

10A
29.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "CUAUTITLAN"

FLORACION, MADUREZ FISIOLÓGICA Y PERIODO
DE LLENADO DE GRANO EN HIBRIDOS MODERNOS
DE MAIZ DE CRUZA SIMPLE DE VALLES ALTOS.

TESIS QUE PRESENTA

JOSE LUIS GOMEZ GALLEGOS

ANTE EL SIGUIENTE JURADO

PRESIDENTE	M.C. JOSE LUIS ARELLANO VAZQUEZ.
VOCAL	M.C. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERON.
SECRETARIO	ING. RAYMUNDO GOMEZ ORTA.
1ER. SUPLENTE	ING. GUILLERMO BASANTE BUTRON.
2DO. SUPLENTE	ING. EDGAR ORNELAS DIAZ.

CUAUTITLAN, IXCALLI, MEXICO; AGOSTO DE 1988

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

- i) Índice General
- ii) Índice de Cuadros
- iii) Resumen

1. Introducción	1
1.1. Hipótesis	2
2. Revisión de Literatura	3
2.1. Aspectos Generales	3
2.2. Características Botánicas	4
2.3. Desarrollo	6
2.4. Las Etapas Fenológicas en Relación al Ambiente	13
2.4.1. Siembra a Emergencia	13
2.4.2. Emergencia a Floración Maculina y Femenina	16
2.4.3. Floración Maculina y Femenina	20
2.4.4. Pérido de Llenado de Grano	29
2.4.5. Madurez Fisiológica	34
3. Materiales y Métodos	40
3.1. Ubicación del Campo Experimental	40
3.2. Material Genético	40
3.3. Manejo del Cultivo	42
3.4. Datos de Campo	43
3.5. Diseño de Campo y Análisis Estadístico	45
4. Resultados	46
4.1. Análisis de Varianza	46
4.2. Correlaciones	65
5. Discusión	72
6. Conclusiones	83
7. Bibliografía	85

INDICE DE CUADROS

No. CUADROS		PAG.
2.1	Características de la flor masculina (espiga) y femenina (mazorca) del maíz.	21
2.2	Efectos de la temperatura y del fotoperíodo sobre la floración del maíz.	26
3.1	Características generales de los híbridos utilizados.	41
4.1	Valores máximo, mínimo y promedio, coeficiente de variación y significancia estadística (ANOVA) para etapas fenológicas y caracteres agronómicos de 61 genotipos de maíz de Valles Altos de distinto grado de madurez, Chapingo, Méx. 1987.	47
4.2	Promedio, desviación standard y coeficiente de variación para rendimiento, etapas fenológicas y características agronómicas de genotipos precoces, intermedios y tardíos de maíz de Valles Altos, Chapingo, Méx. 1987.	49
4.3	Rendimiento y etapas fenológicas: floración masculina y femenina, período de llenado de grano y madurez fisiológica en híbridos precoces de maíz de Valles Altos, Chapingo, Méx. 1987.	50
4.4	Rendimiento y etapas fenológicas: floración masculina y femenina, período de llenado de grano y madurez fisiológica en híbridos intermedios de maíz de Valles Altos, Chapingo, Méx. 1987.	51
4.5	Rendimiento y etapas fenológicas: floración masculina y femenina, período de llenado de grano y madurez fisiológica en híbridos tardíos de maíz de Valles Altos, Chapingo, Méx. 1987.	52
4.6	Rendimiento y características agronómicas de una serie de híbridos precoces de maíz de Valles Altos, Chapingo, Méx. 1987.	56
4.7	Rendimiento y características agronómicas de una serie de híbridos intermedios de maíz de Valles Altos, Chapingo, Méx. 1987.	57
4.8	Rendimiento y características agronómicas de una serie de híbridos tardíos de maíz de Valles Altos, Chapingo, Méx. 1987.	58

No.
CUADROS

PAG.

4.9	Coefficientes de correlación y su nivel de significancia para etapas fenológicas, rendimiento y características agronómicas de 20 híbridos precoces de maíz de Valles Altos, Chapingo, Méx. 1987.	66
4.10	Coefficientes de correlación y su nivel de significancia para etapas fenológicas, rendimiento y características agronómicas de 20 híbridos intermedios de maíz de Valles Altos, Chapingo, Méx. 1987.	69
4.11	Coefficiente de correlación y su nivel de significancia para etapas fenológicas, rendimiento y características agronómicas de 21 híbridos tardíos de maíz de Valles Altos, Chapingo, Méx. 1987.	70
4.12	Coefficientes de correlación y su nivel de significancia para etapas fenológicas, rendimiento y características agronómicas de 61 híbridos de maíz de Valles Altos, Chapingo, Méx. 1987.	71

RESUMEN

Se estableció un experimento en campo con el objeto de determinar la duración en días de las etapas fenológicas: floración masculina y femenina, periodo de llenado de grano y madurez fisiológica, así como la correlación entre éstas y de ellas mismas con el rendimiento y características agronómicas, bajo condiciones de riego, en una serie de híbridos modernos de maíz de cruza simple de Valles Altos, de distinto grado de madurez.

Se encontró amplia variación para la duración de las etapas fenológicas, el rendimiento y los caracteres agronómicos, lo que produjo diferencias significativas entre genotipos y entre grupos de madurez.

Los híbridos precoces tuvieron promedios de 76, 79, 103 y 182 días a las etapas fenológicas floración masculina, femenina, periodo de llenado de grano y madurez fisiológica con un rendimiento de 8.9 ton ha^{-1} ; en tanto que los híbridos del grupo intermedio necesitaron de 83, 88, 103 y 192 días a esas etapas y su rendimiento fue de 11.3 ton ha^{-1} .

Para el grupo de híbridos tardíos se encontró que el número de días a floración masculina fue de 93, a floración femenina 97, del periodo de llenado de grano 106 y a la madurez fisiológica 203, en promedio y su rendimiento es de 12.1 ton ha^{-1} .

En el grupo de híbridos precoces nueve híbridos modernos de cruza simple (variedades 13, 14, 15, 21, 23, 24, 26, 28 y 29) excedieron el rendimiento del testigo tradicional (SC p H32) desde 2.8 hasta en 39.2%; tam-

bién en el grupo de híbridos intermedios hubo ocho híbridos modernos (variedades 5, 6, 11, 12, 16, 17, 18 y 19) que superaron el rendimiento de la crusa simple hembra del H30 en 1.9 a 23.8%.

En el grupo de híbridos tardíos el mejor híbrido moderno de crusa simple sólo rindió el 88.2% del testigo (CS y H131) pero fue mejor en el aspecto de planta ya que mostró mejor precocidad y características de planta (altura) que aquél.

No se encontró correlación entre el rendimiento y la duración de las etapas fenológicas dentro de cada grupo de madurez, pero cuando se incluyeron todos los genotipos hubo coeficientes de correlación de: (0.57**) entre el número de días a floración masculina y el rendimiento, (0.55**) entre éste y el número de días a floración femenina, (0.40**) del número de días a madurez fisiológica con el rendimiento, (-0.54**) entre el intervalo de floración masculina y el rendimiento y de (-0.54**) entre el intervalo de floración femenina y de rendimiento.

1. INTRODUCCION

El desarrollo de un cultivo depende en gran parte de las condiciones ambientales puesto que éstas determinan la intensidad, duración y equilibrio de las distintas etapas fenológicas que ocurren en las plantas (Evans y Wardlaw, 1976). Por esto, a través del mejoramiento se han modificado algunas características de las plantas que están relacionadas con sus respuestas a los factores ambientales con el objeto de lograr mayor adaptación y obtener una máxima respuesta al estímulo de dichos factores.

Una premisa fundamental en el mejoramiento ha sido incrementar los rendimientos y acortar el ciclo biológico, sobre todo en aquellas especies que se cultivan en localidades donde la estación de crecimiento es corta.

Específicamente en maíz, en los híbridos modernos para los Valles Altos de la Mesa Central, se intenta reducir el ciclo biológico y a la vez aumentar el rendimiento de grano.

En este estudio se analiza el comportamiento en campo de una serie de híbridos de cruce simple para Valles Altos, bajo condiciones de riego, con los siguientes objetivos:

1. Determinar la duración de las etapas fenológicas:

- Emergencia a floración masculina.
- Emergencia a floración femenina.
- Emergencia a madurez fisiológica.
- Floración masculina a floración femenina

-Floración femenina a madurez fisiológica.

2. Determinar el rendimiento y caracteres agronómicos de los híbridos modernos; clasificados en base a la duración de las etapas fenológicas y su comparación con los híbridos comerciales.
3. Determinar la correlación de las etapas fenológicas indicadas con el rendimiento y caracteres agronómicos para cada grupo de híbridos simples clasificados en base a la duración de sus etapas fenológicas.

1.1 Hipótesis

1. Dentro de cada grupo de madurez existen híbridos modernos que superan el rendimiento y mejoran la expresión de las etapas fenológicas de los híbridos comerciales.
2. Existen diferencias significativas en la duración de etapas fenológicas en híbridos, entre y dentro de cada grupo de madurez.
3. La correlación entre rendimiento y la duración de las etapas fenológicas es más estrecha en los híbridos precoces.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Aspectos Generales.

En las plantas existe una coordinación temporal del desarrollo, la cual involucra una secuencia ordenada de cambios en todos los niveles de organización. Así, la planta completa pasa a través de fases sucesivas durante su ciclo de vida a saber: germinación y crecimiento vegetativo, floración, fructificación, maduración y senescencia. Esta secuencia de cambios puede involucrar sistemas de control que aseguren su coordinación en el tiempo (Wareing y Phillips, 1970).

Dentro de la planta puede operar un sistema de control por si solo, i.e. su acción podría ser de origen autónomo o ser activado o regulado por factores ambientales (Wareing y Phillips, 1970).

Las plantas cultivadas difieren ampliamente en su respuesta a los factores ambientales. Ellas difieren entre especies, entre cultivares en una especie y entre las etapas fenológicas en un cultivar. La respuesta refleja diferencias en el área de adaptación y en los mecanismos biológicos involucrados para prosperar en ambientes adversos (Major, 1980).

Las expresiones de los caracteres agronómicos en las plantas cultivadas son el resultado de interacciones ambientales con patrones de desarrollo controlados genéticamente (Siemer et al, 1969).

La planta de maíz es un organismo complicado cuyo desarrollo es afectado por su constitución genética, el ambiente en el cual ésta crece, y la interacción de ambos durante su ciclo de vida (Gardner, 1987).

El maíz, debido a sus muchos tipos divergentes, se cultiva en un amplio rango de condiciones climáticas. Algunos cultivares crecen muy cortos, otros más de 6 a 8 m de altura; algunos requieren de 60 a 70 días para madurar el grano después de la emergencia, otros requieren de 10 a 11 meses (Shaw, 1977) por lo que el rendimiento de grano puede variar considerablemente de estación a estación, de año en año y de una localidad a otra debido a diferencias en la temperatura, radiación incidencia y disponibilidad de humedad en el suelo que ocurre en diferentes etapas de crecimiento (Osafo y Milbourn, 1975).

Todas las plantas normales de maíz, siguen el mismo patrón de desarrollo, pero el tiempo específico entre etapas y el número de hojas desarrolladas puede variar entre los diferentes híbridos, diferentes estaciones, diferentes fechas de siembra y localidades (Hanway, 1971).

Puesto que el maíz es un cultivo de polinización abierta, la mayoría de sus razas nativas exhiben una gran variabilidad genética. Un cultivo de polinización abierta tal como el maíz, ofrece oportunidades únicas para producir y liberar varios tipos de cultivares, ya sean híbridos o variedades de polinización abierta. Genéticamente se han cruzado diversos tipos de maíz para producir poblaciones que se han sometido a varios ciclos de mejoramiento (CIMMYT, 1986).

2.2 Características Botánicas.

El maíz, como un miembro de la familia Graminae, posee muchas características comunes a los demás pastos, tales como nudos visibles en los tallos, una sola hoja en cada nudo, las hojas en dos posiciones opuestas,

(disticas) cada hoja consiste de una vaina que rodea al tallo y una lámina extendida al tallo por una unión (ligula) (Kieselbach, 1949).

El maíz normalmente es una planta monoica con sus flores estaminadas en la espiga, la cual emerge en el extremo del tallo, y sus flores pistiladas en las mazorcas las cuales se desarrollan en las ramas basales o en los macollos (Kieselbach, 1949). Las yemas axilares de la planta de maíz emergen en sucesión acropétala. La yema de más abajo en la axila de la primera hoja está bien desarrollada en 2 a 3 días después de la germinación (Sass y Loeffel, 1960). No todas las zonas meristemáticas están definidas claramente en el brote de la espiga o la mazorca en las primeras etapas de desarrollo, conforme los brotes crecen las zonas meristemáticas se distinguen más claramente y se desarrollan totalmente en el brote floral. Los brotes laterales (macollos y espiguillas) y las flores muestran el mismo desarrollo progresivo de las zonas meristemáticas que en el brote principal, excepto que la periferia del meristema no es tan prominente en los brotes de las espiguillas y las flores (Bonnett, 1953).

Durante las primeras etapas de desarrollo del tallo, se produce un brote en la axila de cada hoja. Las mazorcas se desarrollan en uno o dos de los brotes axilares superiores. Los brotes axilares que emergen en la base del tallo permanecen no funcionales o producen macollos, algunos de estos producen mazorcas bien desarrolladas. La iniciación y el desarrollo de la espiga precede el desarrollo de la mazorca (Stevens et al, 1986). Aunque la espiga comienza primero su desarrollo, los brotes de mazorca se desarrollan bastante rápido de tal forma que los estigmas emergen inmediatamente después de que es liberado el primer polen

(Bonnett, 1954).

Cuando el polen es liberado por las espigas, sólo germina aquel que es interceptado por estigmas frescos y cuando germinan varios granos de polen sobre el mismo estigma, generalmente solo funciona uno en la fertilización. La mayor parte de polen se pierde porque cae al suelo o en las hojas y se acumula en las axilas (Kiesselbach, 1949).

La emergencia de los estigmas ocurre muy rápidamente en el primer y segundo días, después la tasa de emergencia se detiene cuando han emergido todos los estigmas, hacia el cuarto día (Sadrás et al, 1985).

El desarrollo del grano de maíz inicia con la fertilización del huevo y los núcleos endospermáticos, de 26 a 28 hs después de la polinización. El núcleo endospermático comienza a dividirse inmediatamente después de la fertilización, sin embargo, la primera división en el huevo fertilizado no ocurre sino hasta 10 a 12 hs después. A los 20 días después de la polinización el 89% de las semillas germinan pero el porcentaje de plántulas vigorosas es bajo. Alrededor de 45 días después de la polinización el grano de maíz alcanza la madurez completa (Bonnett, 1954).

2.3. Desarrollo.

El desarrollo es un proceso gradual que toma tiempo para realizarse totalmente. Generalmente va acompañado de un aumento en el tamaño y peso e involucra la aparición de nuevas funciones y estructuras, pérdida de las primeras y se caracteriza por cambios en la velocidad de crecimiento, tanto temporal como espacial que eventualmente disminuye o cesa cuando se alcanzan dimensiones maduras (Grajales, 1980).

Durante su ciclo biológico, los vegetales atraviesan por distintas etapas acomodadas a cierto ritmo periódico, como la brotación, la floración, la maduración, etc.; como es natural estos fenómenos se relacionan con el clima de la localidad en que ocurren y viceversa, el estudio de estos fenómenos se conoce como fenología (Font Quer, 1977).

El ciclo de vida de las plantas se divide en fases, esto es, la aparición, transformación o desaparición rápida de los órganos; dos fases sucesivas delimitan una etapa o subperíodo (De Fina y Ravelo, 1979). Para que se manifiesten esas etapas, dentro de la planta deben ocurrir ciertos procesos que induzcan un estímulo mismo que se traducirá en una nueva estructura o dará lugar a la manifestación de algún mecanismo fisiológico (Wareing y Phillips, 1970). En gran parte esos procesos dependen de las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrolla el cultivo; por tanto, duración y equilibrio entre ellas son determinados por el microclima (Denmead y Shaw, 1960). Es conveniente observar que un fenómeno meteorológico benéfico para la planta en una etapa puede ser perjudicial en otra (Hinojosa, 1984).

Una característica importante de los cereales es la clara y relativa separación en fases de su ciclo de vida que ocurre en los órganos intrínsecos de crecimiento (Evans y Wardlaw, 1976).

Ha existido una preocupación constante, por parte de los investigadores comprender cuales son los factores requeridos por las plantas, durante su desarrollo, para que estas produzcan sus frutos a su mayor potencial, así varios autores (citados por Shaw, 1977) han intentado definir las condiciones climáticas limitantes para la producción de maíz.

Sin embargo, las necesidades del cultivo son distintas durante su desarrollo, por tanto se han propuesto muchos modelos como una función de las variables ambientales (Daughtry et al, 1984). Estos modelos están basados en los patrones de desarrollo; además se consideran distintos eventos para definir las etapas fenológicas; así, Berger (1962) propone tres etapas de desarrollo para la planta de maíz, mismas que se dividen en: 1) período vegetativo, (siembra a emergencia y emergencia a floración masculina y femenina), 2) período reproductivo (polinización y fecundación hasta máxima acumulación de materia seca) y 3) período de maduración y secado de la planta.

Por su parte Tanaka y Yamaguchi (1984) dividen el proceso de desarrollo de las plantas de maíz en cuatro etapas, a saber:

1. Fase vegetativa inicial: brotan las hojas y posteriormente se desarrollan en sucesión acropétala. La producción de materia seca es lenta; esta fase termina al iniciarse ya sea la diferenciación de los órganos reproductivos o la elongación de los entrenudos, o bien en ambos casos.

2. Fase vegetativa activa: se desarrollan las hojas, el tallo y el primordio de los órganos reproductivos. Hay un incremento activo del peso de las hojas, y después, del tallo. Esta fase termina con la emisión de los estigmas.

3. Fase inicial de llenado de grano: el peso de las hojas y el tallo continúa incrementándose a una velocidad menor. Continúa el aumento en el peso de las brácteas y del raquis, y el peso de los granos se incrementa lentamente. Esta fase podría considerarse como una transición en-

tre la fase vegetativa y el llenado de grano, y;

4. Fase de llenado activo del grano: hay un rápido incremento en el peso de los granos, que va apareado con un ligero abatimiento del peso de las hojas, tallo, brácteas y raquis.

