



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTILÁN

CLASIFICACION POR UNIDADES TERMICAS DE LA  
COINCIDENCIA A FLORACION PARA PRODUCCION DE  
SEMILLA DE HIBRIDOS DE MAIZ DE VALLES ALTOS

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERA AGRICOLA**

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

**ROCIO ABIGAIL RAMIREZ ONTIVEROS**

ASESOR: DR. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERON  
COASESOR: ING. GUSTAVO MERCADO MANCERA



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

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



Departamento de  
Exámenes Profesionales

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

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

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

Clasificación por unidades térmicas de la coincidencia a floración en la  
producción de semilla híbrida de Maíz en Valles Altos

que presenta la pasante: Rocío Abigail Ramírez Ontiveros  
con número de cuenta: 9853745-7 para obtener el título de  
Ingeniera Agrícola

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

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 21 de mayo de 2004

PRESIDENTE	<u>Ing. Miguel Angel Bayardo Parra</u>	
VOCAL	<u>Ing. Adolfo José Manuel Ochoa Ibarra</u>	
SECRETARIO	<u>Dr. Alejandro Espinosa Calderón</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>M. C. Margarita Tadeo Robledo</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Dra. Gloria Herrera Vázquez</u>	

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, casa donde se alberga y desarrolla el conocimiento y la cultura de México y el Mundo.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por albergar una profesión de gran importancia en la generación de recursos humanos comprometidos con el campo.

A la Carrera de Ingeniería Agrícola, por darme los elementos académicos que me permitan enfrentar el reto de contribuir a mejorar la productividad del agro mexicano.

A mis Asesores: al Dr. Alejandro Espinosa Calderón y al Ing. Gustavo Mercado Mancera, por su invaluable apoyo en la realización de este trabajo. Gracias por compartir sus conocimientos.

A los miembros del jurado, al \*Ing. Adolfo José Manuel Ochoa Ibarra, a la M. en C. Margarita Tadeo Robledo, a la Dra. Gloria Herrera Vázquez y al Ing. Miguel Angel Bayardo Parra, por las aportaciones realizadas para mejorar este trabajo. \* Especialmente.

A los compañeros de mi generación, Lleinin, Mario, Eugenio, Sergio por su apoyo en los momentos más difíciles de mi vida. Ahui, (por los dibujos de la tesis), Gabo, Ángela, Maribel. Y a todos mis compañeros sin excepción, por brindarme su amistad.

A cada uno de los profesores que contribuyeron en mi formación (Rocío, Paty, José Luz, Arturo, Delgado, Gloria Solares, Ornelas, Celia, Rabadán, Rosa, Minerva, Yazmín, Elva) y a todas las personas especiales que me brindaron su amistad durante mi estancia en la Universidad (Sr. Faustino. Sra. Zenaída, Ángeles, Sra.Viky, Sra.Paty, Sra. Bibis, Blanquita y Sara), gracias.

## DEDICATORIAS

A mis Padres, Ramón Ramírez García por enseñarme el sentido de la responsabilidad y el trabajo, Ma. Trinidad Ontiveros B<sup>†</sup>. por el ejemplo de bondad y fortaleza, por enseñarme lo a valorar cada momento de la vida (aún no lo aprendo bien, pero sigo intentando), tus ganas de vivir y tu sonrisa. Mamita siempre estas presente en mi pensamiento.

A mis Hermanos, Gerardo, Antonio, José y Ramón se que puedo confiar en ustedes son muy buenos hermanos, Sil mi segunda mamá, siempre pendiente de mis alegrías y tristezas, Gely ejemplo de fortaleza, con la sonrisa a flor de piel, haces que todo parezca tan sencillo, Mary siempre dispuesta a dar lo mejor de ti en cada momento a cualquier persona.

A mi Esposo, Elías, por tu amistad, tu compañía, tu comprensión, tu amor incondicional, por el empeño que dedicas a tus labores, por ser un gran hombre, por hacerme reír, por los sueños que nos faltan por cumplir.

A mis Sobrinos, César, Midori, Emilio, Oscar, Daniel, Cory, Pamela, Rodrigo, Miguel Ángel, Alyn. Los quiero mucho.

A mis amigos incondicionales de toda la vida, Javier, Israel, Claudia Rojas, Claudia Ménera, Erika

A mis suegros, Jesús y Josefina por estar pendientes de mis logros.

A mis cuñados.

## CONTENIDO

	Pág.
Índice de Figuras.....	<i>i</i>
Índice de Cuadros.....	<i>i</i>
Resumen.....	<i>iv</i>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Generalidades del maíz.....	4
2.1.1. Requerimientos climáticos.....	4
2.1.2. Requerimientos de suelo.....	6
2.1.3. Estadios y modalidad de crecimiento del maíz.....	7
2.1.4. Floración masculina del maíz.....	9
2.1.5. Floración femenina del maíz.....	10
2.1.6. Etapa de polinización.....	10
2.2. Tipos de asincronía en progenitores de híbridos de maíz.....	11
2.3. Porcentaje de asincronía con base en regiones climáticas.....	12
2.4. Manejo de prácticas agronómicas para coincidencia a floración.....	13
2.4.1. Dosis de fertilización.....	14
2.4.2. Diferente profundidad de siembra de progenitores.....	14
2.4.3. Cortes de área foliar.....	15
2.4.4. Quema de área foliar.....	17
2.4.5. Riegos.....	18
2.4.6. Altas densidades de siembra.....	18
2.4.7. Uso de herbicidas.....	19
2.4.8. Uso de plásticos.....	19
2.4.9. Aplicación de fitohormonas.....	19
2.4.10. Esquema de combinación “Criss Cross”.....	21

2.5. Importancia de a zona de producción para la coincidencia de floración.....	23
2.5.1 Híbridos de maíz con asincronía.....	25
2.6. Importancia de la temperatura en los procesos fisiológicos de la planta.....	28
2.7. Constante térmica.....	29
2.7.1. Unidades de la constante térmica.....	29
2.8. Métodos para determinar la constante térmica (C.T.).....	30
2.8.1. Usos en general.....	41
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>42</b>
3.1. Caracterización del lugar de estudio.....	42
3.2. Datos climáticos.....	42
3.3. Material genético.....	43
3.4. Diseño experimental.....	44
3.4.1. Parcela experimental.....	44
3.5. Siembra y prácticas culturales.....	44
3.5.1. Siembra.....	44
3.5.2. Riego. ....	45
3.5.3. Fertilización. ....	45
3.5.4. Control de maleza. ....	45
3.5.6. Cosecha. ....	45
3.6. Caracteres a evaluar.....	45
3.6.1. Días a floración masculina. ....	46
3.6.2. Días floración femenina. ....	46
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>47</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>62</b>

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Estadios y crecimiento del maíz.....	9
2. Método termofisiológico para calcular la constante térmica.....	34
3. Método de los triángulos para calcular la constante térmica.....	36
4. Representación esquemática en días y unidades térmicas de la sincronía de la floración de los progenitores femenino y masculino en la producción de semilla híbrida del maíz híbrido Puma 1075 AEC.....	57
3. Representación esquemática en días y unidades térmicas de la sincronía de la floración de los progenitores femenino y masculino en la producción de semilla híbrida del maíz híbrido Puma 1076 AEC.....	58
4. Representación esquemática en días y unidades térmicas de la sincronía de la floración de los progenitores femenino y masculino en la producción de semilla híbrida del maíz híbrido Puma 1181 AEC.....	59

## ÍNDICE DE CUADROS

1. Comparación de medidas para variables evaluadas bajo época de podas y testigo en promedio de los progenitores de H-33 y H-139. CEVAMEX, 1991.....	16
2. Resultados obtenidos al comparar épocas de poda en progenitores de híbridos de maíz de Valles Altos. FES Cuautitlán – UNAM, 1991.....	17
3. Efecto de la aplicación de fitohormonas sobre progenitores de los híbridos H-33 y H-139. CEVAMEX, INIFAP, 1991.....	20
4. Niveles de diferencial a floración en días y de híbridos de maíz de diferentes regiones agro climáticas de México.....	25
5. Diferencial a floración relacionada con la estimación de unidades térmicas para algunos híbridos de maíz de diferentes regiones agro climáticas de México.....	26
6. Propuesta de clasificación por nivel de coincidencia a floración entre progenitores de híbridos de maíz para los Valles Altos y Bajío.....	27

7. Valores del factor de fotoperíodo en el hemisferio norte expresado en unidades de 30 días de 12 horas cada uno.....	32
8. Valores de H y L para el cálculo de la constante térmica por el método de TOM. Da Mota (1979).....	38
9. Materiales genéticos establecidos en la FESC-UNAM, para determinar unidades calor, Primavera – Verano 2003.....	43
10. Datos de inicio, final, floración al 50% y días tirando polen del progenitor macho del híbrido de maíz Puma 1076 AEC. Ciclo Primavera-Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.....	47
11. Datos de inicio, final, floración al 50% y días con estigmas receptivos del progenitor femenino del híbrido de maíz Puma 1076 AEC. Ciclo Primavera-Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.....	48
12. Unidades térmicas acumuladas para los progenitores hembra y macho del híbrido de maíz Puma 1076 AEC, con base a la estimación con diferentes métodos de cálculo. Ciclo Primavera- Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.....	50
13. Datos de inicio, final, floración al 50% y días tirando polen del progenitor macho del híbrido de maíz Puma 1075 AEC. Ciclo Primavera-Verano 2003 Cuautitlán Izcalli, México.....	51
14. Datos de inicio, final, floración al 50% y días con estigmas receptivos del progenitor femenino del híbrido de maíz Puma 1075 AEC. Ciclo Primavera-Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.....	51
15. Unidades térmicas acumuladas para los progenitores hembra y macho del híbrido de maíz Puma 1075 AEC, con base a la estimación con diferentes métodos de cálculo. Ciclo Primavera- Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México....	52
16. Datos de inicio, final, floración al 50% y días tirando polen del progenitor macho del híbrido de maíz Puma 1157 AEC. Ciclo Primavera-Verano 2003 Cuautitlán Izcalli, México.....	53

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
17. Datos de inicio, final, floración al 50% y días con estigmas receptivos del progenitor femenino del híbrido de maíz Puma 1157 AEC. Ciclo Primavera-Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.....	53
18. Unidades térmicas acumuladas para los progenitores hembra y macho del híbrido de maíz Puma 1157 AEC, con base a la estimación con diferentes métodos de cálculo. Ciclo Primavera- Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México....	54
19. Datos de inicio, final, floración al 50% y días tirando polen del progenitor macho del híbrido de maíz Puma 1181 AEC. Ciclo Primavera-Verano 2003 Cuautitlán Izcalli, México.....	55
20. Datos de inicio, final, floración al 50% y días con estigmas receptivos del progenitor femenino del híbrido de maíz Puma 1181 AEC. Ciclo Primavera-Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.....	55
21. Unidades térmicas acumuladas para los progenitores hembra y macho del híbrido de maíz Puma 1181 AEC, con base a la estimación con diferentes métodos de cálculo. Ciclo Primavera- Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México....	56

## RESUMEN

En la producción de semilla de híbridos de maíz, la coincidencia a floración entre los progenitores es fundamental para que haya una buena fecundación y obtención de semilla del híbrido planeado; cuando ocurre asincronía, es decir falta de coincidencia a floración (split), se eleva la posibilidad de contaminaciones con polen extraño, pero además disminuye el rendimiento de semilla. Los materiales con sincronía son deseables, sin embargo, los diferenciales a floración son un elemento que otorga cierto nivel de aseguramiento de la heterosis, buscada en el proceso de hibridación por los fitomejoradores. En el presente trabajo se analizó la importancia del cálculo de las unidades térmicas para establecer la sincronía entre progenitores de maíz. Por lo anterior se plantearon los siguientes objetivos: Establecer los requerimientos de calor, a través del cálculo de unidades térmicas a floración, en los híbridos de maíz, PUMA 1076, PUMA 1075, PUMA 1157, PUMA 1181, en Cuautitlán Izcalli, México. Establecer una clasificación de niveles de coincidencia / asincronía a floración por unidades térmicas, en los híbridos de maíz antes señalados, en el ciclo Primavera-Verano del año 2003.

Se trabajó en el ciclo Primavera-Verano, en el año 2003, con los híbridos de maíz, PUMA 1076, PUMA 1075, PUMA 1157, PUMA 1181. Se calcularon las Unidades Térmicas a través del método residual, Directo, Tom Da Mota, Exponencial y Crane. La temperatura base fue de 10°C. Se definieron los días a floración de los progenitores machos y hembras de cada híbrido. Se compararon los resultados de campo, con los métodos matemáticos antes señalados. Al final se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Se confirmó que el uso de las Unidades Térmicas representa una herramienta valiosa y sencilla, en la determinación de los requerimientos térmicos de la planta de maíz para establecer el nivel de la coincidencia a floración entre los progenitores de híbridos de maíz.
- El método directo o el residual, se ubicaron como los más sencillos ya que el registro de las temperaturas máximas y mínimas son suficientes para poderse aplicarlo, además las diferencias obtenidas entre los datos

experimentales en campo y los datos obtenidos de forma cuantitativa, no reflejaron diferencias. Asimismo estos métodos permiten hacer predicciones con niveles aceptables de precisión en la coincidencia a floración de progenitores híbridos de maíz.

- Los métodos empleados en el presente trabajo variaron en el resultado de Unidades Térmicas acumuladas, pero al ser transformados los datos a días, se observó similitud en los resultados finales.
- Se definió que el híbrido Puma 1075 presenta coincidencia completa en la floración de sus progenitores, es decir 100%; en cambio el híbrido Puma 1076 AEC exhibió un diferencial de 6.8 días equivalente a 57 unidades térmicas. Por su parte el Puma 1181 AEC expresa un diferencial de floración entre progenitores de 11.6 días (94 unidades térmicas) por lo cual se requieren siembras diferenciales de progenitores.
- Las hembras progenitoras de los híbridos PUMA 1076, 1075, 1157 y 1181 son más precoces que los machos ya el requerimiento de Unidades Térmicas es menor para llegar a la floración.

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los signos más importantes en la continuidad en las culturas prehispánicas y de la cultura actual es el maíz, el cual se ubica dentro del ámbito de lo sagrado. Desde entonces y en la actualidad el cultivo del maíz tiene una importancia insustituible en la vida humana, científica, tecnológica, social, económica y política. Es un cereal que a lo largo de su evolución a logrado adaptarse a diversas condiciones ecológicas y edáficas, por tal motivo se cultiva en casi todo el mundo (Reyes, 1990).

Para 1997 un estudio realizado por Teresa Rojas Rabiela reporta la existencia 41 razas de maíz y miles de variedades considerándose así a México como el centro de diversidad genética del maíz. En la actualidad, la mejora genética del maíz ha permitido al hombre obtener una gran diversidad de variedades, todos estos esfuerzos en su mayoría son encaminados a incrementar los rendimientos del cultivo (Jugenheimer, 1990).

Para tal propósito se han empleado técnicas basadas en las teorías establecidas en 1908 por East y Jones para la creación de los híbridos de maíz, fue hasta la década de los años treinta cuando se comenzó a utilizar semilla híbrida en los Estados Unidos (Goldman, 1999). En la actualidad el 99% de la superficie destinada a este cultivo (30 millones de hectáreas) es sembrado con semilla híbrida, en México se destina 8.5 millones de hectáreas al cultivo del maíz y solo el 14% es sembrada con semilla híbrida.

En la producción de semilla híbrida de maíz, un problema fundamental es el control de la polinización, ya que debe colocarse en el momento oportuno el polen funcional de la planta macho en los estigmas receptivos de la hembra. Además se debe tener cuidado de evitar autofecundaciones y la cruza con otra clase de polen no deseado (Tadeo *et al.*, 2001).

