.

### 3.10. Período libre de heladas

Teniendo la información de la estación Metereológica FES-C,

sobre las temperaturas mínimas promedio de cada 10 días, se aplicó el método propuesto por Arteaga (1988), para calcular con 20% de probabilidad de que se presente una última helada después de una fecha dada y 20% de probabilidad de que se presente una primera helada antes de una fecha dada. Este método es válido para Valles Altos.

Trazándose una línea horizontal que pase por 7°C de temperatura mínima y al interceptar la gráfica construida las ordenadas de las intercepciones corresponden a las fechas de ocurrencia de heladas.



## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

45

### 4.1 Variables evaluadas antes de la cosecha

#### 4.1.1 Análisis de varianza

En el Cuadro 1A se observa que las variables: días a 5 hojas liguladas, floración masculina, floración femenina, altura de planta, altura de mazorca y acame, presentaron diferencia altamente significativas entre genotipos; y para la variable cuateo no se presentó diferencia significativa. Para repeticiones estas variables no presentaron diferencias significativas.

Este análisis de varianza indicó que estadísticamente hubo diferencias significativas entre los efectos de tratamientos, en la mayoría de las variables estudiadas (6 de 7). Lo que significa que los genotipos son diferentes en estos caracteres agronómicos.

Los bloques fueron muy homogéneos, en virtud de que las variables no presentaron diferencias estadísticas en sus repeticiones, a excepción de cuateo que mostró diferencias significativas, con coeficientes de variación de 1.1 a 67.0 %.

#### 4.1.2 Prueba de comparación de medias

En el Cuadro 4 se presenta la prueba de comparación de medias para la variable días a 5 hojas liguladas, en la que se aprecia que

hubo diferencias estadísticas entre el híbrido H-137, que alcanzó las 5 hojas a los 24 días, con respecto a los híbridos Puma 1159 y H-135, que alcanzaron las 5 hojas liguladas a los 26 días; el Puma 1157 no fue estadísticamente diferente, pero numéricamente presentó un día menos que los híbridos Puma 1159 y H-135. Estos resultados sugieren que el genotipo H-137 con 24 días es el híbrido más precoz con respecto a los demás.

Para la variable floración masculina, se observó diferencia estadística entre el H-137 con los demás genotipos, ya que fue el más precoz con 82 días; el más tardío fue el H-135 alcanzando la floración masculina a los 88 días (Cuadro 4).

Con respecto a la floración femenina, se observaron diferencias estadísticas entre el H-135 que fue el más tardío con 94 días, con respecto a los otros híbridos; los genotipos Puma 1157 y H-137 fueron numéricamente iguales y además resultaron 7 días más precoces que el H-135 (94 días); y el Puma 1159 fue 6 días más precoz, lo cual confirma que el híbrido más tardío fue el H-135 (Cuadro 4).

Poehlman (1987) menciona que se puede determinar la precocidad relativa de los híbridos basándose en las fechas del espigado o de la aparición de los estigmas (floración), entonces el H-135 fue el híbrido más tardío en la floración masculina y femenina, con respecto a los demás genotipos; ésta característica indica que por

poseer un ciclo más tardío puede ser más susceptible de sufrir daño por las heladas, ocasionándole pérdidas por quiebre de los tallos y menor eficiencia en la cosecha.

En el Cuadro 4, se observa que para altura de planta se presentaron diferencias altamente significativas, donde el genotipo H-135 resultó el más alto con 240 cm comparado con el Puma 1157 (200 cm) que fue el de menor porte con 40 cm menos de altura, por su parte los híbridos H-137 (219 cm) y Puma-1159 (212 cm) resultaron de altura intermedia entre estos híbridos.

Para la altura de mazorca, se observó la misma tendencia indicada para la altura de planta, porque el genotipo H-135 mostró el mayor porte de planta (240 cm) y mayor altura de mazorca (172 cm); el híbrido Puma 1157 resultó también con la menor altura de planta (200 cm) y la menor altura de mazorca (135 cm) (Cuadro 4).

Los híbridos Puma 1157 y 1159 presentaron los valores más bajos en la escala de acame, y estadísticamente también lo manifestaron en relación a los genotipos H-135 y H-137, que presentaron una mayor tendencia a acamarse, esto debido a que también presentaron mayor altura de planta y de mazorca (Cuadro 4).

El H-135 presentó la mayor altura de planta y de mazorca; mientras que los Pumas 1157 y 1159 mostraron la menor altura de planta y de mazorca, por lo que no presentaron plantas acamadas, lo

cual es una ventaja, Jugenheimer (1990) menciona que las variaciones en la resistencia al acame se encuentran asociadas a la altura de planta y a la altura de mazorca (Cuadro 4).

En relación a esta característica, los híbridos H-135 y H-137 presentaron el mayor número de plantas acamadas por el viento y, si esto sucede antes de que lleguen a su madurez, el grano va a ganar humedad cuando esté en el suelo y esto puede ocasionar daños en la mazorca, más aún si se presenta una precipitación.

La variable número de plantas que cuatearon no presentó diferencia estadística entre los híbridos estudiados, sin embargo, el genotipo Puma 1157 mostró los valores más altos para esta característica (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias de las siete variables evaluadas antes de cosecha.

GENOTIPO	cinco hojas liguladas (días)	flora- ción masc. (días)	flora- ción fem. (días)	altura de planta (cm)	altura de mazorca (cm)	acame	cuateo (No. de planta)
P-1157	25 ab	84 b	87 b	200 b	135 c	1.0 b	2.1 a
P-1159	26 a	85 b	88 b	212 b	136 c	1.0 b	1.6 a
H-135	26 a	88 a	94 a	240 a	172 a	1.6 a	1.5 a
H-137	24 b	82 c	87 b	219 b	154 b	1.6 a	1.3 a
D.S.H.	1.29	1.65	2.37	20.28	8.68	0.581	1.85

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

## 4.2 Variables evaluadas después de cosecha (madurez)

### 4.2.1 Análisis de varianza

En el Cuadro 2A, el análisis de varianza realizado mostró que para el factor genotipos las variables sanidad de mazorca, sanidad de planta y cobertura de mazorca presentaron diferencias altamente significativas (0.01), mientras que para la variable mazorcas buenas y mazorcas malas, no presentaron diferencias significativas.

Para el factor fecha de cosecha el análisis de varianza realizado indicó que ninguna variable presentó diferencias significativas.

En cuanto al factor interacción genotipo x fecha de cosecha, en la variable sanidad de planta se observó diferencia significativa (0.05), mientras que las variables mazorcas buenas, mazorcas malas, sanidad de mazorca y cobertura de mazorca no mostraron diferencias significativas. Los coeficientes de variación de las variables evaluadas fluctuaron entre 6.1 y 52.8% Cuadro 2A.