Shaw y Thom (1951) dividen el ciclo de vida del maíz en las siguientes etapas: 1) Siembra a emergencia, 2) Emergencia a espigamiento, 3) Espigamiento a emisión de los estigmas y 4) Emisión de los estigmas a madurez.

Otro sistema de clasificación de las etapas de crecimiento del maíz considera distintos criterios para identificar los estadios de crecimiento, en este sistema se definen 10 etapas que son designadas en orden progresivo, desde 0: cuando el ápice de la planta emerge del suelo, hasta 10 cuando la planta está fisiológicamente madura (Hanway, 1963, 1971).

ETAPA DE DESARROLLO	DÍAS	CARACTERISTICAS USADAS PARA SU IDENTIFICACION EN CAMPO
0	0	Emergencia de la planta: El ápice del coleoptilo es visible en la superficie del suelo.
1	14	Collar de la 4ta. hoja visible.
2	28	Collar de la 8va. hoja visible: las hojas 1 y 2 podrfan haberse secado.
3	42	Collar de la 12va. hoja visible: las hojas 3 y 4 podrfan haberse secado.
4	56	Collar de la 16va. hoja visible: los ápices de muchas espigas son visibles. Las hojas 5 y 6 podrfan haberse secado.
5	66	El 75% de las plantas tienen estigmas visibles. Liberación del polen.
6	78	12 días después del 75% de emisión de estigmas. Los granos están en la etapa de "vejiga".
7	90	24 días después del 75% de emisión de estigmas. Al final de la etapa de "tostado de la mazorca".

ETAPA DE DESARROLLO	DIAS	CARACTERISTICAS USADAS PARA SU IDENTIFICACION EN CAMPO
8	102	36 días después del 75% de emisión de estigmas. Inicio de grano dentado.
9	114	48 días después del 75% de emisión de estigmas. Grano completamente dentado.
10	126	60 días después del 75% de emisión de estigmas. Grano fisiológicamente maduro.

Sin embargo, el análisis más completo del desarrollo de la planta de maíz es propuesto por Stevens et al (1986), ellos identifican cada etapa mediante un análogo numérico; que va de 0.00 para la siembra a 14.00 para la madurez fisiológica; a continuación se presenta:

ANALOGO	ETAPA Y SU DESCRIPCION:
0.00-0.90	<p>Siembra a emergencia: Por definición la siembra es análoga con la etapa 0.00, la emergencia del coleoptilo 0.5; y la exposición de la lígula de la 1ra hoja, 1.0. Las subetapas de 0.00 a 0.05 se identifican de acuerdo a la localización terminal del coleoptilo en relación a la superficie del suelo.</p> <p>Al nudo escutelar y al mesocotilo o entrenudo escutelar se les asignó un valor de 0.25 en tanto que al nudo coleoptilar y su entrenudo se les asignó un valor de 0.5.</p>
1.00-10.00	<p>Follaje y emergencia de la espiga: Una hoja se considera totalmente emergida cuando el collar y las aurículas son completamente visibles. Los nudos, entrenudos, y hojas se numeran secuencialmente desde la primera hoja. Por ejemplo, una descripción completa de una planta de maíz en la cual el collar y las aurículas de la sexta hoja estaban <u>lo</u> calizadas a la mitad junto con la vaina de la quinta hoja, la hoja más reciente totalmente emergida (i, e, el collar y las aurículas eran visibles encima de las aurículas de la hoja precedente) debería describirse como: fase de</p>

ANALOGO

ETAPA Y SU DESCRIPCION:

preespigamiento, etapa de quinta hoja, subetapa 0.5. Las subetapas se determinan, por tanto, por la posición del collar y las aurículas de la hoja que emerge (hoja indicadora más uno), en relación a la longitud total de la vaina de la hoja más recientemente emergida. Conforme las plantitas se desarrollan y las hojas inferiores se pierden, la elongación del cuarto, quinto, sexto y séptimo entrenudo proporcionan una base para determinar la etapa foliar y la subetapa. El número de hojas se determina contando los entrenudos, comenzando en el primer entrenudo, igual o mayor de 2.0 cm de longitud.

10.0

Emergencia de la espiga (completa). Considerada como si ésta fuera una hoja adicional de acuerdo a la posición relativa de las ramas basales de la espiga con respecto al collar y las aurículas de la última hoja (bandera). Se considera que la espiga está totalmente emergida cuando las ramas inferiores son enteramente visibles abajo del collar y la aurícula de la hoja bandera.

10.25 Inicio

10.375 Medio

10.50 Fin

Antesis (inicio, medio, fin): Considerada de acuerdo a la proporción de una espiga fértil con anteras completamente emergidas que liberan polen activamente.

Característicamente, la liberación del polen inicia en un punto del eje central y progresa acropétalmente (hacia arriba) y después basipétalmente (hacia abajo), y es seguida por las ramas laterales. La florecilla adaxial de cada espiguilla libera polen antes que la florecilla abaxial. El desarrollo de los órganos reproductivos masculinos y femeninos no siempre está sincronizado en la misma planta, sin embargo, bajo condiciones con material comercial, la floración femenina coincide con el 75 a 100% de las espigas desarrollando polen activamente. Se reconocen 3 subetapas como divisiones iguales: inicio (25%), medio (50%) y final (75%).

- 10.50 Inicio Fertilización (inicio, medio, fin): Reconocida de acuerdo a la proporción de estigmas en la mazorca primaria que han cesado su elongación y comienzan a tornarse cafés. Se reconocen 3 subetapas como divisiones iguales inicio (25%), medio (50%) y final (75%).
- 10.625 Medio
- 10.75 Fin
- 10.75 Inicio Marchitamiento de estigmas: Reconocida de acuerdo a la proporción de estigmas en la mazorca principal que se han tornado café oscuro. Para esta etapa la liberación del polen y la fertilización han sido completadas y el endospermo comienza a desarrollarse rápidamente. También se reconocen tres subetapas: inicio (25%), medio (50%, fin (75%).
- 10.825 Medio
- 11.0 Fin
- 11.0 Inicio Vejiga: Los granos aparecen como granos blancos traslúcidos.
- 11.25 Medio El endospermo y el fluido interior son de color claro, y el embrión es visible en disecciones. Se reconocen las mismas 3 subetapas.
- 11.50 Fin
- 11.50 Inicio Lechoso: Asociado con el incremento en la viscosidad del endospermo para semejar una sustancia lechosa. Se reconocen las mismas 3 subetapas.
- 11.75 Medio
- 12.00 Fin
- 12.00 Inicio Masoso Suave: El mayor depósito de almidón en el endospermo provoca el paso a una consistencia densa semejante a masa, y los detalles foliares son evidentes macroscópicamente en el embrión. También se conocen 3 subetapas.
- 12.25 Medio
- 12.50 Fin
- 12.50 25% de sólidos: Los granos del tercio basal de la mazorca comienzan a formar "diente".
- 13.00 50% de sólidos: Cuando el endospermo de la mayoría de los granos muestran signos definidos de endurecimiento en el punto adyacente a la porción distal del embrión. Para esta etapa las brácteas que cubren la mazorca comienzan a secarse rápidamente.

- 13.50 75% de sólidos: Para esta etapa, bajo condiciones climáticas y fechas de siembra normales, ha comenzado a desarrollarse una coloración diferente a la café en la región placentar de los granos. Se nota que el embrión está casi totalmente desarrollado .
- 14.00 100% de sólidos: Bajo condiciones climáticas y fechas de siembra normales y sin factores restrictivos adicionales, esta etapa se determinó como el punto de máxima acumulación de materia seca en el grano y se supone que generalmente coincide con la madurez fisiológica.

2.4 Las etapas fenológicas en relación al ambiente:

La influencia del clima sobre la planta de maíz inicia desde antes de la siembra; las condiciones del suelo son especialmente importantes antes de la siembra para determinar las reservas de humedad. Con el amplio rango de condiciones que ocurren donde se cultiva el maíz, los cambios en las reservas de humedad del suelo varían grandemente dependiendo de la precipitación y la temperatura (Shaw, 1977).

2.4.1 Siembra a emergencia

Con la germinación de la semilla principia el ciclo de vida de las plantas (Major, 1980). Major (1980) y Shaw (1977) mencionan que el periodo de siembra a emergencia depende de la temperatura, humedad y aereación del suelo, así como del vigor de la semilla.

Shaw y Thom (1951) encontraron que la distribución del periodo de la siembra a la emergencia se caracteriza por una rápida elevación en la frecuencia de germinación hasta un máximo, y después una disminución gra

dual hasta que todas las plantas han emergido. Por su parte, Newhall citado por Shaw y Thom (1951) concluyó que la longitud del período de emergencia siguió la función exponencial de la temperatura del suelo.

Asimismo, el grado de madurez de una variedad es relativamente independiente en cuanto a la duración del período de emergencia (Shaw y Thom, 1951).

Hanway (1963) establece que la longitud de este período varía con la temperatura y humedad del suelo; subrayando que bajo condiciones cálidas y húmedas, la emergencia puede ocurrir a los 4 ó 5 días después de la siembra, pero bajo condiciones frías y secas; podrían requerirse 2 semanas o más. El mismo Hanway (1971) hace referencia a la profundidad de siembra como un factor que incide en el tiempo necesario para la emergencia de la planta, señalando que las plántulas de semillas sembradas muy profundas tienen mayor profundidad de suelo para penetrar, en este caso la temperatura es más fría y el crecimiento es más lento.

Hardacre y Eagles (1980) citan que existen razas de maíz capaces de germinar y crecer autotróficamente a bajas temperaturas (13°C) aunque la sobrevivencia de las plantas no está asociada en un mayor grado ni con el tamaño de la semilla ni con el intervalo a emergencia; estos autores sugieren que existen genes, en algunos materiales para sobrevivir a bajas temperaturas.

Siemer et al (1969) proponen que las temperaturas elevadas y la humedad adecuada generalmente promueven el más rápido desarrollo. Coffman, citado por Shaw (1977) halló que la temperatura a la que el maíz germinó mejor fue superior a 10°C, y hubo una disminución repentina en la germi-

nación por abajo de 10°C.

Warrington y Kanemasu (1983) hallaron que existe una respuesta curvilínea a la temperatura para la emergencia de las plantas, requiriendo 16 días para emerger con temperaturas frías (16/6°C) mientras que con temperaturas altas (30/30°C) sólo se necesitaron 3 días, y definen una temperatura base (a la cual la tasa de germinación fue cero) para la germinación y emergencia de 8.9 ($\pm 1.1^\circ\text{C}$); mencionando, asimismo, que la temperatura óptima para la germinación y emergencia parece ser cercana a 30°C, por abajo de la cual la tasa disminuye.

Lafond y Baker (1986) encontraron en trigo que con siembras retrasadas, la temperatura del suelo era mayor, de la primera a la última fecha y por tanto el tiempo a emergencia fue menor.

Helm y Zuber (1969) encontraron diferencias en la germinación por efecto del nivel de humedad en el grano, los mayores contenidos de humedad incrementaron el porcentaje de germinación, lo que se debe a un menor daño de los tejidos del endospermo.

Lafond y Baker (1986) en un estudio de nueve cultivares de trigo de primavera determinaron que el comportamiento de los cultivares fue similar en cuanto a la velocidad de emergencia; además de que las plantas provenientes de semillas pequeñas emergieron más rápido, pero acumularon menos peso seco que las plantas de semillas grandes.

2.4.2 Emergencia a floración masculina y femenina.

Después de la emergencia, ocurren cambios importantes cuando la planta pasa de ser dependiente de los nutrientes almacenados a la autosuficiencia (Shaw, 1977). Durante esta fase, básicamente se desarrolla el follaje de la planta, existe un incremento en el peso de las hojas y posteriormente del tallo (Tanaka y Yamaguchi, 1984). Según Hanway (1963), en esta etapa la tasa de acumulación de materia seca en la planta es rápida; y todas las hojas han desarrollado su mayor área.

De acuerdo con Shaw y Thom (1951) este período parece ser el más variable en el crecimiento de la planta de maíz, y la longitud de este intervalo varía considerablemente entre años, así como entre variedades, siendo dependiente en gran medida de las condiciones ambientales, así como de la variedad, de este modo las variedades precoces están asociadas con un intervalo más corto que las variedades de madurez más tardía.

Siemer et al (1969), por su lado, advirtieron que los materiales híbridos son más precoces en la duración de sus etapas fenológicas en comparación con sus líneas progenitoras. Leng, citado por Siemer et al (1969) también halló que los híbridos F_1 son más precoces para alcanzar cada etapa de desarrollo en relación a sus progenitores.

Bonnett (1954) cita que en la etapa vegetativa el ápice del tallo principal permanece corto, no hay elongación de los entrenudos, y los primordios de las hojas emergen uno encima de los demás en sucesión alternada a cierta distancia del ápice del tallo; al mismo tiempo se producen las ramas axilares y las hojas brotan de sus ápices en el mismo orden que las del tallo principal.

Major (1980) establece que el tamaño de la planta madura es determinado por la duración de la fase vegetativa, puesto que las plantas de floración tardía poseen un mayor número de hojas y por consecuencia también tienen más entrenudos y son más altas que las de floración precoz.

Daynard (1972), confirmó la observación de que las siembras retrasadas provocan un retraso de la floración, es decir, un alargamiento de la etapa vegetativa. Sin embargo, Aldrich (1943) hace mención de que en su estudio con híbridos de maíz, las siembras tardías en Ohio, adelantan la floración femenina.

Colville y Frey (1986) trabajando con avena hallaron que la duración del período vegetativo, basándose en el número de días a espigamiento disminuyó, en respuesta a siembras retrasadas. Helm et al (1962) mencionan que hubo un número acumulativo reducido de días grados con siembras retrasadas en maíz, lo que principalmente se debió a una reducción en el número de días desde la siembra a la emergencia de la espiga.

Rasmusson et al (1979) hallaron diferencias significativas en la duración del período vegetativo y de llenado de grano, tanto en campo como en cámaras de crecimiento, para nueve cultivares de cebada con distinto grado de madurez, haciendo énfasis en que los cultivares con el mayor período vegetativo tuvieron el período de llenado de grano más corto. El promedio de días en el período vegetativo de los cultivares precoces fue de 62, de los intermedios 55 y para los tardíos 36:5.

De la misma manera, Gebeyehou et al (1982), trabajando con trigo determinaron que la longitud del período vegetativo varió desde 52 hasta 62 días encontrando diferencias significativas entre cultivares.

Rood y Major (1980) mencionan que el fotoperfodo tiene una gran influencia en la duración del crecimiento vegetativo de maíces precoces, no tando que existe variabilidad genotípica para la respuesta al fotoperfodo; también identificaron 3 tipos de fase vegetativa básica: el primero tuvo un promedio de 35.7 días, la floración ocurrió 10 días antes que los otros grupos; en el segundo grupo la duración fue desde 45.3 a 49.4 días y el tercero fue de 57 días.

En otro estudio Allison y Daynard (1979) concluyeron que el incremento en la temperatura acorta la duración del perfodo entre la siembra y el inicio de la diferenciación de la mazorca, además, con un fotoperfodo más largo, se amplió el perfodo vegetativo en 2 a 5 días. Lo que también es apoyado por Russell y Stuber (1983).

Warrington y Kanemasu (1983) hallaron que con temperaturas cálidas ($>23^{\circ}\text{C}$) la iniciación floral fue rápida (17 días o menos) mientras que con temperaturas continuas frías ($<15^{\circ}\text{C}$) provocaron que las plantas necesitarán 40 días o más para alcanzar esa etapa de desarrollo, observándose una relación similar para el perfodo de siembra a antesis.

En un análisis de regresión múltiple, se demostró que el fotoperfodo y la temperatura causaron una gran variabilidad en el número de días desde la emergencia a la iniciación de la espiga y el análisis de varianza indicó que la temperatura, el fotoperfodo, y el cultivar son los principales factores que afectan los días a iniciación de la espiga (Hunter et al 1974). En tanto que Evans y Wardlaw (1976) sugieren que se requiere de una adecuada longitud del estado vegetativo para establecer el sistema radicular y el dosel foliar como base para un posterior crecimiento

del cultivo, de la misma manera opinan que el mayor uso de fertilizantes, el riego y las siembras muy densas acortan la fase vegetativa.

Kiniry et al (1983) establecieron que el número promedio de días desde la emergencia de la planta a la emergencia de la espiga tendió a ser mayor en genotipos más tardíos, además de que con fotoperfodos más largos (17.5 hr) hubo un retraso en el número de días de la emergencia de la planta a la emergencia de la espiga.

En su estudio dialélico Rood y Major (1981) observaron que existe una correlación altamente significativa entre el tiempo a floración y el número de hojas y la tasa de desarrollo foliar.

También se ha encontrado que la duración del periodo de siembra a floración femenina está asociado tanto con la tasa de aparición de las hojas como con el número de hojas por planta (Tollenaar et al, 1979); puesto que la temperatura y el fotoperfodo ejercen su influencia sobre la duración desde la siembra a la floración femenina a través de su efecto sobre el número de hojas (Tollenaar et al, 1979).

De acuerdo con Vincourt (1984) existe alguna correlación entre el filotermo, el número total de hojas y la precocidad, existiendo una relación bastante estrecha entre la suma de las temperaturas de emergencia a floración masculina y el número total de hojas. Asimismo, se ha determinado que la temperatura del suelo y el periodo vegetativo tienen una mayor relación que la temperatura del aire y el mismo periodo (Duburcq et al, 1983)

2.4.3 Floración masculina y femenina.

La floración representa un amplio espectro de eventos fisiológicos y morfológicos. El primer suceso, el más crítico y quizá el menos entendido, es la transformación del primordio vegetativo del tallo en primordio floral. En este tiempo ocurren sutiles cambios bioquímicos que alteran drásticamente el patrón de diferenciación de los tejidos de hojas, yemas y tallo que forman los órganos reproductivos -pistilo y estambres- y las partes accesorias de la flor-pétalos y sépalos. Entre los eventos que siguen a la iniciación se encuentran el desarrollo de las partes florales individuales, la maduración de las flores y la antesis (Janick et al. 1974).

Esta es una etapa muy crítica para la planta de maíz (Shaw, 1977; Sanders et al. 1985; Major 1980). La floración en el maíz es indicada por la extrusión de las anteras de las espiguillas en la espiga y la emergencia de los estigmas de las brácteas en la mazorca (Tollenaar, 1977).

En el Cuadro 2.1 se anotan las principales diferencias entre la flor masculina (espiga) y la flor femenina (mazorca).