Cuando se produce semilla de híbridos de maíz, debe tenerse cuidado de que exista buena coincidencia a floración entre los progenitores, es decir entre la liberación de polen de las plantas masculinas y la exposición de los estigmas de la planta hembra, lo cual es fundamental para que haya una buena fecundación y obtención de semilla del híbrido planeado; cuando no ocurre la sincronía y se presentan diferenciales a floración (split), se eleva la posibilidad de contaminaciones con polen extraño, pero además disminuye el rendimiento de semilla. Los materiales con sincronía son deseables, sin embargo, los diferenciales a floración es un elemento que otorga cierto nivel de aseguramiento de la heterosis, por lo cual esta desventaja en la producción de semillas representa un auxiliar en el proceso de desarrollo de nuevos híbridos.

El diferencial a floración propicia entre otros problemas: contaminación por autofecundación en la semilla que se pretende producir, contaminaciones de polen extraño por falta de polen disponible del macho, menor rendimiento de semilla al no ocurrir la fecundación oportunamente, mayores costos de producción y dificultad en el manejo agronómico. En el pasado, de 1970 a 1985, varios híbridos del INIA e INIFAP, no fueron liberados por la falta de coincidencia a floración de los progenitores. Entre ellos se puede mencionar al H-137, el cual exhibía un diferencial de floración de 17 a 19 días (Tadeo, 1991).

Actualmente en México, varios de los híbridos comerciales desarrollados por el INIFAP, presentan diferenciales a floración entre los progenitores (H-135, H-137, H-139, H-149, H-153, H-311, H-515, H-516, etc.), desde 3 hasta 20 días. A través de 14 años, para estos y otros materiales, se ha tratado de generar información para promover su coincidencia ó disminuir el nivel de asincronía; la práctica más utilizada generalmente son las siembras diferenciales de progenitores, establecidas por días a floración y requerimiento de unidades térmicas, sin embargo, aún bajo siembra simultánea de progenitores, con cierta frecuencia se presentan emergencias, ante las cuales existen varias medidas, dependiendo de cada material y su respuesta a cada práctica.

En este trabajo se además de hacer una revisión de trabajos donde se analizan los resultados obtenidos para adelantar o retrasar la floración y favorecer la coincidencia y se evaluaron cinco diferentes métodos para determinar la suma de temperaturas (Constatación Térmica) como una alternativa para favorecer la coincidencia a floración en la semilla híbrida de maíz Puma 1075,1076,1156 y 1181, a si mismo se evaluara la eficiencia de cada método propuesta al ser comparado con los resultados obtenidos de forma experimental.

Por lo anterior se plantearon los siguientes objetivos:

### **1.1. OBJETIVOS**

Los objetivos de este trabajo son:

1. Establecer los requerimientos de calor, a través del cálculo de unidades térmicas a floración, en híbridos de maíz, en Cuautitlán Izcalli, México.
2. Establecer una clasificación de niveles de coincidencia / asincronía a floración por medio de unidades térmicas, en híbridos de maíz sembrados en Cuautitlán Izcalli, México, en el ciclo Primavera - Verano del año 2003.

### **1.2. HIPÓTESIS**

1. A través de las unidades térmicas es posible calcular los requerimientos de calor a floración, en híbridos de maíz, en Cuautitlán Izcalli, México.
2. Con el empleo de unidades térmicas se puede establecer una clasificación de niveles de coincidencia / asincronía a floración en híbridos de maíz en Cuautitlán Izcalli, México.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades del maíz

**Nombre científico:** *Zea mays* L.

**Familia:** Poaceae (Gramineae)

**Nombre común:** Maíz

**Origen:** México, América Central (González, 1984)

**Distribución:** 50°LN a 40° LS (González, 1984; Purseglove, 1985)

**Adaptación:** Regiones tropicales, subtropicales y templadas (Doorembos y Kassam, 1979)

**Ciclo vegetativo:** 100-140 días (Doorembos y Kassam, 1979), 80-140 días (Benacchio, 1985), 90-150 días (Ruiz, 1985), 100-180 días (Ruiz, 1985). 100-180 días (Villalpando, 1986)

**Tipo Fotosintético:** C<sub>4</sub>

#### 2.1.1. Requerimientos climáticos

**Fotoperíodo:** Es una planta de día corto (<10 horas, aunque muchos cultivares se comportan indiferentes a la duración del día (Chang, 1968; Doorembos y Kassam 1979)

**Altitud:** 0-3300m (González, 1984; Purseglove, 1985), 0-1600m (Benacchio, 1982).

**Precipitación (Agua):** Prefiere regiones donde la precipitación anual va de 700 a 1100mm. Son períodos críticos por necesidad de agua la germinación, primeras tres semanas de desarrollo y el período comprendido entre 15 días antes hasta 30 días después de la floración. Hay una estrecha correlación entre la lluvia que cae en los 10-25 días luego de la floración y el rendimiento final. Se ha encontrado que si hay un estrés por falta de agua, la baja en el rendimiento final puede ser de 6 a 13% por día en el período alrededor de la floración y de 3 a 4% por día en los

otros períodos. Hay evidencias de que el Boro puede reducir el efecto de sequía en el período crítico de la floración, favoreciendo la polinización (Benacchio, 1982). Su requerimiento promedio de agua por ciclo es de 650mm. Es necesario que cuente con 6-8mm/día desde la mazorca hasta grano en estado masoso. Los períodos críticos por requerimiento de agua son en general el espigamiento, la formación de la mazorca y el llenado de grano. (Barandas, 1994)

El periodo más crítico por requerimiento hídrico es el que abarca 30 días antes de la polinización, ahí se requiere de 100 a 125 mm de lluvia. Con menos de esta humedad y con altas temperaturas se presenta asincronía floral y pérdida parcial o total de la viabilidad de polen. (Purseglove, 1985)

Humedad ambiental: Lo mejor es una atmósfera moderadamente húmeda. (Benacchio, 1982)

**Temperatura:** La temperatura óptima para la germinación está entre 18 y 21°C; por debajo de 13°C se reduce significativamente y de 10°C hacia abajo no se presenta germinación (Purseglove, 1985).

La mayoría de los procesos de crecimiento y desarrollo en maíz están fuertemente influidos por temperaturas entre 10 y 28°C (Warrington y Kanemasu, 1983).

En condiciones de campo donde las plantas están sujetas a fluctuaciones de temperatura, la tasa máxima de asimilación resultó independiente de la arriba de 13°C (Van Heemst, 1986).

La temperatura base o umbral mínima de desarrollo es de 10°C para cultivares que se adaptan a regiones tropicales y subtropicales ( Cross y súber, 1972; Shaw, 1975; Neild,1982; Eskridge y Stevens, 1987; Cutforth y Shaykewich, 1989).

Para genotipos que se adaptan a regiones templadas o valles altos, la temperatura base es de alrededor de 7°C (Hernández y Carballo, 1984; Narwal et al., 1986). La temperatura máxima para desarrollo en genotipos adaptados a valles altos es de 27°C (Hernández y Carballo, 1984).

La temperatura óptima diaria de siembra a germinación es alrededor de 25.8°C; de germinación a la aparición de la inflorescencia femenina entre 25 y 30°C y desde ese período a la madurez del grano se consideran óptimas una mínima de 21°C y una máxima de 32°C (Benacchio,1982).

Temperaturas para la germinación es de 8-10°C mínima, 32-35°C como óptima y de 44-50°C máxima, la temperatura base es de 10-15°C, tolera una temperatura mínima de -1.5 a 1.7°C, La vernalización de la semilla es posible a una temperatura de 3°C por un periodo de 34 días. Es susceptible a las heladas y por lo tanto requiere un periodo de 80 a 180 días para su desarrollo. Finalmente la suma de temperaturas grados/día con base 10°C es de 900 a 1500 (Contreras y Funes, 2003)

**Luz:** Requiere insolación, por ello no son aptas las regiones con nubosidad alta (Benacchio, 1982). Necesita abundante insolación para máximos rendimientos. La intensidad óptima de luz está entre 32.3 y 86.1klux (Baradas, 1994).

### 2.1.2. Requerimientos de suelo

**Textura de suelo:** Prefiere suelos franco-limoso, franco-arcillosos y franco-arcillo-limosos (Benacchio,1982). Prospera en suelos de textura ligera a media. (FAO,1994)

**Profundidad:** Aunque en suelos profundos las raíces pueden llegar a una profundidad de 2m, el sistema ramificado, se sitúa en la capa superior de 0.8 a 1m, produciéndose cerca del 80% de absorción del agua del suelo dentro de esta capa. Normalmente el 100% del agua se absorbe de la primera capa de suelo, de una profundidad de 1 a 1.7m. (Doorenbos y Kassam, 1979)

**Salinidad:** Tolerancia salinidad, siempre que ésta no sea mayor de 7mmhos/cm (Benacchio,1982). Este cultivo se considera moderadamente sensible a la salinidad. La disminución del rendimiento como consecuencia del aumento de la salinidad del suelo es la siguiente: 0% para una conductividad eléctrica de 1.7mmhos/cm; 10% para 2.5mmhos/cm, 2.5% para 3.8mmhos/cm; 50% para 5.9mmhos/cm y 100% para 10mmhos/cm. (Doorenbos y Kassam, 1979)

**pH:** El pH óptimo está entre 5.0 a 8.0, aunque es muy sensible a la acidez, especialmente con la presencia de iones de Aluminio (Montaldo, 1982). 5.0 a 8.0, siendo el óptimo de 6.0 a 7.0. (Purseglove, 1985)

**Drenaje:** Requiere buen drenaje, ya que no tolera encharcamientos (Doorenbos y Kassam, 1979). Suelos inundados por más de 36 horas suelen dañar a las plantas y su rendimiento final. (Baradas, 1994)

### 2.1.3. Estadios y modalidad de crecimiento del maíz

En México, los diferentes estadios reciben las siguientes denominaciones.

1) Semilla, 2) germinación, 3) emergencia, 4) plántula, 5) amacollamiento, 6) crecimiento activo, 7) encañe, 8) prefloración, 9) espigamiento, 10) jiloteo, 11) polinización, 12) fecundación, 13) grano lechoso, elote, 14) grano masoso, 15) madurez fisiológica, 16) madurez de cosecha (15-35% humedad), 17) grano comercial (12-15% de humedad) y 18) rastrojo (planta seca sin mazorca). (Reyes,1990)

Hanway (1971), citado por Reyes (1990) propone un método para identificar los estadios de desarrollo y crecimiento del maíz. La numeración va del 0 cuando inicia la emergencia, hasta 10 cuando alcanza la madurez fisiológica y/o cosecha. En la Figura 1 se muestran los estadios del maíz propuesto por Hanway.

Durante el estadio 0 (alrededor de 2 semanas), el punto de crecimiento de la planta de maíz se encuentra debajo de la superficie del suelo. En el estadio 0.1 el coleóptilo se aproxima a la superficie del suelo a través de la elongación del mesocótilo. Estadio 0.5 tiene de 2 a 3 hojas abiertas, una de ellas es la cotiledonar y la otra corresponde a la primera hoja verdadera. El estadio 1 hay de 4 a 6 hojas, la hoja cotiledonar, junto con las primeras cuatro hojas verdaderas son de origen embrionario que nacen de los subnudos, tres, cuatro, cinco, seis y siete, respectivamente. En lo que respecta a las raíces principales ya están establecidas. El segundo subnudo corresponde al punto de unión del mesocótilo con el cotiledón, y el primero es la unión del escutelo con el embrión. En lo que respecta a las raíces principales ya están establecidas el tallo inicia un rápido crecimiento en altura, mismo que se manifiesta a través de la elongación de los

internudos inferiores. En el estadio 1.5 el punto de crecimiento se encuentra sobre la superficie del suelo, se observan de 8 a 10 hojas, en este punto las raíces deberán alcanzar una profundidad de 45cm y tener una extensión a lo ancho de 35cm, también es posible apreciar, en el extremo apical del tallo, los primeros indicios de la panoja. El estadio 3 incluye plántula y desarrollo de las primeras hojas, al final del estadio la planta ya tiene el máximo número de hojas; los haces vasculares y los óvulos del jilote están ya determinados, este estadio es de considerable importancia en la predicción de los rendimientos, sin embargo hay evidencia condiciones adversas como mal tiempo (sequía) puede reducir el desarrollo de los primordios florales. Para este momento la planta ya perdido la hoja cotiledonar y la primera hoja verdadera. Durante los estadios 3 al 4, el área foliar de la planta llega a su completo desarrollo del ápice de la espiga emerge al final del estadio 4. Los entrenudos superiores del tallo se largan rápidamente y las mazorcas incipientes (1 a 2) también se alargan. La máxima altura, diámetro del tallo y área foliar se alcanzan al final del estadio 4. En el estadio 5; espigamiento, jiloteo y polinización, es un periodo crítico en la planta de maíz. El número de óvulos que serán fertilizados se está definiendo. La deficiencia de humedad y nutrientes, puede reducir los rendimientos drásticamente. Las primeras dos semanas del periodo de la producción del grano son un estado de rápido crecimiento del jilote, totomoxtle (brácteas que cubren a la mazorca), olote y granos en proceso de desarrollo. Del estadio 5.5 a 8.5 hay un rápido incremento en el peso del grano. En un promedio de cinco semanas el 85% del peso del grano seco puede ser producido. En el estadio 10, la madurez fisiológica del grano es alcanzada, es decir se tiene el máximo peso del grano seco.

Después que se ha alcanzado la madurez fisiológica, el grano debe estar seco para la cosecha. En muchas regiones del país se practica la "dobla" y se utiliza la planta seca como almacén natural.

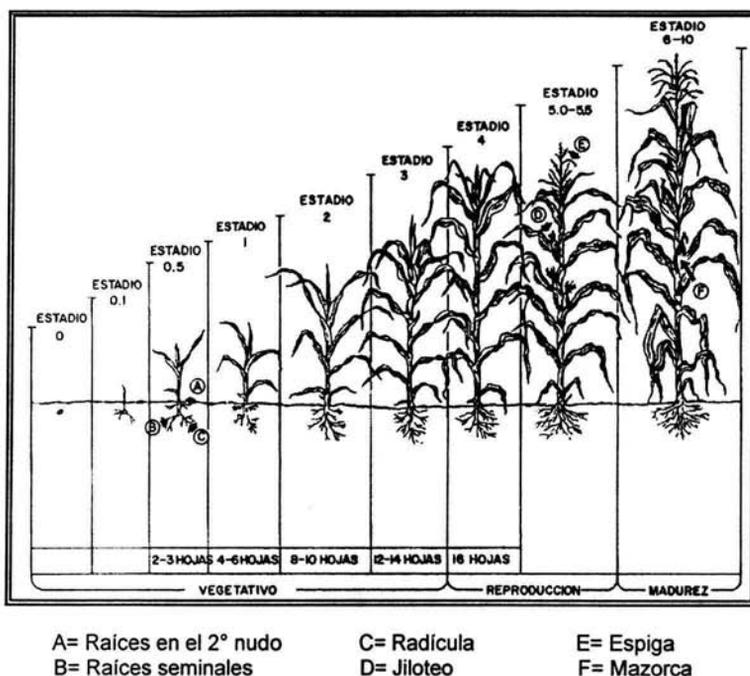


Figura 1. Estadios y crecimiento del maíz. Reyes (1990).