El análisis de varianza para las variables rendimiento de grano, peso de 200 granos, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca, y diámetro de olote, se presenta en el Cuadro 3A. En él se observa que el análisis de varianza para el factor genotipos las variables: peso

de 200 granos, longitud de mazorca, granos por hilera y diámetro de olote, mostraron diferencias altamente significativas (0.01), a excepción de las variables número de hileras por mazorca y rendimiento, las cuales mostraron diferencias significativas (0.05), así como la variable diámetro de mazorca que no mostró significancia estadística.

Para el factor fecha de cosecha, las variables: Peso de 200 granos, diámetro de mazorca y diámetro de olote, presentaron diferencias altamente significativas, mientras que las demás variables no presentaron significancia estadística.

En la interacción genotipo x fecha de cosecha, el análisis no presentó diferencias significativas para ninguna de las variables. Los coeficientes de variación fluctuaron entre 3.8 y 27.5%, para rendimiento de grano fue de 27.5% (Cuadro 3A).

#### **4.2.2 Prueba de medias**

##### **4.2.2.1 Factor genotipo**

La prueba de comparación de medias realizada se presenta en el Cuadro 5 para las variables: mazorcas buenas, mazorcas malas, sanidad de mazorca, sanidad de planta y cobertura de mazorca, se observa que las variables número de mazorcas buenas y número de mazorcas malas no presentaron diferencias significativas entre

ningún genotipo, lo cual indica que el comportamiento fue muy similar, aunque el H-137 numéricamente mostró el valor más bajo para el número de mazorcas buenas (11.0) y el más alto para el número de mazorcas malas junto con el Puma 1159 (4.0), lo que sugiere que el genotipo H-137 es menos conveniente desde el punto de vista agronómico, dado que un mayor número de mazorcas malas y el menor número de mazorcas buenas se reflejará desfavorablemente sobre la calidad y cantidad de grano, y finalmente sobre el rendimiento.

La prueba de medias en el Cuadro 5 para la variable sanidad de mazorca presentó diferencias estadísticas entre los genotipos estudiados, siendo el valor más bajo para el H-137 (7.4) y el H-135 el más alto (8.5).

Para la sanidad de planta, la prueba de medias indicó diferencias significativas, presentándose mejor sanidad en los híbridos Puma 1157 y 1159, con respecto a los genotipos H-135 y H-137 de acuerdo a la escala utilizada; Poehlman (1987) señala que los híbridos susceptibles a enfermedades, se ven afectados en el comportamiento total de las plantas que se reflejará en su rendimiento. Esto indica que el Puma 1157 y Puma 1159 resultaron ser los más sanos en comparación con el H-135 y H-137, ya que estos presentaron mayor susceptibilidad a las enfermedades, y menores rendimientos que los Puma (Cuadro 5).



En la cobertura de mazorca se observó un comportamiento similar entre los híbridos Puma 1157 y 1159 con el H-135, ya que éste presentó el valor más bajo para esta característica, por su parte el H-137 mostró que su cobertura es la menos buena de los cuatro híbridos estudiados, presentando las mazorcas más descubiertas de todos; Poehlman (1987), menciona que la cobertura de mazorca protege contra daños causados por el mal tiempo y reduce los daños causados por los insectos y los pájaros; además esto le puede ocasionar que la semilla que se encuentra en la parte superior de la mazorca se pudra o no complete su desarrollo el grano o pueda ser atacada por las aves (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Comparación de medias para las variables mazorcas buenas, mazorcas malas, sanidad de mazorca, sanidad de planta y cobertura de mazorca, evaluadas después de cosecha.**

GENOTIPO	MAZORCAS BUENAS (No.)	MAZORCAS MALAS (No.)	SANIDAD DE MAZORCA	SANIDAD DE PLANTA	COBERTURA DE MAZORCA
P-1157	14.0 a	3.0 a	7.7 a	1.0 c	1.2 b
P-1159	13.0 a	4.0 a	8.3 a	1.0 c	1.3 b
H-135	12.0 a	3.0 a	8.5 a	1.8 a	1.0 b
H-137	11.0 a	4.0 a	7.4 b	1.5 b	2.4 a
D.S.H.	3.455	2.179	0.542	0.317	0.467

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

Como se aprecia en el Cuadro 6 para la variable rendimiento de grano se observó que los genotipos Puma-1157 (7209 kg), Puma-1159 (6579 kg/ha) y H-137 (5543 kg/ha) no fueron estadísticamente diferentes, pero numéricamente sí; entre el Puma-1157 y el Puma-1159 hubo una diferencia de 630 kg; el Puma-1157 con el H-137 presentó una diferencia de 1666 kg; el genotipo que presentó más alto rendimiento fue el Puma-1157 con 7209 kg. y el de menor rendimiento fue el H-135 con 5300 kg; además fue el híbrido más tardío como lo mostraron las floraciones (Cuadro 4). Esto se refiere a que un híbrido que posee un ciclo más largo no necesariamente tendrá un alto rendimiento en comparación con uno de un ciclo más corto, ya que el Puma-1157 presentó un ciclo intermedio alcanzando el más alto rendimiento sin tener un período tan largo.

En cuanto a la variable peso de 200 granos se observó un comportamiento similar con el rendimiento; siendo el H-135 con 46 gramos estadísticamente diferente a los demás híbridos, el genotipo más rendidor fue también el más alto en peso de 200 granos (59 g), que fue el Puma-1157, el genotipo con menor peso de 200 granos fue el H-135 con 46 g y también presentó el menor rendimiento, es decir, que el peso de 200 granos estuvo positivamente asociado con el rendimiento (Cuadro 6).

Para la variable longitud de mazorca el genotipo Puma-1159 presentó el valor más alto (18.3 cm) no siendo estadísticamente diferente al Puma-1157 (17.5 cm), pero sí, con el H-135 (16.6 cm)

y con el H-137 (15.8 cm), que fue el genotipo con menor longitud de mazorca. En este caso la longitud de mazorca no tuvo relación positiva con el rendimiento, ya que el híbrido con mayor rendimiento no coincidió con el de mayor longitud de mazorca; debido a que ésta característica está influenciada por las condiciones ambientales y las características genéticas de la planta. Aunque para ésta variable los híbridos Puma presentaron las mazorcas más grandes en comparación con los genotipos H-135 y H-137, coincidiendo, con los resultados de Tadeo *et al.*, (1996), donde menciona que esta característica los hace más atractivos, y también los Puma 1157 y 1159 mostraron mayor rendimiento que los testigos comerciales (Cuadro 6).