Cuadro 2.1 Características de la flor masculina (espiga) y femenina (mazorca) del maíz.

CARACTERÍSTICAS	MAZORCA	ESPIGA
A) GENERALES:		
Posición en la planta	Lateral	Terminal
Ramas basales asimétricas desarrolladas	Ausente	Presente
Sexo	Pistilada	Estaminada
Flores fértiles por espiguilla	Una	Dos
Glumas estériles	Cortas-gruesas	Largas-delgadas
Glumas florales	Cortas-delgadas	Largas-delgadas
B) EJE CENTRAL		
Zona de esclerénquima	Presente	Ausente
Raquís decumbente	Presente	Ausente
Huecos longitudinales entre los surcos de espiguillas	Presente	Ausente
Alveolos	Presente	Ausente

Tomado de Bonnet O.T. (1954).

El maíz es una monoica cuantitativa de día corto, aunque se han identificado líneas de día neutral; además, la respuesta al fotoperíodo es modificada por la temperatura, así, con temperaturas altas se adelanta la diferenciación floral (Halevy, 1985).

Bickford y Dunn, citados por Major (1980) consideran al maíz como una especie de día neutral; sin embargo, Hunter et al. (1974) hallaron

una respuesta a las condiciones de día corto con cultivares precoces, esto mismo es apoyado por Rood y Major (1980) aunque ellos notaron que el tiempo a antesis también es determinado por el genotipo. Pero Allison y Daynard (1979) citan que con un fotoperíodo largo (15 hr) el período entre siembra e inicio de diferenciación de la mazorca fue mayor, aunque no se observó ningún efecto entre el inicio de diferenciación de la mazorca y la emisión de estigmas.

La antesis y el jiloteo (floración femenina o emergencia de los estigmas) casi coinciden en tiempo, y preceden el cese de la elongación de las mazorcas, del pedúnculo de la espiga y de la espiga (Siemer et al. 1969). Según Hanway (1963, 1971) para este tiempo la espiga, el tallo y las hojas están completamente desarrolladas; la espiga está totalmente emergida dos o tres días antes que aparezcan los estigmas y las plantas han alcanzado su máximo tamaño.

Comúnmente las espigas liberan su polen (antesis) antes que los primeros estilos (estigmas) emerjan de la mazorca superior (jiloteo), este fenómeno se conoce como protandria (Struik et al. 1986) por lo que el maíz principalmente es una especie de polinización cruzada (Fisher y Palmer, 1974).

Un estudio sobre la biología floral del maíz (Sadrás et al. 1985) proporcionó evidencia de que la emergencia de los estigmas tiene lugar muy rápidamente en el primer y segundo días, posteriormente la tasa de emergencia de los estigmas disminuyó poco a poco, y todos los estigmas habían emergido al cuarto día.

El período de liberación de polen es muy variable de acuerdo al cultivar, aunque Bonnett (1954) determinó que la longitud de dicho período, en promedio, es alrededor de 10 días y la cantidad de polen liberado usualmente asegura la fertilización de cada pistilo funcional de una mazorca.

Hanway (1971) y Shaw (1977) citan que en esta etapa se determina el número de óvulos que serán fertilizados, de la misma manera, Hanway establece que la deficiencia de humedad (calor y días secos) o de nutrientes puede provocar una pobre polinización y formación de semilla. Sin embargo, las condiciones ambientales, aún durante los estados más tempranos del desarrollo de la inflorescencia pueden tener un marcado efecto sobre el rendimiento (Evans y Wardlaw, 1976). Por ejemplo, la deficiencia de humedad durante la floración femenina tiene un efecto muy grande sobre el rendimiento (Denmead y Shaw, 1960).

En otro estudio Hall *et al.* (1982) mostraron evidencia de que la duración del período de inicio de liberación del polen a la aparición de los estigmas en la mazorca apical de la misma planta varió con el cultivar, y este intervalo se incrementó significativamente por deficiencia de humedad. Además de que en las plantas del mismo genotipo la influencia de la deficiencia de humedad sobre la posibilidad de que los estigmas estén expuestos depende de otras características en adición a la duración de la producción de polen por espiga y el intervalo entre el inicio de la liberación de polen y el inicio de emergencia de los estigmas en la misma planta.

Russell y Stuber (1983) en un estudio efectuado en fitotron con 70 líneas endogámicas hallaron una variación desde relativamente insensibles hasta altamente sensibles para el fotoperfodo, además de que observaron un retraso en el número de días a liberación del polen con un fotoperfodo de 12 hr. Warrington y Kanemasu (1983) coinciden en que al incrementar el fotoperfodo hay un retraso en la antesis, esto mismo es apoyado por Kiniry et al. (1983).

Harris et al. (1976) encontraron un rango desde 80 hasta 84 días para la liberación del polen en ocho híbridos de cruce simple de alta prolificidad en tanto que Aldrich (1943) halló que el período desde la siembra a emergencia de los estigmas fue de 61-68 días con siembras tempranas y de 59-64 con siembras tardías.

Johnson et al. (1986) en su programa de selección recurrente redujeron la fecha de floración en 11.8 días después de 15 ciclos, siendo de 73.4 días en el ciclo 0 y 61.6 en el ciclo 15; asimismo, redujeron el intervalo de antesis a jiloteo de 3.9 a 1.0 días. Debido a que para producir grano la planta de maíz debe desarrollar estigmas viables, que deben emerger de las brácteas; los estigmas deben ser polinizados con polen viable y los óvulos requieren ser fertilizados, las respuestas de floración del maíz son muy importantes, la evidencia sugiere que los incrementos en los niveles de densidad de siembra provocan el alargamiento del intervalo entre iniciación de dispersión del polen y emergencia de los estigmas y generalmente se han asociado altos rendimientos con un intervalo estrecho de esos dos eventos (Mock y Pearce, 1975).

Duburcq et al. (1983) determinaron que existe correlación positiva y altamente significativa para los períodos de iniciación de la espiga a iniciación de la mazorca y de esta a floración y la temperatura del aire y del suelo sin importar el genotipo.

Herrero y Johnson (1980) mencionan que las temperaturas elevadas (38°C) provocan una notable reducción en la germinación del polen de maíz. En tanto que Schoper et al. (1987) en un estudio de tolerancia al calor de la espiga en maíz concluyeron que las altas temperaturas (38/32°C día-noche) no fueron lo bastante elevadas como para provocar la muerte de la espiga, por lo que este suceso se ha asociado a la falta de agua y no a las altas temperaturas, que tanto la falta de agua y las temperaturas elevadas se requieren para marchitar la espiga. En 1981, Herrero y Johnson comparando tratamientos de sequía, notaron que la deficiencia de humedad afectó la sincronización del desarrollo de las partes florales masculinas y femeninas; siendo su efecto el alargamiento de este período; asimismo en este trabajo establecen que un retraso en la siembra produjo una disminución de los intervalos emergencia de espiga-liberación de polen y emergencia de espiga-emergencia de estigmas.

En 1942, Sartoris analizó la longevidad del polen de maíz y caña de azúcar y concluyó que con temperaturas de 22 a 30°C se tuvo de un 80 a 90% de germinación del polen fresco, la germinación comenzó en 20 minutos y el crecimiento del tubo polínico fue muy rápido, también observó que el polen, tanto de la caña de azúcar así como del maíz, permaneció viable durante 40 días cuando se almacenó a 4°C y la humedad relativa fue de 90 a 100%.

Lin y Dickinson (1984) citan que la viabilidad del polen es alta aún varios días después de la antesis y que la capacidad del polen para germinar se correlaciona con el contenido de humedad.

Por su parte, Peterson (1942) halló que la formación de semilla en estigmas de 1 día fue de 50%, en estigmas de 2 a 8 días fue del 91%, mientras que en aquellos de 9 a 12 días el porcentaje de semilla formada fue de 75% y en los de 19 días de emergidos sólo se formó el 8% de semilla.

Halevy (1985) muestra un resumen acerca de los efectos del fotoperíodo y la temperatura en el maíz, durante la etapa de floración (Cuadro 2.2).

CUADRO 2.2 Efectos de la temperatura y del fotoperíodo sobre la floración del maíz.

A) FOTOPERIODO:

I. Efectos sobre la diferenciación y desarrollo de la espiga:

1) Largo

- Aumenta el número de días a antesis para razas, líneas o híbridos sensibles al fotoperíodo.
- Aumenta el número de días a diferenciación de la espiga.
- Aumenta la etapa foliar, longitud del tallo y peso total de la planta al tiempo de diferenciación de la espiga.
- Promueve el desarrollo normal de la espiga e incrementa el número de ramas por espiga.

2) Corto

- Adehanta la diferenciación de la espiga.
- Provoca una mayor inversión del sexo y androesterilidad.

CUADRO 2.2 (continuación)

II. Efectos sobre la diferenciación y desarrollo de la mazorca:

1) Largo

- Aumenta el número de días a diferenciación de la mazorca.
- Aumenta el número de días a emisión de estigmas.

2) Corto

- Incrementa el desarrollo de la mazorca comparado al de la espiga.

El fotoperíodo no parece afectar directamente el intervalo entre diferenciación de la espiga o mazorca y la emergencia de los estigmas.

III. Comentarios generales:

- Las razas tropicales o de ciclo tardío generalmente son más sensibles (muestran mayor respuesta) que las razas o cultivares precoces.
- La sensibilidad depende del ambiente de crecimiento.
- Las diferencias genéticas en cuanto a sensibilidad al fotoperíodo son altamente variables.
- Algunos cultivares son de día neutral, esto es, no muestran respuesta a las fluctuaciones del fotoperíodo.
- El maíz puede florear bajo fotoperíodos de 24 hr.

B) TEMPERATURA:

I. Efectos sobre la diferenciación y el desarrollo de la espiga:

I.1) Temperaturas aéreas elevadas.

- Disminuyen el número de días a diferenciación de la espiga.
- Disminuyen el número de días a antesis.
- Producen una mayor longitud del tallo, peso seco de la planta mayor, y adelanta la etapa foliar al tiempo de diferenciación de la espiga.

CUADRO 2.2 (continuación)

I.2) Rango de temperatura aérea diurna (temp. día/noche):

- Los rangos amplios de temperatura causan un retraso en la diferenciación de la espiga, especialmente rangos mayores a 17°C.
- La sensibilidad al rango de temperatura diurna disminuye con temperaturas elevadas.

I.3) Temperaturas nocturnas aéreas bajas:

- Provocan una mayor inversión del sexo.
- Aumentan el número de días a diferenciación de la espiga.
- Las temperaturas elevadas en la zona de las raíces disminuyen el número de días a diferenciación de la espiga.

II. Efectos sobre la diferenciación y desarrollo de la mazorca:**2.1) Temperaturas aéreas elevadas.**

- Disminuyen el número de días a diferenciación de la mazorca.
- Disminuyen el número de días a emergencia de los estigmas.
- Incrementan el número de florecillas por hilera y la tasa calculada de producción de florecillas cuando se aplican tratamientos, de siembra a diferenciación de la mazorca.

III. Comentarios generales:

- Las razas tropicales o los cultivares tardíos generalmente son más sensibles a diferencias en la temperatura que las razas o cultivares precoces.

C) INTERACCION FOTOPERIODO x TEMPERATURA:**I. Fotoperfodo largo y temperatura aérea baja:**

- Incrementa el número de días a diferenciación de la espiga, ie, la sensibilidad a fotoperfodos largos es mayor a bajas temperaturas.

CUADRO 2.2 (continuación)

II. Fotoperfodo corto y temperatura aérea baja:

-Disminuye el número de días a diferenciación de la espiga.

Tomado de Halevy (1985). Handbook of flowering.

2.4.4. Período de llenado de grano.

El maíz se cultiva principalmente para obtener grano y su rendimiento es una función de la tasa y duración del período de llenado de grano (Johnson y Tanner, 1972). Estos mismos autores dividen el período de llenado de grano en tres estadios de crecimiento: 1) período lento, sólo existe una acumulación de peso muy reducido (menor al 5% del final) este estadio transcurrió entre 15 y 18 días entre algunas líneas puras y sus híbridos; 2) período lineal de llenado de grano, durante el cual se acumula el 90% de la materia seca total, mismo que ocurre en 21 a 32 días y; 3) período en el cual la acumulación de materia seca disminuye rápidamente y finalmente cesa cuando se forma la capa negra indicando que el grano ha alcanzado su madurez fisiológica y por tanto la máxima acumulación de peso seco (Daynard y Duncan, 1969); en este período se acumula sólo el 10% de materia seca y consume unos 15 días.

Se ha encontrado variación en la duración del período de llenado de grano; así, Daynard y Kannenberg (1976) hallaron que la duración real de llenado de grano fue de 49 a 67 días, aunque el período efectivo (que es

una estimación del número de días requeridos para producir el rendimiento final de grano a una tasa de acumulación de materia seca igual a la tasa promedio durante el período lineal de formación del grano), sólo fue de 28 a 38 días, aunque hubo diferencias entre años para la duración de ambos períodos.

Bagnara y Daynard (1982) determinaron una duración de crecimiento del grano de 40.1 días, pero cuando hubo un retraso en la polinización este fue de 40.7 días. En tanto, Poneleit y Eglí (1979) mencionan que la duración del período efectivo de llenado de grano varió de 30 a 34 días en líneas endogámicas con bajas densidades de población (11,325 planta/ha), y en híbridos fue de 38 a 40 días; la duración de ese mismo período fue de 26 a 33 días y de 34 a 37 días para líneas e híbridos, respectivamente con una densidad de población de 45,000 plantas/ha. Shaw y Thom (1951) proponen que la duración de este período es relativamente constante y sólo varía de acuerdo al grado de madurez de los materiales, aunque esa variación es mínima: 49.6, 50.8 y 51.9 días para materiales precoces, intermedios y tardíos.

Poneleit et al (1980), por su parte, indican que la duración del período efectivo de llenado de grano fue de 28 a 42 días en distintas poblaciones de maíz sin selección y enuncian que el amplio rango del período efectivo de llenado de grano indica que existe un amplio reservorio de variabilidad para este carácter.

Gebeyehou et al (1982) en un estudio con trigo duro determinaron que la duración así como la tasa de llenado de grano varió entre años, además de que los períodos de llenado de grano más largos se asocian con temperaturas bajas, tasas de llenado de grano bajas y bajos pesos de grano.

Capitiano et al. (1983) notaron variación para el período de llenado de grano en líneas puras de maíz, siendo de 40 a 54 días, observaron un coeficiente de correlación altamente significativo y positivo entre la duración y la tasa de llenado de grano.

Metzger et al. (1984) trabajando con líneas de cebada citan que existen algunas líneas con un período de llenado de grano largo y también sus contrapartes de período corto; en las líneas con período largo el número de días es de 30 a 37, y en las de período de llenado corto, la duración es de 25 a 30 días. Mientras que Jones et al. (1979) en un trabajo sobre arroz sugieren que la duración del período de llenado de grano fue de 31 a 39 días.

Tanaka y Yamaguchi (1984) establecen que bajo condiciones favorables el llenado de grano dura unos 55 días, aunque mencionan que Hillson y Penny informaron que hay diferencias varietales que van de 53 a 61 días.

Jones et al. (1981) mostraron evidencia de que la temperatura elevada (30°C) reduce la duración del período de llenado de grano en un 50%; asimismo, infieren que el período efectivo de llenado de grano en la mayoría de los híbridos es de 36 a 40 días, además sostienen que la tasa de desarrollo del grano es más rápida con esas temperaturas.

Por otro lado, Badu-Apraku et al. (1983) concluyen que las temperaturas elevadas provocan una disminución en el número de días del período de llenado de grano, principalmente debido a una disminución en el número de días de la fase lineal de crecimiento del grano, aunque la temperatura no tuvo efecto significativo sobre la tasa de llenado durante la fase lineal.

En 1978, Tollenaar y Daynard determinaron que la duración del período lineal de acumulación de materia seca es menor en los granos apicales que en los basales, puesto que el inicio de la fase lineal de acumulación de materia seca se atrasó en 4 días: Asimismo Shaw y Thom y Peaslee et al., citados por Evans y Wardlaw (1976) hacen mención de que la temperatura tuvo poco efecto sobre la duración de llenado de grano en maíz.

Tollenaar (1977) propone que tanto la duración como la tasa de llenado de grano son afectadas por el ambiente, y refiriéndose a Wilson señala que él encontró diferencias en la duración del período de emergencia de los estigmas a madurez en dos genotipos cultivados bajo tres regímenes de temperatura.

Allison y Daynard (1979) concluyeron que un aumento en la temperatura de 20 a 25°C, produjo una disminución de 3.1 días en el intervalo entre la emisión de los estigmas y la formación de la capa negra, y al incrementar el fotoperíodo de 10 a 15 hr, hubo una disminución de 2.6 días para el mismo intervalo.

Tanaka y Yamaguchi (1984) consideran que las siembras tardías, o las bajas temperaturas durante la fase de crecimiento vegetativo, retrasan la floración femenina y se traducen en un corto período de llenado del grano, y lo mismo sucede con siembras densas.

Por su parte Jones y Simmons (1983) efectuando tratamientos de alteración de la relación fuente-demanda llegaron a la conclusión de que ni la tasa ni la duración del crecimiento del grano aumentan significativamente en respuesta a los tratamientos que incrementan la cantidad de fotosíntatos potencialmente disponibles para el crecimiento del grano.

Evans y Wardlaw (1976) señalan que en cultivares de trigo creciendo bajo temperatura controlada, la longitud del estado vegetativo fue ampliamente reducida respecto a las otras etapas, mientras que la longitud del período de llenado de grano se incrementó.

Cavaliere y Smith (1985) efectuaron un estudio de los materiales liberados en EEUU de 1930 a 1982 y establecen que se ha logrado extender el período de llenado de grano debido principalmente a la fecha de madurez fisiológica más tardía, más que a un cambio en la fecha de emisión de los estigmas; además indican que el período vegetativo y el desarrollo del área foliar no han sido afectados en favor de un mayor período de llenado de grano.

Fisher y Palmer (1977) argumentan que la temperatura media durante el período de llenado de grano influye tanto en la tasa como en la duración del llenado de grano.

Hall et al (1981) probaron que cuando se restringe la humedad al inicio del espigamiento, el período de emisión de estigmas a madurez fue de 51.6 días, si la restricción de humedad ocurrió antes de la liberación del polen fue de 58 días y cuando la deficiencia de humedad se presentó al inicio de emisión de estigmas ese mismo período fue de 51.4 días.

