



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

“DENSIDAD DE POBLACIÓN, DESESPIGAMIENTO Y SU EFECTO EN EL
RENDIMIENTO EN PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE MAÍZ”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA AGRÍCOLA

P R E S E N T A:

VIRIDIANA TREJO PASTOR

ASESOR: M.C. MARGARITA TADEO ROBLEDO

COASESOR: DR. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERÓN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Al creador de la vida por haberme puesto en los caminos que he andado y a las personas que he conocido para que aprendiera a disfrutar la vida con todos los sentidos y por darme las respuestas en los momentos más decisivos de mi vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, mi alma mater, la máxima casa de estudios en Latinoamérica por acogerme en sus instalaciones y por fomentar en mí el espíritu de lucha y responsabilidad social, mi corazón es azul y mi piel dorada, siempre te honrará.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y a la carrera de Ingeniería Agrícola por darme las herramientas científicas y tecnológicas para enfrentar los retos en el sector Agropecuario de nuestro país.

Este trabajo se llevó a cabo con el apoyo a proyectos de investigación e innovación tecnológica PAPIIT IN205908, de la UNAM.

Al Dr. Alejandro Espinosa Calderón por otorgarme la beca de apoyo a la investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que me ayudó durante la culminación de este trabajo. Sus enseñanzas me han hecho creer que otro México mejor es posible. "Dr., a mí también me gustan las lentes".

A la coordinación Nacional de Becas de Educación Superior (PRONABES) por otorgarme la beca para la culminación de Tesis.

A la M.C. Margarita Tadeo por darme la oportunidad de pertenecer a su equipo de trabajo y por su orientación cuando lo necesite al final de mi carrera. "Gracias por apoyarme y ser más que una profesora".

Al jurado examinador de este trabajo por sus valiosas aportaciones y su apoyo para agilizar la revisión del mismo.

A todos los profesores de Ingeniería Agrícola por compartirme sus experiencias, por darme los conocimientos tanto en el aula como en los viajes de práctica tan enriquecedores para mi formación profesional y por aconsejarme para ser una mejor ingeniera comprometida con mi país.

A la familia Trejo Pastor por su gran apoyo, amor y confianza durante mi formación profesional en especial en los viajes de práctica y en la realización de este trabajo que representa el libro que todos debemos escribir en la vida.

A la familia Trejo Moreno y la familia Pastor Cortes, por su apoyo y enriquecimiento en mi vida diaria, por sus ejemplos de vida y de lucha. Gracias los amo.

Al equipo de semillas por apoyarme en la elaboración de este trabajo tanto en campo como en laboratorio, particularmente a Beatriz Martínez Yáñez y al Ing. Enrique I. Canales Islas; así como a mis compañeros de las generaciones 31, 32, 33 y 34. A todos, gracias por su amistad.

A mis compañeros y amigos de la generación 30, por haber compartido tantas experiencias dentro y fuera del aula de clases, por compartirme lo que saben y abrirme su corazón en especial a: Francisco A. Herrera Velázquez, Víctor Trinidad M., Isaac M. Santiago Reyes, Luis A. López Rodríguez, Selene M. Sánchez M., Ing. Humberto Peraza Villareal y a la Ing. Paloma Huerta Mtz.

A mis amigos: Ing. Salvador Mondragón Vázquez, L. Fernando Lujano Marín, Alma Laura del Valle Hdez., Iván Noé Ruiz Reyes. Gracias por su amistad y sus consejos, los quiero.

Al Ing. Juan Arias Urbán por su apoyo en la culminación de este trabajo que representa el fin de un capítulo de mi vida y el principio de otro.

DEDICATORIAS

A mi padre JOSÉ GUADALUPE TREJO MORENO, por haberme apoyado en todos los aspectos y enseñarme que nos debemos conducir con honestidad por la vida a pesar de que las cosas se vean grises, por tí las veo más claras. Sé que fue difícil aceptar mis elecciones porque te preocupas por mí, hoy te digo que este logro es gracias a tí.

A mi madre N. RUTH PASTOR CORTÉS por darme esas raíces revolucionarias por las que mi corazón late con más pasión y empatía hacia la realidad del campo mexicano. Por quererme y comprenderme, quiero decirte que admiro tu valor y el coraje con que te levantas cada día para darnos lo mejor de tí con ese amor y dedicación que siempre veo en tí.

Sé que jamás existirá una forma de agradecerles una vida de lucha, limitaciones y esfuerzo constantes, sólo quiero que entiendan que el logro mío es el logro de ustedes, que mi esfuerzo es inspirado por ustedes y que son mi único ideal.

A mis hermanos: Inq. RUTH, JOSÉ ALBERTO y JORGE EDUARDO TREJO PASTOR, por su amor, ejemplo y apoyo en todo momento, recuerden que si uno se cae siempre habrá tres para levantarlo. Los amo.

ÍNDICE GENERAL:

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	I
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE	I
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
I.INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.2. Hipótesis	3
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1.Importancia del maíz en México	4
2.1.1. Rendimientos históricos	4
2.1.2. Expectativas de Producción Nacional por Ciclo 2007-2012	5
2.1.3. Problemática del cultivo	5
2.2.Estadios de la planta de maíz	6
2.3.Fisiotecnia de la fotosíntesis	7
2.3.1. Factores limitantes de la fotosíntesis	7
2.3.2. Patrón de crecimiento y la acumulación de materia seca	8
2.3.3. Influencia de las hojas	8
2.3.4. Incremento del peso en el grano	8
2.3.5. Contribución de las hojas según su posición al rendimiento del grano y a la producción de materia seca	9
2.3.6. Translocación de fotosintatos	10
2.3.7. Producción de materia seca y su relación con la fotosíntesis y la respiración	10
2.3.7.1. Velocidad de fotosíntesis	10
2.3.7.2. Velocidad de respiración	11
2.3.8. Fotosíntesis y la respiración en diferentes estratos del dosel vegetal	12
2.4. Influencia de la densidad de población	12
2.5. Estrés hídrico en la producción de semilla de maíz	14
2.5.1. Respuesta de la planta de maíz ante el estrés hídrico	15
2.5.2. Etapas fenológicas susceptibles a la sequía	16
2.6. Calidad de semilla	16
2.6.1. Componentes de la calidad de semillas	17
2.6.1.1. Calidad genética	17
2.6.1.2. Calidad fisiológica o biológica	17
2.6.1.3. Calidad física	17
2.6.1.4. Calidad sanitaria	18
2.7. Precauciones para evitar contaminantes en la semilla	18
2.7.1. Desmezcle, descontaminación o “roguing”	18
2.7.2. Aislamiento	19
2.7.2.1. Tipos de aislamiento de la parcela de producción de semilla	19
2.7.3. Fechas de siembra diferenciales y relación entre hembra y macho	20
2.7.4. Relación de siembra hembra-macho	20