En el número de hileras por mazorca (Cuadro 6), se observó que no hubo diferencias estadísticas entre los genotipos, el valor más alto fue para los híbridos H-135 y H-137 con 18.0, que presentaron los menores rendimientos y los valores más bajos fueron para el Puma-1157 y Puma 1159 con 16.0, ésto nos indica que no hubo relación positiva entre el número de hileras por mazorca y el rendimiento.

Para el número de granos por hilera se observó que el H-137 (28) fue diferente estadística y numéricamente con respecto a los otros genotipos evaluados, y fue el híbrido con menor número de granos por mazorca; el valor más alto resultó ser para el Puma-1159 y para el H-135 con (33) (Cuadro 6).

En la variable diámetro de mazorca, no hubo diferencias estadísticas aunque sí numéricas, el valor más alto fue para el H-137 con 4.7 cm y el menor valor fue para el H-135 y P-1157 con 4.5 cm con una diferencia de 0.20 cm .

Como se aprecia en el Cuadro 6 para el diámetro de olote el valor más alto correspondió al Puma-1159 (2.4 cm) y no hubo diferencias estadísticas con el Puma-1157 (2.3 cm) pero sí con respecto al genotipo H-135 (2.1 cm) que resultó el más bajo y el H-137 (2.2 cm), presentándose una diferencia numérica entre el más alto y el menor de 8.75% .

Para el Cuadro 6 se observa, que los componentes del rendimiento: longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca y diámetro de olote, no estuvieron relacionadas con el rendimiento, es decir, el peso de 200 granos fue la variable que determinó el más alto rendimiento de los genotipos evaluados; Tanaka y Yamaguchi (1984), mencionan que el objetivo de estudiar los factores que afectan el rendimiento, es el de determinar las características claves que controlan la fluctuación en el rendimiento de grano de una variedad.

**Cuadro 6. Comparación de medias para las variables rendimiento, peso de 200 granos, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca y diámetro de olote, evaluadas después de cosecha, en los híbridos P-1157, P-1159, H-135 y H-137.**

GENOTIPO	RENDIMIENTO (kg/ha)	PESO DE 200 GRANOS (gr)	LONGITUD DE MAZORCA (cm)	HILERAS POR MAZORCA (No.)	GRANOS POR HILERA (No.)	DIÁMETRO DE MAZORCA (cm)	DIÁMETRO DE OLOTE (cm)
P-1157	7209 a	59 a	17.5 ab	16 a	32 a	4.5 a	2.3 a
P-1159	6579 ab	56 a	18.3 a	16 a	33 a	4.6 a	2.4 a
H-135	5300 b	46 b	16.6 bc	18 a	33 a	4.5 a	2.1 c
H-137	5543 ab	57 a	15.8 c	18 a	28 b	4.7 a	2.2 bc
D.S.H.	1866	6.3	1.1	2.8	2.5	0.19	0.16

valores con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey  $P < 0.05$ ).

#### 4.2.2.2 Factor fecha de cosecha.

Los resultados de la prueba de comparación de medias realizados para las variables: mazorcas buenas, mazorcas malas, sanidad de mazorca, sanidad de planta y cobertura de mazorca se muestran en el **Cuadro 7**. Se observa que las variables mazorcas buenas y mazorcas malas no presentaron diferencias estadísticas entre las fechas de cosecha, pero numéricamente en las mazorcas buenas se observa un aumento de 2.2, mientras que para las mazorcas malas se presentó una disminución de 1.3, ambas de la primera a la tercera fecha de cosecha. Para la variable sanidad de mazorca no se observan diferencias estadísticas, por lo que ésta variable se mantiene constante con las fechas de cosecha.

En los valores para las variables sanidad de planta y cobertura de mazorca tampoco se observaron diferencias significativas, ya que se mantuvieron constantes con las cosechas y no presentaron daños significativos de una cosecha a otra.

Como se observa el **Cuadro 7** las variables: mazorcas buenas, mazorcas malas, sanidad de mazorca, sanidad de planta y cobertura de mazorca no presentaron diferencias significativas, lo que indica que no se presentaron cambios de las variables en ninguna cosecha que pudieran afectar el rendimiento.

**Cuadro 7 Comparación de medias y significancia estadística de las variables mazorcas buenas, mazorcas malas, sanidad de mazorca, sanidad de planta, cobertura de mazorca, con 3 fechas de cosecha.**

VARIABLE	FECHA 1 151 DÍAS	FECHA 2 165 DÍAS	FECHA 3 179 DÍAS	D.S.H
Mazorcas buenas (No.)	11.2 a	12.8 a	13.4 a	2.71
Mazorcas malas (No.)	4.5 a	3.5 a	3.2 a	1.71
Sanidad de mazorca	7.9 a	8.1 a	8.0 a	0.43
Sanidad de planta	1.3 a	1.2 a	1.4 a	0.25
Cobertura de mazorca	1.6 a	1.4 a	1.4 a	0.37

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



En el Cuadro 8 se observa que para la variable rendimiento de grano no se presentaron diferencias estadísticas entre fecha de cosecha, pero numéricamente sí, ya que para la primera cosecha se observó un rendimiento de 5718 kg/ha y para la tercera 6725 kg/ha, aumentando 1007 kg/ha, lo cual agronómicamente es significativo; el aumento en el rendimiento se debió a que mientras el grano no alcanzó su madurez el rendimiento continuó incrementándose hasta que se estabilizó al llegar a su madurez fisiológica. El máximo rendimiento depende de un peso óptimo de grano que pueda producir la planta.

Con respecto al peso de 200 granos, se observó diferencia estadística significativa de la primera cosecha (50.6 gr) respecto a las otras dos (56 gr y 57.2 gr); esto indica que entre la primera y segunda aumentó el peso de 200 granos, debido a que en esta etapa la planta estaba completando su llenado de grano, lo cual se vio reflejado en el peso, con un aumento de 9.70% de diferencia entre la primera y segunda cosecha; de la segunda a la tercera se observó una diferencia menor de 2.18% y no hubo diferencia estadística, esto se debió a que en ésta etapa se llegó al termino del llenado de grano, se alcanzó la madurez fisiológica y ya no hubo incremento en peso.

Para la variable longitud de mazorca no hubo diferencias estadísticas entre fecha de cosecha, pero numéricamente se observó un pequeño aumento de la segunda cosecha (16.8 cm) a la tercera (17.6

cm); esto debió estar influenciado por las condiciones ambientales y porque los híbridos aún no habían alcanzado su desarrollo completo (Cuadro 8).

Con respecto a la variable hileras por mazorca no se presentaron diferencias estadísticas entre las fechas de cosecha; Jugenheimer (1990) menciona que el número de hileras del grano esta determinado desde la diferenciación de la mazorca por lo que se debe tomar esta variable como característica genética de cada híbrido, esto nos indica que a medida en que el grano llega a su madurez, el número de hileras por mazorca se mantiene constante.