Frey (1981) concluye que los granos de la base y mitad de la mazorca inician el llenado lineal de grano al mismo tiempo (15 a 18 días después de la floración femenina) y tienen tasas casi idénticas de acumulación de materia seca hasta la madurez fisiológica. Los granos del ápice tienen un desarrollo paralelo a los de la base y los de la mitad; asimismo, determinó que el bajo peso de los granos del ápice (a la madurez fi-

siológica) pueden atribuirse a su bajo peso inicial, tasas de llenado inferiores, o corta duración del llenado de grano.

Daynard (1972) señala que con siembras retrasadas hay un incremento en el número de unidades calor acumuladas de siembra femenina y disminuye el número de unidades calor de floración femenina a madurez fisiológica.

Yoshida (1972) establece que como en el maíz el tamaño del grano no es restringido físicamente, ampliando la duración del período de llenado o manteniendo la actividad fotosintética elevada durante este período, se puede incrementar el rendimiento de grano. En tanto que Ouattar et al., (1987) empleando tratamientos de sequía determinaron que un déficit hídrico durante la fase inicial provoca que el llenado de grano cese prematuramente y esto lleva a una disminución del 50% en el peso final del grano.

Por otra parte, Johnson y Tanner (1972) concluyen que la longitud del período real de llenado de grano fue mayor en híbridos que en líneas endogámicas y atribuyen esto a: (i), las líneas presentan su floración femenina más tarde que los híbridos; (ii) las líneas y sus respectivas cruces simples alcanzaron el 90% de su rendimiento final casi en la misma fecha; y (iii) la longitud del período lento fue mayor en las líneas. También señalan que la correlación entre el rendimiento y la duración del período de llenado de grano dentro de la línea fue significativa ($r = 0.58^{**}$), pero esto no sucedió con los híbridos ($r = 0.26$).

2.4.5. Madurez fisiológica.

Shaw y Thom (1951) definen a la madurez como el tiempo en que el gra

no alcanza su máximo peso seco. Stevens et al (1986) establecen que bajo condiciones climáticas y fechas de siembra normales y sin factores ambientales desfavorables, cuando se alcanza el 100% de sólidos en el grano, se llega al punto de máxima acumulación de materia seca y se supone que esto generalmente coincide con la madurez fisiológica.

Para Hanway (1963) la planta de maíz está fisiológicamente madura cuando cesa la acumulación de materia seca, y la mazorca (jilote y grano) pierde humedad, aunque la tasa de pérdida de agua depende de las condiciones climáticas, así como del contenido de humedad de la mazorca en esta etapa (la cual varía entre diferentes híbridos), y de otros factores.

De acuerdo con Daynard y Duncan (1969) se desarrolla una delgada capa negra en una región de varias capas de células, entre la base del endospermo del grano y el área vascular del pedicelo al inicio del desarrollo del grano, conforme se aproxima la madurez fisiológica, estas células se rompen y se comprimen en una capa densa que parece negra a simple vista, casi al mismo tiempo, las células conductoras de la base del endospermo se desorganizan y comprimen tangencialmente, en forma tal que probablemente sus funciones de traslocación cesan; a la madurez la capa negra se adhiere con la testa y el pericarpio para formar una barrera suberizada alrededor de la semilla.

Crookston y Afuakwa (1984) citan que también se usa la humedad del grano como un indicador de la madurez, sin embargo, subrayan que las determinaciones de humedad requieren de tiempo para secar el grano o bien de un probador electrónico, aunque muchos probadores no son confiables.

por encima del 25% de humedad. Además señalan que conforme se acerca la madurez puede verse una "línea" en el lado del endospermo del grano, la cual se conoce como línea lechosa o "capa de almidón", misma que marca los límites entre las porciones líquida y sólida del endospermo en maduración y proponen que bajo condiciones normales la pérdida total de la porción líquida coincidió con la madurez fisiológica.

Gunn y Christensen (1965) determinaron que el promedio de humedad a la madurez fisiológica estimada fue de 42.3 con un rango de 38.5 a 47.5%, aunque no hubo la relación significativa con la madurez.

Baker (1971) indica que no existe una fuerte relación entre el desarrollo de la capa negra y el nivel de humedad, y esto no solo varía entre híbridos, sino que puede formarse con diferentes niveles de humedad en la misma variedad de un año a otro; además sugiere que la humedad es una indicación subjetiva de la madurez fisiológica usada en el pasado, puesto que era el método más simple disponible.

Afuakwa et al (1984) determinaron que la formación de la capa negra no depende del nivel de humedad en el grano, tamaño del grano ni del número de días transcurridos o grados-días acumulados. Daynard (1972) sugiere que las condiciones climáticas adversas (temperaturas frías) provocaron que la capa negra se formara prematuramente. En tanto que Afuakwa et al (1984) llegaron a la conclusión de que la reducción en, o la culminación del suministro de asimilados al grano induce la formación de la capa negra, sin embargo mencionan que ni el efecto de las bajas temperaturas, sequía o defoliación, puede ser explicado del todo en base a la reducida disponibilidad de la sacarosa.

Knittle y Burris (1976) usando cuatro genotipos de maíz observaron que el desarrollo de la capa negra esencialmente se completó en 60 a 70 días después de la emisión de los estigmas. Por su parte, Aldrich (1943) encontró que el número de días desde la emergencia de los estigmas a la madurez (65% de materia seca) variaron de 48 a 56 en distintos materiales, también argumenta que la traslocación de materia seca al grano cesó en un 66.2% en promedio.

Goldsworthy y Colegrove (1974) hallaron que el número de días a madurez fisiológica en 5 variedades de maíz de Valles Altos fueron desde 140 a 179. Para Hanway (1963) el número promedio de días a madurez fisiológica (60 días después de la emisión de los estigmas) para los híbridos adaptados a la porción central de Iowa, es de 126; aunque considera que las condiciones ambientales causan diferencias en el tiempo necesario para que ocurra la madurez.

El estudio de Siemer et al (1969) proporcionó evidencia de que la elongación de la mazorca apical cesa a los 81.8 días y a los 77 días en líneas endogámicas e híbridos de maíz, respectivamente, aunque no encontraron diferencias significativas entre ambos tipos de materiales. En tanto que Shaw y Thom (1951) hallaron que el porcentaje de humedad en el grano a la madurez, en promedio (4 años) fue de 30, 37, 42.2, para genotipos precoces, intermedios y tardíos respectivamente, además, mencionan que el contenido de humedad, no es de por sí, un indicador preciso de la madurez, indicando que hacia los 15 a 20 días después de la emisión de los estigmas hubo una rápida disminución del contenido de agua y, que el tiempo para alcanzar el mínimo está estrechamente relacionado con el contenido de humedad, aunque no con el tiempo a madurez.

Badu - Apraku et al (1983) citan que las temperaturas elevadas acortan el número de días a madurez fisiológica, reduciendo el período de llenado de grano, y disminuyendo tanto la acumulación de materia seca como el rendimiento de grano, aunque subrayan que la tasa de llenado de grano no es afectada por la temperatura. También Cavalieri y Smith (1985) se percataron de que la sequía provoca cambios en la fecha de madurez fisiológica.

Hallauer et al (1967) encontraron que existe correlación significativa entre la humedad a la madurez fisiológica y la humedad a la cosecha y Aldrich (1943) concluye que aparentemente hay un apreciable desarrollo del grano cuando las plantas se cortan y amontonan cuando aún no son maduras, pero señala que se requiere de más estudios para verificar esta conclusión; asimismo dice que el maíz no está maduro hasta que ha alcanzado el máximo peso seco de grano, lo cual ocurre alrededor del 65% se acumulación de materia seca y en mazorca individuales la madurez se alcanza ligeramente antes de ese punto.

Peña (1986) aporta evidencia de que el déficit hídrico provoca un atraso de la madurez fisiológica en relación a la condición bajo riego, aunque propone que la deficiencia de humedad no pudo ser el factor que causara retraso puesto que el intervalo entre finalización de la aparición del jilote e inicio de madurez fisiológica no mostraron diferencias significativas entre ambos tratamientos.

Gunn y Christensen (1965) hallaron que los híbridos precoces tienen un intervalo de floración femenina a madurez fisiológica más corto, que los híbridos tardíos, es decir, que los híbridos precoces alcanzan la maduréz fisiológica en menos días, después de la floración femenina, que los

híbridos tardíos además estiman que es difícil establecer el punto extremo en la curva de acumulación de materia seca.

Hallauer y Russell (1962) comentan que dado que aparentemente existe una constancia del intervalo entre floración femenina a madurez fisiológica, no obstante las condiciones climáticas, la madurez fisiológica se ha estimado frecuentemente en base a la fecha de emisión de los estigmas o de liberación del polen; sin embargo, observan que las diferencias en la humedad del grano a la cosecha entre híbridos, incluyendo ciertas líneas endogámicas, sugiere que el intervalo de emisión de los estigmas hasta que el grano alcanza su máximo peso seco, no puede ser constante.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del campo experimental.

El experimento se efectuó en el Campo Experimental "Valle de México" (CEVAMEX) en Chapingo, Méx.; la localidad se sitúa a 19°13' lat norte y 98°51' long oeste con 2240 msnm de altitud.

Considerando la clasificación climática de Koeppen adaptada por García (1973) el clima de esta localidad corresponde al más seco de los subhúmedos con una temperatura media anual de 16.1°C; el período de lluvias ocurre en verano y menos del 5% en invierno, la precipitación promedio es de 586.1 mm al año.

El suelo es franco o migajón arenoso con menos del 2% de pendiente, pH de 6.8 a 7.2, de buena profundidad, rico en materia orgánica y NPK; sin problemas de salinidad, de color café grisáceo oscuro y corresponde a los Typic ustifluent de la 7ma. aproximación (Serie Horno).

El período libre de heladas es de 190 días, siendo la fecha promedio de la primera helada el 10. de octubre y de la última el 24 de marzo (Peña, 1986).

3.2. Material genético.

En este trabajo se evaluaron un total de 61 genotipos distintos con diversos grados de madurez, 30 de los cuales pertenecen a un grupo de nuevos híbridos de cruce simple adaptados a los Valles Altos Centrales de México, obtenidos recientemente por Investigadores del Programa de Mejoramiento de Maíz del CEVAMEX con líneas endogámicas de diferentes fuentes

CUADRO 3.1 Características generales de los híbridos utilizados

Híbridos (no. de cruza)	Características
1 a 10	Cruzas simples $S_8 \times S_1$ en las cuales se busca la fijación de los caracteres precocidad y resistencia al acame y de manera secundaria el rendimiento de grano.
11 a 20	Cruzas simples $S_5 \times S_5$ en las cuales se desea obtener alto rendimiento de grano con un ciclo biológico de tipo intermedio.
21 a 30	Cruzas simples $S_5 \times S_4$ en las cuales se desea obtener alto rendimiento con un ciclo biológico de tipo precoz.
30 a 61	Testigos comerciales que incluyen las cruzas simples de los híbridos de riego y temporal, los mismos híbridos de cruza doble, algunas poblaciones de donde se derivaron las líneas que integran las cruzas simples y algunas variedades de polinización abierta; las cuales poseen también distintos niveles de endogamia y grados de madurez.

germoplásmicas, mismos que poseen distintos niveles de endogamia. Los 31 materiales restantes son híbridos convencionales usados como testigos y con distinto grado de madurez, entre los que se incluyeron algunas cruzas simples que integran los principales híbridos comerciales de cruza doble, así como sus híbridos dobles y algunas variedades de polinización abierta y sus poblaciones. En el Cuadro 3.1 se enumeran las caracterfísticas de los híbridos utilizados.

3.3. Manejo del cultivo.

La preparación del suelo se hizo en base a las recomendaciones del CEVAMEX; la siembra se efectuó a mano, el 23 de abril, depositando 3 semillas cada 0.5 m en surcos espaciados 0.8 m y se obtuvo una densidad final de aproximadamente 68,000 plantas/ha. Al momento de la siembra se fertilizó con una mezcla de urea y superfosfato de calcio triple a una dosis de 80-40-00 la que se complementó al momento de la segunda labor aplicando únicamente urea a una dosis de 40-00-00.

Además del riego de nacencia, sólo se dieron tres de auxilio: el primero 12 días después de la nacencia, el segundo 20 días después del primero y el tercero 40 días después del primero, ya que posteriormente se normalizó el temporal y el agua de lluvia fue suficiente para satisfacer las necesidades del cultivo.

Para el control de malezas se efectuaron 2 cultivos y 2 aplicaciones de herbicida con aspersoras manuales (1 lt de hierbamina + 1 kg de gesaprim 50 en 200 lt de agua por hectárea en cada aplicación). Además se tuvo la necesidad de hacer una aplicación de insecticida (sevin 80 PH a

una dosis de 1.2 kg/ha), puesto que se detectó una ligera incidencia de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*, J.E. Smith) durante la fase inicial de crecimiento del cultivo, el daño fue ligero dado que se obtuvo un buen control.

3.4. Datos de campo

Se determinó la duración (en días) de las etapas fenológicas: floración masculina, floración femenina, madurez fisiológica y período de llenado de grano para cada uno de los materiales, considerándolas como a continuación se señala.

a) Emergencia a floración masculina: días a partir de que el 75% de las plantas de cada parcela habían emergido hasta que el 50% de las espiguillas de la espiga central de la misma parcela estaban liberando polen.

b) Intervalo de floración masculina: número de días desde que el 50% de las espiguillas de la espiga central de una planta, hasta que en el 100% de las plantas de una parcela, estaban liberando polen.

c) Emergencia a floración femenina: días desde que el 75% de las plantas de una parcela habían emergido hasta que el 50% de los brotes de mazorca de esa parcela mostraban estigmas de cuando menos 1 cm de longitud.

d) Intervalo de floración femenina: número de días desde que la primera planta de una parcela tenía estigmas de 1 cm de largo hasta que en el 100% de las plantas se notaba esa condición.

e) Emergencia a madurez fisiológica: días desde que el 75% de las plantas de una parcela habfan emergido hasta que los granos de la porción media de la mazorca habfan desarrollado la capa negra en el 50% de las plantas.

f) Floración femenina a madurez fisiológica: (o perfodo de llenado de grano) número de días a partir de que el 50% de las plantas de una parcela tenfan estigmas de 1 cm de largo hasta que se había desarrollado la capa negra en los granos del 50% de las plantas.

g) Sincronización de la floración (o número de floración masculina a floración femenina): días desde que las anteras de las florecillas de la espiga central, del 50% de las plantas de una parcela, eran dehiscen-tes hasta que en el 50% de las plantas de la parcela se observaban estigmas de 1 cm de largo.

h) Número total de mazorcas: mazorcas cosechadas en 2 surcos de 5 m de largo, sin considerar el número de plantas establecidas.

i) Altura de planta: tomada del nivel del suelo a la inserción de la espiga.

j) Altura de mazorca: desde el nivel del suelo al nudo que da origen a la rama de la mazorca.

k) Porcentaje de humedad del grano: cuantificado con el determinador Steinlite a partir de el contenido de materia seca, y obtenido a la cosecha de una muestra de 100 g de grano, efectuando el muestreo a lo largo de tres mazorcas tomadas al azar.

1) Porcentaje de grano: determinado a partir de una muestra de tres mazorcas, es el peso total de grano dividido por el peso de la mazorca (grano + olote).

m) Rendimiento: se calculó el rendimiento de cada uno de los híbridos estudiados a partir del peso de campo del total de mazorcas de cada parcela, ajustándolo con el porcentaje de humedad del grano (al 15%) y de grano además de efectuar el ajuste con el factor de conversión a kg ha^{-1} , de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Rdto.} = \text{Peso de campo} \times \% \text{ grano} \times 1250 \times 0.85$$

3.5. Diseño de campo y análisis estadístico.

Se incluyeron 61 híbridos de maíz adaptados a los Valles Altos Centrales de México, 30 de los cuales pertenecen a una serie de híbridos modernos de cruce simple y los 31 restantes representan a los testigos tradicionales, en un diseño de bloques al azar con 2 repeticiones. Cada parcela consistió de 2 surcos de 5 m de largo con una separación de 0.8 m entre surcos y 0.5 m entre matas.

Para el análisis estadístico se elaboró el análisis de varianza, prueba de DMS y Duncan al 0.05 de las etapas fenológicas, así como del rendimiento y características agronómicas. Asimismo, se determinaron los coeficientes de correlación lineal entre etapas fenológicas; y entre etapas fenológicas con rendimiento, y con características agronómicas con los 61 genotipos y para los genotipos clasificados de acuerdo con su comportamiento, como precoces, intermedios y tardíos.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis de varianza incluyendo a todos los genotipos.

En el Cuadro 4.1 se muestran los valores promedio, máximo y mínimo; así como la desviación típica, coeficiente de variación y nivel de significancia para las variables: rendimiento, número de días a floración masculina y femenina, porcentaje de humedad del grano a la cosecha, porcentaje de grano, altura de planta y de mazorca, número de días a la madurez fisiológica, intervalos de floración masculina y femenina, sincronización de la floración y duración del período de llenado de grano; de los 61 genotipos evaluados.

Como se aprecia en este cuadro, se encontraron diferencias altamente significativas entre variedades para las variables: rendimiento, número de días a floración masculina y femenina, porcentaje de grano, altura de planta y de mazorca, días a madurez fisiológica, intervalos de floración masculina y femenina y sincronización de la floración; en tanto que sólo hubo diferencias significativas entre variedades para el porcentaje de humedad del grano a la cosecha y para la duración del período de llenado de grano. Entre repeticiones sólo hubo significancia estadística para el porcentaje de humedad del grano y la altura de mazorca, las demás variables no mostraron valores significativos.

El rendimiento de los 61 genotipos osciló entre 4.5 y 16.1 ton ha^{-1} con un promedio de 10.8 ton ha^{-1} siendo notorio que los híbridos más tardíos tuvieron un promedio de rendimiento superior al de los precoces (Cuadro 4.2), también puede observarse que el rendimiento de grano es una de

CUADRO 4.1 Valores máximo, mínimo y promedio, coeficiente de variación y significancia estadística para etapas fenológicas y caracteres agronómicos de 61 genotipos de maíz de Valles Altos de distinto grado de madurez, Chapingo, Méx. 1987.