#### 2.1.4. Floración masculina de maíz

La inflorescencia masculina o panoja, es visible 7 a 10 días antes de que aparezcan los estilos en la inflorescencia femenina. Antes de comenzar la liberación del polen, se elongan los internudos de la parte alta del tallo, impulsando así a la panoja la cual queda completamente desplegada, la panoja está compuesta por un eje central, mismo que corresponde a una prolongación del tallo. Dos tercios superiores de dicho eje se desarrollan en una espiga y por debajo de ella se desarrollan varias ramas finas de aspecto plumoso que corresponden a espigas laterales. Tanto en la espiga central como en las laterales, se originan espiguillas; éstas siempre se producen en pares, siendo una de ellas pedicelada y otra sésil. Cada espiguilla a su vez, produce dos flores, las que presentan tres estambres y un pistilo; este último degenera, permitiendo así que las flores sean funcionalmente masculinas.

Las dos flores están protegidas por dos glumas; y al interior de ellas, cada flor esta protegida por dos estructuras, llamadas lema y palea. La estructura que comprende la lema, la palea y la flor se denomina antecio, existiendo dos antecios por cada espiguilla.

#### **2.1.5. Floración femenina del maíz**

La inflorescencia femenina corresponde a una espiga; su eje es grueso y de forma cilíndrica, conocida con el nombre de coronta. La espiga esta cubierta por brácteas u hojas envolventes. La espiga y el conjunto de brácteas conforman la mazorca. En cada plata se producen de siete a ocho brotes, pero solo el apical llega a expresarse en forma productiva; y sólo en condiciones de buena luminosidad y baja densidad, las plantas pueden expresar una segunda mazorca. El resto de las mazorcas no se manifiestan externamente en la planta, alcanzado sólo un estado rudimentario. La mazorca apical determina el número óvulos 15 a 20 días antes de la emisión de los estilos. La cantidad de óvulos en la mazorca varía entre 500 y 1000.

La inflorescencia femenina está conformada por espiguillas, las cuales se ubican en forma individual en cada una de las cavidades dela coronta; cada espiguilla, a su vez, contiene dos flores, de las cuales sólo una logra emitir su estilo, la otra aborta, originándose, por lo tanto, sólo un grano por cavidad. Cada flor funcional tiene un ovario simple, el cual genera un estilo que se elonga y emerge a través de las brácteas en el extremo superior de la mazorca. Los estilos originados por cada flor femenina, conforman una característica cabellera en cada mazorca.

#### **2.1.6. Etapa de polinización**

El polen de las flores masculinas es conducido por el viento, y depositado sobre los estilos. Estos son receptivos a todo lo largo, ya que poseen un carácter mucilaginoso (húmedo y pegajoso), que permite la adherencia y germinación del

polen. Después de la germinación del polen, penetra al interior a través de su tubo polínico; desplazándose hasta el óvulo para fecundarlo. De la germinación del polen hasta la fecundación transcurren entre 12 y 24 horas.

La liberación de polen comienza normalmente en las espiguillas de la mitad superior de la espiga central y termina en el extremo apical de las espigas laterales más bajas; en etapa de liberación de polen puede durar de 7 a 10 días.

El máximo derramamiento de polen se produce después de 3 a 4 días de ocurrida la antesis en las primeras flores. Bajo condiciones favorables, un grano de polen permanece viable de 18 a 24 horas.

En una mazorca, los primeros estilos que aparecen a través de las brácteas u hojas envolventes son los de la base; la aparición de los estilos en una planta comienza 1 a 2 días después de la liberación del polen. Cada mazorca requiere un promedio de 4 a 5 días para completar la emisión de sus estilos; éstos, a su vez, pueden lograr un crecimiento diario de 2.5 a 3.0cm.

En la producción de semilla híbrida, la etapa de floración juega un papel muy importante, ya que de la sincronía de la floración entre progenitores es determinante para asegurar una eficiente polinización y por consiguiente una buena productividad de semilla.

## ***2.2. Tipos de asincronía en progenitores de híbridos de maíz.***

La asincronía a floración en la producción de semilla híbrida, de acuerdo con Tadeo y Espinosa (2004), ocurre de las siguientes maneras:

- a) El Progenitor hembra es el tardío: Es el tipo de asincronía menos desventajoso, porque se siembra el mayor porcentaje de surcos y las labores y manejo agronómico no es tan complicado.

- b) El progenitor macho es tardío: Obliga a efectuar la siembra de una menor fracción de superficie de los machos primero y esto acarrea desventajas para riego y otras prácticas de manejo.
- c) Dentro de la misma planta se presenta Protandria (el polen se libera antes que aparezcan los estigmas).
- d) Dentro de la misma planta se presenta Protoginia (Los estigmas aparecen antes que se libere el polen): Es desventaja para el desespigue porque genera contaminaciones por autofecundación.
- e) Sincronía dentro de la misma planta.

La asincronía se evalúa y confirma a través de siembras y evaluaciones del comportamiento fenológico de los progenitores de cada híbrido.

### ***2.3. Porcentaje de asincronía con base en regiones climáticas.***

Las especies vegetales cuando se cultivan en regiones diferentes a las del lugar de origen, tienden a adaptarse a su nueva disponibilidad ecológica, de lo contrario tienden a desaparecer por insatisfacción de sus necesidades bioclimáticas. El conocer las necesidades en los cultivos de una determinada región, permite efectuar una comparación entre requerimientos biológicos y disponibilidad físicas o naturales, ya que los procesos fisiológicos que se presentan en la planta, como fotosíntesis, respiración, desarrollo y crecimiento responden de forma diferente a la temperatura, así la temperatura óptima para cada función puede ser una de las limitantes si no hay otros factores, para que se tenga un desarrollo deseable en los cultivos (Ortiz, 1984).

Con base en este aspecto, Ortiz, (1989), presentó un estudio referente a la acumulación de unidades térmicas para el cultivo de maíz en el estado de México. (CIFAP-MÉXICO, 1989). Asimismo, cálculo el potencial térmico para el cultivo del maíz y así poder hacer la introducción de las variedades más aptas en función de sus requerimientos térmicos. Empleo la metodología modificada por Hernández,

1983. Con base en los resultados determinó que los distritos con mayor variación térmica por orden son Toluca, Texcoco, Atlacomulco, Valle de Bravo y Jilotepec; mientras que Zumpango, Tejupilco y Coatepec presentan menor variación, asimismo demuestra que el distrito de Toluca presenta la menor acumulación de UT, mientras que Tejupilco tiene la mayor acumulación de unidades térmicas. Tales resultados indican gran diversidad de regiones con potencial térmico para la introducción y establecimiento de variedades de maíz (Ortiz, 1989).

Con esta misma idea se puede regionalizar los requerimientos térmicos para el maíz en la etapa de floración evitando la asincronía entre las líneas que se deseen cruzar y de esta forma optimizar la producción de semilla híbrida de alta calidad para las diferentes regiones de la República.

#### **2.4. Manejo de prácticas agronómicas para coincidencia a floración.**

Airy *et al.* (1962), menciona que la diferencia de madurez entre plantas hembra y plantas macho, obliga a manejar diferentes fechas de siembra, de tal forma que los estigmas salgan al mismo tiempo que las espigas y suelten el polen, ya que la diferencia puede ser de dos a tres semanas de diferencia. A pesar de que se aumentan las labores de cultivo, Craig (1977), citado por Tadeo (1991), señala que uno de los métodos más utilizados para lograr coincidencia a floración entre progenitores, es la siembra en fechas diferentes.

El CIMMYT, 1987 propone la postergación de la siembra del progenitor macho, de acuerdo con los grados-día de temperatura acumulados; basándose en pruebas con los progenitores para establecer los días que necesitan para llegar a floración; asimismo, señala que no son recomendables los híbridos en los que hay que sembrar el macho antes que la hembra, ya que una siembra prematura del macho aumentará el riesgo de un rendimiento bajo.

Sin embargo, hay otras prácticas agronómicas que se han experimentado para lograr la coincidencia a floración, con el empleo de siembra simultanea de progenitores, a continuación se describen.

#### **2.4.1. Dosis de fertilización.**

El uso de dosis elevadas de nitrógeno puede retrasar la floración en cambio cuando se agregan fuertes cantidades de fósforo se adelanta la floración. El uso de fertilizantes nitrogenados o fosfóricos en exceso tiene como desventaja generar cierto desequilibrio nutrimental que repercute en el rendimiento y calidad de la semilla que se obtiene por lo tanto solo es aconsejable aplicar dichos tratamientos a los progenitores macho, además de que frecuentemente la adición de elementos fertilizantes interactúan con el genotipo en cuestión, habiendo respuesta escasa y un tanto similar a lo que ocurre con la densidad de población. Este sistema debería usarse en casos de emergencia y como práctica complementaria, (Caro, 1987; Tadeo, 1991; Espinosa y Tadeo, 1992).

Para adelantar la floración de 3 a 4 días han dado buenos resultados, dependiendo de la fertilidad, las aplicaciones de elementos menores, Fierro y Zinc (Sánchez, 1987).

#### **2.4.2. Diferente profundidad de siembra entre progenitores.**

La siembra a diferentes profundidades, ocasiona el retraso o adelanto en uno a tres días de alguno de los progenitores, aunque se llega a usar, no es fácil obtener constancia en los resultados ya que depende del tipo de suelo, vigor del genotipo a emplearse. Por otro lado se requiere que las sembradoras sean precisas para lograr un buen establecimiento de plantas por hectárea.

### 2.4.3. Cortes de área foliar.

Los cortes de área foliar cuando el cultivo tiene de 6 a 8 hojas (el punto de crecimiento está debajo de la superficie del suelo), puede retrasar la floración de 3 a 5 días (Sánchez, 1987).

Hallauer y Sears (1966), realizaron un experimento para determinar el efecto de corte y no corte de estigmas en el llenado de grano. El corte fue aproximado de  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  de pulgada por debajo de la cubierta del jilote. Los estigmas fueron cortados para prevenir contaminación de polen que pudiera ocurrir en tres intervalos de tratamientos de estigmas.

- 1.- Polinización el primer día después de emergencia de estigmas por corte y no corte.
- 2.- Corte de estigmas y no corte de estigmas 5 días después de la emergencia.
- 3.- Corte y no corte de estigmas 9 días después de la emergencia de estigmas.

Señalan que el corte de estigmas representa una ventaja, en casos de polinización retrasada de hasta 11.9, 28.2 y 44.6% de incremento de semillas en mazorcas cuando la polinización ocurrió en 1, 5 y 9 días después de la emergencia de estigmas.

Los cortes o podas cuando el cultivo tiene pocas hojas y el punto de crecimiento esta debajo de la superficie del suelo, la floración se retrasa de 3 a 5 días (Sánchez, 1987), si el corte se realiza cuando la planta tiene 4 hojas, la floración se retrasa de 4 a 7 días (Cloninger *et al*; 1974). Por otra parte las podas en etapas posteriores al desarrollo de la yema de crecimiento, pueden adelantar la floración (Espinosa, 1992).

En progenitores de los híbridos H-33 y H-139 de Valles Altos se aplicaron podas al nivel de 4, 6, 8, 10 hojas en comparación con el testigo: destacaron entre otras

cosas que la poda afecta de manera importante al rendimiento de los genotipos (Cuadro 1), apreciándose menor reducción cuando la poda se efectúa en etapas tempranas (4 hojas) y mayor en 10 hojas liguladas. La podas en etapa de 4 hojas retrasó la floración masculina en promedio de 3 días y la femenina en dos días. El máximo nivel de retraso fueron 5 días en un progenitor del híbrido H-33 (Espinosa, 1992).

La poda también afecta de forma negativa la altura de la planta y altura de mazorca (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de medidas para variables evaluadas bajo época de podas y testigo en promedio de los progenitores de H-33 y H-139. CEVAMEX, 1991.

Época de poda	Rendimiento medio kg / ha	Días a floración		Altura (cm)	
		Masc.	Fem.	Planta	Mazorca
4 hojas liguladas	5 999a	85	89 a	249ab	151ab
6 hojas liguladas	5 237a	84ab	88ab	239abc	144b
8 hojas liguladas	5 445a	83ab	86ab	229c	138b
10 hojas liguladas	5 041a	82b	85b	234bc	148b
Testigo	6 934a	82b	87ab	255 <sup>a</sup>	164a
D. S. H (0.05)	1 908	3	3	18	13

Otro aspecto que resalta cuando se realizan cortes de área foliar es el hecho de que cada progenitor puede exhibir una respuesta diferencial, por ejemplo la línea M35, progenitora macho del híbrido H-135 cuando se poda al nivel de 4 hojas liguladas llega a antesis a 108 días en cambio el testigo a los 102 días (Cuadro 2), lo cual indica un retraso de 6 días, lo que es favorable y a corta la diferencia a floración en los progenitores del híbrido mencionado, que es de 8 días aproximadamente. El retraso en la floración de la línea M35 permite el establecimiento bajo siembra simultánea. Como este caso se pueden señalar otros de acuerdo con Delgado *et al.*, (1992).

Es evidente que en otros progenitores, como (M17XM18), el efecto es hasta de 10 días de la poda en 4 hojas contra el testigo, pero la reducción en productividad es también muy fuerte, por ello las podas deben usarse solo en genotipos que participen como machos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resultados obtenidos al comparar épocas de poda en progenitores de híbridos de maíz de Valles Altos. FES Cuautitlán – UNAM, 1991.

Genotipo	Época de poda	Rendimiento semilla Kg / ha	Floración (días)	
			Masc.	Fem.
M35	4 hojas liguladas	1 035	108	113
M35	10 hojas liguladas	853	99	112
M35	TESTIGO	3 130	102	108
(M17XM18)	4 hojas liguladas	2 113	97	102
(M17XM18)	6 hojas liguladas	1 060	101	105
(M17XM18)	TESTIGO	6 293	87	95
(M28XM27)	6 hojas liguladas	1 810	98	102
(M28XM27)	8 hojas liguladas	3 865	95	98
(M28XM27)	TESTIGO	4 710	91	95
D . S . H (0.05)		1 939	8	8

Por efecto de podas también se obtuvieron cuando mucho una semana de retraso en derramamiento de polen pero este se acompaña con una reducción del 50% en grano, cuando las plantas son cortadas severamente en etapa temprana, plantas de 61cm o más de altura respondieron bien cuando se podaron 8cm o más arriba del punto de crecimiento. Plantas podadas abajo o sólo ligeramente arriba del punto de crecimiento no se recuperaron (Dungan y Gausman, 1951).

#### 2.4.4. Quema del área foliar.

Green (1949), estudió el efecto de quema durante el desarrollo de líneas endogámicas de maíz, comparó tratamientos testigos contra aplicación del

quemado cuando las plantas tenían 5, 10, 15 y 20cm de altura; un sexto tratamiento consistió en quemar las plantas cuando tienen 5cm de altura, seguido por otro cuando las plantas alcanzaron otra vez 5cm. El sexto tratamiento retraso la floración 2.5 días además se detectarse un efecto significativo en la interacción líneas por tratamientos.

#### **2.4.5. Riegos.**

Carballo (1985), menciona que con altas concentraciones de fósforo y el manejo de la humedad permiten adelantar la floración; por otro lado aplicando nitrógeno en demasía, cortando las plantas a nivel de 8 hojas y el manejo del riego retrasan la floración.

Se considera que la sequía es un factor determinante en la floración ya que para la mayoría de las plantas cultivadas se adelanta; sin embargo Muños *et al*; (1973), realizó un estudio de selección para medir la resistencia a la sequía en maíz, observó que la falta de agua retrasó la floración significativamente, respecto a otras que estuvieron bajo riego, este efecto tuvo mayor énfasis en la floración femenina.