2.7.5. Sincronización de la floración	21
2.7.6. Desespigamiento y Androesterilidad	22
2.7.6.1. Producción de semilla con progenitores de fertilidad normal	23
2.7.6.1.1. Desespigamiento; origen, importancia y efecto de esta práctica	23
2.7.6.2. Procedimientos para el Desespigue	24
2.7.6.2.1. Desespigue mecánico y manual	24
2.7.6.2.2. Dificultades potenciales	25
2.7.6.3. Producción de semilla con un progenitor androestéril	25
2.7.6.3.1. Androesterilidad (AE)	26
2.7.6.3.2. Tipos de androesterilidad	26
2.7.6.3.3. Mezcla	27
2.7.6.3.4. Ventajas de la androesterilidad	28
2.7.7. Avances en la utilización de Androesterilidad en México	28
2.7.7.1. Trabajos realizados en la FESC-UNAM sobre androesterilidad en maíz	28
2.7.8. Eliminación de hojas en la planta o defoliación	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1. Localización del experimento y condiciones ambientales	32
3.1.1. Variantes en el temporal de 2009	32
3.2. Establecimiento del experimento	33
3.2.1. Preparación del terreno	33
3.2.2. Siembra	33
3.2.3. Control de maleza	33
3.3. Material Genético	33
3.3.1. Características del Híbrido H-47 AE	33
3.3.2. Características del Híbrido H-49 AE	34
3.4. Tratamientos	34
3.4.1. Testigo (Test.)	34
3.4.2. Desespigue (Des.)	34
3.4.3. Desespigue más una hoja (Des.+ 1)	34
3.4.4. Desespigue más dos hojas (Des.+ 2)	35
3.4.5. Densidad de población (D.P.)	35
3.5. Metodología de los tratamientos	35
3.6. Diseño experimental	35
3.7. Variables evaluadas	37
3.7.1. Floración masculina (DFM)	37
3.7.2. Floración femenina (DFF)	37
3.7.3. Altura de planta (Alt. planta)	37
3.7.4. Altura de mazorca (Alt. Mz.)	37
3.7.5. Sanidad de planta (S. planta)	37
3.7.6. Sanidad de la mazorca (S. Mz.)	37
3.7.7. Plantas cosechadas	37
3.7.8. Peso de campo (P.C.)	37
3.7.9. Mazorcas buenas (Mz. buenas)	38
3.7.10. Mazorcas malas (Mz. malas)	38
3.7.11. Porcentaje de humedad (% Humedad)	38
3.7.12. Peso volumétrico (P. Vol.)	38
3.7.13. Peso de 200 granos (200 granos)	38

3.7.14. Longitud de mazorca (Long. Mz.)	38
3.7.15. Hileras por mazorca (Hil/Mz.)	38
3.7.16. Granos por hilera (granos/Hil.)	38
3.7.17. Diámetro de mazorca (Diam. Mz.)	38
3.7.18. Diámetro de olote (Diam. Olote)	38
3.7.19. Granos por mazorca (Granos/Mz.)	38
3.7.20. Porcentaje de materia seca (% MS)	39
3.7.21. Porcentaje de grano (% Grano)	39
3.7.22. Rendimiento (Rend.)	39
3.8. Análisis de los resultados	39
3.8.1. Análisis Multifactorial	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1. Rendimiento	40
4.2. Días a Floración masculina (DFM)	44
4.3. Días a Floración femenina (DFF)	45
4.4. Altura de planta (Alt. planta)	46
4.5. Altura de mazorca (Alt. Mz.)	47
4.6. Mazorcas buenas (Mz. buenas)	47
4.7. Mazorcas malas (Mz. malas)	48
4.8. Peso volumétrico (P. Vol.)	49
4.9. Sanidad de mazorca (S. Mz.)	50
4.10. Sanidad de planta (S. planta)	51
4.11. Peso de 200 granos (200 granos)	52
4.12. Longitud de mazorca (Long. Mz.)	54
4.13. Número de hileras por mazorca (Hil/Mz.)	54
4.14. Diámetro de mazorca (Diam. Mz.)	55
4.15. Diámetro de olote (Diam. Olote)	56
4.16. Granos por mazorca (Granos/Mz.)	56
4.17. Porcentaje de materia seca en grano (% MS)	57
4.18. Porcentaje de grano en mazorca (% Grano)	58
V. CONCLUSIONES	59
VI. BIBLIOGRAFÍA	61
6.2. Páginas web	65
VII. APÉNDICE	66

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro I. Genotipos androestériles y fértiles progenitores de H-47 y H-49, densidades de población, tratamientos de eliminación de espiga y espiga con hojas, aplicados para determinar su influencia en la productividad de semilla. Ciclo Primavera–Verano 2009. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 36

Cuadro II. Tratamientos y factores de variación aplicados para determinar su influencia en la productividad de semilla. Ciclo Primavera–Verano 2009. Rancho Almaraz, FESC-UNAM. 43

ÍNDICE DE ANEXOS DEL APÉNDICE

Anexo 1. Cuadrados medios y significancia de diferentes variables evaluadas en el estudio de *“Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”*. Primavera-Verano 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex. 66

Anexo 2. Comparación de medias para diferentes genotipos en el estudio de *“Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”*. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex. 67

Anexo 3. Comparación de medias para androesterilidad (AE) vs androfertilidad (F) en promedio de dos genotipos en el estudio de *“Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”*. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex. 67

Anexo 4. Comparación de medias de los tratamientos desespigue y eliminación de Hojas (ESP/HOJ) en dos cruza simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) en el estudio de *“Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”*. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex. 68

Anexo 5. Comparación de medias de dos densidades de población (D.P.) bajo los tratamientos de ESP/HOJ en el estudio *“Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”*. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex. 68

Anexo 6. Comparación de medias de dos cruza simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo diferentes tratamientos en el estudio de *“Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”*. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex. 69

Anexo 7. Comparación de medias de dos cruza simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo los tratamientos ESP/HOJ en el estudio de *“Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”*. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex. 69