Variable	Máximo	Mínimo	Diferencia	Promedio	Desv. Tip.	C.V.	Significancia Rep. Var.	
Rend.	16.159	4,500	11,658	10,823	2392	14.57	NS	**
Flor ♂	103	70	33	85.1	8.36	2.67	NS	**
Flor ♀	106	72	34	88.4	8.41	2.45	NS	**
Humgr %	33	17	16	23.0	4.03	5.76	*	*
Des.	93	82	11	87.0	0.02	2.29	NS	**
Altp1	3.47	2.10	1.37	2.8	39.11	3.94	NS	**
Altm ²	2.42	1.08	1.34	1.7	9.95	5.72	*	**
Madfis	213	175	38	193.4	11.50	5.10	NS	**
Inter ♂	15.5	8.5	7.0	11.9	1.51	11.70	NS	**
Inter ♀	14.0	6.5	7.5	10.3	1.66	12.47	NS	**
Sincron	7.5	1.0	6.5	3.3	1.61	36.09	NS	**
P11g	119.5	87.0	32.5	105.0	9.38	10.03	NS	*

La variable rend. se da en kg ha⁻¹; las variables: Flor_m, Flor_f, Madfis, Inter_m, Inter_f, Sincron y P11g están dadas en días, la Altp1 y Altm² se dan en m; y la Humgr y Des son porcentajes.

* Significativo a un nivel de prob. de 0.05.

** Significativo a un nivel de prob. de 0.01.

NS No significativo.

las características que mostró mayor variación tanto entre grupos de madurez (Cuadro 4.1).

Para los 61 genotipos evaluados, el número de días a floración masculina (Flor ♂) y femenina (Flor ♀) es de 85.1 y 88.4 en promedio, aunque se hallaron rangos de 70 a 103 y de 72 a 106 días para la floración masculina y femenina, respectivamente; estas características son muy estables, dado que sus coeficientes de variación son muy bajos entre los grupos de madurez (Cuadro 4.1) y dentro de los grupos (Cuadro 4.2).

A la madurez fisiológica (Madfis) se requirieron 193.4 días en promedio para el conjunto de genotipos, aunque el más precoz sólo tuvo 175 y el más tardío 213 días, es evidente que esta característica es algo más variable entre grupos de madurez pero no dentro de los grupos, que el número de días a floración masculina o femenina (Cuadro 4.2). También es importante señalar que los rangos o diferencias de días a floración masculina, floración femenina y madurez fisiológica son muy similares; 33, 34 y 38 días respectivamente.

La duración del período de llenado de grano (P11g) varía desde un mínimo de 87 días a un máximo de 119 días, siendo el promedio de 105 días. En los Cuadros 4.3, 4.4 y 4.5 se muestra que no necesariamente los híbridos con período de llenado de grano más largo tienen los rendimientos más elevados, como lo determinaron Johnson y Tanner (1972). Por ejemplo, el genotipo precoz de menor rendimiento (4.5 ton ha⁻¹) tuvo un período de llenado de grano de 94 días, en tanto que el híbrido tardío de mayor rendimiento (16.1 ton ha⁻¹) el período de llenado de grano fue de 96 días; así mismo en los híbridos con el período de llenado de grano más corto (87

CUADRO 4.2 Promedio, desviación standard y coeficiente de variación para rendimiento, etapas fenológicas y características agronómicas de genotipos precoces, intermedios y tardíos de maíz de Valles Altos, Chapin-go, Méx. 1987.

Rend. (kgHa ⁻¹)	Días a Flor. Masc.	Fem.	Período de llenado de grano	Madurez Fisiológica	Intervalo de flor. Masc. Fem.	Sincron. de la Flor	Altura de Planta	Mazorca	Humedad del grano	Desgrane%		
<u>Grupo Precoz (promedio de 20 genotipos)</u>												
\bar{X}	8,903	76	79	103	183	12	10	3	2.45	1.43	24.6	89
σ	2,167	3.17	3.90	8.8	7.83				0.25	0.18	4.8	2.1
CV	24,33	4.2	4.9	8.5	4.2				10.42	12.91	17.7	2.37
<u>Grupo Intermedio (promedio de 20 genotipos)</u>												
\bar{X}	11,397	84	88	104	192	11	10	3	2.78	1.72	21.4	86
σ	1,884	3.67	3.21	11.02	9.5				0.15	0.15	2.5	1.65
CV	16.54	4.39	3.64	10.6	4.9				5.5	8.9	11.8	1.92
<u>Grupo Tardío (promedio de 21 genotipos)</u>												
\bar{X}	12,104	94	97	106	204	11	9	3	3.02	2.04	23.3	85
σ	1,896	5.18	4.82	8.3	5.1				0.45	0.22	3.76	1.95
CV	15.65	5.5	4.96	7.83	2.5				14.97	11.26	16.17	2.30

CUADRO 4.3 Rendimiento y etapas fenológicas floración masculina y femenina, periodo de llenado de grano y madurez fisiológica en híbridos precoces de maíz de cruz simple Valles Altos, Chapingo, Méx. 1987.

No. DE VAR.	REND (KG HA ⁻¹) AL 15% HUM	% EN RELACION AL TESTIGO	DIAS A FLOR		PERIODO DE LLENADO DE GRANO	MADUREZ FISIOLOGICA	INTERVALO DE FLOR.		SINCRON DE LA FLOR
			MASC.	FEM.			MASC.	FEM.	
14	12,422	139.2	82	87	94	181	11	10	5
13	12,262	137.4	83	84	91	176	10	9	1
15	11,706	131.2	77	81	107	188	11	8	4
28	11,271	126.3	75	77	112	189	11	9	2
23	11,105	124.5	74	77	112	190	12	10	3
29	10,467	117.3	78	79	107	187	11	9	1
21	9,888	110.8	77	79	96	175	10	9	2
24	9,183	102.9	75	78	97	175	10	9	3
26	9,1979	102.8	72	74	116	191	13	11	2
60 ϕ H32	8,922	100.0	74	77	108	186	12	12	3
30	8,322	93.3	70	72	103	175	12	10	2
22	8,267	92.6	79	86	95	181	10	9	7
42	8,120	91.0	73	74	101	175	14	12	1
61	7,847	87.9	73	78	98	176	14	13	5
35	7,561	84.7	77	80	119	199	15	14	3
25	7,495	84.0	73	77	98	176	14	11	4
36	7,150	80.1	75	77	113	190	12	10	2
40	6,311	70.7	77	81	94	175	14	13	4
53 H32	6,050	67.8	77	81	114	195	12	11	4
27	4,500	50.4	79	84	94	178	12	11	5
\bar{x}	8,901		76	79	103	182	12	10	3
σ	2,165		3.2	3.9	8.7	7.7			
CV	24.33		4.2	4.9	8.4	4.2			

CUADRO 4.4 Rendimientos y etapas fenológicas: floración masculina y femenina, período de llenado de grano y madurez fisiológica en híbridos intermedios de maíz de cruz simple Valles Altos, Chapingo, Méx. 1987.

No. DE VAR.	REND (KG HA ⁻¹) AL 15% HUM	% EN RELACION AL TESTIGO	DIAS A FLOR		PERIODO DE LLENADO DE GRANO	MADUREZ FISIOLOGICA	INTERVALO DE FLOR.		SINCRON DE LA FLOR
			MASC.	FEM.			MASC.	FEM.	
19	13,687	123.8	85	87	107	194	9	10	2
6	13,096	118.5	86	89	112	201	10	9	3
16	13,070	118.2	85	88	104	192	11	9	3
5	12,955	117.2	73	90	117	208	11	11	7
9	12,897	116.7	87	93	107	201	11	11	6
18	12,772	115.5	81	83	117	200	10	8	2
34	12,727	115.1	82	89	91	180	10	9	7
17	12,292	111.2	82	84	116	200	11	8	2
31	12,156	109.9	87	90	109	199	11	11	3
50	11,813	106.8	82	84	103	187	8	6	2
11	11,724	106.0	82	84	113	198	11	8	2
12	11,329	102.5	88	90	89	180	11	11	2
32	11,262	101.9	86	91	91	182	13	12	5
33 ♀H30	11,055	100	85	90	88	178	14	10	5
29 ♀H30	10,207	92.3	87	93	97	190	13	11	6
51 H30	10,154	91.8	82	89	87	181	13	11	7
41	7,843	70.9	80	83	115	199	13	12	3
37	7,635	69.0	83	87	114	201	14	13	4
38	7,341	66.4	79	85	112	198	13	11	6
\bar{x}	11,399		83	88	103	192	11	10	3
σ	1,886		3.6	3.2	11.2	9.5			
CV	16.5		4.4	3.6	10.8	4.9			

CUADRO 4.5 Rendimiento y etapas fenológicas: floración masculina y femenina, periodo de llenado de grano y madurez fisiológica en híbridos tardíos de maíz de cruza simple Valles Altos, Chapingo, Méx. 1987.

No. DE VAR.	REND (KG HA ⁻¹) AL 15% HUM	% EN RELACION AL TESTIGO	DÍAS A FLOR		PERIODO DE LLENADO DE GRANO	MADUREZ DE FISIOLOGICA	INTERVALO DE FLOR.		SÍNCRON DE LA FLOR
			MASC.	FEM.			MASC.	FEM.	
44	16,159	102.8	97	100	96	196	11	8	3
47	15,710	100	95	98	112	210	12	9	3
59	14,419	91.7	103	106	88	194	12	9	3
10	13,865	88.2	87	94	111	206	10	10	7
8	13,392	85.2	85	91	115	205	11	11	6
58	12,948	82.4	97	99	113	213	10	8	2
2	12,768	81.2	89	91	116	208	10	8	2
56	12,347	78.6	98	101	94	195	12	10	3
4	12,342	78.6	90	93	113	206	9	8	3
55	12,093	76.9	98	101	105	205	13	11	3
48	12,003	76.4	102	105	100	205	9	8	3
57	11,373	72.4	91	93	114	208	13	11	2
45	11,370	72.4	95	99	101	200	12	9	4
1	11,316	72.0	90	92	114	206	11	7	2
3	11,276	71.8	91	92	112	205	11	9	2
7	11,255	71.6	91	93	110	203	13	12	2
54	10,733	68.3	97	101	107	208	11	12	4
49	10,396	66.2	101	103	96	200	10	8	2
46	10,197	64.9	98	100	105	205	12	9	2
43	10,003	63.7	88	95	102	197	13	12	7
53	8,218	52.3	90	91	116	207	13	10	1
\bar{x}	12,103		93	97	106	203	11	9	3
σ	1,895		5.1	4.8	8.2	5.1			
CV	15.6		5.5	4.9	7.7	2.5			

dfas) el rendimiento de grano llegó a 10.1 y 11.9 ton ha⁻¹ (Cuadro 4.4) y el genotipo con el período de llenado de grano más amplio (119 dfas) sólo rindió 7.5 ton ha⁻¹ de grano (Cuadro 4.3). Lo anterior puede ser indicación de que: existen distintas tasas de llenado de grano, aún en materiales con el mismo grado de madurez o que los híbridos tienen diferencias en su capacidad para distribuir asimilados al grano.

Para los intervalos de floración se determinaron rangos de 8.5 a 1.5 dfas en la masculina y de 6.5 a 14.0 dfas en la femenina, mientras que la sincronización de la floración va de 1.0 a 7.5 dfas aunque se detectó un coeficiente de variación muy alto.

La altura de planta varió de 2.1 a 3.4 m y la altura de mazorca de 1.1 a 2.4 m y en promedio son de 2.8 a 1.7 m respectivamente. Se halló cierta tendencia a que los genotipos más tardíos presentaran mayor altura de planta y mazorca (Cuadro 4.2), lo que puede ser efecto de su período de crecimiento vegetativo más amplio.

El porcentaje de humedad del grano a la cosecha, en los 61 genotipos, varió de 17 a 33% y el promedio fue de 23%, este parámetro tuvo significancia estadística a un nivel de probabilidad de 5% tanto entre variedades como entre repeticiones, lo que significa que esta característica puede ser afectada por el ambiente; además, también se confirmó con esto la suposición de Baker (1971) de que la formación de la capa negra ocurre a distintos niveles de humedad no sólo entre híbridos, sino en un mismo material.

En tanto que el porcentaje de grano varió de 82 a 93 con un promedio de 87%, en general puede decirse que esos porcentajes son elevados, de lo

que se infiere que hay una proporción de grano muy alta en relación al peso de la mazorca (olote + grano).

Con la finalidad de precisar la interpretación de los resultados obtenidos, se agruparon los híbridos en tres bloques en base a: 1) conocimiento de la precocidad de las fuentes germoplásmicas que dieron origen a las líneas progenitoras de los híbridos modernos, y 2) a los períodos que ocuparon los híbridos para expresar su floración masculina, femenina y madurez fisiológica además del período de llenado de grano. De este modo se originan, el grupo de los híbridos precoces que en promedio presentaron 76, 79, 103 y 183 días a las etapas fenológicas de floración masculina, femenina, llenado de grano y madurez fisiológica, cuyas fuentes de sus progenitores se sabe que son materiales probadamente precoces de tipo PPA (Población Precoz de Altura), PTH (Población Tolerante a Heladas), VS102, PABG (Población de Amplia Base Genética) y TLAX151 (Cuadro 4.3). El grupo de híbridos intermedios que en promedio presentaron 83, 88, 103 y 192 días en las etapas fenológicas y cuyas fuentes de sus progenitores son intermedios del tipo Mich-21 y Tlax-151 (Cuadro 4.4). Finalmente el grupo de híbridos tardíos que en promedio presentaron 93, 97, 106 y 203 días en las etapas fenológicas y que tienen como fuentes de sus progenitores a materiales tardíos tipo CH-11, Méx-37 y a P0885 BSDP, misma que fue la fuente de resistencia al acame, porte bajo y precocidad (Cuadro 4.5). Como se indicó en páginas anteriores, en este tipo de cruzamientos tardíos se busca principalmente porte bajo, resistencia al acame, precocidad y secundariamente rendimiento, ya que la totalidad de los híbridos actualmente comerciales de riego son tardíos, muy altos y propensos al acame.

En los Cuadros 4.3 al 4.8 se presentan resumidos los resultados obtenidos, agrupados de acuerdo al grado de precocidad de los híbridos. Así, los Cuadros 4.3 y 4.6 contienen la información acerca del rendimiento, duración de las etapas fenológicas y características agronómicas de 20 híbridos clasificados como precoces en base a los criterios antes mencionados.

Puede observarse; que el rendimiento de estos híbridos precoces varió de 4.5 a 12.4 ton ha⁻¹, debe señalarse que hubo varios híbridos modernos que superaron el rendimiento del mejor testigo comercial (CS ϕ H32), las seis variedades con más alto rendimiento (14 a 26 del Cuadro 4.3) tuvieron rendimientos del 2.8 al 39.2% más elevados que esa cruza. De la misma manera, hay que decir, que entre esas variedades se encuentran algunas que son más precoces en sus etapas fenológicas que el testigo comercial. El número de días a floración masculina y femenina osciló entre 70 y 83, para la masculina y 72 a 87 en el caso de la femenina; y a madurez fisiológica se requirieron desde 175 hasta 199 días, en los híbridos precoces.

El testigo comercial (CS ϕ H32) necesitó de 74, 77 y 186 días a floración masculina, femenina y madurez fisiológica respectivamente. En tanto que la variedad 26 sólo necesitó 72 a 74 días a floración femenina y masculina, aunque fue un poco más tardía que el testigo en su madurez fisiológica ya que requirió 191 días; también la variedad 23 tuvo el mismo número de días a floración masculina y femenina que el testigo, pero fue cuatro días más tardía en la madurez y superó en 24.5% el rendimiento del testigo.

CUADRO 4.6 Rendimiento y características agronómicas de una serie de híbridos precoces de maíz de cruz simple Valles Altos, Chapingo, Méx. 1987.

No. DE VAR.	REND (KG HA ⁻¹) AL 15% HUM	ALTURA DE PLANTA m	ALTURA DE MAZORCA m	HUMEDAD DEL GRANO A LA COSECHA %	DESGRANE %
14	12,422	2.93	1.81	17.0	84
13	12,262	2.74	1.59	23.0	90
15	11,706	2.76	1.73	34.5	88
28	11,271	2.39	1.36	22.0	90
23	11,105	2.58	1.51	24.0	87
29	10,467	2.45	1.40	26.5	93
21	9,888	2.60	1.65	21.5	87
24	9,183	2.50	1.36	26.5	89
26	9,179	2.44	1.42	26.0	88
60	8,922	2.50	1.46	22.5	88
30	8,322	2.10	1.08	25.5	90
22	8,267	2.51	1.34	27.0	88
42	8,120	2.32	1.35	24.0	90
61	7,847	2.41	1.31	19.5	89
35	7,561	2.61	1.54	17.5	86
25	7,495	2.44	1.27	32.5	93
36	7,150	2.58	1.51	24.0	87
40	6,311	2.51	1.57	25.0	89
52	6,050	2.49	1.36	30.0	88
27	4,500	2.12	1.11	25.0	89
\bar{x}	8,901	2.49	1.43	24.6	88
σ	2,165	0.19	0.18	4.3	2.1
CV	24.3	7.7	12.91	17.7	2.4

CUADRO 4.7. RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE UNA SERIE DE HIBRIDOS INTERMEDIOS DE MAIZ DE CRUZA SIMPLE DE VALLES ALTOS. CHAPINGO, MEX. 1987.

No. de Var.	Rend (kg ha ⁻¹) al 15% hum	Altura de planta m	Altura de mazorca m	humedad del grano a la cosecha %	Desgrane %
19	13,687	2.82	1.76	22.5	86
6	13,096	2.79	1.60	22.5	84
16	13,070	2.74	1.74	22.0	83
5	12,955	2.72	1.57	25.5	85
9	12,897	3.08	1.96	25.0	88
18	12,772	2.59	1.63	21.5	88
34	12,727	2.78	1.68	18.5	87
17	12,292	2.68	1.67	21.0	85
31	12,156	2.90	1.98	20.5	86
50	11,967	2.76	1.71	17.5	87
20	11,813	2.60	1.54	19.5	85
11	11,724	2.72	1.63	16.5	85
12	11,329	2.81	1.84	25.5	85
32	11,262	2.93	1.86	23.0	86
33	11,055	2.93	1.78	20.5	85
29	10,207	3.10	2.03	23.0	88
51	10,154	2.59	1.59	21.0	85
41	7,834	2.63	1.54	18.0	85
27	7,635	2.57	1.58	22.5	88
38	7,341	2.83	1.84	22.5	89
\bar{X}	11,399	2.77	1.72	21.4	85
σ	1,886	0.15	0.15	2.9	1.6
CV	16.5	5.5	8.9	11.8	1.9

CUADRO 4.8. RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE UNA SERIE DE HIBRIDOS TARDIOS DE MAIZ DE CRUZA SIMPLE DE VALLES ALTOS. CHAPINGO, MEX. 1987.