La variable granos por hilera no presentó diferencias estadísticas entre las fecha de cosecha, es decir, esta variable fue constante en las tres fechas de cosecha, debido a que el número de granos depende principalmente de una buena polinización y de que se presenten condiciones ambientales favorables sobre todo de humedad, para que se dé un llenado de grano durante la fase crítica en maíz que es después de la floración, por lo cual la fecha de cosecha no tuvo mucha influencia sobre el número de granos, pero sí sobre el peso del grano porque ésta incide sobre la madurez de los híbridos (Cuadro 8).

En la variable diámetro de mazorca hubo diferencias estadísticas en la tercera fecha de cosecha (4.8 cm) con respecto a las otras dos (4.5 cm); se considera que el aumento en diámetro en la

Última fecha de cosecha está relacionado con que aún no había terminado el crecimiento de este órgano en la planta en éstas fechas.

Para la variable diámetro de olote se observaron diferencias estadísticas entre la segunda cosecha (2.2 cm) con la primera (2.4 cm) y la tercera (2.3 cm), ésta diferencia numéricamente no es muy alta, ya que la diferencia es de 0.15 cm (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Comparación de medias y significancia estadística de las variables rendimiento, peso de 200 granos, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca y diámetro de olote, evaluadas con 3 fechas de cosecha.**

VARIABLE	FECHA 1 (151 DÍAS)	FECHA 2 (165 DÍAS)	FECHA 3 (179 DÍAS)	D.S.H.
Rendimiento (kg/ha)	5718 a	6031 a	6725 a	1466.5
Peso de 200 granos (gr)	50.6 b	56.0 a	57.2 a	4.9
Longitud de mazorca (cm)	16.8 a	16.8 a	17.6 a	0.92
Hileras por mazorca (No)	17.6 a	16.0 a	17.2 a	2.2
Granos por hilera (No)	32.1 a	31.5 a	31.5 a	1.9
Diámetro por mazorca (cm)	4.5 b	4.5 b	4.8 a	0.15
Diámetro de olote (cm)	2.4 a	2.2 b	2.3 a	0.12

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

#### 4.2.2.3 Interacción genotipo x fecha de cosecha

En la interacción genotipo x fecha de cosecha no se realizó la prueba de comparación de medias (Tukey  $P < 0.05$ ), porque el ANOVA no registró diferencias significativas en ninguna variable. En el Cuadro 9 se observa que el genotipo Puma-1157 obtuvo su más alto rendimiento en la tercera cosecha (179 días) con 8459.5 kg/ha y una acumulación de unidades térmicas de 1671.2, con porcentaje de humedad de 28.32 y con presencia de la capa negra. La madurez fisiológica se alcanza cuando el grano tiene una humedad de 35%, según reportan, Aldrich y Leng (1974), Robles (1981), Llanos (1984), Reyes (1985) y Bartolini (1990), lo cual indica que el P-1157 alcanzó la madurez fisiológica un poco antes de la tercera cosecha, porque a los 179 días tuvo una humedad de 28.3% y en la segunda cosecha (165 días) una humedad de 41.6%. Esto indica que entre la segunda y tercera cosecha alcanzó el 35% de humedad, aproximadamente 6 días después de la segunda cosecha, es decir, 171 días después de la siembra.

En lo referente a unidades térmicas, para el Puma-1157 se observó que a los 171 días alcanzó su madurez fisiológica con 1634.1 unidades térmicas. Jugenheimer (1990), señala que las unidades térmicas emplean registros de temperaturas que pueden usarse para predecir el avance de la madurez del maíz. Entre mayor sea la cantidad de energía solar recibida, será más rápido el avance hacia la madurez.

El genotipo Puma-1159 presentó su más alto rendimiento en la tercera cosecha (179 días) con 6740 kg y su acumulación en unidades térmicas fue de 1671.2, con un porcentaje de humedad de 28.5; presentó la capa negra también en la tercera cosecha; su madurez la alcanzó entre la segunda y tercera cosecha como el Puma-1157, ya que presentó su madurez fisiológica (35% humedad) aproximadamente también 6 días después de la segunda cosecha, es decir, a los 171 días, como el Puma-1157, y también presentó 1634.1 unidades térmicas, es decir, ambos híbridos requirieron las mismas unidades térmicas, por lo tanto tienen la misma madurez aunque el Puma-1157 es más rendidor, coincidiendo con los resultados de Martínez, (1994) quien llegó a la conclusión de que el híbrido Puma-1157 es superior en capacidad productiva, que los híbridos comerciales (Cuadro 9).

El H-135 mostró su más alto rendimiento en la última cosecha, 5447 kg/ha, presentó como los anteriores genotipos las mismas unidades térmicas acumuladas a esa fecha (1671.2) y presencia de capa negra. Este híbrido también presentó su madurez fisiológica entre la segunda y tercera cosecha, con un porcentaje de humedad más alto (33.6) en comparación con los demás genotipos, por lo que alcanzó 35% de humedad aproximadamente 10 días después de la segunda cosecha a los 175 días después de la siembra y presentó una acumulación de unidades térmicas de 1648.7; Aldrich y Leng (1974) mencionan que si un híbrido es demasiado tardío, es posible que las

heladas tempranas ocasionen descenso en el rendimiento. Por lo tanto, el H-135 es un genotipo tardío con base a su elevado porcentaje de humedad; el inconveniente de este híbrido es su ciclo tardío, ya que es más susceptible de ser afectado por las heladas, además de no ser el genotipo más productivo de los híbridos evaluados (Cuadro 9).

Los resultados anteriores muestran que los híbridos Pumas presentan un ciclo biológico muy similar, e incluso menor en 14.6 unidades térmicas al híbrido comercial H-135; además en rendimiento el Puma-1157 fue 36.0% más rendidor que el H-135 y a su vez el Puma-1159 fue 24% más productivo que éste (Cuadro 6). Un comportamiento similar reportan Tadeo et al. (1996) donde manifestaron que los Puma-1157 y Puma 1159 son más productivos que el H-135. Las características anteriores de productividad y madurez de los híbridos Pumas de la UNAM les confieren buenas perspectivas de sustituir en corto plazo al H-135 en la Zona de Transición y Valles Altos.

El genotipo H-137 presentó su más alto rendimiento en la última cosecha, 6252.2 kg/ha, y mostró en la segunda cosecha el porcentaje de humedad más bajo (33.62%) en comparación con los otros genotipos, además presentó capa negra en la segunda cosecha, lo que indica que fue entre la primera y segunda cosecha cuando alcanzó su madurez fisiológica (35%) aproximadamente 9 días después de la primera cosecha, es decir, 160 días después de la siembra,

con 1572.6 unidades térmicas acumuladas, aproximadamente, lo que nos indica que este híbrido es el más precoz, pues alcanzó su madurez fisiológica en menos días (Cuadro 9).