Anexo 8. Comparación de medias de dos cruzas simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo los tratamientos D.P. en el estudio de <i>“Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”</i> . P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.	70
Anexo 9. Comparación de medias de dos cruzas simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo los tratamientos AE/F y ESP/HOJ en el estudio de <i>“Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”</i> . P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.	70
Anexo 10. Comparación de medias de dos cruzas simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo la interacción AE/F*D.P. en el estudio de <i>“Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”</i> . P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.	71
Anexo 11. Comparación de medias de dos cruzas simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo la interacción Gen*AE/F*ESP/HOJ*D.P. en el estudio de <i>“Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”</i> . P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.	71
Anexo 12. Comparación de medias de dos cruzas simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo la interacción Gen*AE/F*ESP/HOJ en el estudio de <i>“Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”</i> . P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.	72
Anexo 13. Comparación de medias de dos cruzas simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo la interacción Gen*ESP/HOJ*D.P. en el estudio de <i>“Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”</i> . P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.	73
Anexo 14. Comparación de medias de dos cruzas simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo la interacción AE/F*ESP/HOJ*D.P. en el estudio de <i>“Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”</i> . P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.	73

ÍNDICE DE FIGURAS	Página
Figura 1: Etapas fenológicas del maíz	6
Figura 2. Posicionamiento del aporte de las hojas según su importancia, del -1 a +3 se consideran las hojas más relevantes en la formación de biomasa.	9
Figura 3: Comparación de medias del rendimiento en dos cruza simples progenitoras bajo los diversos tratamientos de eliminación de hojas y espiga. Ciclo P-V, 2009. FESC-UNAM, México.	42
Figura 4: Comparación de medias del rendimiento en dos cruza simples progenitoras bajo las dos densidades probadas. Ciclo P-V, 2009. FESC-UNAM, México.	43
Figura 5: Comparación de medias de dos cruza simples progenitoras sobre el peso volumétrico en H-47 y H-49, con diversos tratamientos de desespigue/eliminación de hojas y manejo de dos densidades. Ciclo P-V, 2009. FESC-UNAM, México.	50
Figura 6: Comparación de medias del H-47 y H-49, sobre el peso de 200 granos. Ciclo P-V, 2009. FESC-UNAM, México.	53
Figura 7: Comparación de medias de cuatro tratamientos de desespigue/eliminación de hojas, sobre el peso de 200 granos. Ciclo P-V, 2009. FESC-UNAM, México.	53

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivos analizar la respuesta de los híbridos H-47 y H-49 propias de los Valles Altos de México, ante el efecto diversos factores de variación; sobre el rendimiento de semilla de ambos híbridos tanto en su versión androfértil (F) como androestéril (AE), para así hacer una recomendación más asertiva para la producción de semilla.

El experimento se estableció en el ciclo P-V 2009, en la Facultad de Estudios Superiores (FESC) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en Cuautitlán Izcalli, Estado de México, ubicada geográficamente a 2 252 msnm. Como material genético se utilizaron las cruza simples de los progenitores de H-47 (242AE X 246 y 246F X 242) y H-49 (242AE X 239 y 242F X 239), teniendo las versiones F y AE. El ensayo se estructuró bajo un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con tres repeticiones de 28 tratamientos, tomando en cuenta que se tomó un solo testigo para ambas densidades de un genotipo, teniendo en total 84 unidades experimentales de 4 m² cada una.

Los factores de variación fueron: Testigo, Desespigue, Desespigue mas la eliminación de una hoja (D+1), Desespigue mas la eliminación de dos hojas (D+2), y dos densidades de población (DP), 55 ó 70 mil plantas ha⁻¹. La eliminación de espiga se hizo manualmente desde su aparición (71-78 días después de la siembra).

Las variables medidas fueron: rendimiento; días a floración masculina y femenina; altura de planta y mazorca; mazorcas buenas y malas; peso volumétrico, longitud, diámetro de mazorca y olote, sanidad de mazorca y planta; hileras/mazorca; granos/mazorca; peso de 200 granos; diámetro de mazorca y olote; % de grano (% grano) y % de materia seca (% MS).

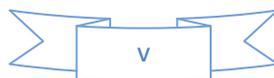
El análisis se llevó a cabo en forma multifactorial, considerando los factores de variación así como sus interacciones. Se realizó el análisis de varianza posteriormente la comparación de medias por el método de Tukey a una probabilidad de error de 0.05 de significancia para cada una de las variables registradas utilizando el programa estadístico SAS. Los genotipos probados no presentaron diferencia significativa sobre el rendimiento, esto se debe a que ambos poseen un progenitor similar y están adaptados a las condiciones agroclimáticas de la zona de estudio. Esto a pesar del estrés hídrico que se presentó cuando la planta se encontraba en prefloración.

Las versiones AE presentaron un mayor rendimiento, 6 % más con respecto a versiones F, esto tiene una explicación en términos fisiológicos y nutrimentales, debido a que la formación de polen requiere una demanda poderosa de nutrimentos y de fotosintatos, que podrían derivarse hacia la producción de semilla. La eliminación de hojas no afectó severamente al rendimiento, esto demuestra que la defoliación que se realizó no fue tan extrema a pesar de que se ha encontrado en diversos trabajos que al eliminar las hojas superiores a la mazorca, afecta la translocación de los fotosintatos, ello depende de la severidad de la defoliación.

La densidad más alta fue la que presentó un mayor rendimiento; debido a que hubo una mayor cantidad de plantas por hectárea y para ambos genotipos no representó una competencia interespecifica significativa. Al interrelacionar versiones y factores de variación, el mejor rendimiento se obtuvo con versiones AE; fisiológicamente existe un menor gasto de energía por la planta y una mayor aportación de fotosintatos a la inflorescencia femenina.

Al relacionar todos los factores tomando en cuenta las versiones, es decir, Gen*AE/F*ESP/HOJ*D.P., para H-47 y H-49 el mejor tratamiento fue AE*D+1*70 000 plantas ha⁻¹ (9 801 kg ha⁻¹ y 10 003 kg ha⁻¹, respectivamente). En H-47, el rendimiento más bajo se presentó en F*Testigo*55 000 plantas ha⁻¹ (7 902 kg ha⁻¹), para H-49 el tratamiento más bajo fue F*Desp.*55 000 plantas ha⁻¹ (7 399 kg ha⁻¹).

El mayor % de grano se obtuvo en H-47. El estrés hídrico favoreció una translocación más eficiente de los fotosintatos a un mejor llenado del grano, debido a que este genotipo presentó una mayor tolerancia. Ambos genotipos superaron la media del rendimiento nacional por hectárea, además mostraron cierta tolerancia al estrés hídrico y su adaptación a las condiciones climáticas propias de los Valles Altos de México obteniendo un promedio de 8.5 toneladas ha⁻¹ bajo condiciones de temporal, es decir, se esperan mejores rendimientos (en promedio 12 toneladas ha⁻¹) bajo un cultivo de riego.