#### **2.4.6. Altas densidades de siembra.**

Existen evidencias de que a niveles elevados de densidad de población, superior a 70 mil plantas / hectárea, es factible retrasar la floración masculina; en cambio a niveles bajos del orden de 40 mil plantas por hectárea, se puede adelantar la expresión de la floración, sin embargo la magnitud del atraso o adelanto además de depender del genotipo que se maneje, es escasa, del orden de uno a dos días y ocasionalmente tres a cinco días, lo cual no es suficiente para lograr coincidencia de un gran número de híbridos cuya asincronía es mayor (Espinosa y Tadeo, 1992; Caro, 19987; Curtis, 1982; Rutger, 1971; Tadeo, 1991).

#### **2.4.7. Uso de herbicidas.**

La aplicación de herbicida (Dicamba 4) en dosis de 1 a 1.5 litros cuando el cultivo tiene de 6 a 8 hojas, retrasa la floración de 5 a 7 días (Sánchez, 1987).

#### **2.4.8. Uso de plásticos.**

El uso de plásticos se emplea para adelantar generalmente la floración de uno de los progenitores de híbridos de maíz. Existen varios colores y espesores del plástico, de acuerdo con el tipo es la respuesta que se podría esperar; en Estados Unidos el uso de plástico negro no fue práctico o económico para las condiciones en que se produce semilla en ese país, sin embargo en Francia si se emplea este tipo de auxiliares.

En México se han evaluado plásticos de color negro, blanco y transparente en el progenitor macho del híbrido H-149, lográndose adelantos con los plásticos blanco y transparente y retrasos con el plástico negro (Asteinza y Espinosa, 1988).

Aún cuando ha avanzado la tecnología de aplicación de plásticos en la agricultura mexicana, es difícil esta técnica y debería evaluarse económicamente en comparación con otras técnicas que promueven la coincidencia a floración.

#### **2.4.9. Aplicación de fitohormonas.**

La aplicación de fitohormonas puede contribuir en el incremento de la producción, así como el adelanto de la floración de alguno de los progenitores de híbridos de maíz: se han evaluando distintos productos, dentro de los cuales destacan Ethrel, Gapol, Ácido Giberélico, Pix, etc.

Con Ethrel se han logrado adelantos en la floración del genotipo (M37XM36) hasta de 10 días con una dosis de 1 lt/ha; el mismo progenitor acelera su floración masculina en 8 días al aplicarle 4 lt/ha de Gapol (Espinosa et al, 1993). La aplicación de Ethrel en dosis de 3.2 lt/ha afecta negativamente y significativamente el rendimiento, porcentaje de semilla grande y mediana, altura de planta y mazorca como se observa en el Cuadro3 (Espinosa *et al.*, 1992).

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de fitohormonas sobre progenitores de los híbridos H-33 y H-139. CEVAMEX, INIFAP, 1991.

Fitohormonas	Dosis lt/ha	Rendimiento Kg/ha	Altura(cm)	
			Planta	Mazorca
Ethrel	3.2	4323b	183c	102c
Gapol	0.675	7181a	270a	178a
Ethrel	0.675	6779a	254b	165b
Testigo		7705a	278a	182a
D.S.H. (0.05)		1317	15	13

El Ethrel en varias dosis, afecta la altura de planta y mazorca y hay consistencia en el adelanto de la floración para el genotipo (M37XM36) con respecto al testigo sin fitohormona (Asteinza *et al.*, 1990; Espinosa *et al.*, 1992).

El ácido giberélico se ha empleado para tratar de aumentar el porte del progenitor braquítico (B16XB17) y así elevar su capacidad polinizadora, ya que es el macho en la formación del híbrido H-311. La hembra (B32XB33) es de porte normal, por lo cual hay problemas de mala polinización cuando no hay suficiente viento en la época de floración, teniendo que recurrir a la aplicación de aire con bomba, mochila de motor; aún cuando se logra incrementar la altura de (B16XB17), se debe afinar la dosis y época de aplicación ya que se propicia acame en este genotipo por la fitohormona (Medina, 1993).

#### **2.4.10. Esquema de combinación “Criss Cross”.**

El orden de cruza es importante en el proceso de producción de semilla ya que a partir de las características de los progenitores (producción tamaño, forma de semilla, sanidad, altura de plantas, producción de polen, ramificaciones de espiga, ahijamiento, dureza de raquíz de espiga, etc.), se define la conveniencia de ubicar a cada genotipo como macho o hembra; a través del manejo del orden de cruza se puede mejorar la coincidencia a floración como ocurre con los híbridos H-137, H-139, H-311, H-422, H-34 entre otros (Espinosa y Tadeo, 1988).

En los híbridos H-137 y H-139 al invertir el orden de producción la asincronía de 16 a 18 días que se presenta en el orden directo, disminuye a solo 7 a 10 días, lo cual es una mejoría importante (Espinosa et al, 1993; Espinosa, 1992).

En el híbrido para el bajo H-311 el orden es decir (B16XB17) X (B32XB33) hay coincidencia total en cambio el orden recíproco (B32XB33) X (B16XB17) genera una asincronía de 6 a 8 días, dependiendo del ambiente donde se multiplica. A pesar del diferencial en el orden recíproco, casi todos los incrementos de H-311 se afectan de esta manera debido a que B32XB33 es superior en rendimiento y calidad física de semilla, alto porcentaje de semilla plana grande, 75%, con respecto a B16XB17, además de mantener la capacidad productiva del híbrido similar al orden directo (Ramírez *et al*, 1988).

Lo anterior señala que el orden de cruza óptimo es aquél que combina coincidencia y además calidad y productividad de semilla: en ausencia de uno de estos elementos debe sopesarse su importancia para definir lo que conviene.

El caso del H-311 permite analizar otro aspecto importante: el orden directo, es decir (B16XB17) X (B32XB33), ubica como hembra a la cruza simple braquítica B16XB17 lo cual en opinión de Ramírez et al (1988) es desfavorable, debido a que cualquier falla en el desespigamiento en lotes de producción de semillas ocasiona

que en el híbrido comercial (F1) se presenten plantas braquíticas (producto de autofecundación) y plantas normales; lógicamente las plantas braquíticas tendrán poca producción, generando mala imagen para el híbrido; en el orden inverso, es decir (B32XB33) X (B16XB17) al ubicar a la cruza simple (B32XB33) como hembra, cuando hay fallas en el desespigamiento, estas no serían tan evidentes ya que la altura normal es dominante sobre el carácter braquítico.

De acuerdo a lo anterior el orden inverso, oculta fallas en los programas de producción de semillas, sin embargo esto no debería ser el elemento que incline la balanza por la decisión hacia adoptar ese orden de cruza; ya que toda empresa semillera sería, debe optimizar al máximo su control de calidad interno.

En el híbrido H-311 el orden inverso, es decir (B32XB33) X (B16XB17) conviene adoptarse como ya se dijo con base en la elevada capacidad de rendimiento de semilla (6-8 ton/ha) y alto porcentaje (superior al 75%) de semilla vendible del progenitor (B32XB33); además de la similar capacidad de producción del híbrido inverso en comparación con semilla obtenida en cruza directa. Puede agregarse que el progenitor (B16XB17) presenta espiga adherida a la hoja bandera y expulsa polen antes de aparecer completamente, lo cual dificulta el desespigue, además presenta susceptibilidad a fusarium: estos son algunos argumentos para no usarlo como hembra y ubicarlo como macho.

Otro caso interesante lo presenta el híbrido de cruza simple para Valles Altos H-134 el cual bajo cruza directa (M27XM28), en la producción de semilla se logra 100% de coincidencia a floración en sus progenitores ya que M27 expone sus estigmas a los 87 días y M28 expulsa polen a los 88 días sin embargo se recomienda utilizar el orden recíproco para producir semilla ya que M28 además de expresar mayor capacidad de rendimiento de semilla (2700 Kg/ha), presenta semilla grande, color blanco claro, superioridad de vigor y tolerancia a enfermedades con respecto a M27; por otra parte se ha apreciado cierto afecto

materno de la línea M28 en el híbrido H-34 lo cual repercute en el rendimiento (Espinosa 1990).

Al utilizar el orden recíproco se genera asincronía en la floración ya que M28 expone sus estigmas a los 92 días y M27 expulsa polen a los 84 días lo cual obliga a sembrar primero la línea M28 y 8 días después debe sembrarse M27, para lograr completa coincidencia; o bien emplear alguna de las herramientas auxiliares que se describen aquí para retrasar en esos días al progenitor M27 (Ramírez, 1991).

### ***2.5. Importancia de la zona de producción para coincidencia a floración.***

Para cada híbrido y variedad de maíz, dependiendo de su conformación, como cruza simple, trilineal o doble, se requiere información sobre el manejo agronómico, fechas de siembra, coincidencia a floración, relación hembra-macho, forma óptima de desespigue, siembra entre cada progenitor, densidad de población, fertilización convencional, respuesta a biofertilizantes, uso de esquema de androesterilidad, además de otra información que permita la obtención de los rendimientos de semilla más elevados de cada progenitor. Todo lo anterior es específico y frecuentemente depende de la zona de producción, donde se incrementa la semilla de cada línea o híbrido de maíz.

La definición de zona de producción para cada material es más relevante cuando se refiere a híbridos simples, ya que las líneas son altamente sensibles a cualquier variación en las condiciones del ambiente, así como del manejo agronómico, propiciando una menor producción, para que en términos de producción de semillas una cruza simple sea redituable, sus progenitores deben rendir por arriba de 2.0 ton/ha de semilla comercial, por lo que la tecnología de semillas debería aportar los elementos que permitan esto.

Por lo anterior un elemento importante en la tecnología de producción de semilla es definir en forma específica para cada híbrido, líneas o variedades de maíz de calidad proteínica, el ciclo agrícola, las regiones óptimas para su producción de semilla, así como las mejores fechas de siembra de progenitores, densidades de población, tratamientos fertilizantes, relaciones hembra-macho y forma de desespigue, aislamiento, que faciliten buena productividad y nivel de calidad de semillas.

La zona de producción tiene especial importancia con relación a la coincidencia a floración de los progenitores de híbridos, ya que los diversos materiales a veces responden de manera diferencial a los diferentes cambios en temperatura, así como otros elementos y su combinación con humedad relativa, etc. Por esto mismo para cada híbrido se trata de definir su zona óptima de producción y la repercusión en el nivel de coincidencia de sus progenitores.

Un caso interesante fue el híbrido H-135, el comportamiento de sus progenitores fue evaluado en diferentes ambientes, definiéndose que la expresión y nivel de asincronía es influenciado de manera diferencial en ambientes diferentes, en los Valles Altos, es decir en el Valle de México (2250msnm), el diferencial entre la línea macho y la cruce simple hembra es de 12 o más días, lo cual es similar si se incrementa semilla en el Valle del Mezquital ubicado a 2000msnm, sin embargo cuando se multiplica semilla en El Bajío (1600msnm) en siembra de junio y julio, la coincidencia es completa no requiriéndose siembras diferenciales (Espinosa, 1985); lo anterior propició que la producción de semilla de este híbrido se realice en El Bajío, obteniéndose además altos rendimientos de semilla ya que la hembra de este híbrido fue generada en estas condiciones, expresando su máximo potencial ahí (6 a 8 ton/ha de semilla comercial).

Para otros híbridos se ha definido la zona óptima de producción, donde se trata de conciliar la máxima productividad, calidad de semilla y coincidencia a floración.

### 2.5.1 Híbridos de maíz con asincronía.

En México la mayoría de los híbridos desarrollados por el INIFAP, presentan asincronía en la floración de sus progenitores, de acuerdo con Espinosa *et al.*, (2003), los resultados de diversos trabajos señalan que algunos de los híbridos con asincronía y días de diferencial para lograr la coincidencia a floración son entre otros, como se presenta en el cuadro 4.

Cuadro 4. Niveles de diferencial a floración en días y de híbridos de maíz de diferentes regiones agroclimáticas de México.

Híbrido	Floración femenina de hembra (días)	Floración masculina de macho (días)	Diferencial a floración (días)	Región Agroecológica
H-135	104	92	12	Valles Altos
H-149	95	107	12	Valles Altos
H-40	84	94	10	Valles Altos
H-137	84	95	11	Valles Altos
H-139	85	95	10	Valles Altos
H-50	84	84	0	Valles Altos
H-48	84	85	1	Valles Altos
H-153	84	96	12	Zona de Transición
H-311	78	70	8	Bajío
H-538	78	68	10	Bajío
H-359	73	68	5	Bajío
H-360	68	73	5	Bajío
H-361	87	75	12	Bajío
H-430	82	80	2	Noroeste
H-431	62	57	5	Noroeste
H-435	72	79	9	Tamaulipas
H-436	72	81	9	Tamaulipas
H-513	60	65	5	Golfo Centro
H-514	50	54	4	Chiapas
H-515	50	50	0	Guerrero
H-516	50	53	3	Guerrero

Los híbridos y su diferencial a floración entre sus respectivos progenitores, generalmente han sido obtenidos de evaluaciones en lugares donde se incrementa semilla.

En algunos casos para los materiales señalados, además de contar con el diferencial a floración en días, también se ha obtenido este nivel de asincronía en unidades térmicas (Espinosa *et al.*, 2003), como se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. Diferencial a floración relacionada con la estimación de unidades térmicas para algunos híbridos de maíz de diferentes regiones agroclimáticas de México.

Híbrido	Unidades térmicas para floración hembra	Unidades térmicas para floración macho	Diferencial a floración en unidades térmicas	Región Agro ecológica
H-40	901	952	51	Valles Altos
H-137	901	952	51	Valles Altos
H-139	899	947	48	Valles Altos
H-50	901	952	51	Valles Altos
H-48	901	952	51	Valles Altos
H-153	890	910	20	Zona de Transición
H-430	1260	1230	30	Noroeste
H-431	1260	1170	90	Noroeste
H-435	988	1112	124	Tamaulipas
H-436	988	1112	124	Tamaulipas
H-512	1045	1050	5	Golfo Centro
H-513	1040	1005	35	Golfo Centro

Con base en la apreciación (Espinosa *et al.*, 2003) determino que el lapso de tiempo en días desde que inicia una planta de maíz a expulsar polen hasta que termina, lo cual es de aproximadamente 15 días, en los Valles Altos y Bajío, con base en esta información, propone una clasificación de nivel de coincidencia entre progenitores de híbridos como se presenta en el cuadro 6.

Cuadro 6. Propuesta de clasificación por nivel de coincidencia a floración entre progenitores de híbridos de maíz para los Valles Altos y Bajío.

<b>Clasificación</b>	<b>Número de días de diferencial a floración</b>	<b>Porcentaje de coincidencia (%)</b>	<b>Híbrido de Referencia</b>
Completa coincidencia	0	100	H-50
Muy alta coincidencia	2	80	H-48
Alta coincidencia	4	70	nd
Regular coincidencia	6	60	nd
Mediana coincidencia	8	50	nd
Baja coincidencia	10	40	H-40
Muy baja coincidencia	12	30	H-135
Pésima coincidencia	14	20	H-149
Nula coincidencia	16	10	H-137
Nula coincidencia	18	0	H-139

nd: no hay datos.