Los resultados de madurez mostraron que el híbrido H-137 fue más precoz que los híbridos Pumas en 11 días y en 62.1 unidades térmicas lo cual lo hace más conveniente para establecerlo en estaciones de crecimiento más cortas o para siembras retrasadas, sin embargo, su productividad no es tan alta como la de los Pumas, dado que resultó 30% menos productivo que el Puma-1157 y 18.7% menos productivo que el Puma-1159 (Cuadro 6). Jugenheimer (1990) señala que las cruzas de tres elementos tienen un rendimiento superior que las cruzas dobles. Por lo que en la Zona de Transición y los Valles Altos (hasta 2300 msnm) en siembras tempranas sería ampliamente viable, la utilización de los híbridos Pumas, que son trilineales en relación al H-137, que por ser un híbrido doble, tiene menor potencial productivo.

Como se observa en el Cuadro 9, a medida que disminuyó el porcentaje de humedad con las cosechas, las constantes térmicas fueron aumentando. En este mismo cuadro se muestra que la presencia de la capa negra corresponde a una humedad del grano inferior del 35% como reportan Daynard y Duncan (1969), Llanos (1984) y Bartolini (1990).



En relación a la capa negra, el genotipo que la presentó en menos días fue el H-137, en la segunda cosecha, antes que los demás genotipos, esto indica que fue el híbrido más precoz, aunque no presentó el más alto rendimiento en esa cosecha; los demás genotipos presentaron la capa negra entre la segunda y tercera cosecha, y el Puma-1157 alcanzó el más alto rendimiento de esa cosecha; Daynard y Duncan (1969), mencionan la conveniencia de utilizar la capa negra como indicador confiable de la madurez fisiológica en maíz, ya que es un indicador simple, preciso y adecuado que señala que se ha alcanzado el máximo peso seco del grano.

En todos los genotipos, cuando presentaron la capa negra, el contenido de humedad fue menor del 35%, esto indica que al momento de la presencia de la capa negra, el grano completó su desarrollo y se impidió la entrada de nutrientes al grano produciéndose la madurez fisiológica. Por lo que la presencia de la capa negra puede ser un indicador muy práctico y útil en comparación con el porcentaje de humedad, para conocer el inicio de la madurez fisiológica en los híbridos de la zona de Transición y Valles Altos de México.

**Cuadro 9 Promedios de rendimiento de grano, unidades térmicas, porcentaje de humedad y capa negra en la interacción genotipo x fecha de cosecha.**

GENOTIPO	FECHA DE COSECHA	RENDIMIENTO (kg/ha)	UNIDADES TÉRMICAS <sup>2</sup>	HUMEDAD %	CAPA NEGRA
P-1157	(1) 151 DIAS	6412.0	1497.6	43.45	NO
P-1157	(2) 165 DIAS	6756.7	1606.3	41.65	NO
P-1157	(3) 179 DIAS	8459.5	1671.2	28.32	SI
P-1159	(1) 151 DIAS	6454.2	1497.6	49.27	NO
P-1159	(2) 165 DIAS	6542.7	1606.3	42.32	NO
P-1159	(3) 179 DIAS	6740.0	1671.2	28.55	SI
H-135	(1) 151 DIAS	5191.2	1497.6	49.80	NO
H-135	(2) 165 DIAS	5262.0	1606.3	43.40	NO
H-135	(3) 179 DIAS	5447.0	1671.2	33.62	SI
H-137	(1) 151 DIAS	4813.0	1497.6	42.00	NO
H-137	(2) 165 DIAS	5563.5	1606.3	33.62	SI
H-137	(3) 179 DIAS	6252.2	1671.2	22.22	SI

<sup>2</sup> Unidades térmicas acumuladas a 35% de humedad en los híbridos estudiados.

P-1157 - 1634.1  
P-1159 - 1634.1  
H-135 - 1648.7  
H-137 - 1572.6

72

### 4.3 Estación de crecimiento

#### 4.3.1 Período de crecimiento por disponibilidad de humedad

Como se observa en la Figura 3, se muestran los días del período o estación de crecimiento para la zona de Cuautitlan en el año de 1996; que comprende del día 151 al día 304 del calendario Juliano, que corresponden del 31 de mayo al 31 de octubre; la fecha de siembra del experimento fue el 22 de Mayo, y aunque no coincidió con el principio de la estación de crecimiento, esto no influyó negativamente en los genotipos, ya que se aplicó un riego al día siguiente de la siembra, presentándose un aumento en las precipitaciones, en los días siguientes, hasta alcanzar el inicio de la estación de crecimiento.

Uno de los aspectos importantes en el análisis de la lluvia, es la determinación de los excedentes de humedad en el ambiente, lo cual se denomina como período húmedo; en la Figura 3, se observa que el período húmedo inició el 30 de junio y finalizó el 17 de Octubre de 1996.

En la Figura 3 se aprecia también, la etapa del período húmedo, con una alta disponibilidad de humedad, debido al aumento de las precipitaciones hasta 102.4 mm que comprendió del 31 de agosto al 30 de septiembre; para esta fecha, los genotipos evaluados se encontraban en la etapa de llenado de grano; Aldrich

y Leng (1974), mencionan que las condiciones de humedad favorecen que el grano se llene de manera óptima y produzca un rendimiento más alto .

La terminación del período de crecimiento fue el día 31 de octubre. El híbrido H-137 mostró ser el más precoz, presentando su madurez fisiológica a los 160 días después de la siembra, que correspondió al 30 de octubre, lo que indica que este híbrido se desarrolló dentro del período de la estación de crecimiento; pero no mostró el más alto rendimiento de los genotipos evaluados a pesar de las condiciones favorables de humedad.

Los Puma 1157 y 1159 mostraron un ciclo intermedio-tardío, con 171 días de la siembra a madurez, es decir, presentaron su madurez fisiológica el 10 de noviembre, 10 días después de finalizada la estación de crecimiento, y coincidiendo con una disminución de lluvias, lo cual no afectó a éstos híbridos porque ya se encontraba el grano formado, y empezaba a perder humedad. Doorenbos y Kassam (1979) citados por Corzo (1991), mencionan que el tiempo seco ayuda a reducir la humedad del grano. Lo cual sugiere que apesar de que no alcanzaron perfectamente la estación de crecimiento, no se vieron afectados, ya que presentaron los más altos rendimientos en comparación con los genotipos comerciales H-135 y H-137.