I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) es un cultivo remoto de unos 60-80 mil años de antigüedad en México (Reyes, 1990). A nivel mundial el principal tipo de maíz producido es el amarillo. México y Sudáfrica son los únicos países en los que domina el maíz blanco. Para más de 400 millones de personas de todo el mundo, el maíz blanco cumple una función esencial en la alimentación (López, 2004). Los principales países productores de maíz son: E.U. (la faja maicera con localización principal en Iowa e Illinois); China; Brasil; México; Francia; Argentina y Perú, entre otros. En países como E.U.; Brasil y España, el maíz se utiliza como forraje además de la producción de biocombustibles; esto trae un incremento en los precios y un desabasto en países donde lo utilizan como fuente de carbohidratos en su dieta diaria. En 2005 la producción se mantuvo, teniendo que México ocupó el cuarto lugar, aportando el 3.5 % de la producción mundial; el primer productor fue E.U. con un 42 %, China ocupó el segundo lugar con el 20 % y en tercer lugar se ubicó Brasil con el 7 % (Semillas orgánicas, 2010).

En México el maíz blanco es el cultivo más importante, alrededor de 3.2 millones de agricultores, producen anualmente más de 18 millones de toneladas, que equivalen al 60 % del total de granos producidos en el país, en 8.5 millones de hectáreas, el 85 % de ellos con parcelas menores a cinco hectáreas, más del 70 % de los productores siembran variedades de maíz nativas. El consumo anual aparente es de 210 kg *per capita* (Morris y López, 2000 citado por Espinosa *et al*, 2003). Constituye el 55 % de la ingesta calórica diaria y 22 % de la proteína de los mexicanos. Se estima que ocho de cada diez productores agrícolas siembran esta gramínea.

Se calcula que el valor de la producción de la cadena maíz-tortilla representa el 1 % del PIB (Semillas orgánicas, 2010). Los principales estados productores son: Sinaloa con el 23 % del total; Jalisco con 13 %; Michoacán, Chiapas y Guerrero contribuyen con el 7 % cada uno; en conjunto, estas entidades aportaron el 57 % de la producción total de 2005. Otros estados importantes son México y Guanajuato con 6 % en cada caso; Veracruz con 5 % y Puebla con 4 %, según la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2006). El rendimiento promedio a nivel nacional equivalente a 2.6 ton ha⁻¹, sin embargo, en Sinaloa se obtuvo un rendimiento anual promedio de 7.2 ton ha⁻¹ en el periodo 1996-2006 debido a la calidad de su suelo, así como por el uso intensivo de capital, esto se traduce en utilización de maquinaria y equipo, además de asistencia técnica y semillas certificadas, esto a pesar que la superficie cosechada en este estado es menor en 2.3 veces a la de Chiapas (SAGARPA, 2006).

Las importaciones han provocado la reducción de los precios a los productores nacionales. Entre 1993 y 2003 los precios se redujeron un 50 %, en tanto que los subsidios del Programa de Apoyos directos al Campo (PROCAMPO) se redujeron cerca del 30 %. Al inicio de 2008 las importaciones de maíz blanco para consumo humano provenientes de E.U. se dispararon en enero al 384 %, al llegar a 49 mil 488 toneladas. Aunado a ello se registraron decrementos en la producción de 2005, ocasionados por fenómenos meteorológicos, factores determinantes para el desarrollo agrícola, sobre todo si se considera que el 64 % de la producción se obtiene bajo condiciones de temporal (SAGARPA, 2010). Es importante que en el país se apoye al desarrollo de tecnología adecuada a cada zona climática, además de dar asesoría a productores de temporal y destinar más recursos para la generación de nuevas variedades adaptadas a estas zonas y a estas condiciones de producción por parte de universidades e instituciones.

Se reconoce que en México el uso de semillas y variedades mejoradas de maíz ha sido importante para incrementar la producción y el rendimiento de grano de este cultivo; sin embargo, su uso es bajo, representa el 25 %, de la superficie sembrada con maíz, con una alta participación de empresas de capital privado, por lo que sería positivo que esta proporción se elevara, favoreciendo una mayor producción de semilla de variedades nacionales (Espinosa *et al*, 2008 a; Espinosa *et al*, 2008 b; Espinosa *et al*, 2008 c). Con cierta frecuencia se ofrecen nuevos híbridos por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y otras instituciones, por ello se debe conocer la tecnología de producción, bajo la cual se obtiene la mejor respuesta cuando se incrementa semilla, esta información es de relevancia para su aplicación por parte de empresas semilleras pequeñas y medianas, que constituyen una alternativa para abastecer a los pequeños productores, esquema que ha sido altamente eficiente en los Valles Altos, donde más de 20 empresas distribuyen los maíces liberados por el INIFAP (Tadeo *et al*, 2007; Espinosa *et al*, 2008 b; Espinosa *et al*, 2008 c; Espinosa *et al*, 2008 d;).

Concretamente el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), cuenta con híbridos, en los cuales se emplea la esterilidad masculina en el proceso de producción de semilla (Espinosa *et al*, 2009 a), esta característica presente también en materiales comerciales, propicia una condición particular, por lo que es interesante conocer la respuesta de las cruza simples progenitoras de los híbridos H-47 y H-49 en ambas versiones, ante su manejo en dos diferentes densidades de población y diferentes prácticas de desespigue y deshoje.

El efecto que causa el deshoje es interesante pues, la función de las hojas es relevante en la formación de materia seca, depende de la posición de estas a lo largo del tallo. Las hojas debajo de la mazorca son determinantes en el desarrollo del sistema radicular; las de arriba en el desarrollo de la mazorca y el llenado de grano (Tanaka y Yamaguchi, 1984). Hay amplia información que indica que la hoja de la mazorca, las dos inmediatas superiores y las dos inmediatas inferiores, son decisivas en la producción de grano (Reyes, 1985).

Investigaciones señalan que en densidades superiores a la óptima, la curva de acumulación de biomasa va disminuyendo al aumentar la competencia provocando un estrés; por otra parte se ha demostrado que cultivares con sincronía floral, de buen porte y eficiente producción de grano, presentarán mayor rendimiento de grano por unidad de área en altas densidades (López *et al*, 2004).

El esquema de androesterilidad evitará que se den de baja lotes de producción por fallas en el proceso de desespigue, además de disminuir la mano de obra y mejorar el abasto de semilla de calidad, insumo del cual la producción depende hasta el 60 %. Se ha comparado el rendimiento y otras características agronómicas de líneas e híbridos de maíz con AE respecto a sus versiones F, en la mayoría de los estudios, el rendimiento de versiones AE han superado las versiones isogénicas androfértiles (Martínez *et al*, 2005). Se tienen como referencia trabajos realizados en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) con apoyo del INIFAP y del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), específicamente en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC).