## **2.6. Importancia de la temperatura en los procesos fisiológicos de la planta**

La temperatura es uno de los factores ecológicos más conocidos, por los destacados efectos que ejerce sobre los organismos vivos. Es un factor fácilmente medible; la influencia es casi universal y, frecuentemente, limitante para el crecimiento y distribución de plantas y animales. (Carroll, 1966)

Así tenemos que el óptimo desarrollo de una planta depende en gran medida de los factores ambientales como la temperatura, la humedad relativa o el fotoperíodo. De todos los factores ambientales, el que ejerce un efecto mayor sobre el desarrollo es probablemente la temperatura. Ello es debido principalmente a su importante incidencia sobre los procesos bioquímicos, como la fotosíntesis, la respiración, la actividad enzimática en las células, su división y crecimiento, la capacidad de absorción de las raíces y otros procesos. (Guenko, 1974)

Cabe señalar que todos los procesos fisiológicos inciden en el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como también en el rendimiento final del cultivo. Una forma de determinar los requerimientos calóricos de una especie, en determinadas fases de desarrollo, es la suma de grados día (Carroll, 1966). Es preciso destacar que los procesos fisiológicos se verifican dentro de límites definidos, a estos puntos se les conoce como puntos cardinales, dichos puntos varían con la edad o el estado de desarrollo de la planta por esto es necesario conocer las temperaturas máximas, mínimas y óptimas de cada especie.

Como se ha visto hasta ahora, la temperatura juega un papel muy importante en el crecimiento y desarrollo de cualquier especie, por esta razón se propone hacer un estudio basado en la determinación de unidades térmicas, para determinar el requerimiento de calor, desde la siembra hasta la floración en cada uno de los progenitores que darán origen a la semilla.

## **2.7. Constante térmicas.**

El término de constante térmica fue utilizado por Réaumur en el año de 1735, el observó que la duración de un cultivo variaba de una región a otra e incluso, se presentaban variaciones en una misma localidad. Réaumur, determinó que los cultivos requieren reunir una suma determinada de temperatura para llegar a la madurez del cultivo, desde el momento de la germinación, sumó la temperatura media de cada día sin considerar las temperaturas bajo cero grados, hasta el momento de la madurez, y determinó que la suma de las temperaturas siempre es la misma, cualquiera que haya sido la ubicación de cultivo o en año considerado. Determinó que el la cebada requería de la germinación a la madurez de 1700°, el trigo 2000° y el maíz de 2500°. A éstas sumas fijas para cada vegetal, se le conoce con el nombre de constante térmica.

La diferencia en la duración de los cultivos se explica de la siguiente forma. Si el maíz requiere de 2500° y la temperatura media diaria es de 25° (2500/25) la planta requiere de 100 días para alcanzar la madurez. La constante térmica también puede para cualquier subperíodo de las plantas. (De Fina y Ravelo, 1979)

### **2.7.1. Unidades de la constante térmica.**

Abbe (1905), citado por Carrol (1966) indica según la doctrina de las constantes térmicas que una planta alcanza un estado determinado de desarrollo cuando ha recibido una cierta cantidad de calor, independientemente del tiempo requerido para ello. Se suponía que cada estado sucesivo de crecimiento necesitaba una cantidad definida de calor, expresada generalmente en Unidades Térmicas. La mayoría de los sistemas de unidades térmicas se fundamentan en la suma de temperaturas positivas por encima de una temperatura base o «punto cero de actividad vital» y se expresan en términos de «días-grado», «grado-día», unidades calor o unidades térmicas. Las unidades que se manejarán en el presente trabajo estarán referidas a unidades térmicas (U T).

## 2.8. Métodos para determinar la constante térmica (CT).

Existen varios modelos que tratan de representar la vinculación entre la temperatura el crecimiento y el desarrollo de los vegetales. A continuación se presentan algunos de los métodos más comunes para determinar las unidades térmicas.

**Los métodos para calcular la constante térmica son:**

**a) Método directo.** Este método fue propuesto por Réaumur se considera es el más sencillo y por lo tanto es el menos preciso. El método consiste en sumar las temperaturas medias diarias desde la germinación hasta la madurez, excepto las temperaturas debajo de cero grados centígrados.

$$U.C. = \sum_{i=1}^n \bar{T}_i \quad ; \quad \bar{T}_i > 0^{\circ}C$$

$U.C$  = Unidades Calor

$\bar{T}_i$  = Temperatura media diaria en el día  $i$

$n$  = Número de días a la maduración

Cuando las investigaciones sobre la constante térmica comenzaron a expandirse, se observó que la constante térmica sufría variaciones según las localidades consideradas, en unas regiones el trigo requería  $1500^{\circ}$  en otras  $1780^{\circ}$ , etc. Este método considera la suma de las temperaturas por arriba de  $0^{\circ}$  pero se determinó que el crecimiento comienza a temperaturas más altas que el punto de fusión. Para resolver tal problema se propone el siguiente método.

**b) Método residual.** Para utilizar este método sólo se toma en cuenta las temperaturas mayores al cero vital es decir solo se suman las temperaturas mayores a 6°C, pero además a las temperaturas mayores al cero vital que para el caso del maíz se resta 6°C y mediante la suma de los residuos se obtiene la constante térmica.

$$U.C. = \sum_{i=1}^n (\bar{T}_i - C.V.)$$

C.V. = Cero vital o biológico para el maíz = 6°C

Cave mencionar que la temperatura base o el cero vital, se determina por medios experimentales, es diferente para cada especie e incluso para cada fase del cultivo (Carrol, 1966)

Los resultados son mejores si se usan valores particulares del cero vital por especie y por subperiodos. La duración del día también juega un papel muy importante por lo tanto se puede incluir el factor fotoperíodo que varíe de acuerdo a la latitud y época del año.

$$U.C. = \sum_{i=1}^n F(\bar{T}_i - C.V.)$$

F= factor de fotoperíodo (cuadro 7)

Cuando la duración del día es de 12 horas, el factor F es igual a la unidad.

Cuadro 7. Valores del factor de fotoperíodo en el hemisferio norte expresado en unidades de 30 días de 12 horas cada uno. De la Peña (1977).

Lat. No	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
15°	.97	.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	.95	.97
20°	.95	.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	.93	.94
25°	.93	.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
26°	.92	.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.07	1.12	1.02	.99	.91	.91
27°	.92	.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	.99	.90	.90
28°	.91	.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	.98	.90	.90
29°	.91	.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	.98	.90	.89
30°	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
31°	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
32°	.89	.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	.98	.88	.87
33°	.88	.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	.97	.88	.86
34°	.88	.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	.97	.87	.86
35°	.87	.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	.97	.86	.85

El método residual arroja mejores resultados que el directo, sin embargo la constante térmica y las unidades calor manifestaban valores variables para distintas regiones para evitar esta dificultad se planteó el hecho de que el crecimiento de las plantas depende de un conjunto de reacciones físico-químicas y por tanto influye ley de Van't Hoff y Arrhenius la cual se enuncia en el siguiente método (De Fina y Ravelo 1979)

**c) Método exponencial.** Este método utiliza el principio de Van't Hoff y Arrhenius, que establece que la velocidad de las reacciones dentro de las plantas, se duplica por cada aumento de 10°C en la temperatura.

La eficiencia de una temperatura se halla comparando la velocidad de las reacciones a dicha temperatura, con la velocidad unidad que es la correspondiente a 4.5°C, es decir, la temperatura unitaria. La velocidad de reacción a una

temperatura cualquiera se halla elevando 2 a la potencia correspondiente. En cada caso el exponente se calcula restando 4.5 a la temperatura dada y dividiendo el residuo por 10.

Ejemplo: La velocidad de reacción cuando se tiene una temperatura de 34.5°.

$34.5 - 4.5 = 30$ ;  $30/10 = 3$ , por último 2 elevado a 3 = 8.

Por lo tanto a 34.5° la velocidad de las reacciones son 8 veces más grande que a 4.5°. Así cuando se desee calcular la constante térmica por el método de exponencial, es necesario sustituir la temperatura media de cada día por la velocidad de reacción correspondiente. A estos valores también se les llama índices exponenciales.

De acuerdo a este método las temperaturas elevadas, 38°C, 40°C, etc, serían las más eficientes, lo cual induce a errores pues se sabe que por encima de la temperatura cardinal óptima cualquier elevación térmica es más bien perjudicial que benéfica. Por lo tanto, este método es objetable para ser usado en zonas calurosas. (De Fina y Ravelo 1979)

Por este método, la constante térmica resulta de la sumatoria de los índices exponenciales.

$$U.C = \sum_{i=1}^n 2^{(\frac{\bar{T}_i - T_u}{10})}$$

Tu= Temperatura Unitaria= 4.5°C

**d) Método Termofisiológico.** Se basa en experiencias fisiológicas. Para ello se usan los datos obtenidos por Lehenbauer (1914), toma en cuenta las experiencias termofisiológicas, ya que hable de las temperaturas mínimas, óptimas y máximas para cada fase, (De Fina y Ravelo, 1979), (Carrol, 1966). La eficiencia de una temperatura se establece comparando la velocidad de crecimiento de la planta a dicha temperatura, respecto a la velocidad de la temperatura unitaria (4.5°C).

Un ejemplo de este caso es: si a 30°C la eficiencia de la temperatura es de 120, esto quiere decir que a 30°C el crecimiento de la planta es 120 veces más rápido que a 4.5°C.

Al graficar la velocidad de crecimiento o índice termofisiológico contra las temperaturas registradas durante el experimento, se obtiene una curva la cual nos permite hacer el cálculo de la constante térmica. Figura 2.

Para calcular la constante térmica por este método, se sustituye la temperatura media de cada día por el índice termofisiológico correspondiente, después se suman todos los índices.

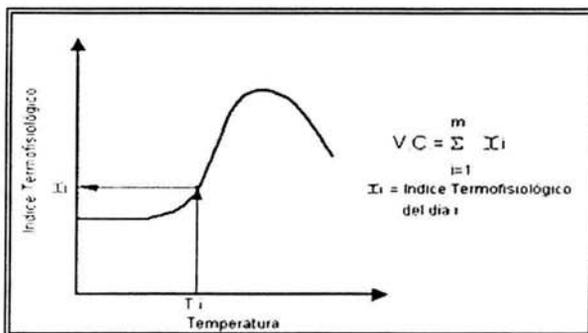


Figura 2. Método termofisiológico para calcular la constante térmica, Arteaga (1978).

Se debe tomar en cuenta que la experiencia básica para desarrollar este método, solo se utilizó una especie (maíz en las primeras etapas) sometida a la oscuridad y a una temperatura uniforme durante 12 horas. (De Fina y Ravelo, 1979)

Los métodos vistos hasta aquí presentan las siguientes deficiencias:

1. Se toma una sola temperatura base o cero vital sin tomar en cuenta que ésta varía con la especie y con las etapas fenológicas.
2. Se toma una respuesta lineal de las plantas a las temperaturas dando con ello un mayor peso a las temperaturas elevadas.
3. Se asume que las temperaturas diurnas y nocturnas tienen la misma importancia para el crecimiento de las plantas.
4. No se distingue la diferencia entre períodos calurosos y fríos y la situación inversa.
5. No toma en cuenta que las variaciones diarias de la temperatura son con frecuencia más importantes que el valor de la temperatura media diaria (Romo y Arteaga, 1983)

**e) Método del los Triángulos y de los Trapecios.** Tanto el método de los triángulos como el de los trapecios son métodos gráficos que eliminan varias de las deficiencias de los anteriores, sólo que son más laboriosos y requieren de termogramas, los cuales no siempre están disponibles.

En el método de los triángulos se mantiene únicamente la deficiencia de darle demasiado peso a las temperaturas máximas y esa deficiencia se elimina al usar el método de los trapecios.

En estos métodos se puede establecer diferentes valores del cero vital y temperaturas cardinales óptimas para diferentes lapsos de tiempo, de acuerdo a la etapa fenológica vigente.

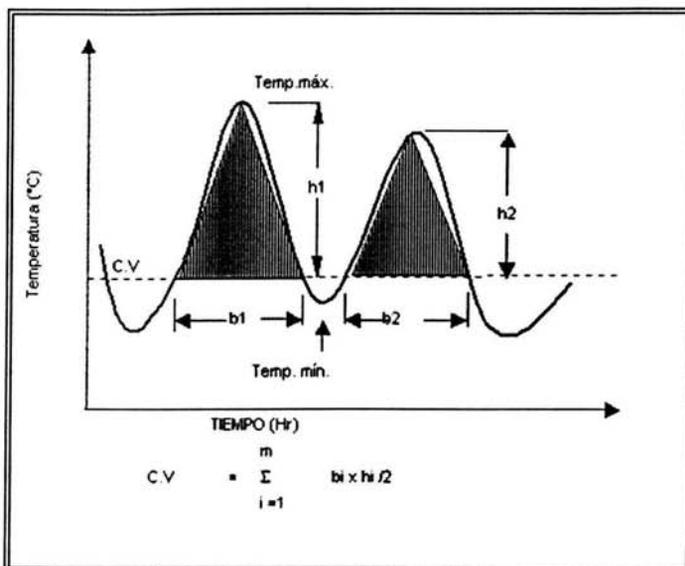


Figura 3. Método de los triángulos para calcular la constante térmica, Arteaga (1978).

#### f) Método de Tom.

Da Mota (1979) cita un método ideado por Tom en 1954, que tiene importancia más por su facilidad de cálculo que por la exactitud de sus resultados. Utiliza como datos principales la temperatura media mensual, la desviación de la media mensual y la temperatura base o cero vital correspondiente a la especie estudiada.

Con los datos antes mencionados y la fórmula se puede obtener una buena aproximación de la constante térmica.

$$U.C. = N \{ (\bar{T}_m - C.V.) + L\sigma\sqrt{N} \}$$

Donde:

$U.C$  = Unidades calor acumuladas en el mes correspondiente.

$N$  = Número de días del mes.

$T_m$  = Temperatura media mensual

$C.V$  = Cero vital o temperatura base

$\sigma$  = Desviación estándar de la temperatura media mensual

$L$  = Coeficiente de proporcionalidad.

Para obtener  $L$  se entra con el argumento  $H$  a la tabla esta tabla debe ser ajustada para cada región climática. El valor de  $H$  se obtiene con: (Romo y Arteaga, 1983)

$$H = \frac{(\overline{T_m} - C.V)}{\sigma N}$$

Cuadro 8. Valores de H y de L para el cálculo de la constante térmica por el método de Tom, Da Mota (1979).

H	L	H	L	H	L	H	L
-0.70	0.70	-0.32	0.39	0.05	0.17	0.42	0.05
-0.69	0.70	-0.31	0.38	0.06	0.17	0.43	0.05
-0.68	0.69	-0.30	0.38	0.07	0.16	0.44	0.04
-0.67	0.68	-0.29	0.37	0.08	0.16	0.45	0.04
-0.66	0.67	-0.28	0.36	0.09	0.15	0.46	0.04
-0.65	0.66	-0.27	0.36	0.10	0.15	0.47	0.04
-0.64	0.65	-0.26	0.35	0.11	0.14	0.48	0.04
-0.63	0.64	-0.25	0.34	0.12	0.14	0.49	0.03
-0.62	0.63	-0.24	0.34	0.13	0.13	0.50	0.03
-0.61	0.62	-0.23	0.33	0.14	0.13	0.51	0.03
-0.60	0.61	-0.22	0.32	0.15	0.13	0.52	0.03
-0.59	0.60	-0.21	0.32	0.16	0.12	0.53	0.03
-0.58	0.59	-0.20	0.31	0.17	0.12	0.54	0.03
-0.57	0.58	-0.19	0.30	0.18	0.11	0.55	0.03
-0.56	0.58	-0.18	0.30	0.19	0.11	0.56	0.02
-0.55	0.57	-0.17	0.29	0.20	0.11	0.57	0.02
-0.54	0.56	-0.16	0.29	0.21	0.10	0.58	0.02
-0.53	0.55	-0.15	0.28	0.22	0.10	0.59	0.02
-0.52	0.54	-0.14	0.27	0.23	0.10	0.60	0.02
-0.51	0.53	-0.13	0.27	0.24	0.09	0.61	0.02
-0.50	0.53	-0.12	0.26	0.25	0.09	0.62	0.02
-0.49	0.52	-0.11	0.25	0.26	0.09	0.63	0.02
-0.48	0.51	-0.10	0.25	0.27	0.08	0.64	0.02
-0.47	0.50	-0.09	0.24	0.28	0.08	0.65	0.01
-0.46	0.50	-0.08	0.24	0.29	0.08	0.66	0.01
-0.45	0.49	-0.07	0.23	0.30	0.07	0.67	0.01
-0.44	0.48	-0.06	0.23	0.31	0.07	0.68	0.01
-0.43	0.47	-0.05	0.22	0.32	0.07	0.69	0.01
-0.42	0.47	-0.04	0.22	0.33	0.07	0.70	0.01
-0.41	0.46	-0.03	0.21	0.34	0.06	0.71	0.01
-0.40	0.45	-0.02	0.20	0.35	0.06	0.72	0.01
-0.39	0.44	-0.01	0.20	0.36	0.06	0.73	0.01
-0.38	0.44	0.00	0.19	0.37	0.06	0.74	0.01
-0.37	0.43	0.01	0.19	0.38	0.06	0.75	0.01
-0.36	0.42	0.02	0.18	0.39	0.05	0.76	0.01
-0.35	0.41	0.03	0.18	0.40	0.05	0.77	0.01
-0.34	0.41	0.04	0.17	0.41	0.05	0.78	0.00
-0.33	0.40						

Para  $H < -0.70$ ,  $L = H$

Para  $H > 0.78$ ,  $L = 0.0$

### g) Índice de Geslin (Heliotérmico)

El índice de Geslin es un índice bioclimático. Se considera que un índice bioclimático cuando para su cálculo se involucra dos o más variables.