El riesgo que podrían presentar los híbridos puma al pasarse de la estación de crecimiento es que se presentará una helada

temprana que afectara el rendimiento, pero esto puede controlarse con manejo agronómico, es decir, sembrar un poco antes si se cuenta con riego, dado que el inicio de la estación de crecimiento esta determinado por el inicio del periodo de lluvias.

El H-135 presentó la madurez fisiológica 175 días después de la siembra, correspondiente al 14 de Noviembre, es decir 14 días después de finalizada la estación de crecimiento, lo que sugiere que se encontraba el grano perdiendo humedad al término de la estación, por lo cual, la disminución en las precipitaciones no afectó al genotipo H-135 a pesar de no presentar el más alto rendimiento (Cuadro 9).

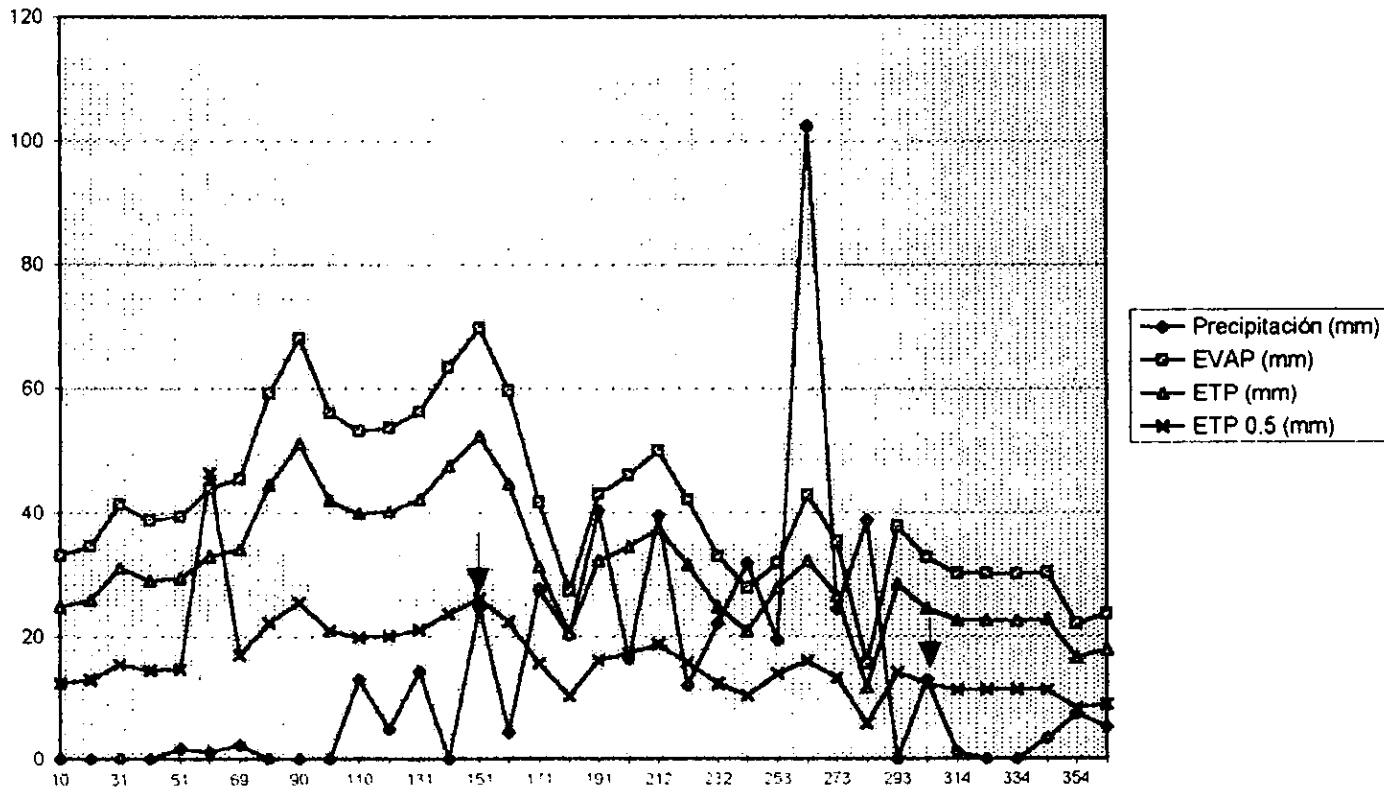


Figura 3. Estación de crecimiento. Cuautitlán Izcalli, Mex. 1996

#### 4.3.2 Período de crecimiento por disponibilidad de temperatura

Se designa con este nombre al período en días durante el cual nuestro cultivo se desarrolla sin ser afectado por bajas temperaturas comúnmente llamadas heladas. Como se observa en la **Figura 4**, hubo 173 días libres de heladas; la fecha de la última helada fue el 30 de abril y la primera helada el 19 de octubre.

El H-137, el más precoz, con 160 días a la madurez (30 de octubre), se observa que alcanzó su madurez 12 días después de terminado el período libre de heladas, por lo que corrió el riesgo de sufrir una helada. Los Puma 1157 y 1159 presentaron 171 días a la madurez, el 10 de noviembre, 23 días después de terminado el período libre de heladas. El H-135 mostró ser el más tardío con 175 días a la madurez, el 14 de Noviembre, es decir 27 días después de terminado el período libre de heladas.

Como se observa en la **Figura 4**, cuando los genotipos evaluados alcanzaron su madurez fisiológica se encontraban fuera del período libre de heladas, por lo que pudieron ser afectados con un margen de un mes, y aunque en este año 1996 no se presentó ninguna helada que pudiera afectar su rendimiento, se sugiere, que para evitar las heladas, se siembren un mes antes de la fecha del experimento, es decir, entre el 15 y el 22 de abril bajo condiciones de riego.