1.1. Objetivos:

Analizar la respuesta de las cruzas simples progenitoras de los híbridos H-47 y H-49 ante el efecto de dos densidades de población y la eliminación de espiga y hojas sobre el rendimiento de semilla, así como estimar la capacidad de rendimiento bajo los tratamientos señalados, de ambos híbridos tanto en su versión F como AE, para así hacer una recomendación más asertiva para la producción de semilla de estos materiales genéticos.

1.2. Hipótesis:

Al manejar dos densidades de población, se afectará el rendimiento de semilla de los híbridos de maíz H-47 y H-49 en ambas versiones. Y los tratamientos de eliminación de espiga y hojas, afectarán la productividad de manera diferencial.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importancia del maíz en México:

Es el cultivo más importante de México, alrededor de 3.2 millones de agricultores, producen anualmente más de 18 millones de toneladas de maíz, que equivalen al 60 % del total de granos producidos en el país, en 8.5 millones de hectáreas, el 85 % de ellos con parcelas menores a cinco hectáreas, más del 70 % de los productores siembran variedades de maíz nativas. El consumo anual aparente es de 210 kg *per capita* (Morris y López, 2000 citado por Espinosa *et al*, 2003). Representa el 55 % de ingesta calórica diaria y 22 % de la proteína de los mexicanos. Se estima que ocho de cada diez productores agrícolas siembran esta gramínea (Semillas orgánicas, 2010). La variedad más importante es la del maíz blanco, cuya participación en la producción total fue de 93 % durante 2005, lo que representa un volumen de producción promedio anual de 19.2 millones de toneladas. Los principales estados productores son: Sinaloa con el 23 %; Jalisco con 13 %; Michoacán, Chiapas y Guerrero contribuyeron con el 7 % cada uno; en conjunto, estas entidades aportaron el 57 % de la producción total de 2005. México y Guanajuato con 6 % en cada caso; Veracruz con 5 % y Puebla con 4 %. El 85.5 % del total se cultiva bajo temporal, mientras que el 14.5 % se siembra bajo riego. Los estados que participan en el total de manera preponderante son: Jalisco; México; Chiapas y Michoacán; en conjunto aportan el 49 % de la producción obtenida en el ciclo P-V. Por lo que respecta al ciclo O-I, se observa una mayor concentración puesto que cinco entidades participan en el 77 % de la superficie sembrada total. En este total, Sinaloa contribuyó con el 31 %, seguido por Veracruz con 20 %. Sinaloa participa con el 60 % de la superficie sembrada bajo condiciones de riego. En tanto que Veracruz contribuye con el 40 % de la superficie sembrada de temporal. En la producción Chiapas mantiene el primer lugar en cuanto a la superficie cosechada con 894.4 mil ha., seguido de Jalisco con 639 mil ha.; Veracruz, con 582 mil y México con 572 mil hectáreas (SAGARPA, 2006).

2.1.1. Rendimientos históricos:

Respecto al volumen de producción, la tasa media anual de crecimiento de 1996-2006 fue de 3 %, esto se explica porque los principales estados productores muestran una tendencia positiva, aunque desigual. El rendimiento promedio nacional es de 2.6 ton ha⁻¹. En Sinaloa se obtienen los rendimientos más altos teniendo un rendimiento anual promedio de 7.2 ton ha⁻¹. El rendimiento alcanzado en los estados de Jalisco y Chihuahua está por encima del rendimiento nacional: 4.3 y 3.6 ton ha⁻¹, respectivamente. Bajo condiciones de riego, en los dos ciclos de producción, se obtienen los rendimientos más altos: 7.8 y 5.7 versus 1.65 y 2.15 ton ha⁻¹, en ese orden (SAGARPA, 2006).

2.1.2. Expectativas de Producción Nacional por Ciclo 2007-2012:

Se estima que la producción mantendrá su tendencia ascendente. Se pronostica que la tasa media anual de crecimiento de la producción para el periodo 2007-2012 será del 2 %; comportamiento que se explica por la mayor obtención de volumen por hectárea como resultado de las herramientas de producción en los principales estados productores del ciclo O-I: Sinaloa, Tamaulipas y Sonora. Se considera que en la primera entidad se alcanzará un rendimiento promedio de 10 ton ha⁻¹. En el ciclo P-V, el rendimiento esperado aumentará, en menor proporción: se estima que será equivalente a 3 ton ha⁻¹. Esto depende de las condiciones meteorológicas que prevalezcan. La tasa media anual de crecimiento de la superficie cosechada será de 1.5 %, que representa la recolección de 7.8 millones de hectáreas promedio anual; 383 mil más que las cosechadas en 2006. (SAGARPA, 2006)

2.1.3. Problemática del cultivo:

Las importaciones han provocado la reducción de los precios a los productores nacionales. Entre 1993 y 2003 los precios se han reducido en 50 %, en tanto que los subsidios de PROCAMPO se redujeron cerca del 30 %. Los únicos beneficiados han sido los importadores, entre ellos el sector pecuario que absorbe 54 % de las importaciones anuales; el almidonero que importa el 31 %; el harinero el 11.2 %; y alrededor de otro 10 % importado por la industria de la masa y la tortilla y el sector cerealero. A inicio de 2008 las importaciones de maíz blanco para consumo humano provenientes de E.U. se dispararon en enero 384 %, al llegar a 49 mil 488 toneladas, en el mismo mes de 2007 fueron 10 mil 222 toneladas (SAGARPA, 2006), aunado a ello se registraron decrementos en la producción durante 2005, ocasionados por fenómenos meteorológicos, lo cual derivó en la afectación del 17 % de la superficie sembrada, es decir, alrededor de 2 millones de hectáreas. La acción de estos fenómenos en las actividades agropecuarias es determinante para su desarrollo, sobre todo si se considera que el 85.5 % de la producción se obtiene bajo condiciones de temporal.

Es importante que en el país se apoye al desarrollo de tecnología adecuada a cada zona climática, asesoría a productores de temporal y destinar más recursos para la generación de nuevas variedades por parte de universidades e instituciones como el CIMMYT, INIFAP, SAGARPA, la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), UNAM, etc. Además, es importante cubrir la demanda de semillas certificadas por el destino de la producción.