El índice de Geslin se basa en la temperatura y en la duración media del día ( $\bar{d}$ ) por fases de desarrollo de un cultivo y se calcula con la fórmula:

$$I.G. = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{T}_i \times \bar{d}}{100}$$

Donde:

$I.G$  = Índice de Geslin

$\bar{T}_i$  = Temperatura media diaria en el día  $i$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

$d$  = Duración media del fotoperiodo en el lapso  $n$  considerado (Hr)

$n$  = Número de días del ciclo vegetativo o etapa fenológica estudiada

Como el índice de Geslin depende de la temperatura y la duración del día es posible, por medio de un mapa topográfico elaborar mapas de ISOFANAS, debido a que la duración del día depende de la latitud y la temperatura es una función de la altura.

Una isofana es una línea que une puntos con el mismo valor para una fase de una variedad de un cultivo. No sólo se puede hacer mapas de isófonas con el Índice de Geslin, sino también de fechas de siembra o de fechas de floración. La isófana de fechas de floración se denomina isoante (Ortiz, 1987).

## h) Método de Crane.

Es otra forma de analizar el efecto de la temperatura sobre el desarrollo de los cultivos. Las unidades calor se han relacionado con las etapas fenológicas y se estima que es posible calendarizar las diferentes etapas de una planta.

Crane, et. al. (1977), comparó varios métodos de unidades calor para maíz y obtuvo las siguientes fórmulas de Unidades Calor.

Días – Grado de Desarrollo (GDD) también se conoce como método de base 10, que puede aplicarse tanto a nivel mensual como diario.

$$GDD = \frac{\min^1 + \max}{2} - 10$$

Días Grado de Desarrollo Efectivo (EGDD) se conoce también como el método de 10/30 y solo es aplicable a nivel diario.

$$EGDD = \frac{\min^1 + \max^2}{2} - 10$$

Unidades Calor para el maíz (CHU)

$$CHU = \frac{1.85(\max - 10) - 0.026(\max - 10)^2 + (\min - 4.4)}{2}$$

donde:

mín = es la temperatura mínima diaria

máx = es la temperatura máxima diaria

<sub>1</sub> = significa que si mín < 10 = 10

<sub>2</sub> = significa que si máx > 30 = 30

### **2.8.1. Usos en general.**

La utilidad que reporta el estudio y el cálculo de la constante térmica en el campo agrícola es muy amplio y variado sin embargo, continua siendo un concepto relativamente poco aplicado.

Se puede usar para los estudios de zonificación de cultivos; establecimiento de fechas de siembra; predicción de épocas de cosecha; programación de labores culturales; como auxiliar para determinar calendarios de riego; en la medición y estudio de las etapas fenológicas; etc.

Su utilidad más amplia se reporta en la zonificación de cultivos, ya que a través de su estudio se obtiene una premisa importante que amplía el criterio sobre qué tipo de cultivos y en qué lugares se deben establecer, de manera que se obtengan los más altos rendimientos (Romo y Arteaga, 1983).

Para el caso específico de maíz Croos y Zúber (1972), citado por Romo y Arteaga (1983) evaluaron 22 métodos para calcular la constante térmica en un trabajo sobre floración del maíz en Columbia, E.U.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Caracterización del lugar de estudio.**

El presente trabajo se realizó utilizando datos de la Estación Meteorológica "Almaraz" de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM, ubicada a 99°11'42" de longitud oeste y 19°41'35" de latitud norte y a 2274msnm, en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

La zona se clasifica según el sistema de Köppen, modificado por García, como Cw<sub>0</sub>b(i'); esto es templado subhúmedo con lluvias en verano, el más seco de los subhúmedos, con verano fresco, poca oscilación de temperatura y sin presencia de sequía intraestival (Flores, 1988).

#### **3.2. Datos climáticos.**

Se utilizaron los registros de la estación meteorológica, correspondientes al año 2003 en el cual se sembró las líneas de los híbridos Pumas de maíz desarrollados en la UNAM para Valles Altos y la Zona de Transición El Bajío-Valles Altos; considerando la temperatura media diaria.

#### **3.3. Material genético**

En el presente estudio se trabajó con progenitores de los híbridos Puma 1076 AEC, Puma 1 157 AEC, Puma 1075 AEC y Puma 1181 AEC, los cuales son la versión androesteril de estos materiales.

Los híbridos Puma 1075 AEC y Puma 1076 AEC son materiales de ciclo intermedio para Valles Altos (2200 a 2600msnm) cuya floración masculina se presenta a los 84 días en el primer híbrido y 80 días en el segundo.

Los híbridos Puma 1157 AEC y Puma 1181 AEC son materiales de ciclo tardío el primero e intermedio el segundo, su adaptación corresponde a la Zona de Transición El Bajío – Valles Altos (1800 a 2200msnm); la floración masculina se presenta a los 95 días en el primero y 89 días en el segundo, en el Valle del Mezquital, ubicado a 2000msnm.

En el siguiente cuadro se presenta la genealogía del material empleado para esta investigación.

Cuadro 9. Materiales genéticos establecidos en la FESC, UNAM, para determinar unidades calor, ciclo Primavera–Verano 2003.

No. de parcela	Genealogía	Tipo de material	Híbrido en que participa	Participación
1	UIA 244E x CML 349	Cruza simple	Puma 1076 AEC	Hembra
2	IA TOLSOL	Línea	Puma 1076 AEC	Macho
3	IA 49-53 Pool	Línea	Puma 1157 AEC	Macho
4	CML 242 AF	Línea	Puma 1075 AEC	Macho mantenedor
5	MIU 242 AE	Línea	Puma 1075 AEC	Hembra androesteril
6	UIA 244 AE	Línea	Puma 1181 AEC	Macho
7	CML 244 AF	Línea	Puma 1181 AEC	Macho
8	IA 19	Línea	Puma 1181 AEC	

### **3.4. Diseño experimental.**

Las parcelas establecidas en el ciclo primavera–verano 2003 se establecieron sin un diseño experimental propiamente dicho.

#### **3.4.1. Parcela experimental.**

En el ciclo primavera–verano 2003, la parcela experimental constó de diez surcos de 40 m de largo, con una distancia entre surcos de 80cm, y 40cm entre planta y planta. En total se ocupó una superficie de 32 m<sup>2</sup>. En el caso de los ciclos anteriores de donde se obtuvieron datos, la parcela en todos los casos fue de dos surcos de cinco metros de largo, obteniéndose la información de promedio de tres a cinco plantas.

### **3.5. Siembra y prácticas culturales.**

La siembra y prácticas culturales de los ciclos anteriores donde se obtuvieron datos fueron acordes a las recomendaciones técnicas para el Rancho Almaraz, las cuales en términos generales se refieren a lo que ha definido el Campo Experimental Valle de México, dependiente del INIFAP.

#### **3.5.1. Siembra.**

La siembra se realizó el 7 de abril de 2003 a tierra venida, con pala y depositando 3 semillas por golpe, no hubo aclareo.

### **3.5.2. Riego.**

El primer riego se hizo posterior a la siembra y se proporcionó un riego de auxilio cada semana hasta que se establecieron las lluvias fecha estimada el 3 de junio del 2003.

### **3.5.3. Fertilización.**

En este caso no se fertilizó ya que esta parcela esta destinada a uso orgánico, sin embargo las plantas no mostraron síntomas de deficiencias, desarrollándose adecuadamente, lo cual se corrobora con la expresión fenotípica, altura de planta y características de cada material (Cuadro 1).

### **3.5.4. Control de malezas.**

Por el motivo que se expuso en el punto anterior sólo se hicieron labores de deshierbe y aporque de forma manual haciendo uso del azadón.

### **3.5.5. Cosecha.**

La cosecha se realizó en forma manual teniendo cuidado de recoger las etiquetas de las plantas seleccionadas.

### **3.6. Caracteres a evaluar.**

Para tomar los datos del experimento se eligieron en forma aleatoria cinco plantas por línea, las cuales fueron etiquetadas y los datos que se incluyeron son los

siguientes: número de planta, nombre de la línea, fecha en que comenzó a tirar polen y fecha en que dejó de tirar polen.

### **3.6.1. Días a floración masculina.**

Se tomó como apreciación visual su desarrollo desde la siembra, hasta el momento en que se registró la emergencia de la panícula, se observó el desarrollo de la espiga y se anotó la fecha en cual los pistilos comienzan a liberar el polen, la observación se realizó todos los días en las primeras horas de la mañana, hasta que ya fue perceptible la liberación del polen, se anotó la fecha de terminación de liberación de polen.

### **3.6.2. Días a floración femenina.**

Al igual que las plantas masculinas se observó su desarrollo y se anotó el día en que los estigmas de las plantas seleccionadas emergieron (1 a 2 cm), se cuantificó cuantos días los estigmas se consideraban como receptibles hasta el día en que la mayoría de los estigmas presentaban una apariencia seca.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### a) RESULTADOS OBTENIDOS EN CAMPO PARA PUMA 1076 AEC.

Los datos experimentales mostraron que el progenitor macho del híbrido 1076 AEC inicia la liberación de polen a los 85 días y que 12 días después el polen liberado era casi imperceptible, determinándose que el progenitor IA TOLSOL esta liberando polen con una máxima eficiencia a 91 días después de la siembra, Cuadro 10.

Cuadro 10. Datos de inicio, final, floración al 50% y días tirando polen del progenitor macho del híbrido de maíz Puma 1076 AEC. Ciclo Primavera – Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.

♂ IA TOLSOL	♂ FLORACIÓN		FLORACIÓN AL 50 %	DÍAS CON ESPIGAS TIRANDO POLEN
	INICIO	FINAL		
PLANTA 1	85	97	91	12
PLANTA 2	90	100	95	10
PLANTA 3	84	96	90	12
PLANTA 4	84	96	90	12
PLANTA 5	80	96	88	16
SUMATORIA	423	485	454	62
PROMEDIO	84.6	97	90.8	12.4

Para el progenitor hembra UIA244E X CML349, del híbrido Puma 1076 AEC, se observó que los estigmas son visibles a los 80 días y dejan de ser receptivos a los 88.5 días con un promedio de receptivo a los 84 días (Cuadro 11). Los datos obtenidos llevan a determinar una diferencia de floración entre el progenitor hembra y el progenitor macho de 7 días, lo que coloca al híbrido Puma 1076 AEC (Cuadro 9) entre un 50-60% de coincidencia a floración y se clasifica entre una mediana a regular coincidencia respectivamente, lo cual se basa en la clasificación propuesta en el Cuadro 9. Dado el periodo que duran las plantas macho tirando

polen es de 12.4 días, aún bajo siembra simultanea podría esperarse aceptable fecundación, sin embargo debe promoverse completa sincronía para evitar riesgos de contaminaciones y reducción en la productividad para ello puede utilizarse las alternativas desarrolladas en diversos trabajos de investigación, sin embargo debe ser evaluada cada práctica en estos progenitores (Sánchez, 1987; Delgado *et al.*, 1992; Espinosa y Tadeo, 1992; Caro, 19987; Curtis, 1982; Rutger, 1971; Tadeo, 1991; Asteinza y Espinosa, 1988; Espinosa *et al.*, 1992; Asteinza *et al.*, 1990; Medina, 1993; Espinosa y Tadeo, 1988; Espinosa, 1985).

Cuadro 11. Datos de inicio, final, floración al 50% y días con estigmas receptivos del progenitor femenino del híbrido de maíz Puma 1076 AEC. Ciclo Primavera – Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.

♀ UIA244E X CML349	♀ FLORACIÓN		FLORACIÓN AL 50 %	DÍAS CON ESTIGMAS RECEPTIVOS
	INICIO	FINAL		
PLANTA 1	81	88	84.5	7
PLANTA 2	78	87	82.5	9
PLANTA 3	79	89	84	10
PLANTA 4	80	90	85	10
PLANTA 5	80	88	84	8
SUMATORIA	398	442	420	44
PROMEDIO	<b>79.6</b>	<b>88.4</b>	<b>84</b>	<b>8.8</b>

**b) COMPARATIVO DE UNIDADES TÉRMICAS PARA EL HÍBRIDO PUMA  
1076 AEC.**

La determinación de unidades Térmicas (UT) por el método residual indica que la hembra al 50% en su floración femenina (84 días), acumuló 762.6 UT en tanto que el macho a los 91 días acumuló 820.2 UT a una temperatura promedio de 9.1°C; la diferencia fue de 57.6 UT lo que equivale a 7 días de diferencia entre los progenitores. Al compararlo con los 6.8 días de diferencia registrados en el campo experimental se puede decir que no hay una diferencia significativa, por lo cual se considera un tanto similar al diferencial reportado (Espinosa *et al.*, 2003).

En el caso del método directo la diferencia fue de 127.6 UT a una temperatura promedio de 19.1°C, y se tuvo una diferencia de 7 días., lo cual lo definiría con regular a mediana coincidencia de acuerdo a Espinosa *et al.*; (2003).

En el método exponencial la diferencia calculada entre progenitores fue de 19.22 UT. En este método no fue posible determinar (N/D) su equivalencia en días ya que si se observa la fórmula (ver página 25), establece velocidades de reacción de la planta según la temperatura.

En el método de Tom Da Mota la diferencia calculada fue 346.5 UT a una temperatura de 9.05°C, la equivalencia de la UT a esta temperatura representa una diferencia de 6.97 días considerándose una diferencia inapreciable, ubicándose en el mismo nivel de coincidencia (Espinosa *et al.*; 2003).

Utilizando el método de Crane se determinó una diferencia de 100.6 UT cuya equivalencia en días es del orden de 6.4, considerando una temperatura de 9.05°C. Cuadro 12.

Cuadro 12. Unidades Térmicas acumuladas para los progenitores hembra y macho del híbrido de maíz Puma 1076 AEC con base a la estimación con diferentes métodos de cálculo. Ciclo Primavera - Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.