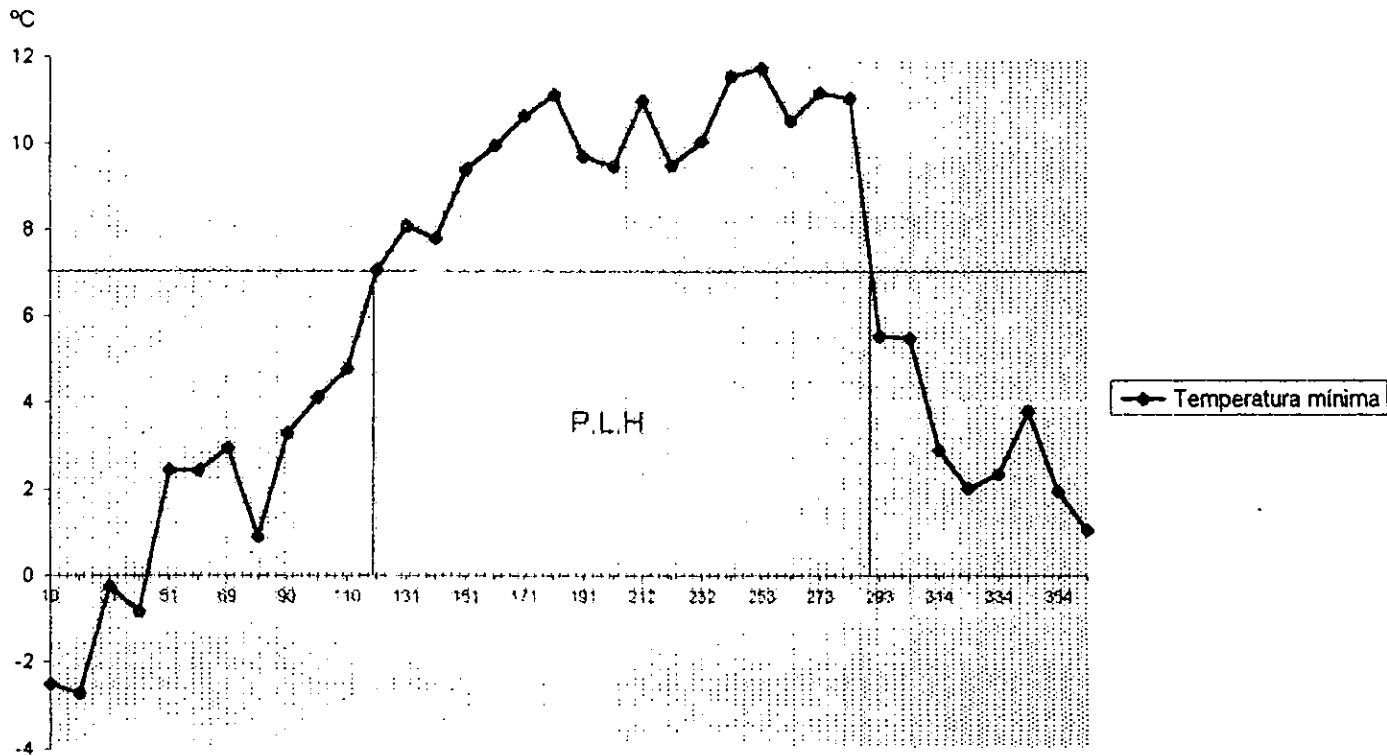


Figura 4. Temperatura mínima. Cuautitlán Izcalli, Mex. 1996



## V. CONCLUSIONES

Con base a los objetivos e hipótesis planteadas y los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los híbridos Puma 1157 y Puma 1159 llegaron a su madurez fisiológica a los 171 días y sus unidades térmicas acumuladas fueron de 1634.1 en base al porcentaje de humedad de 35%.
2. El híbrido H-135 presentó 175 días de la siembra a la madurez fisiológica, y resultó ser 4 días más tardío que los híbridos Puma 1157 y 1159.
3. Los híbridos Puma mostraron una diferencia de 11 días más de la siembra a la madurez fisiológica en su ciclo biológico con respecto al H-137, y presentaron 62.1 unidades térmicas más que el H-137.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 4.- Los híbridos Puma fueron 4 días más precoces en su ciclo biológico con respecto al H-135, y presentaron 14.6 unidades térmicas menos que el H-135.
  
- 5.- Los híbridos Puma 1157 y Puma 1159 presentaron un ciclo más largo (171 días) que el H-137 (160 días), pero fueron más productivos en 30 % y 18.7 % respectivamente que éste.
  
- 6.- La aparición de la capa negra, como índice de madurez fisiológica, resultó efectiva para relacionarla con la madurez fisiológica, dado que, su presencia coincidió con valores menores al 35% de humedad en los cuatro híbridos.

## VI. BIBLIOGRAFIA

81

- Aldrich, R.S. y E. Leng R. 1974. Producción Moderna del Maíz. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. pp. 14,29,236.
- Arteaga R.,R. 1988. Aptitud agroclimática del área de Chapingo, México con respecto al maíz (*Zea mays L.*) (H-30). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. pp. 6-86.
- Bartolini, R. 1990. El maíz. Versión española : A. Rodríguez de Rincón. Editorial Mundi-prensa. Madrid. pp. 21-25,30-31.
- Barros C. y M. Buenrostro. 1997. El maíz nuestro sustento. En: Arqueología Mexicana. Vol. V. No. 25. pp. 6-15.
- Besnier, R.F. 1989. Semillas: Biología y tecnología. Editorial Mundi-prensa. España. pp. 89-90, 636.
- Bowen E.J. y B.A. Kratky. 1985. Mejor almacenamiento de semillas. En: Agricultura de las Américas. Año 34. No.4. pp. 6-10.
- Centro de Investigaciones Agrarias. 1980. El cultivo del maíz en México. Editorial Mexicana. México. p.22.

- Corzo S., J.C. 1991. Estación de crecimiento y potencial térmico para cultivos básicos en el Estado de México. Tesis de Licenciatura. UNAM. FES-Cuautitlán, México. pp. 23-48.
- Cross, H.S. and S.M. Zuber. 1972. Prediction of Flowering Dates in Maize Based on Different Methods of Estimating Thermal Units. *Agronomy Journal*. 64:351-355.
- Daynard, T.B. and W.G. Duncan. 1969. The black layer and grain maturity in corn. *Corp Science*. 9:473-476.
- Daynard, T.B. 1972. Relationships Among Black Layer Formation, Grain Moisture Percentage, and Heart Unit Accumulation in Corn. *Agronomy Journal*. 64:716-719.
- F.A.O. 1968. Definitions of soil units for the soil map of the world UNESCO. Roma.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4a. Edición. Dirección General de Publicaciones. UNAM. México, p. 8.
- Gil, G.M. 1990. Manual de secado y aireación para capacitación de técnicos en conservación de granos. Almacenes Nacionales de Depósito, S.A. Dirección de Operación. Centro Nacional de Investigación, Certificación y Capacitación. México. p. 7.