No. de Var.	Rend (kg ha ⁻¹) al 15% hum	Altura de planta m	Altura de mazorca m	Humedad del grano a la cosecha %	Desgrane %
44	16,159	3.16	2.12	16.5	86
47	15,710	3.21	2.12	18.0	88
59	14,419	3.47	2.42	29.0	87
10	13,865	3.03	1.87	22.5	86
8	13,392	2.85	1.58	21.0	88
58	12,948	3.41	2.26	24.5	85
2	12,768	2.98	1.88	22.5	89
56	12,347	3.37	2.24	27.5	88
4	12,342	2.98	1.86	20.0	87
55	12,093	3.30	2.24	25.5	85
48	12,003	3.34	2.36	28.0	83
57	11,373	3.18	2.14	20.0	87
45	11,370	3.22	2.18	25.5	84
1	11,316	2.86	1.81	26.0	87
3	11,276	2.91	1.82	26.0	86
7	11,255	2.92	1.86	28.5	83
54	10,733	3.10	2.14	26.5	83
49	10,396	3.17	2.24	18.5	85
46	10,197	3.11	2.13	19.0	86
43	10,003	2.90	1.88	21.5	84
53	8,218	2.99	1.69	24.5	82
\bar{X}	12,103	3.11	2.04	23.3	85
σ	1,895	0.18	0.22	3.7	1.9
CV	15.6	6.0	11.2	16.1	2.3

Las variedades 13 y 14 fueron más tardías en sus floraciones (84 y 87 días respectivamente a la floración femenina) que el testigo, pero también se comportaron más precoces que aquel en la madurez fisiológica (176 y 181 días para ambas variedades, por lo que su período de llenado de grano se acortó (91 y 94 días para las variedades 13 y 14 en comparación con los 108 días del testigo) y pese a ello su rendimiento fue más alto que el del testigo en 37.4 y 39.2%; lo que nos indica que tienen un potencial de rendimiento más alto que el testigo, lo que en parte puede deberse a una tasa de llenado de grano más elevada.

La duración del período de llenado de grano en los 20 híbridos precoces varió desde 91 a 119 días, con un promedio de 103 (Cuadro 4.2 y 4.3). Aunque, al parecer, en estos híbridos, hubo un retraso en la formación de la capa negra provocado por un exceso de humedad durante este período, puesto que en este año la precipitación casi alcanzó el volumen promedio de siete años (1981-1987) que fue de 545.28 mm, y en 1987 el volumen fue de 542.9 mm sólo que el 86.77% de ese volumen ocurrió entre los meses de junio a septiembre, siendo el promedio de siete años de 74.35% para esos meses.

Los intervalos de floración masculina y femenina fueron de 12 y 10 días en promedio, respectivamente; aunque el intervalo de floración masculina varió de 10 a 15 días, en tanto que el de floración masculina fue de 8 a 14 días. El número de días entre la antesis y la emisión de los estigmas de los híbridos precoces fue de 1 a 7 y en promedio de 3; por lo que puede decirse que queda casi asegurado que haya una buena polinización de las florecillas femeninas dado que existe disponibilidad de po

Ten durante todo el período en que están emergiendo los estigmas y la diferencia en días entre las antesis y la emergencia de los estigmas es muy baja lo que asegura que haya coincidencia de ambas floraciones.

En el aspecto agronómico (Cuadro 4.6), para los híbridos precoces, se encontró que la altura de planta y de mazorca variaron entre 2.1 y 2.93 m y de 1.08 a 1.81 m, respectivamente; sin embargo, los promedios de estas características fueron de 2.49 y 1.43 m respectivamente. El porcentaje de humedad del grano a la cosecha, para estos híbridos varió entre 17.0 y 34.5% con un promedio de 24.6; asimismo el porcentaje de desgrane fue de 88 en promedio, aunque hubo porcentajes desde 84 hasta 92.

Nuevamente, en el Cuadro 4.6, se puede notar que algunos de los materiales modernos, tienen un porte menor al testigo tanto en altura de planta como de mazorca, en este caso, sobresalen las variedades 28 y 26, que además de tener menor porte, el porcentaje de humedad del grano a la cosecha fue similar o inferior al del testigo y tuvieron mayor porcentaje de desgrane que el material comercial, por lo que su rendimiento de grano, obviamente fue más alto.

Por lo que puede decirse que entre los materiales incluidos en el grupo de los precoces, hay algunos híbridos modernos con mayor rendimiento, más precoces y con mejor apariencia y características agronómicas que los testigos comerciales.

Para el caso específico de los híbridos que se incluyen en el grupo precoz, puede asegurarse que las variedades 13, 14, 15, 23 y 28 presentan rendimientos más altos que el testigo (CS q H32) y que la cruza doble de mejor comportamiento (H32); ya que además son más precoces o de igual pre

cocidad que el testigo, esos materiales tienen un porte de planta similar al testigo y en algunos casos el porcentaje de desgrane es mayor, por lo que también tienen rendimientos más elevados.

En los híbridos del grupo intermedio (sus características se resumen en los Cuadros 4.4 y 4.7) se observa que su rendimiento mínimo fue de 7.3 y el máximo de 13.6 ton ha⁻¹, y en promedio 11.4 ton ha⁻¹ (casi 2.5 ton ha⁻¹ más que los grupo precoz), y también hubo materiales modernos que superaron el rendimiento tanto del testigo (CS y H30) como el del híbrido comercial (H30), desde 1.9 hasta 23.8%.

El número de días a floración masculina fue de 79 a 88 y en promedio 83, y a floración femenina se tuvieron de 83 a 93 días con un promedio de 88. La madurez fisiológica se presentó de 178 a 208 días siendo el promedio de 192 días. También en este caso se encontraron algunos nuevos materiales que tuvieron mayor precocidad en su floración masculina y femenina (variedades 19 y 16), en relación a la cruz simple y del H30, aunque también hay que señalar que ninguno de los híbridos que superaron el rendimiento y fueron más precoces en floración que el testigo, mostraron mayor precocidad a madurez fisiológica.

Por esta última razón, los híbridos que se incluyen en este grupo, tuvieron un período de llenado de grano un poco más amplio que el testigo; pero esto, bien pudiera ser consecuencia de las condiciones ambientales, que tendieron a retrasar la formación de la capa negra, al igual que ocurrió con los híbridos del grupo precoz.

Por otra parte, la variedad 20 (Cuadro 4.4) superó el rendimiento del testigo en 6.8% y fue más precoz que este en 3 y 6 días en floración masculina y femenina, respectivamente, pese a que su madurez fue retrasada en 9 días con respecto al testigo.

Los intervalos de floración masculina y femenina, se extendieron desde 8 a 14 días la masculina y 6 a 13 la femenina, promediando 11 y 10 días respectivamente. El intervalo entre la antesis y la emisión de estigmas fue de 3 días en promedio, hallándose períodos desde 2 hasta 7 días, lo que asegura una buena disponibilidad de polen durante el período en que los estigmas son receptivos.

En el aspecto agronómico, la altura de planta y mazorca fueron mayores en este grupo (28 y 29 cm, para ambas alturas), en los híbridos del grupo intermedio la altura promedio de planta fue de 2.77 m y la de mazorca 1.72 m. La diferencia entre el grupo precoz y el intermedio en la altura de planta y mazorca se deben al período vegetativo más amplio de los híbridos intermedios, durante el cual acumulan más materia seca en los órganos vegetativos (tallo y hojas).

Específicamente la cruce simple de Tlax-151 x Mich-21 tuvo una altura de planta 12 cm menor a la de la cruce simple σ del H30, pero al altura de mazorca de esa cruce fue 6 cm mayor a la del testigo; la variedad 20, que superó el rendimiento del testigo en 6.8% y fue 3 y 6 días más precoz en la floración masculina y femenina, que aquel, respectivamente mostró una altura menor en 33 y 24 cm en la altura de planta y mazorca, tuvo 1% menos de humedad y el mismo porcentaje de humedad que el testigo.

La altura de planta osciló en el rango de 2.57 a 3.1 m en los híbridos de este grupo, la altura de mazorca fue de 1.54 a 2.03 m. Por otra parte la humedad del grano a la cosecha fue de 21.4% (3.1% menos que el grupo precoz) aunque en realidad varió entre 16.5 y 25.5%; y el porcentaje de desgrane tuvo un promedio de 85 con una variación de 83 a 89 (en este caso el promedio fue un poco menor al de los precoces como puede observarse en los Cuadros 4.6 y 4.7).

En el grupo de híbridos tardíos (Cuadros 4.5 y 4.8) se obtuvieron rendimientos de 8.2 a 16.1 ton ha⁻¹ con un promedio de 12.1, el cual supera en 704 kg ha⁻¹ al grupo de los híbridos intermedios y en 3.2 ton ha⁻¹ al de los precoces. En este grupo se encontraron algunos materiales convencionales que superaron el rendimiento de los híbridos modernos, en específico la variedad 47 (cruza simple ♀ del H131) superó con 11.8% el rendimiento del mejor híbrido moderno (cruza de CH-11 x POB85 BPSD), en cuyo germoplasma existen genes de material exótico tropical, que está muy inadaptado a las condiciones ambientales de Valles Altos, pero de esa cruce, la POB85 fue la fuente de resistencia al acame y porte bajo, por lo que esperaba que sus rendimientos fueran menores que los materiales tradicionales.

En cuanto a la duración de las etapas fenológicas, la floración masculina de los híbridos varió de 85 a 103 días y tuvo un promedio de 93 días. Para la floración femenina, el mínimo fue de 91 días y el máximo 106, con un promedio de 97 días; comparando estos valores con los de los grupos anteriores; la floración masculina fue 10 días más tardía que en

los híbridos intermedios y 17 días en relación a los precoces, de la misma forma, la floración femenina fue 9 días posterior a la de los intermedios y 18 días más tardías que en los precoces.

En promedio se necesitaron de 93 y 97 días a floración masculina y femenina respectivamente. A la madurez fisiológica el promedio de días para este grupo fue de 203 con un mínimo de 194 y máximo 213 días, es decir 11 y 21 días más que en los híbridos intermedios y precoces respectivamente.

Un caso que parece ser interesante es el hecho de que el período de llenado de grano de los tres grupos de madurez, fue casi constante, 103, 103 y 106 días para precoces, intermedios y tardíos, en promedio. Aunque, como se señaló anteriormente, la madurez fisiológica de los híbridos precoces e intermedios, posiblemente se haya retrasado.

En este grupo, el intervalo de floración masculina varió de 9 a 14 días con un promedio de 11 días; la femenina se extendió de 7 a 12 días con 9 en promedio. El número de días entre anthesis y emisión de estigmas fue de 1 a 7.

Las alturas de planta y mazorca fueron de 3.11 y 2.04 m en promedio para los 21 genotipos clasificados como tardíos, es decir, su altura fue mayor a la de los dos grupos anteriores; lo que probablemente sea obvio, puesto que estos materiales tuvieron un período de crecimiento vegetativo más amplio, durante el cual acumularon una mayor proporción de materia seca en sus órganos vegetativos.

Puede verse en el Cuadro 4.8 que la variedad 10 tuvo 18 cm menos en altura de planta que el testigo y 25 cm menos en la altura de mazorca, es decir, se tuvo una buena ganancia en la reducción del porte, aunque hubo una disminución en el rendimiento.

4.2. Correlaciones.

En el Cuadro 4.9 se dan los coeficientes de correlación y su nivel de significancia para 20 híbridos precoces; entre etapas fenológicas y de éstas con el rendimiento y los caracteres agronómicos. Como se puede apreciar en dicho Cuadro, hubo correlación positiva y altamente significativa entre el número de días a floración masculina y el número de días a floración femenina ($r=0.93^{**}$), del número de días a floración masculina con el intervalo de floración femenina ($r=0.90^{**}$), y del número de días a floración masculina con la altura de planta ($r=0.51^{**}$).

El número de días a floración femenina está correlacionado con la sincronización de la floración ($r=0.63^{**}$); y la duración del período de llenado de grano con el número de días a madurez fisiológica ($r=0.89^{**}$), asimismo, el intervalo de floración masculina está correlacionado con el intervalo de floración femenina ($r=0.90^{**}$).

Por otra parte, existe correlación positiva y significativa del rendimiento de grano con la altura de planta ($r=0.48^*$), del número de días a floración femenina y la altura de planta ($r=0.47^*$). Además se encontraron coeficientes de correlación negativos y altamente significativos entre el rendimiento y los intervalos de floración masculina ($r=0.54^{**}$) y de floración femenina ($r=0.62^{**}$).

CUADRO 4.9. COEFICIENTES DE CORRELACION Y SU NIVEL DE SIGNIFICANCIA PARA ETAPAS FENOLOGICAS, RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE 20 HIBRIDOS PRECOCES DE MAIZ DE VALLES ALTOS. CHAPINGO, MEX. 1987.

Variable	Rend.	Florm	Florf	Pllg	Madfis	Interm	Interf	Sincron	Altp1	Humgr	Des
Rend.	1.00	0.28553	0.12576	-0.01907	0.04117	-0.54621 **	-0.62918 **	-0.27572	0.48747 *	0.12254	-0.17629
Florm		1.00	0.93005 **	-0.43169 *	-0.02344	-0.48141 *	0.90179 **	0.30391	0.51904 **	0.10228	-0.27383
Florf			1.00	-0.46347 *	-0.02443	-0.43473 *	-0.26856	0.63270 **	0.47083 *	0.01915	-0.35819
Pllg				1.00	0.89717 **	0.38682	0.30059	-0.29190	0.04046	0.10750	-0.08857
Madfis					1.00	0.21972	0.20526	-0.01395	0.28033	0.13083	-0.27846
Interm						1.00	0.90179 **	-0.11259	-0.04690	0.21748	0.14846
Interf							1.00	0.01455	-0.05867	0.38027	-0.00197
Sincron								1.00	0.12687	-0.16591	-0.35162
Altp1									1.00	0.11117	-0.37521
Humgr										1.00	-0.33934
Des											1.00

También hubo correlación negativa entre el número de días a floración masculina y la duración del período de llenado de grano ($r=0.43^*$), del número de días a floración masculina con el intervalo de floración masculina ($r=0.48^*$), el número de días a floración femenina y la duración del período de llenado de grano ($r=0.46^*$) y el número de días a floración femenina y el intervalo de floración masculina ($r=0.43^*$).

Para el grupo de híbridos intermedios, se hallaron coeficientes de correlación positivos y altamente significativos entre el número de días a floración masculina y el número de días a floración femenina ($r=0.82^{**}$), el número de días a madurez fisiológica y la duración del período de llenado de grano ($r=0.96^{**}$), el número de días a floración masculina y la altura de planta ($r=0.59^{**}$), el número de días a floración femenina y la altura de planta ($r=0.72^{**}$), y el número de días a floración femenina y la duración del intervalo de floración femenina ($r=0.54^{**}$).

Hubo correlaciones significativas y positivas entre el rendimiento y el número de días a floración masculina ($r=0.45^*$), del número de días a floración femenina con el número de días entre anthesis y emisión de estigmas ($r=0.50^*$). Además, se encontraron correlaciones altamente significativas pero negativas entre rendimiento y el número de días del intervalo de floración masculina ($r=0.72^{**}$) del número de días a floración femenina y la duración del período de llenado de grano ($r=0.59^{**}$).

También se observan correlaciones significativas y negativas del rendimiento con el intervalo de floración femenina ($r=0.51^*$), de la duración del período de llenado de grano con la sincronización de la floración

($r=0.44^*$). En el Cuadro 4.10 se incluyen los coeficientes de correlación entre todos los parámetros que se evaluaron, en el grupo de híbridos intermedios.

En el Cuadro 4.11 se señalan los coeficientes de correlación y su nivel de significancia para los híbridos tardíos como se nota, hubo muchos menos valores significativos en este grupo en comparación con los dos anteriores. Para estos híbridos, se tuvieron coeficientes altamente significativos y positivos entre el número de días a floración masculina y el número de días a floración femenina ($r=0.95^{**}$), del período de llenado de grano y el número de días a madurez fisiológica ($r=0.84^{**}$), del intervalo de floración masculina con el intervalo de floración femenina ($r=0.58^{**}$), y del rendimiento de grano con el porcentaje de desgrane ($r=0.54^{**}$). Asimismo hubo coeficientes altamente significativos, pero negativos, del número de días a floración masculina con la duración del período de llenado de grano ($r=0.74^{**}$) y del número de días a floración femenina con la duración del período de llenado de grano ($r=0.83^{**}$).

Por otro lado, cuando se incluyeron los 61 genotipos (Cuadro 4.12), se determinaron coeficientes de correlación positivos y altamente significativos del número de días a floración masculina con el rendimiento ($r=0.57^{**}$) y de este con el número de días a floración femenina ($r=0.55^{**}$), además el rendimiento está correlacionado con el número de días a madurez fisiológica ($r=0.40^{**}$), con la altura de planta ($r=0.51^{**}$) y con el porcentaje de desgrane ($r=0.31^{**}$).

El número de días a floración masculina está correlacionado con el número de días a floración femenina ($r=0.98^{**}$), con el número de días a

CUADRO 4.10. COEFICIENTES DE CORRELACION Y SU NIVEL DE SIGNIFICANCIA PARA ETAPAS FENOLOGICAS, RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE 20 HIBRIDOS INTERMEDIOS DE MAIZ DE VALLES ALTOS. CHAPINGO, MEX. 1987.

Variable	Rend	Florm	Florf	Pllg	Madfis	Interm	Interf	Sincron	Altp1	Humgr	Des
Rend	1.00	0.45805 *	0.21743	-0.06307	0.00066	-0.72683 **	-0.51437 *	-0.31266	0.17026	-0.12629	-0.25290
Florm		1.00	0.82020 **	-0.39039	-0.17494	0.01863	0.37461	-0.08059	0.59034 **	-0.23106	-0.00088
Florf			1.00	-0.59316 **	-0.34967	0.18924	0.54105 **	0.50412 *	0.72214 **	-0.17097	0.19567
Pllg				1.00	0.96167 **	-0.17464	-0.19036	-0.44413 *	-0.33235	-0.04275	-0.01941
Madfis					1.00	-0.13877	-0.03724	-0.34513	-0.14079	-0.10798	0.04406
Interm						1.00	0.70463	0.30158	0.17871	0.37783	0.20279
Interf							1.00	0.37716	0.37409	0.10213	0.36504
Sincron								1.00	0.36701	0.05094	0.34225
Altp1									1.00	-0.09793	0.27984
Humgr										1.00	0.04289
Des											1.00

CUADRO 4.11. COEFICIENTES DE CORRELACION Y SU NIVEL DE SIGNIFICANCIA PARA ETAPAS FENOLOGICAS, RENDIMIENTO Y CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE 21 HIBRIDOS TARDIOS DE MAIZ DE VALLES ALTOS. CHAPINGO, MEX. 1987.