Métodos Progenitor	Métodos para el calculo de Unidades Térmicas				
	Residual	Directo	Exponencial	TOM	Crane
UT de Hembra UIA244AE X CML349	762.6	1602.6	244.92	2674.6	1276.8
UT de Macho IA TOLSOL	820.2	1730.2	264.14	3021.1	1377.4
Diferencia de UT entre Progenitores	57.6	127.6	19.22	346.5	100.6
Diferencia de sincronía en días	7	7	N/D	6.97	6.3509

En forma similar al caso del híbrido de maíz Puma 1076 AEC, se presenta a continuación la información correspondiente a otro híbrido de maíz denominado Puma 1075 AEC utilizando cuadros semejantes.

### c) RESULTADOS OBTENIDOS EN CAMPO PARA PUMA 1075 AEC.

En este caso se observó que no hay gran diferencia entre el progenitor hembra y el macho, el polen del progenitor masculino es liberado el día 91 y los estigmas de la hembra son receptivos a los 90 días. En cuanto a los periodos de liberación del polen, se definió que este proceso ocurre en un promedio de 12.5 días en tanto los estigmas están receptivos por un periodo de 11.5 días, la diferencia encontrada de un día no representa dificultad para el manejo agronómico. Se puede decir que este ligero diferencial aún puede considerarse como completa coincidencia, con base en la información y clasificación presentada en el Cuadro 9. En los Cuadros 13 y 14 se presenta los resultados obtenidos:

Cuadro 13. Datos de inicio, final, floración al 50% y días tirando polen del progenitor macho del híbrido de maíz Puma 1075 AEC. Ciclo Primavera – Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México

♂ IA TOLSOL	♂ FLORACIÓN		FLORACIÓN AL 50 %	DÍAS CON ESPIGAS TIRANDO POLEN
	INICIO	FINAL		
PLANTA 1	85	97	91	12
PLANTA 2	90	100	95	10
PLANTA 3	84	96	90	12
PLANTA 4	84	96	90	12
PLANTA 5	80	96	88	16
SUMATORIA	423	485	454	62
PROMEDIO	<b>84.6</b>	<b>97</b>	<b>90.8</b>	<b>12.4</b>

Cuadro 14. Datos de inicio, final, floración al 50% y días con estigmas receptivos del progenitor femenino del híbrido de maíz Puma 1075 AEC. Ciclo Primavera – Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.

♀ MIUM242AE	♀ FLORACIÓN		FLORACIÓN AL 50 %	DÍAS CON ESTIGMAS RECEPTIVOS
	INICIO	FINAL		
PLANTA 1	86	98	92	12
PLANTA 2	86	98	92	12
PLANTA 3	86	98	92	12
PLANTA 4	82	92	87	10
PLANTA 5	82	94	88	12
SUMATORIA	422	480	451	58
PROMEDIO	<b>84.4</b>	<b>96</b>	<b>90.2</b>	<b>11.6</b>

**d) COMPARATIVO DE UNIDADES TÉRMICAS PARA EL HÍBRIDO PUMA 1075 AEC.**

La forma en que se determinó la equivalencia en días, fue de la misma manera que para el híbrido Puma 1076 AEC, únicamente cambiaron las temperaturas promedio ya que las UT acumuladas hasta la floración fueron diferentes para el progenitor hembra, Cuadro 15.

Cuadro 15. Unidades Térmicas acumuladas para los progenitores hembra y macho del híbrido de maíz Puma 1075 AEC con base a la estimación con diferentes métodos de cálculo. Ciclo Primavera - Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.

Progenitor \ Métodos	Métodos para el cálculo de Unidades Térmicas				
	Residual	Directo	Exponencial	TOM	Crane
UT Hembra MIU242 AE	811.7	1711.7	261.34	2974.9158	1362.83
UT Macho IATOLSOL	820.2	1730.2	264.14	3021.0982	1377.44
UT Diferencia entre progenitores	8.5	18.5	2.8	46.1824	14.61
Diferencia de sincronía en días (calculada)	1	1	N/D	0.9992	1.0315

**e) RESULTADOS OBTENIDOS EN CAMPO PUMA 1157 AEC.**

Para el caso de híbrido de maíz Puma 1157 la diferencia entre los progenitores es de 14 días, siendo más precoz la hembra, en tal caso para tener una buena polinización y un buen llenado en la mazorca, se tendrían que tomar las previsiones necesarias y sembrar al progenitor macho 14 días antes que la hembra (Espinosa, 2003), con base en la clasificación propuesta en el Cuadro 9,

este diferencial se clasifica como pésima coincidencia, ya que difícilmente se podría lograr más arriba de un 20% de fecundación, pero se corre el riesgo de contaminaciones y pérdidas económicas por la poca producción (Cuadro 16 y 17).

Cuadro 16. Datos de inicio, final, floración al 50% y días tirando polen del progenitor macho del híbrido de maíz Puma 1157 AEC. Ciclo Primavera – Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México

♂ IA 49-53POOL	♂ FLORACIÓN		FLORACIÓN AL 50 %	No. DE DÍAS TIRANDO POLEN
	INICIO	FINAL		
PLANTA 1	102	118	110	16
PLANTA 2	89	106	97.5	17
PLANTA 3	89	101	95	12
PLANTA 4	95	106	100.5	11
PLANTA 5	-	-	-	-
SUMATORIA	375	431	403	56
PROMEDIO	<b>93.75</b>	<b>107.75</b>	<b>100.75</b>	<b>14</b>

Cuadro 17. Datos de inicio, final, floración al 50% y días con estigmas receptivos del progenitor femenino del híbrido de maíz Puma 1157 AEC. Ciclo Primavera – Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.

♀ MIU242AE	♀ FLORACIÓN		FLORACIÓN AL 50 %	DÍAS CON ESTIGMAS RECEPTIVOS
	INICIO	FINAL		
PLANTA 1	84	98	91	14
PLANTA 2	78	88	83	10
PLANTA 3	80	93	86.5	13
PLANTA 4	81	93	87	12
PLANTA 5	79	93	86	14
SUMATORIA	402	465	433.5	63
PROMEDIO	<b>80.4</b>	<b>93</b>	<b>86.7</b>	<b>12.6</b>

**f) COMPARATIVO DE UNIDADES TÉRMICAS PARA EL HÍBRIDO PUMA 1157 AEC.**

Los datos calculados y las equivalencias entre los diferentes métodos, corroboraron los datos observados en el campo. En el caso de Crane la equivalencia es más perceptible, al reportarse una diferencia de 1.7 días, sin embargo se puede considerar que dos días en un clima templado no es determinante en la obtención de semilla, Cuadro 18.

Cuadro 18. Unidades Térmicas acumuladas para los progenitores hembra y macho del híbrido de maíz Puma 1157 AEC con base a la estimación con diferentes métodos de calculo. Ciclo Primavera - Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.

Progenitor \ Métodos	Métodos para el calculo de Unidades Térmicas				
	Residual	Directo	Exponencial	TOM	Crane
UT Hembra	787.7	1657.7	253.24	2813.2962	1320.57
UT Macho	891.8	1901.8	289.46	3800.8346	1511
UT Diferencia entre Progenitores	104.1	244.1	36.22	987.5384	190.43
Diferencia de sincronía en días (calculada)	14	14	N/D	13.9995	12.31848

**g) RESULTADOS OBTENIDOS EN CAMPO PUMA 1181 AEC.**

Para el caso del híbrido de maíz Puma 1181, la diferencia entre floración femenina y masculina de progenitores es de 11.5 días, lo cual puede considerarse con base en la clasificación propuesta en el Cuadro 9, como Baja coincidencia, dado que el periodo de receptibilidad entre los progenitores es 9 días, el éxito en la obtención de semilla, dependería en buena medida de una adecuada programación, es

decir, de establecer correctamente la siembra de cada progenitor con el diferencial de la fecha de siembra que corrija esta a sincronía. En los Cuadros 19 y 20 se presenta la información sobre floración de progenitores para el Puma 1181 AEC, con estos datos puede organizarse la programación de la producción.

Cuadro 19. Datos de inicio, final, floración al 50% y días con estigmas receptivos del progenitor femenino del híbrido de maíz Puma 1181 AEC. Ciclo Primavera – Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.

♂ IA 19 MACHO P1181	♂ FLORACIÓN		FLORACIÓN AL 50 %	DÍAS CON ESPIGAS TIRANDO POLEN
	INICIO	FINAL		
PLANTA 1	89	99	94	10
PLANTA 2	89	99	94	10
PLANTA 3	93	101	97	8
PLANTA 4	88	96	92	8
PLANTA 5	96	106	101	10
SUMATORIA	455	501	478	46
PROMEDIO	<b>91</b>	<b>100.2</b>	<b>95.6</b>	<b>9.2</b>

Cuadro 20. Datos de inicio, final, floración al 50% y días con estigmas receptivos del progenitor femenino del híbrido de maíz Puma 1181 AEC. Ciclo Primavera – Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.

♀ UIA 244AE X CML 349F	♀ FLORACIÓN		FLORACIÓN AL 50 %	DÍAS CON ESTIGMAS RECEPTIVOS
	INICIO	FINAL		
PLANTA 1	81	88	84.5	7
PLANTA 2	78	87	82.5	9
PLANTA 3	79	89	84	10
PLANTA 4	80	90	85	10
PLANTA 5	80	88	84	8
SUMATORIA	398	442	420	44
PROMEDIO	<b>79.6</b>	<b>88.4</b>	<b>84</b>	<b>8.8</b>

**h) COMPARATIVO DE UNIDADES TÉRMICAS PARA EL HÍBRIDO PUMA 1181 AEC.**

Para el caso del híbrido de maíz Puma 1181 AEC, el método residual y directo reportó una mejor aproximación (0.5 días) a lo observado en el campo experimental y la diferencia de un día para el caso de Tom y Crane no representa una diferencia significativa (Cuadro 21).

Cuadro 21. Unidades Térmicas acumuladas para los progenitores hembra y macho del híbrido de maíz Puma 1181 AEC con base a la estimación con diferentes métodos de cálculo. Ciclo Primavera - Verano 2003. Cuautitlán Izcalli, México.

Progenitor	Métodos	Métodos para el cálculo de Unidades Térmicas				
		Residual	Directo	Exponencial	TOM	Crane
UT Hembra UIA 244AE X CML 349F		762.6	1602.6	244.92	2674.5957	1276.84
UT Macho IA 19		857.2	1817.2	277.04	3371.1749	1445.34
UT Diferencia entre progenitores		94.6	214.6	32.12	696.5792	168.5
Diferencia de sincronía en días (calculada)		12	12	nd	12.6940	10.8304469

nd: no datos.

**Representación esquemática de la coincidencia o asincronía a floración**

En la figura 2 se presenta en forma esquemática para el híbrido de maíz Puma 1075 AEC, la representación de la floración femenina en la planta hembra con 90.2 días al 50% de exposición de estigmas así como la liberación de polen a 90.8 días a la liberación de polen al 50 % del progenitor masculino, por lo cual la coincidencia sólo expresa un diferencial de 0.6 días, razón por la cual puede considerarse como coincidencia completa.

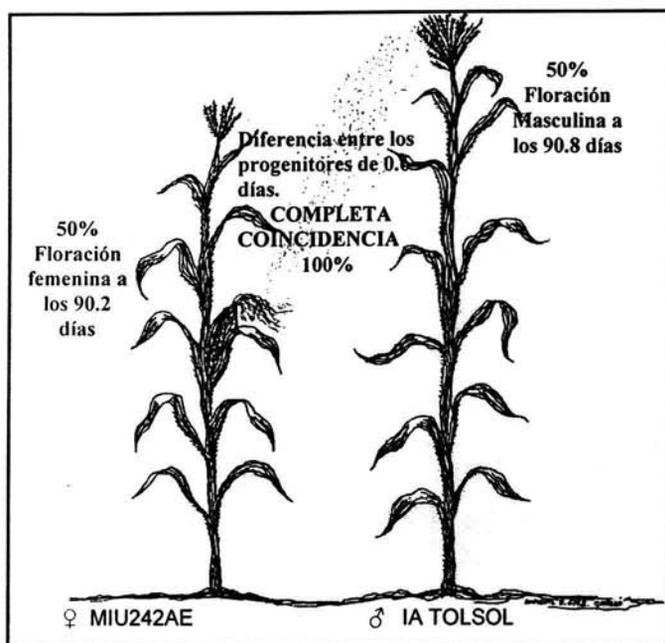


Figura 4. Representación esquemática en días y unidades térmicas de la sincronía de la floración de los progenitores femenino y masculino en la producción de semilla de maíz del híbrido Puma 1075 AEC.

En el caso del híbrido de maíz Puma 1076 AEC, la representación esquemática indica que la floración femenina, es decir la exposición de estigmas al 50% en la planta hembra ocurre a los 84 días, en cambio la liberación de polen en el progenitor masculino se presenta a los 90.8 días al 50 %, por lo cual la asincronía a floración (split) es de 6.8 días con un 60% de nivel de coincidencia de acuerdo a la clasificación propuesta (Figura 3). En este caso se podrían emplear fechas diferenciales de siembra, es decir primero se siembra el progenitor masculino y cinco días después o las unidades térmicas equivalentes a las definidas en este trabajo y después el progenitor femenino, sin embargo cabría la posibilidad de establecer siembras simultáneas y aplicar algún tratamiento auxiliar para adelantar el progenitor masculino unos días para mejorar el nivel de coincidencia como se ha establecido en otros trabajos (Caro, 1987; Tadeo, 1991; Espinosa y Tadeo, 1992).

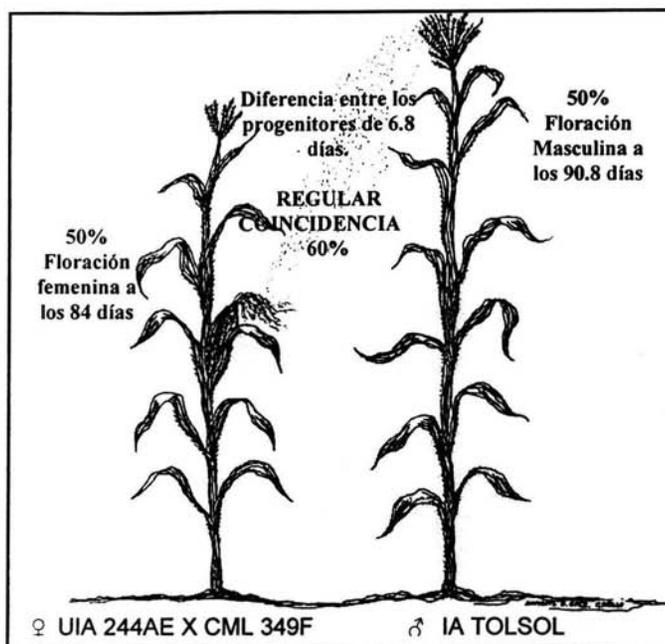


Figura 5. Representación esquemática en días y unidades térmicas de la sincronía de la floración de los progenitores femenino y masculino en la producción de semilla de maíz del híbrido Puma 1076 AEC.

En la figura 4 se presenta en forma esquemática para el híbrido de maíz Puma 1281 AEC, la representación de la floración femenina en la planta hembra con 84 días al 50% de exposición de estigmas así como la liberación de polen a 95.6 días a la liberación de polen al 50 % del progenitor masculino, por lo cual el diferencial a floración es de 11.6 días, o bien 94 unidades térmicas, lo que equivale a "Muy Baja Coincidencia", es decir sólo 30% con base en la propuesta de coincidencia referida en el cuadro 9. Esta baja coincidencia obliga a establecer fechas diferenciales de siembra, para lograr la fecundación en forma adecuada (Airy *et al.*, 1962; Craig, 1977).