2.2. Estadios de la planta de maíz:

En México los diferentes estadios o etapas fenológicas, reciben las siguientes denominaciones: (Reyes Castañeda, 1990)

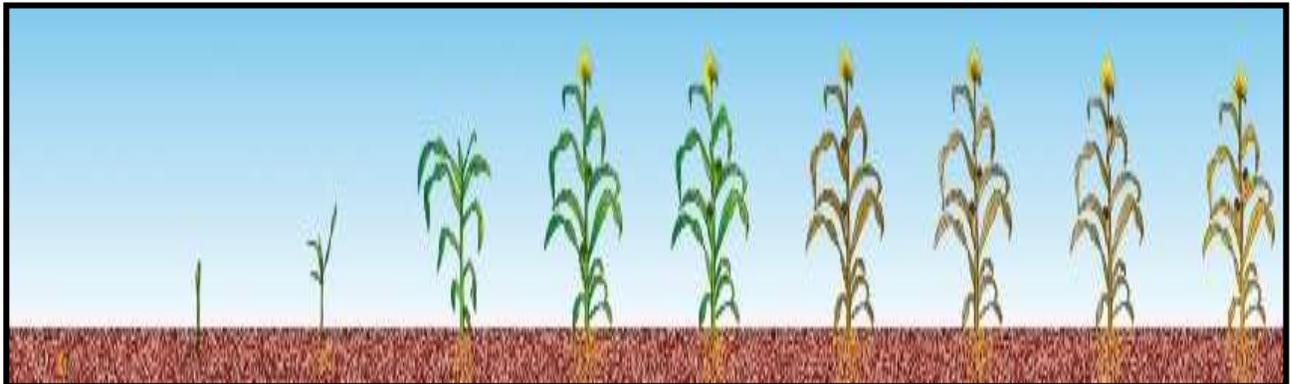
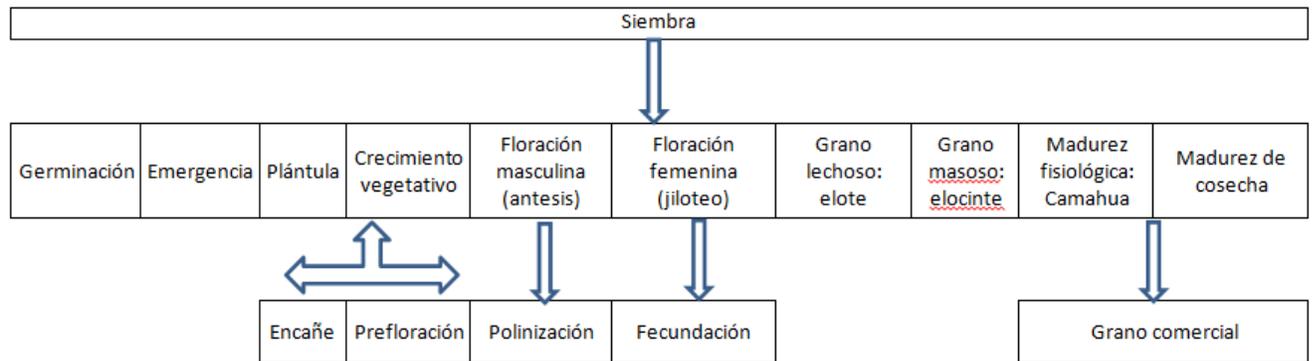


Figura 1: Etapas fenológicas del maíz (tomada de: http://www.agroscience.com.pe/img/fenologia_maiz.jpg)

- 1) Germinación
- 2) Emergencia
- 3) Plántula
- 4) Amacollamiento
- 5) Crecimiento vegetativo
- 6) Encañe
- 7) Prefloración
- 8) Floración masculina (espigamiento)
- 9) Floración femenina (jiloteo)
- 10) Polinización
- 11) Fecundación
- 12) Grano lechoso: elote
- 13) Grano masoso: elocinte
- 14) Madurez fisiológica o camahua
- 15) Madurez de cosecha (del 15-35% de humedad)
- 16) Grano comercial (12-15% de humedad)
- 17) Rastrojo (Planta seca sin mazorca)

2.3. Fisiotecnia de la fotosíntesis:

2.3.1. Factores limitantes de la fotosíntesis:

Muchos factores influyen en la fotosíntesis, entre ellos: CO_2 , H_2O , luz, nutrientes y T° , así como edad y genética del vegetal.

Luz: Debe ser adecuada puesto que su eficacia depende de las diferentes longitudes de onda del espectro visible. La respuesta a la luz de hojas fotosintéticas individuales, son típicas de especies C_4 , nativas de hábitats soleados cultivadas como es el caso del maíz. Dichas hojas no muestran plena saturación a la luz solar plena y aún más allá, y pueden tener tasas máximas de más del doble que la mayoría de las especies C_3 (a Temperaturas óptimas para cada una de ellas).

Agua: Componente imprescindible en la reacción química de la fotosíntesis. Constituye el medio necesario para que se puedan disolver los elementos químicos del suelo que la planta debe utilizar para construir sus tejidos. Cuando el potencial hídrico es muy negativo, se retarda la expansión celular, por lo que el crecimiento disminuye. *El agua es necesaria para poder metabolizar CO_2 . Cuando las plantas detectan la falta de agua en el suelo, cierran los estomas y detienen el proceso de fotosíntesis. Las plantas C_4 pueden seguir trabajando porque consiguen realizar la fotosíntesis con bajos niveles de CO_2 . Esta es la razón por la cual ciertos maíces pueden ser tolerantes o resistentes a la sequía.*

CO_2 : Constituye el "*material*" que fijado con el agua, las plantas utilizan para sintetizar hidratos de carbono. Penetra en las hojas a través de los estomas, aunque, en una proporción muy pequeña, puede proceder del bicarbonato disuelto en el agua del suelo que la plantas absorben mediante sus raíces.

Temperatura ($T^\circ\text{C}$): La $T^\circ\text{C}$ ideal para una productividad máxima se encuentra entre los 20 y 30 $^\circ\text{C}$. Por debajo del punto de congelación no puede darse la fotosíntesis. Se ha demostrado que la temperatura esta correlacionada con el llenado de grano, un incremento en ella acelera la demanda fisiológica de los granos al igual que la velocidad de fotosíntesis (Ragland *et al*, 1965 citados por Tanaka y Yamaguchi, 1972).