Variable	Rend	Florm	Florf	Pllg	Madfis	Interm	Interf	Sincron	Altp1	Humgr	Des
Rend	1.00	0.13303	0.19314	-0.18812	-0.12461	-0.23813	-0.27193	0.16590	0.22015	-0.12461	0.54877 * *
Florm		1.00	0.95695 * *	-0.74348 * *	-0.30728	-0.05613	-0.25317	-0.35001	0.29460	-0.21244	-0.15126
Florf			1.00	-0.83256 * *	-0.41259	-0.04335	-0.15324	-0.06306	0.24717	-0.20602	-0.16829
Pllg				1.00	0.84810 * *	-0.14278	0.03117	-0.13057	-0.09374	0.17588	0.07184
Madfis					1.00	-0.27625	-0.09532	-0.27503	0.08226	0.09217	-0.04283
Interm						1.00	0.58359 * *	0.05307	-0.14494	-0.06827	-0.22275
Interf							1.00	0.37594	-0.03983	-0.14272	-0.34662
Sincron								1.00	-0.21525	0.06557	-0.15126
Altp1									1.00	0.03552	0.21017
Humgr										1.00	0.32234
Des											1.00

CUADRO 4.12. COEFICIENTES DE CORRELACION Y SU NIVEL DE SIGNIFICANCIA PARA DISTINTAS ETAPAS DEL DESARROLLO DE LAS PLANTAS, RENDIMIENTO, PORCENTAJE DE GRANO Y DE MATERIA SECA EN 61 GENOTIPOS DE MAIZ DE VALLES ALTOS. CHAPINGO, MEX. 1987.

Variable	Rend	Florm	Florf	Pllg	Madfis	Interm	Interf	Sincron	Atpl	Humgr	Des
Rend	1.000	0.57393 **	0.55046 **	-0.00105	0.40185 **	-0.54035 **	-0.54264 **	-0.10264	0.51788 **	0.17831	0.31748 **
Florm		1.000	0.9814 **	-0.10803	0.62985 **	-0.24270 *	-0.31405 **	-0.06279	0.67159 **	0.04611	-0.55033 **
Florf			1.000	-0.16812	0.59443 **	-0.22618	-0.26443 *	0.12990	0.66692 **	0.04780	-0.55460 **
Pllg				1.000	0.69276 **	0.00257	-0.01154	-0.31614 **	0.00782	0.07751	-0.07693
Madfis					1.000	-0.16337	-0.20286	-0.16287	0.49428 **	0.09820	-0.46849 **
Interm											
Interf							1.000	0.24744 *	-0.16013	0.10794	0.16342
Sincron								1.000	-0.00154	0.01036	-0.04087
Atpl									1.000	0.11133	-0.33191 **
Humgr											
Des											1.000

madurez fisiológica ($r=0.62^{**}$) y con la altura de planta ($r=0.67^{**}$). A la vez, el número de días a floración femenina tiene correlación con el número de días a madurez fisiológica y con la altura de planta ($r=0.66^{**}$). La duración del período de llenado de grano está correlacionada con el número de días a madurez fisiológica ($r=0.69^{**}$), y éste con la altura de planta ($r=0.49^{**}$); y el intervalo de floración masculina con el intervalo de floración femenina ($r=0.75^{**}$), y este con la sincronización de la floración ($r=0.24^{**}$).

Al incluir a todos los genotipos, también se hallaron coeficientes altamente significativos, sólo que negativos entre el rendimiento y los intervalos de floración masculina ($r=0.54^{**}$) y femenina ($r=0.54^{**}$); el número de días a floración masculina se correlaciona con el intervalo de floración femenina ($r=0.31^{**}$), y con el porcentaje de desgrane ($r=0.55^{**}$), este último está correlacionado con el número de días a floración femenina ($r=0.55^{**}$).

La duración del período de llenado de grano muestra correlación altamente significativa y negativa con la sincronización de la floración ($r=0.31^{**}$), el número de días a madurez fisiológica con el porcentaje de desgrane ($r=0.46^{**}$), y este con la altura de planta ($r=0.33^{**}$). Por otra parte, el intervalo de floración masculina está correlacionado con el número de días a floración masculina ($r=0.24^{*}$) y el intervalo de floración femenina con el número de días a floración femenina ($r=0.26^{*}$).

5. DISCUSION

Como se esperaba en el análisis de varianza general, se encontraron diferencias significativas entre variedades en la duración de las etapas fenológicas, en sus características agronómicas y en el rendimiento; pues to que los materiales proceden de distintos progenitores, de lo que se infiere que esos parámetros son característicos de cada genotipo.

Existió un amplio rango de variación entre los cultivares, para cada una de las características evaluadas, aunque dentro de genotipos no hubo mucha variación, lo que indica que la manifestación de las etapas fenológicas, características agronómicas y rendimiento son muy homogéneas dentro de genotipos; lo cual es apoyado por el hecho de que no se hallaron diferencias significativas entre repeticiones. Esto coincide con la información aportada por Harris et al (1976) quienes notaron un amplio rango, en un mismo grupo de madurez, en la duración de las etapas fenológicas.

Pese a la variación encontrada, cabe señalar, que los coeficientes de variación para: floración masculina y femenina, humedad del grano a la cosecha, porcentaje de desgrane, altura de planta y de mazorca, madurez fisiológica y periodo de llenado de grano fueron menores o iguales a 10%, es decir son parámetros muy estables, aún entre distintos genotipos; el rendimiento, los intervalos de floración masculina y femenina y la sincronización de la floración son características que exhiben mayor variación que las anteriores, aunque sus coeficientes de variación fueron menores al 15% y sólo en el caso de la sincronización de la floración que rebasó el 35%.

También hay que señalar que la floración masculina y femenina, así como la madurez fisiológica, y por consecuencia el periodo de llenado de grano mostraron rangos de variación similares (33, 34, 38 y 33 días, respectivamente), de lo que podría pensarse que son eventos que ocurren a intensidades similares.

Asimismo, puede decirse que la manifestación de las etapas fenológicas mostró la tendencia a retrasarse de acuerdo al grado de madurez del híbrido y a su genotipo, así tanto la floración como la madurez fisiológica se presentaron, en los híbridos de tipo tardío, en fechas posteriores a las de aquellos materiales provenientes de genotipos intermedios y precoces, lo que coincide con los resultados de Major (1980) y Kiniry *et al* (1983) quienes propusieron que la fecha de floración es determinada por el genotipo y tiende a ser mayor en materiales de madurez tardía.

De acuerdo a la información obtenida para cada grupo de madurez, hubo un retraso de 10 días entre grupos para las etapas floración masculina y femenina y madurez fisiológica. Aunque aparentemente, la duración del llenado de grano es muy constante entre los distintos grupos de madurez, lo que fue propuesto por Shaw y Thom (1951), y principalmente podría deberse a que, si bien los genotipos tardíos florecen después de los precoces e intermedios, su madurez se retrasa en la misma proporción que su floración, sin embargo, hay mucha diferencia entre la duración de los periodos hallada por aquellos investigadores y la encontrada en este trabajo, seguramente atribuible a las diferentes condiciones ambientales y genotipos estudiados.

No obstante es necesario apuntar, que durante la estación de crecimiento hubo condiciones de humedad y temperatura muy especiales. La precipitación registrada fue casi igual al promedio de los 7 años anteriores (542.9 mm); y al mismo tiempo se presentaron muchos días nublados durante el período de llenado de grano, durante los cuales las temperaturas y radiación fueron menores de lo normal, lo que provocó que la fecha de madurez fisiológica de los híbridos precoces e intermedios se retrasará, alargando la duración del período de llenado de grano, en 1982, Gebeyehou et al en un estudio con trigo duro, demostraron que las temperaturas bajas están asociadas con períodos de llenado de grano más largos. Asimismo existe una variación de 25 días, en cuanto a la duración del llenado de grano en los híbridos precoces y de sólo 16 días en los materiales tardíos. También Tollenaar (1977) y Fisher y Palmer (1977) indican que tanto la tasa y duración del llenado de grano son afectadas por el ambiente, principalmente por la temperatura.

En el caso del rendimiento de grano se determinó que en promedio, los híbridos tardíos rinden más que los precoces e intermedios. Pero dentro de cada grupo se hallaron diferencias muy amplias a nivel de genotipos. Para los tres grupos de madurez, hubo un diferencial de aproximadamente 8 tón ha^{-1} entre los genotipos de mayor y menor rendimiento, y por ello, dentro del grupo precoz, se tienen materiales que rinden también como los intermedios y tardíos (variedades 13 y 14).

De la misma manera, en cada grupo hay híbridos modernos que exceden el rendimiento de las cruza simples convencionales más sobresalientes.

En el caso específico del grupo precoz, hay 9 materiales modernos que superaran el rendimiento del testigo tradicional (CS ♀ H32) desde 2.8 hasta en 39.2%.

En los híbridos intermedios, 8 híbridos modernos tuvieron rendimientos más altos de 1.9 a 23.8% que el testigo (CS ♀ H30), y en los tardíos el mejor híbrido moderno sólo rindió 88.2% en relación al testigo (CS ♀ H131); en el grupo tardío, ninguno de los híbridos modernos logró superar el rendimiento del mejor testigo, y esto fue así, porque en estos materiales se incluyó como progenitor macho una fuente de germoplasma exótico con influencia tropical (POB85 BSOP), de la cual se trataba de obtener una mayor resistencia al acame con menor porte de planta, y ese material no presenta amplia adaptabilidad a las condiciones de los Valles Altos como si sucede con el material local.

También es importante hacer notar que no necesariamente los híbridos con período de llenado de grano más amplio produjeron los mayores rendimientos de grano, por su parte, Johnson y Tanner (1972) concluyeron que no existe asociación entre el rendimiento y la duración del período de llenado de grano en híbridos de maíz, aunque si la hay en líneas endogámicas. De ahí que, se hayan encontrado híbridos precoces con capacidad de rendimiento similar a la de los intermedios y tardíos, en el caso de las variedades 13 y 14, que tuvieron períodos de llenado de grano y rendimientos de 91 y 94 días y 12.2 y 12.4 ton ha⁻¹, respectivamente en comparación a los 107 días y 13.7 ton ha⁻¹ de la mejor cruza simple del grupo intermedio y los 96 días y 16.1 ton ha⁻¹ de la del grupo tardío.

Lo anterior señalado pudiera ser causado por las diferentes tasas de llenado de grano, ya que, como indican Johnson y Tanner (1972), el rendi-

miento es una función de la tasa y duración del llenado de grano.

Con respecto al número de días a floración y madurez fisiológica, también se observaron amplias diferencias dentro de cada grupo de madurez. Así, en el grupo precoz, la diferencia encontrada entre el híbrido más precoz y el más tardío, en el número de días a floración femenina fue de 15 días, y en el número de días a madurez fisiológica fue de 25 días, lo que apoya la aseveración de que hubo un retraso en la fecha de la madurez fisiológica, dado que se esperaba un diferencial similar para ambas etapas. Además, en el grupo de híbridos tardíos, la diferencia entre el genotipo más precoz y más tardío para la floración femenina fue de 15 días y en la madurez también fue de 15 días.

La duración de los intervalos de floración masculina y femenina fue muy similar en los tres grupos, así también el intervalo entre la floración masculina y femenina mostró la misma tendencia, tanto entre como dentro de cada grupo, aunque dentro de cada grupo se tuvieron materiales que coinciden en sus floraciones, algunos otros tuvieron intervalos hasta de 7 días.

La altura de planta y mazorca mostraron la misma tendencia que el rendimiento, es decir, fueron mayores en los híbridos tardíos y menores en los precoces, y como establece Major (1980), la altura de la planta es determinada por la duración del período de crecimiento vegetativo, puesto que las plantas de floración tardía poseen un mayor número de hojas y como consecuencia también tienen más entrenudos y por ello son más altas que las de floración precoz. A su vez Rasmusson *et al* (1979) trabajando con cebada establecieron que los cultivares con mayor período vegetativo presentan el período de llenado de grano más corto, y es precisamente en

la etapa vegetativa donde hay la mayor acumulación de materia seca en los órganos vegetativos (Tanaka y Yamaguchi, 1984).

Sin embargo, al igual que con la duración de las etapas fenológicas, se observó una amplia variación en las alturas, tanto de planta como de mazorca, dentro de cada uno de los grupos de madurez. En el caso de los híbridos del grupo tardío, las cruza modernas que poseen genes de la POB85 BSDP, mostraron alturas de planta y mazorca menores que las cruza testigo, lo que en cierta medida está asociado con resistencia al acame. En los híbridos que se incluyen en el grupo precoz, la mayoría de las cruza simples modernas que excedieron el rendimiento de la cruza simple hembra del H32, tuvieron mayores alturas de planta y mazorca que aquella, sin embargo, las variedades 26, 28 y 29 excedieron el rendimiento del testigo y tienen alturas menores que ese.

En lo que concierne al contenido de humedad del grano a la cosecha, los híbridos del grupo tardío tuvieron el mayor promedio y los intermedios el menor. Aunque, como anteriormente se ha mencionado, el exceso de humedad en toda la estación de crecimiento pudo haber provocado que el contenido de humedad en el grano fuera mayor. Dentro de cada grupo hubo diferencias entre genotipos para el contenido de humedad, indicando que hay diferencias en la tasa de pérdida de humedad del grano la que como señalo Hanway (1963) depende de las condiciones climáticas, del contenido de humedad de la mazorca en la madurez fisiológica (la cual varía entre híbridos), así como de otros factores. Así mismo, Baker (1971) sugiere que el contenido de humedad a la madurez fisiológica, varía no sólo entre

híbridos, sino que es distinta en un mismo híbrido de un año a otro y Thom (1951) hallaron que el porcentaje de humedad del grano a la madurez, en promedio de cuatro años fue de 30, 37 y 42.2 para genotipos precoces, intermedios y tardíos, en comparación con el 24.6, 21.4 y 23.3%, para los mismos grupos hallados en este estudio.

Por otro lado, en los tres grupos de madurez se encontró asociación entre el número de días a floración masculina y femenina: Siemer et al., (1969) establecieron que ambas floraciones casi coinciden en tiempo, y Duburcq et al. (1983) determinaron que existe correlación positiva y altamente significativa para los períodos de iniciación de la espiga a iniciación de la mazorca, sin importar el genotipo, todo esto indica que aquellos híbridos con floración masculina tardía también son tardíos en floración femenina.

También se halló que la duración del período de llenado de grano está negativamente correlacionada con el número de días a floración femenina y positivamente con el número de días a madurez fisiológica, Cavalieri y Smith (1985) efectuaron un estudio de los materiales liberados en EU en el período de 1930 a 1982, y llegaron a la conclusión de que la duración del período de llenado de grano, más bien, era determinada por la fecha de madurez fisiológica en vez de la fecha de emisión de los estigmas; de ahí que debe existir correlación entre la fecha de madurez fisiológica pero, como se halló en este estudio, hay una relación inversa entre la duración del período vegetativo y el llenado de grano, lo que citado por Rasmusson et al. (1979). Por otra parte, en los grupos de híbridos precoces

y tardíos, se encontró correlación significativa del número de días a floración masculina y la duración del período de llenado de grano, aunque ésta fue negativa, eso es debido a que, como anteriormente se señaló, existe una relación inversa entre la duración del ciclo vegetativo en relación al llenado de grano.

De la misma forma, para los híbridos precoces e intermedios, el número de días a floración femenina y masculina están asociados con la altura de la planta, indicando que los materiales cuya fecha de floración es más retrasada, presentan mayor altura de planta (Major, 1980), aunque esto no sucedió en los híbridos tardíos, lo que pudiera significar que para esos híbridos la altura de planta es determinada, en un mayor grado, por el genotipo.

La correlación encontrada, en los híbridos precoces e intermedios, entre la fecha de floración femenina y la sincronización de ambas floraciones es una indicación de que en tanto más días transcurran a la emisión de los estigmas, habrá un lapso más amplio desde la liberación del polen a esa fecha. Al igual que en el caso anterior, esto no se presentó así en el grupo tardío, indicando que para esos híbridos hay buena coordinación entre ambos períodos.

Para los híbridos del grupo precoz y del tardío, se encontró asociación positiva en la duración de los intervalos de floración, y eso no se observó en el grupo intermedio, tal vez eso se deba a que el inicio de la floración femenina se presentó antes de que la floración masculina llegara al 50% en los grupos precoz y tardío, y en el grupo intermedio el

inicio de la floración femenina ocurrió cuando la masculina llegó exactamente al 50% y por ello, se encontró que la duración del intervalo de la floración femenina está correlacionada positivamente con la fecha de floración femenina, indicando que depende de esa.

El rendimiento tuvo muy pocos coeficientes de correlación significativos, en los tres grupos de híbridos, con las etapas fenológicas. Pero es notorio que en el caso de los híbridos precoces e intermedios, el rendimiento se asocia negativamente con la duración de los intervalos de floración masculina y femenina, eso hace a uno pensar que el período de floración para un genotipo dado, es muy amplio, lo que reduce la duración tanto del período vegetativo como de llenado de grano, podría esperarse que el intervalo de floración fuera menor en los híbridos precoces y progresivamente mayor en los tardíos, pero eso no ocurrió así, sino que hubo un período de floración más amplio en los híbridos intermedios y más reducido en los tardíos. De ahí que el rendimiento sea negativamente afectado por un período de floración más amplio, ya que éste, acorta la duración de los períodos vegetativo y de llenado de grano al mismo tiempo.

También es necesario hacer notar que, dado que esa respuesta no se observa en el grupo de híbridos tardíos, las condiciones de temperatura y humedad que se señalaron anteriormente, pudieron provocar que la tasa de floración de un genotipo particular, de los híbridos precoces e intermedios, fuera más lenta ampliando la duración de los intervalos de ambas floraciones, lo que no se evidenció en el grupo tardío, puesto que cuando

ocurrieron el exceso de humedad y las bajas temperaturas, los materiales de ese grupo comenzaban a emitir sus espigas y por tanto no fueron afectados.