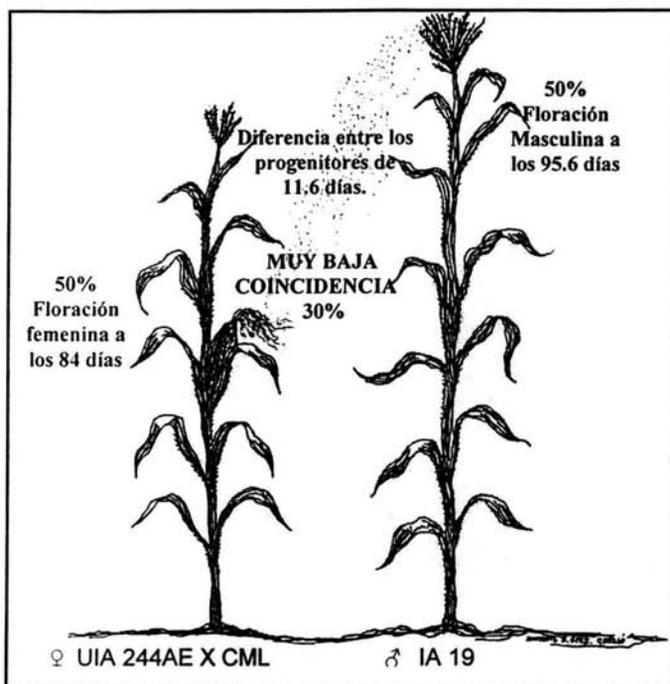


Figura 6. Representación esquemática en días y unidades térmicas de la sincronía de la floración de los progenitores femenino y masculino en la producción de semilla de maíz del híbrido Puma 1181 AEC.

## V. CONCLUSIONES

Con base en los objetivos planteados, a los resultados obtenidos en la presente investigación se obtuvieron las conclusiones siguientes:

1. Se confirmó que el uso de las Unidades Térmicas representa una herramienta valiosa y sencilla, en la determinación de los requerimientos térmicos de la planta de maíz para establecer el nivel de la coincidencia a floración entre los progenitores híbridos de maíz.
2. El método directo y el residual, se ubicaron como los más sencillos ya que el registro de las temperaturas máximas y mínimas son suficientes para poderse aplicar, aunado al hecho de que la mayoría de las estaciones meteorológicas distribuidas en el país son termoplumiométricas, por lo que es accesible utilizar cualquiera de estos métodos, además las diferencias obtenidas entre los datos experimentales en campo y los datos obtenidos de forma cuantitativa no reflejan diferencias.
3. Los métodos directo o residual permiten hacer predicciones con niveles aceptables de precisión en la coincidencia a floración de progenitores híbridos de maíz, con lo cual se favorece la obtención de mayores rendimientos en la producción de semilla.
4. La determinación de las UT a floración muestra que, la temperatura juega un papel determinante, en las etapas fenológicas en el cultivo de maíz, ejerciendo una importante incidencia en los procesos fisiológicos, esto no significa que elementos como la humedad, la precipitación entre otros no incidan en la planta, sin embargo para casos prácticos y por simplicidad en la ejecución se sugiere la utilización de las Unidades Térmicas como un instrumento de predicción.
5. Los métodos empleados en el presente trabajo variaron en el resultado de Unidades Térmicas acumuladas, pero al ser transformados los datos a días, se observó similitud en los resultados finales.

6. Se definió que el híbrido Puma 1075 presenta coincidencia completa en la floración de sus progenitores, es decir 100%, en cambio el híbrido Puma 1076 AEC exhibió un diferencial de 6.8 días equivalente a 57 unidades térmicas. Por su parte el Puma 1181 AEC expresa un diferencial de floración entre progenitores de 11.6 días (94 unidades térmicas) por lo cual se requieren siembras diferenciales de progenitores.
7. Se verificó con base en los resultados de campo que la clasificación por coincidencia a floración con los niveles: Completa coincidencia (0 días split, 100% coincidencia); Muy alta coincidencia (2 días split, 80% coincidencia); Alta coincidencia (4 días split, 70% coincidencia); Regular coincidencia (6 días split, 60% coincidencia); Mediana coincidencia (8 días split, 50% coincidencia); Baja coincidencia (10 días split, 40% coincidencia); Muy baja coincidencia (12 días split, 30% coincidencia); Pésima coincidencia (14 días split, 20% coincidencia); Nula coincidencia (16 días split, 10% coincidencia); es adecuado ya que se aplica a los ejemplos evaluados en este trabajo.
8. Las hembras progenitoras de los híbridos 1076, 1075, 1157 y 1181 son más precoces que los machos ya el requerimiento de Unidades Térmicas para llegar a la floración es menor.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

Airy, J.M., L. A. Tatum. y Jr. J.M Sorenson. 1962. Producción de semilla híbrida de maíz y sorgo para grano en: semillas. Traducción del inglés por Antonio Mariano y Pánfilo Rodríguez. Ed. CECSA. México. pp. 271-285.

Asteinza B., G y A. Espinosa C. 1988. Efecto del acolchado con plástico en los días a floración en maíz H-149. En: Resúmenes del XII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI, Chapingo, México.

Asteinza B., G. y A. Espinosa C. 1988. Efecto del acolchado con plástico en el desarrollo de la línea macho híbrido de maíz H-149E y el vigor de su semilla. En: Memoria VIII Congrso Nacional ANEFA. Uruapan, Michoacán. México.

Asteinza B., G. F. Solis M. y A. Espinosa C. 1990. Efecto de la aplicación de Gapol y Ethrel en la floración masculina para producción de semilla del híbrido de maíz H-137. En: Resúmenes del XIII Congreso Nacional de Fitogenética, SOMEFI. ESAHE, Cd. Juárez, Chihuahua. México.

Baradas, M.W. 1994. Crop requirements of tropical crops. Handabok of agricultural meteorology. J.F. Griffiths Editor. Oxford Univ. Press. New York. USA. pp.189-202.

Benacchio, S.S.1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nal. de Inv. Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202p.

Carballo, C. A. 1985. Mantenimiento de la calidad genética en producción de semillas. En: Seminarios de personal académico. Centro de Genética, Resúmenes. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Caro V., F. J. 1987. Estudio metodológico para determinar fórmulas óptimas de producción de semillas de maíz de buena calidad. Tesis M.C. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.

Carrol, P. W. 1966. Cultivos aclimatación y distribución. Traducción del inglés por Manuel Serrano García. Ed. Acribia. España.

CIMMYT. 1987. Hechos y tendencias mundiales relacionados con el maíz en 1986: Aspectos económicos de la producción de semilla de variedades comerciales de maíz en los países en desarrollo. México.

Cloninger, F. D., S.; Zuber M. y D. Horrocks R. 1974. Synchronization of flowering in corn (*Zea mays* L.) by clipping young plants. Agron. J. 66: 270-272.

Craig, W. F. 1977. Production of hybrid corn seed. En: G.F. Sprague. Corn and Corn Improvement. American Society of Agronomy, publisher Madison, Agronomy 18. Wisconsin, USA. pp. 671-719

Crane P.I., P.R. Goldsworthy , R.L. Cuany , M.S. Zuber and C.A. Francis. 1977 Climatological factors in maize adaptation. WHO-No. 481, Pgs. 49-56.

Cross, Z. H y K. S. Zuber. 1972. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of Estimating thermal Units. Agronomy Journal. 64: 716-719 y 351-355.

Curtis, D. L. 1982. Algunos Aspectos de la producción de semilla de maíz (*Zea mays* L.) en Estados Unidos.

Curforth, H. W. and C. F. Shaykewich. 1989. Relationship of development rates of corn from planting to silking to air and soil temperature and to accumulated thermal units in a prairie environment. Can. J. Plant Sci. 69:121-132.

De Fina, y Ravelo, A. 1979. Climatología y fenología agrícola. Manual EUDEBA. Buenos Aires, Argentina.

Delgado P., J. G. M. Tadeo R. y A. Espinosa C. 1992. Efecto de podas en la floración y productividad de semilla en progenitores de híbridos de maíz. En:

Dorenbos, J. Ya.H. Kassam. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje No.33. FAO. Roma.212p.

Dugan, G. H., y H. W. Gausman. 1951. Clipping corn plants to delay their development. *Agronomy Journal*. 43:90-93.

Eskridge, K.M. and E. J. Stevens. 1987. Growth curve analysis of temperature dependent phenology models. *Agronomy Journal*. 79:291-297.

Espinosa C., A. 1985. Adaptabilidad, Productividad y calidad de líneas e híbridos de maíz (*Zea Mays L.*) Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Espinosa C., A. y M. Tadeo R. 1988. Efecto del orden de cruzamiento en la producción de semillas de híbridos de maíz de temporal. Resúmenes del XII Congreso Nacional de Fitogenética SOMEFI, Chapingo, Méx.

Espinosa C., A. y M. Tadeo R. 1992. Producción de semilla del híbrido doble de maíz H-137 en respuesta a la fertilización y densidad de población. *Rev. Fitotecnia Mexicana*. 15:1-9. México.

Espinosa C., A., G. Asteinza B., y J. Virgen V. 1992. Aplicación de fitohormonas en la producción de semillas de los nuevos híbridos de maíz H-33 y H-139E para Valles Altos. En: Resúmenes del XIV Congreso Nacional de Fitogenética. México.

Espinosa C., A. 1992. Tecnología de producción de semilla para el nuevo híbrido de maíz de riego H-139. En: Resumen del XVI Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI, Escuela de Ciencias Agronómicas, CAMPUS V, Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.

Espinosa C., A. 1993. Tecnología de producción de semillas de maíz en México. En: Primer Simposium Internacional, EL maíz en la década de los 90's. Zapopan, Jalisco. México.

Espinosa C., A., M. Tadeo R. y G. Asteinza B. 1993. Tecnología de producción de semilla del híbrido de maíz H-137. En: Agronegocios en México. (9) 42: 50

Espinosa C., A., M. Tadeo R., A. Piña del Valle. 1995. Estabilidad del rendimiento en híbridos de maíz por diferente orden de cruza en la producción de semilla. *Agronomía Mesoamericana*. 6:98-103.

Espinosa C., A., R. Aveldaño S., A. Turrent F., A. Tapia N. 2004. Tecnología para la producción de semilla de híbridos y variedades de maíz del INIFAP. Publicación Especial, CEVAMEX, CIRCE, INIFAP. México. 125 p.

Flores, F. F. 1988. Caracterización agroclimática de la zona de influencia de la estación meteorológica Almaraz, en Cuautitlán Izcalli, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. México.

Green, J.M. 1949. Effect of flaming on the growth of inbred lines of corn. *Agronomy Journal*. 41: 144-146.

Gómez M., N. O., H. Espinosa P. 1996. Criterios útiles en la definición de la mejor estructura de un híbrido de maíz: En: XVI Congreso de Fitogenética, SOMEFI, C.P., Montecillo, México. P. 219.

González de C., M. 1984. Especies vegetales de importancia económica de México. Ed. Porrúa. México, 305p.

Guenkov. G. 1974. Fundamentos de la horticultura cubana. Ed. Instituto Cubano del Libro, La Habana, Cuba. 355p.

Hallauer, A. R. y J. H. Sears. 1966. Influences of time of day and silk treatment on seed set in maize. Crop Sci. 6: 216-218.

Hernández, L. A. 1983. Caracterización de genotipos de maíz de Valles Altos por sus requerimientos de unidades calor. Tesis de Licenciatura. UACH. Chapingo, México.

Hernández L., A. y A. Carballo. 1984. Caracterización de genotipos de maíz de valles altos por sus requerimientos de unidades calor. Chapingo 43-44:42-48. México.

Jugenheimer, W. R. Ph. D. 1990. Maíz Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Noriega editores, Editorial Limusa. México. pp. 24-72.

Medina S., H. 1993. Aplicación de fitohormonas para acelerar floración y modificar la altura de planta en los progenitores del híbrido de maíz H-311. Tesis de Licenciatura, FESC, UNAM. México.

Memoria del XIV Congreso Nacional de Fitogenética, SOMEFI. Escuela de Ciencias Agronómicas CAMPUS V, Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.

Muñoz O., A., F. Márquez S. y J. Ortiz C. 1973. Estudio preliminar sobre un método de selección para resistencia a sequía en maíz. Agrocencia 11: 15-28. México.

Narwal, S.S., S. Ponía, G. Singh and D.S. Malik. 1986. Influence of sowing dates on the growing degree days and phenology of winter maize. *Agric. For. Meteorol.* 38:47-57.

Ortiz, T. C. 1989. Acumulación de unidades térmicas para el cultivo de maíz en el estado de México. CIFAP-MEXICO. Memorias de la segunda reunión Nacional de Agroclimatología. Departamento de Irrigación. Chapingo, México.

Ortiz, S. C. A. 1984 Elementos de Agrometeorología cuantitativa con aplicaciones en la República Mexicana. Segunda edición Depto. de Suelos UACH. Chapingo, México.

Ortiz, S. C. A 1987. Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicaciones en la República Mexicana. 3ª. Edición. Depto. de Suelos, UACH. Chapingo, México.

Ortiz T., C. y A. Espinosa C. 1987. Acumulación de unidades calor y su relación con el porcentaje de humedad y rendimiento de semilla de una línea de maíz (*Zea mays* L.) En: Memoria del VI Congreso Nacional ANEFA, Uruapan, Michoacán. México.

Purseglove, J.W. 1985. Tropical crops: Monicotyledons. Longman Scientific and Technical. N.Y., U.S.A. 607p.

Ramírez D., J. L., J. Ron P., H. Venegas S., R. Herrera M., H. Delgado M. y H. Valdez M. 1988. Comparación de la cruce directa y reciproca en el híbrido de maíz H-311 en la Región Centro de Jalisco. En: Resúmenes del XII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI, UACH. Chapingo, México.

Ramírez C., J. A. 1991. Época de cosecha del maíz de cruza simple H-34, calidad de su semilla y capacidad de rendimiento. Tesis de Licenciatura. FESC, UNAM, Cuautitlán Izcalli. México.

Reyes, C. P. 1990. El maíz y su cultivo. AGT Editor., México.

Romo, G. J. y Arteaga, R. R. 1983. Meteorología Agrícola. Depto. de Irrigación UACH. Chapingo, México.

Rutger, J. N. 1971. Effect of plant density on yield of inbred lines and single crosses of maize (*Zea mays* L.). Crop Sci. II: 475-476.

Sánchez, E. A. 1987. Problemas de campo en la producción de semillas certificadas de maíz y sorgo. Memorias de la reunión Nacional sobre Producción de semillas en México. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, México.

SOMEFI. Escuela de Ciencias Agronómicas, CAMPUS V, Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.

Tadeo R., M. 1991. Producción de semillas en híbridos de maíz con problemas de sincronía en la floración de sus progenitores. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

Tadeo R., M., A. Espinosa C., A. M. Solano, R. Martínez M. 2001. Esterilidad masculina para producir semilla híbrida de maíz. En: Ciencia y Desarrollo. Vol. XXVII (157): 64-75.

Tadeo R., M., A. Espinosa C. 2004. Producción y tecnología de semillas. FES-Cuautitlán. UNAM. México.

Van Heemst, H.D.J. 1986. Physiological principles. In: Modelling of agricultural production: weather, soils and crops (van keulen, H. y J. Wolf. Editor). Center for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, Netherlands. Pp 13-26.

Villalpando, I.J.F.1986. Informe anual de investigación. Programa de agroclimatología. Documento Inédito. INIA-CIAB-C.E. Zapopan. Zapopan, Jalisco, México.

Warrington, I. J and E.T. Kanemasu. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, Tassel initiation and anthesis. Agronomy. Journal. 75:749-754.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**