2.3.2. Patrón de crecimiento y la acumulación de materia seca:

Según experimentos realizados por Tanaka y Yamaguchi (1972) en una variedad de maíz dentado estudiaron la relación de las hojas en el llenado de grano y como se lleva a cabo la translocación de fotosintatos, encontrando lo siguiente: *La acumulación de carbohidratos y almidón en el llenado de grano en la fase inicial se concentra en su mayoría en el tallo, en el llenado activo de grano disminuyó la cantidad de azúcares en este sitio, los órganos vegetativos acumularon menores cantidades encontrándose que en el tallo la mayor concentración se encuentran en el entrenudo de la mazorca. La ganancia de peso y la acumulación de azúcares provenían en un 90 % de los productos fotosintéticos.*

2.3.3. Influencia de las hojas:

En el mismo experimento se analizó la translocación de los fotosintatos obteniendo lo siguiente: la translocación de compuestos nitrogenados de las hojas y tallo hacia los granos fue uniforme durante el llenado de grano. Se encontraron gradientes de compuestos de nitrógeno (**N**), fósforo (**P**) y potasio (**K**) a lo largo del tallo, la mayor cantidad de N se encontró en las hojas superiores, la mayor cantidad de P se encontró en la parte media e inferior del tallo y la mayor cantidad de K se encontró en la parte inferior del tallo. Se observó que la longitud y anchura así como el área foliar aumentaba desde las hojas inferiores hacia las superiores para decrecer gradualmente. *Las cinco hojas más grandes incluían las que se situaban bajo la primera mazorca y las tres superiores a esta, que a su vez representaban el 60 % del área foliar.* Los azúcares del tallo, raquis y brácteas son transitorios y disminuyeron durante la fase activa de llenado de grano, representó el 10 % de los carbohidratos en el grano.

2.3.4. Incremento del peso en el grano:

Una característica fisiológica particular del maíz que favorece su adaptación a zonas en donde la evapotranspiración (ETP) es alta, es la estructura anatómica de sus hojas, que durante el proceso fotosintético les permite fijar CO₂ en diferentes compuestos intermediarios que contienen cuatro átomos de carbono, con un gasto menor de energía y menor pérdida de agua. El resultado final es una mayor eficiencia fotosintética neta, al lograr la síntesis de la hexosa más rápidamente por unidad de superficie de hoja y funcionan eficazmente con intensidades lumínicas más altas, que las plantas C₃ (Aldrich y Leng, 1974).

2.3.5. Contribución de las hojas según su posición, al rendimiento del grano y a la producción de materia seca:

Para evaluar la influencia de las hojas dependiendo de la posición que ocupan en la planta se han realizado experimentos que consisten en eliminar hojas y jilotes. En un experimento realizado por Tanaka y Fujita (1971), se evaluó el efecto de eliminar hojas o mazorcas de un maíz dentado, evaluaron seis tratamientos. Al eliminar la mazorca se obtuvo un incremento del peso total del tallo y una disminución en el peso de la planta. Esto incremento el contenido de azúcares en hojas y tallo, aunque propicio la senectud temprana de las hojas. La defoliación total trajo la nueva producción de grano y la disminución del peso del tallo, al disminuir la cantidad de N y aumentar las azúcares en el tallo. La eliminación de las hojas superiores al jilote ocasiono un abatimiento del peso de grano, no así con la eliminación de las inferiores. La eliminación del área foliar, ocasionó un incremento de la velocidad de producción de materia seca por unidad de área durante el llenado de grano.

Hay amplia información que indica que la hoja de la mazorca, las dos inmediatas superiores y las dos inmediatas inferiores, es decir, las cinco situadas al centro de la planta, son decisivas en la producción de grano (Reyes, 1985). En otro estudio realizado por Palmer *et al* (1973) citados por Reyes (1985), afirman que: “Las hojas superiores y medias (o inmediatas a la mazorca) de una planta de maíz son los principales contribuyentes de carbohidratos de la mazorca y que las hojas inferiores contribuyen relativamente poco” (Figura 3).

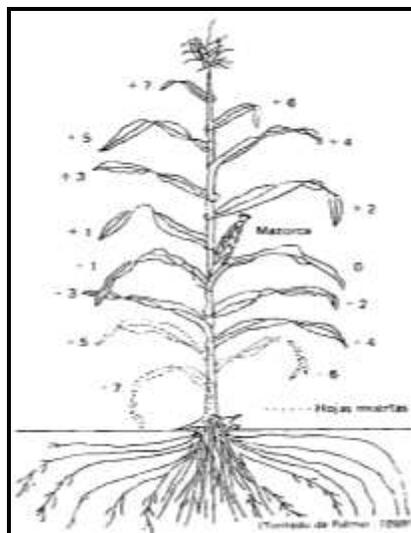


Figura 2. Posicionamiento del aporte de las hojas según su importancia, de la -1 a +3 se consideran las hojas más relevantes en la formación de biomasa. Extraída de un estudio de Palmer *et al* (1973) citado por Reyes (1985).

2.3.6. Translocación de fotosintatos:

En un experimento realizado por Hoyt y Bradfield (1962) citados por Tanaka y Yamaguchi (1972), para evaluar esta translocación se aplicó fertilización controlada (hidroponía) y se evaluó el efecto a la aplicación de CO₂ en diferentes áreas de la planta, en el crecimiento vegetativo; con la eliminación de mazorcas, se encontró que al no haber demanda la hoja conservaba gran parte del CO₂ administrado. La eliminación de hojas por encima de la mazorca ocasiono un notable abatimiento en la producción de grano, no así con la remoción de las situadas por debajo. Esto demuestra que la translocación de productos fotosintéticos de las hojas superiores, van directo al grano y los productos de las hojas inferiores van a la parte inferior del tallo y a la raíz. Se debe tomar en cuenta que en campo la pobre contribución de las hojas inferiores al llenado de grano se debe a que estas hojas generalmente están sombreadas más aún en densidades altas. Una eliminación de las hojas superiores aumenta la velocidad de producción de materia seca/unidad de área foliar de las hojas remanentes. La acumulación de azúcares en el tallo y hojas aumenta la respiración, se abate la velocidad de fotosíntesis y acelera la senectud de las hojas, lo que trae una reducida producción de materia seca (Allison y Weinmann, 1970 citados por Tanaka y Yamaguchi, 1972)

2.3.7. Producción de materia seca y su relación con la fotosíntesis y la respiración:

2.3.7.1. Velocidad de fotosíntesis:

En un experimento realizado por Takaka y Fujita (1971), se determinó la fotosíntesis aparente de cada órgano en una población de maíz dentado de clima templado (Fukko núm. 8), se calculó durante el llenado de grano. En plena luz solar la velocidad aparente de fotosíntesis era alta en la lámina foliar, baja en la vaina y tallo y negativa en la mazorca.