Dentro del grupo precoz, también existe asociación entre el rendimiento y la altura de planta, lo que puede deberse a que los genotipos que muestran mayor altura de planta, también presentan un retraso en la fecha de su floración y madurez fisiológica, por tanto tienen una mayor capacidad de rendimiento; sin embargo, hay que decir que no hubo relación entre el rendimiento y las etapas fenológicas dentro de este grupo y eso puede ser debido a que el rendimiento fue determinado, en un mayor grado, a nivel genético.

Cuando se incluyeron todos los genotipos, se hallaron más coeficientes significativos, eso puede ser porque hay una mayor distribución de los valores. Por ejemplo, en este caso, se halló que el rendimiento depende el número de días a floración masculina y femenina y a madurez fisiológica, así como de la altura de planta, esto es, mientras más tardío sea un genotipo en su floración, será más tardío en su madurez y tendrá mayor altura de planta y porcentaje de grano más elevado. También en este caso se presentó la relación inversa, antes discutida, entre la duración de los intervalos de floración y el rendimiento.

Asimismo, se hallaron otras relaciones que se esperaba encontrar para cada grupo de madurez; en el caso de la altura de planta, hay relación positiva con el número de días a cada una de las etapas fenológicas y la altura de planta. De lo que se desprende que los híbridos progresivamen

te más tardíos en su floración son más tardíos en su madurez, tienen mayor altura de planta y menor porcentaje de desgrane, puesto que hay mayor acumulación de materia seca en las partes vegetativas de la planta.

De lo anterior debe señalarse que con la metodología establecida fue posible lograr los objetivos planteados y también es necesario planear un estudio donde se contemplen los componentes de rendimiento para determinar con precisión las características de los híbridos modernos sobresalientes y de esta manera seleccionar aquellos que muestren mayor eficiencia en su productividad.

Es necesario, asimismo, hacer notar que con los resultados obtenidos se comprobó la veracidad de las dos primeras hipótesis establecidas, aun- que se debe rechazar la tercera, puesto que:

a) Dentro de los híbridos modernos de cruce simple, en cada grupo de madurez, se identificaron algunos cuyo rendimiento y comportamiento ontogénico superaron al de los testigos tradicionales.

b) Se encontraron diferencias significativas en la duración de las etapas fenológicas de los híbridos entre y dentro de cada grupo de madurez.

c) No se encontró correlación entre el rendimiento y la duración de las etapas fenológicas dentro de cada grupo de madurez, sin embargo, al incluir todos los genotipos (precoces, intermedios y tardíos) se obtuvieron coeficientes de correlación significativos entre el rendimiento y la duración de las etapas fenológicas.

6. CONCLUSIONES

1. En el grupo precoz hay nueve híbridos simples modernos (13, 14, 15, 21, 23, 24, 26, 28 y 29) que superan el rendimiento del testigo (CS o H32) desde 2.8 hasta en 39.2%.

2. En el grupo de híbridos intermedios, nueve cruzas modernas (5, 6, 11, 12, 16, 17, 19 y 19) excedieron el rendimiento de la crusa simple hembra del H30, en 1.9 a 23.8%.

3. De los híbridos tardíos, el mejor híbrido moderno de crusa simple sólo rindió el 88.2% del testigo (crusa simple hembra del H131), pero fue mejor en el aspecto de planta, ya que tuvo altura más reducida que aquél.

4. Los híbridos precoces tuvieron promedios de 76, 79, 103 y 108 días a las etapas fenológicas: floración masculina, floración femenina, período de llenado de grano y madurez fisiológica, respectivamente.

5. Para el grupo de híbridos intermedios el promedio de días a floración masculina, floración femenina, período de llenado de grano y madurez fisiológica fue de: 83, 88, 103 y 192.

6. El número de días, en promedio, para los híbridos tardíos, a floración masculina, floración femenina, período de llenado de grano y madurez fisiológica es de 93, 97, 106 y 203.

7. Los promedios de rendimiento para híbridos precoces, intermedios y tardíos son: 8.9, 11.3 y 12.1 ton ha⁻¹, en ese orden.

8. Se encontraron diferencias tanto entre genotipos como entre grupos de madurez para todas las variables estudiadas.

9. No existe correlación entre el rendimiento y la duración de las etapas fenológicas dentro de cada grupo de madurez, pero cuando se incluyeron todos los híbridos, se encontraron correlaciones significativas entre el rendimiento y la duración de las etapas fenológicas.

BIBLIOGRAFIA

- Afuakwa, J.J., Crookston, R.K. and Jones, R.J. 1984. Effect of temperature and sucrose availability on kernel black layer development in maize. *Crop Sci* 24: 285-288.
- Aldrich, E.R. 1943. Maturity measurements in corn an indication that grain development continues after permature cutting. *J. Amer. Soc. - Agron.* 67: 762-765.
- Allison, J.C.S. and Daynard, T.B. 1979. Effect of change in time of flowering, induced by altering photoperiod or temperature, on attributes related to yield in maize. *Crop Sci* 19:1-4.
- Badu-Apraku, B., Hunter, R.B. and Tollenaar, M. 1983. Effect of temperature during grain filling on whole plant and grain yield in maize (*Zea mays* L.). *Can J. Plant Sci* 63:375-363.
- Bagnara, D. and Daynard, T.B. 1982. Rate and duration of kernel growth in the determination of maize (*Zea mays* L.) kernel size. *Can J. Plant Sci* 62:579-587.
- Baker, R. 1971. Black layer development. One way to tell when your corn is mature. *Crops and Soils Magazine* 24:8-9.
- Berger, J. 1962. Maize production and the maturing on maize. Centre D' Etude de L'Azote 5. Génova.
- Bonnett, O.T. 1953. Developmental morphology of the vegetative and floral shoots of maize. *Agr. Exp. Sta. Univ. Jll. Bull* 568.
- _____ 1954. The inflorescences of maize. *Science* 120:77-87.
- Capitanio, R., Gentinetta, E. and Motto, M. 1983. Grain weight and its components in maize inbred lines. *Maydica* 28:365-379.
- Cavaleri, A.J. and Smith, O.E. 1985. Grain filling and field drying of a set of maize hybrids released from 1930 to 1982. *Crop Sci* 25: 856-860.
- CIMMYT. 1984. Development, maintenance, and seed multiplication of open pollinated maize varieties. *Sp. Rep.* 11 pp.
- Colville, D.C. and Frey, K. J. 1986. Development rate and growth duration of oats in response to delayed sowing. *Agron. J.* 78:417-421.
- Crookston, R.K. and Afuakwa, J.J. 1983. Corn maturity indicators. Kernel milk line more useful than back layer. *Crops and Soils Magazine* 35:12-14.

- Daughtry, C.S.T., Cochran, J.C. and Hollinger, S.E. 1984. Estimating of silking and maturity dates of corn for areas. *Agron. J.* 76:415-420.
- Daynard, T.B. and Duncan, W.G. 1969. The black layer and grain maturity in corn *Crop Sci* 9:473-476.
- _____ 1972. Relationships among black layer formation, grain moisture percentage, and heat unit accumulation in corn. *Agron. J.* 64:716-719.
- _____ and Kannenberg, L.W. 1976. Relationships between length of the actual and effective grain filling periods and the grain yield of corn. *Can J. Plant Sci* 56:237-242.
- De Fina A. y Ravelo, A. 1973. *Climatología y Fenología Agrícolas*. Ed. Universitario de Buenos Aires, Argentina.
- Denmed, O.T. and Shaw, R.H. 1960. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn *Agron J.* 52:272-274.
- Duburcq, H.B., Bonhomme, R. & Derieux, M. 1983. Durée des phases végétative et reproductrice chez le maïs. Influence du génotype et du milieu. *Agronomie* 3:941-946.
- Evans, L.T. y Wardlaw, J.F. 1976. Aspectos comparativos de la fisiología del rendimiento de grano en cereales. (Trad. de José Luis Arellano Vázquez) *Adv. Agron.* 28:301-350.
- Fisher, K.S. and Palmer, A.F.E. 1977. Maize. In: *Potencial productivity of field crops under different environment* pp 155-180 IRRI, Los Baños, Philip.
- Font Quer, P. 1977. *Diccionario de Botánica*. Ed. Labor. Barcelona Esp.
- Frey, N.M. 1981. Dry matter accumulation in kernels of maize. *Crop Sci* 21:118-122.
- García, E. 1980. *Apuntes de climatología*. Instituto de Geografía, México, D.F.
- Gardner, C.O. 1987. Quantitative genetic theory and integrated breeding systems for maize improvement. Unpublished mimeo 20 pp.
- Gebeyhou, G., Knott, D.R., and Baker, J.J. 1982. Relationships among durations of vegetative and grain filling phases, yield components, and grain yield in durum wheat cultivars *Crop Sci* 22: 287-290.
- _____ 1982. Rate and duration of grain filling in durum wheat cultivars *Crop Sci* 22:337-340.

- Goldsworthy, P.R. and Colegrove, M. 1974. Growth and yield of highland maize in Mexico J. Agric. Sci Camb 83:223-230.
- Grajales, M.O. y Martínez, H.E. 1980. Fisiología Vegetal. Apuntes de clase. Mimeo 254 pp. FES-C. UNAM.
- Gunn, R.B. and Christensen, R. 1965. Maturity relationships among early to late hybrids of corn (Zea mays L.). Crop Sci 5:299-302.
- Halevy A.H. 1985. Handbook of flowering Vol. IV CRC. Press, Inc. Fla.
- Hall, A.J., Lemcoff, J.H. and Trapani, N. 1981. Water stress before and during flowering and its effects on yield, its components and their determinants Maydica 26:19-38.
- _____, Vilella, F., Trapani, N. and Chimenti, C. 1982. The effects of water stress and genotype on the dynamics of pollen-shedding and silking in maize. Field Crops Research 5:349-363.
- Hallauer, A.R. and Russell, W.A. 1962. Estimates of maturity and its inheritance in maize. Crop Sci 2:289-294.
- _____, Hutchcrof, C.D., Hillson, M.T. and Higgs, R.L. 1967. Relation among three maturity measurements and yield of grain corn. Iowa Sta J. Sci. 42:121-136.
- Hanway, J.J. 1963. Growth stages of corn (Zea mays L.) Agron j. 55:487-492.
- _____. 1971. How a corn plant develops Iowa Sta. Univ. Sp Rep. Number 48.
- _____. and Russell, W.A. 1969. Dry-matter accumulation in corn (Zea mays L.) plants: comparisons among single-cross hybrids. Agron J. 6:947-951.
- Hardacre, A.K. and Eagles, H.A. 1980. Comparisons among populations of maize for growth at 13°C Crop Sci 20:780-784.
- Harris, R.E., Moll, R.H., and Stuber, C.W. 1976. Control and inheritance of prolificacy in maize Crop Sci 16:843-850.
- Helm, J.L., Ferguson, V.L. and Zuber, M.S. 1969. Effect of planting date on high-amylose corn (Zea mays L.) Crop Sci 9:
- _____. and Zuber, M.S. 1969. Effect of puncturing mature endosperm on corn germination. Agron J. 61:919-921.
- Herrero, M.P. and Johnson, R.R. 1980. High temperature stress and pollen viability of maize Crop Sci 20:796-800.
- _____. 1981. Drought stress and its effects on maize reproductive systems Crop Sci 21:105-110.

- Hinojosa G., A.C. 1984. Fenología. Boletín técnico núm. 3 UACH 64 pp.
- Hunter, R.B., Hunt, L.A. and Kannenberg, L.W. 1974. Photoperiod and temperature effects on corn Can J. Plant Sci 54:71-78.
- Janick, J., Schery, R.W., Woods, F.W. and Ruttan, V.W. 1974. Plant Science. An introduction to world crops WH Freeman, San Francisco, U.S.A.
- Jones, D.B., Peterson, M.L., and Geng, S. 1979. Association between grain filling duration and rate and yield components in rice Crop Sci 19:641-644.
- Jones, R.J. and Simmons, S.R. 1983. Effect of altered source-sink ratio on growth of maize kernels Crop Sci 23:129-134.
- Jones, R.J., Gengenbach, B.G. and Cardwell, V.B. 1981. Temperature effects on in vitro kernel development in maize Crop Sci 21:761-766.
- Johnson, D.R. and Tanner, J.W. 1972. Calculation of the rate and duration of grain filling in corn (*Zea mays* L.) Crop Sci 12:485-486.
- Johnson, E.C., Fischer, K.S., Edmeades, G.O. and Palmer, A., F.E. 1986. Recurrent selection for reduced plant height in lowland tropical maize. Crop Sci 26:253-260.
- Kiesselbach, T.A. 1949. The structure and reproduction of corn. Nebr Agr Exp. Sta. Res Bull 161.
- Kiniry, J.R., Ritchie, J.T. and Musser, R.L. 1983. Dynamic nature of the photoperiod response in maize Agron J. 75:700-703.
- Knittle, K.H. and Burris, J.P. 1976. Effect of kernel maturation on subsequent seedling vigor in maize Crop Sci 16:851-855.
- Lafond, G. R. and Baker, R.J. 1986. Effects of genotype and seed size on speed of emergence and seedling vigor in nine spring wheat cultivars. Crop Sci 26:341-346.
- Lin Jih-Jing and Dickinson, D.B. 1984. Ability of pollen to germinate prior to anthesis and effect of disiccation on germination. Plant Physiol 74:746-748.
- Major, D.J. 1980. Environmental effects on flowering. In hybridization of crop plants. pp 1-15 ASA, USA.
- Metzger, D.D., Czaplewski, S.J. and Rasmusson, D.C. 1984. Grain-filling duration and yield in spring barley. Crop Sci 24:1101-1105.
- Mock, J.J. y Pearce, R.B. 1975. Un ideotipo de maíz (Trad. José Luis Arellano Vázquez). Euphytica 24: 613-623.

- Osafo, D.M. and Milbourn, G.M. 1975. The growth of maize. III. The effect of date of sowing and bitumen mulch on dry-matter yields. *J. Agric Sci Camb* 85:271-279.
- Quattar, S., Jones, R.J. & Crookston, R.K. 1987. Effect of water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development. *Crop Sci* 27:726-730.
- Peña O., M.G. 1986. Caracterización y selección de líneas precoces de maíz en base a mínima duración de etapas fenológicas. Tesis de Maestría en Ciencias. CP. Montecillos, México.
- Peterson, D.F. 1942. Duration of receptiveness in cornsilks. *J. Amer Soc Agron.* 34: 369-371.
- Poneleit, C.G. and Egli, D.B. 1979. Kernel growth rate and duration in maize as affected by plant density and genotype *Crop Sci* 19: 385-388.
- _____, _____, Cornelius, P.L. and Reicosky, D.A. 1980. Variation and associations of kernel growth characteristics in maize populations *Crop Sci* 20:766-770.
- Rasmusson, D.C., McLean, J. and Tew, T.L. 1979. Vegetative and grain-filling periods of growth in barley *Crop Sci* 19:6-9.
- Rood, S.B. and Major, D.J. 1980. Responses of early corn inbreds to photoperiod. *Crop Sci* 20:679-682.
- _____. 1980. Diallel analysis of leaf number, leaf development rate, and plant height of early maturing maize *Crop Sci* 21:867-873.
- Russell, W.K and Stuber, C.W. 1983. Effects of photoperiod and temperatures on the duration of vegetative growth in maize. *Crop Sci* 23:847-850.
- Sadras, V.O., Hall, A.J., Schlichter, T.M. 1985. Kernel set of the upper most ear in maize: I Quantification of some aspects of floral biology. *Maydica* 30:37-47.
- Satoris, G.B. 1942. Longevity of sugarcane and corn pollen a method for long-distance shipment of sugarcane pollen by airplane. *Amer J. Bot.* 29: 395-400.
- Sass, J.E. and Loeffel, F.A. 1960. Development of axillary buds in maize in relation to barrenness. *Agron J.* 51:484-486.
- Schooper, J.B., Lambert, R.J. and Vasilas, B.L. 1987. Pollen viability, pollen shedding, and combining ability for tassel heat tolerance in maize. *Crop Sci* 27:27-31.

- Shaw, R.H. and Thom, H.C.S. 1951. On the phenology of field corn, the vegetative period Agron J. 43:9-15.
- _____ 1951. On the phenology of field corn, silking to maturity. Agron J. 43:541-546.
- Shaw, R.H. 1977. Climatic requirement. In Corn and corn improvement. Academic Press New York.
- Siemer, E.G., Leng, E.R. and Bonnett, O.T. 1969. Timing and correlation of major developmental events in maize, Zea mays L. Agron J. 61:14-17.
- Stevens, E.J., Stevens, S.J., Flowerday, A.D., Gardner, C.O. and Eskridge, K.M. 1986. Developmental morphology of dent corn and popcorn with respect to growth staging and crop growth models Agron. J. 78:867-874.
- Struik, P.C., Doogest, M. and Boonman, J.G. 1986. Environmental effects flowering characteristics and kernel set of maize (Zea mays L.) Neth J Agric. Sci 34:469-484.
- Tanaka, A. y Yamaguchi, J. 1984. Producción de materia seca, componentes de rendimiento y rendimiento del grano en maíz (Trad. Josué Koshashi Shibata) CP. Montecillos, México.
- Tollenaar, M. 1977. Sink source relationships during reproductive development in maize. A review. Maydica 22:49-75.
- _____ and Daynard, T.B. 1978. Dry weight, soluble sugar period. Can J-Plant Sci 58:199-206.
- _____ 1978. Kernel growth and development at two positions on the ear for maize (Zea mays L.). Can J Plant Sci 58:189-197.
- _____ 1979. Effect of defoliation on kernel development in maize. Can J Plant Sci 58:207-212.
- Vincourt, P. 1984. Relations entre rythme d'apparition des feuilles, nombre total de feuilles et précocité de floraison chez le maïs. Agronomie 4:795-800.
- Wareing, P.F. and Phillips, ID.J. 1970. The control of growth and differentiation in plants. Pergamon Press, New York.
- Warrington, J.J. and Kanemasu, E.T. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassel initiation, and anthesis. Agron J. 75:749-754.

Warrington, J.J. and Kanemasu, E.T. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. II. Leaf-initiation and leaf-appearance rates. *Agron J.* 75:755-761.

Yoshida, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. *Ann Rev. Plant Physiol* 23:427-474.