- González A.,U. 1995. El maíz y su conservación. Editorial Trillas. México. pp.66-67.
- González B.,G. 1987. Épocas de cosechas y determinación de Madurez fisiológica de híbridos de maíz H-135 en Valles Altos. Tesis de Licenciatura UNAM, Cuautitlán Izcalli.pp. 5,13,16-17.
- Hernández L.,A. y A. Carballo C. 1983. Caracterización de genotipos de maíz de Valles Altos por sus requerimientos de Unidades Calor. Centro de documentación Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. No. 43-44. pp. 42-48.
- Jugenheimer, R.W. 1990. Maíz: Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial Limusa. México pp. 128,235-236,506.
- Lafitte, H.R. 1994. Identifying Production Problems in Tropical Maize:A Field Guide. México, D.F. CIMMYT. p. 2.
- Lindblan, C. y L. Druben. 1976. Almacenamiento del grano manejo-secado-silos-control de insectos y roedores. Editorial Concepto S.A. México. pp.29,32.
- Llanos, M. 1984. El maíz: Su cultivo y aprovechamiento. Editorial Mundi-prensa. Madrid. pp. 72,193,291,

- Martínez M.,R. 1994. Capacidad productiva de híbridos Trilineales experimentales de maíz (*Zea mays L.*), Pumas en Valles Altos. Tesis de Licenciatura, UNAM FES-Cuautitlán, México. p.61
- Márquez S.,F. 1995. Metodos de mejoramiento genetico del maíz. Dirección de Centros Regionales, Universidad Autonoma Chapingo. México. p.74
- Mederski, H.J., E.M. Miller and C.R. Weaver. 1973. Accumulated Heart Units for Classifying Corn Hybrid Maturity. Agronomy Journal. 65:743-746.
- Meier, H.M. 1978. Plantas, cultivos, cosechas. Editorial Aedos. España. p. 509.
- Mercado M.,G. 1997. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Almaraz. FES-C UNAM. Cuautitlán Izcalli. Méx.
- Metcalfe, D.S. y M.D. Elkins. 1987. Producción de cosechas (fundamentos y prácticas). Editorial Limusa. México. p. 463.
- Moreno M.,E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. UNAM. México. pp. 252.

- Poehlman, M.J. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas.  
Editorial Limusa. México. p. 271,286-298.
- Prieto V.,J. 1984. Medidores de humedad del grano. En:Agricultura de las Américas. Año 33. No. 8. pp. 16-17,30-33.
- PRONASE. 1996. Materiales sugeridos de maíz para alturas medias, Valles Altos y zona tropical. Folleto de divulgación. Hidalgo, Méx.
- Reyes C.,P.1985. Fitogenotecnia. Editorial AGT Editor S.A. México. pp. 334-335.
- Reyes C.,P. 1990. El maíz y su cultivo. Editorial AGT Editor S.A. México. pp. 137, 139.
- Robles S.,R. 1981. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. 2a. Edición. México. pp. 78.
- Shaw, R.H. 1989. El cultivo de maíz: Requerimientos climáticos. En: Boletín de intercambio técnico y científico de la Sociedad Mexicana de Fitogenética, No. 8 Chapingo. México. pp.11-12.
- Skalka, E. 1995. Determination of the physiological maturity of maize (*Zea mays* L. conv. *dentiformis*) on the basis of the

measurement of maximum thousand-grain weight. *Acta-Agronomica-Ovariensis*. 37:2, 177-184.

Tadeo R., M. A. Espinosa C., P. Cruz G., A. Piña D.V., R. Martínez M. y A.M. Solano. 1996. Rendimiento de los híbridos de maíz Puma 1157 y Puma 1159 en Tlaxcoapan, Hidalgo. En: X Foro de Investigación Multidisciplinaria. UNAM, Campus Cuautitlán. pp. 23-26.

Torres R., E. 1995. Agrometeorología. Editorial Trillas. México. pp. 62-64.

Tanaka, A. y Yamaguchi, J. 1984. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento de grano en maíz. Trad. J. Kohashi S. 3a. Edición. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. p. 76.

Vieira, R.D., L. Minohara, M. De Carvalho N., C.M. Bergamaschi M. 1995. Relationship of black layer and milk line development on maize seed maturity, In: *Scientia-Agricola*. 52:1, 142-147.

Villalpando I., J.F. y J.A. Ruíz C. 1993. Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Editorial Limusa. México. pp 62-64.



## **VII. APENDICE**

**Cuadro 1A. Cuadrados medios y significancia estadística de las siete variables evaluada antes de cosecha.**

F.V.	G.L.	cinco hojas liguladas	flora- ción masc.	flora- ción fem.	altura de planta	altura de mazorca	acame	cuateo
Repeticiones	5	1.28 NS	1.36 NS	1.3 NS	355.1 NS	46.2 NS	0.1 NS	4.8 *
Genotipos	3	4.44 **	31.38 **	79.83 **	1675.5 **	1843.4 **	0.8 **	0.7 NS
Error	15	0.60	0.98	2.03	148.6	27.2	0.1	1.2
C.V.		3.0	1.1	1.6	5.6	3.4	26.2	67.0

\*\*Altamente significativa (0.01). \* Significativo (0.05). NS No significativo.



**Cuadro 2A. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables mazorcas buenas, mazorcas malas, sanidad de mazorca, sanidad de planta y cobertura de mazorca, evaluadas después de cosecha.**

F.V.	G.L.	MAZORCAS BUENAS	MAZORCAS MALAS	SANIDAD DE MAZORCA	SANIDAD DE PLANTA	COBERTURA DE MAZORCA
Genotipos	3	13.38888 NS	8.05555 NS	3.40972 **	2.00000 **	4.72222 **
Fecha de cosecha	2	20.31250 NS	7.00000 NS	0.14583 NS	0.14583 NS	0.18750 NS
Gen x cos	6	2.61805 NS	4.88888 NS	0.28472 NS	0.22916 *	0.15972 NS
Error	36	9.87500	3.93055	0.24305	0.83333	0.18055
C.V.		25.13961	52.86834	6.14657	21.65064	28.32789

\*\* Altamente significativo (0.01)  
NS no significativo

\* Significativo (0.05)

89

Cuadro 3A. Cuadrados medios y significancia estadísticas de las variables rendimiento, peso de 200 granos, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca y diámetro de olote, evaluadas después de cosecha.

F.V.	GL	Rendimiento	Peso de 200 granos	Longitud de mazorca	Hileras por mazorca	Granos por hileras	Diámetro de mazorca	Diámetro de olote
GENOTIPOS	3	9588265.7 *	402.576 **	13.311 **	20.040 *	71.922 **	0.061 NS	0.110 **
FECHA DE COSECHA	2	4249042.0 NS	202.270 **	3.530 NS	11.389 NS	1.920 NS	0.328 **	0.146 **
GEN*COS	6	928666.8 NS	18.826 NS	2.213 NS	2.657 NS	3.895 NS	0.017 NS	0.005 NS
ERROR	36	32.395	32.395	1.124	6.431	5.053	0.030	0.020
C.V.		27.556	10.423	6.213	14.972	7.084	3.813	6.265

\*\* Altamente significativa (0.01) \* Significativo (0.05)  
 NS no significativo

90