En maíz la fotosíntesis depende en mayor parte de la lámina y en muy poca proporción de la vaina y el tallo. Se midió la velocidad fotosintética en la unidad de área foliar de hojas ubicadas en varias posiciones a lo largo del tallo. En hojas inferiores en expansión plena, era menor que en las hojas de la parte media, pero estas disminuían con la edad y se incrementaba durante la fase inicial del llenado de grano, alcanzando la máxima velocidad al inicio del llenado activo de grano. La velocidad fotosintética de la hoja superior, era baja cuando esta había completado su expansión comenzando a incrementarse desde diez días después de la emisión de los estigmas, alcanzando su máximo valor al principio de la fase activa de llenado de grano y después disminuía. Las hojas con una velocidad de fotosíntesis más alta contenían menos azúcares que aquellas con una velocidad más baja.

Estos datos muestran que *la velocidad fotosintética de una hoja es baja cuando se están expandiendo, alcanza su máximo cuando ha completado su expansión, y disminuye con la edad*. La translocación de fotoasimilados es más activa en las hojas que acaban de completar su expansión que son aquellas en las cuales la fotosíntesis rápida parece que está asociada con una translocación rápida.

En otro experimento encontraron que existían una asociación entre la velocidad fotosintética y el contenido de nutrimentos, en hojas recién expandidas, mientras mayor era el contenido de N, P, o K, mayor era la velocidad de fotosíntesis. La respuesta de la velocidad de fotosíntesis a la intensidad luminosa también está afectada por el estado nutricional. Durante el periodo de emisión de estigmas, se quitó la primera mazorca de una planta, durante 50 días a partir de la fecha de dicha operación, se determinó la velocidad de fotosíntesis de la hoja situada arriba de la mazorca de una planta testigo y el de una planta a la cual se le había extraído. La velocidad fotosintética de la última era aparentemente más bajo que el de la planta testigo, lo que indica la importancia de la demanda fisiológica para el mantenimiento de una velocidad fotosintética alta.

2.3.7.2. Velocidad de respiración:

En el mismo experimento se evaluó la velocidad de respiración por unidad de área foliar y se encontró que disminuyó con la edad (Tanaka *et al*, 1971). Sin embargo, en las hojas de la parte media y en las superiores, se presentó un incremento durante la fase de llenado activo del grano. En general, eran pequeñas las diferencias en las velocidades de respiración de las hojas. En el experimento hidropónico se encontró una correlación entre la velocidad de respiración y la velocidad de fotosíntesis, esta relación se incrementaba a velocidades de fotosíntesis más altas.

En las plantas a las cuales se les elimino la mazorca se encontró que aumentaba la velocidad de respiración y disminuía la velocidad de fotosíntesis. Durante la emisión de los estigmas, la velocidad de respiración de la panícula y de la mazorca era más alta que la de la lámina foliar. La velocidad en cada órgano disminuía con la edad. Durante la primera parte del Estadio vegetativo, la respiración de la lámina era mayor que el de la vaina de las hojas más el tallo. Sin embargo en la floración masculina (antes), el peso seco de la vaina foliar más el tallo era mayor que el peso de las láminas y su respiración también era mayor. La respiración de la planta llego a ser del 60 % en la fase inicial de llenado de grano, manteniéndose así durante 20 días para posteriormente llegar al 40 % en la madurez.

2.3.8. Fotosíntesis y respiración en diferentes estratos del dosel vegetal:

En un experimento se evaluó el peso seco, la velocidad de fotosíntesis a plena luz solar, y la velocidad de respiración en la oscuridad, en diferentes estratos del dosel vegetal. La proporción de transmisión de la luz disminuyó de la parte superior hacia la base del dosel y el abatimiento fue significativo en la parte superior y en la parte media del estrato.

Una gran proporción del Índice de Área Foliar se encontró en la parte media de la planta, es decir, en el estrato medio, donde se formaron las mazorcas, y había muy poca área foliar en el estrato inferior de la planta. La velocidad de fotosíntesis era alta en la parte superior del estrato del dosel, con excepción de la porción de dicho estrato donde se localiza la panícula. La velocidad de respiración en el estrato situado entre 120-80 cm era la más alta debido a la rápida respiración de las mazorcas. Las cantidades estimadas indican que los valores más altos de fotosíntesis fueron en el estrato 160-200 cm, el estrato situado arriba de las mazorcas, lo que muestra que este aumento tiene respuesta debido a la demanda fisiológica. El balance entre la respiración y la fotosíntesis exhibió el valor más alto en el estrato 200-160 cm en donde fue cerca del 90 % de la fotosíntesis total, cerca de 3 % en el estrato 120-80 cm y 5 % en el estrato 80-0 cm.

2.4. Influencia de la densidad de población:

Nuñez y Kamprath (1969) citados por Ruíz (1988), estudiaron el efecto de la densidad de población sobre el rendimiento de grano en maíz. Probaron densidades desde 34 500 hasta 69 000 plantas ha^{-1} . Los más altos rendimientos se obtuvieron con 51 750 plantas ha^{-1} . El rendimiento mostró asociación con el área foliar por planta; está decreció conforme se incrementó la densidad de población.

Huerta (1969) citado por Ruíz (1988) señala que al aumentar la densidad las plantas quedan más cercanas y se obstaculiza la intercepción de luz, aumenta el porcentaje de plantas estériles, debido a que se alarga el número de días entre floración masculina y femenina.

Arizpe (1985) citado por Ruíz (1988) observó una relación lineal positiva entre rendimiento y densidad de población; los mejores resultados fueron obtenidos con 55 555 plantas ha^{-1} (7.76 y 6.50 ton ha^{-1} para rendimiento de mazorca y de grano respectivamente). Indican que al aumentar la densidad se vieron afectadas desfavorablemente el *diámetro de mazorca*, *peso de mazorca por plantas* y *peso de grano por planta*.

Duncan *et al* (1967); así como Hunter *et al* (1969) citados por Ruíz (1988) estudiaron el efecto del sombreado provocado por las espigas de maíz, sobre el peso de la mazorca. Observaron una regresión lineal significativa entre el área de sombreado de la espiga y su peso seco; observaron reducciones de 4 a 19 % en la tasa de fotosíntesis al incrementarse la densidad de 7 a 40 000 plantas ha⁻¹. Indican que el sombreado disminuye el peso de la mazorca, el cual aumenta al eliminar la espiga.

Cano *et al* (2001) en una investigación evaluaron la fertilización y densidad de población en genotipos de maíz cultivados bajo condiciones de temporal. Durante el ciclo P-V de 1998. Las parcelas grandes fueron las densidades: 50; 62; 75; 93; 100 y 125 000 plantas ha⁻¹. Con 62 500 plantas ha⁻¹ todos los genotipos presentaron su mayor rendimiento y bajos porcentajes de plantas jorras (el mayor rendimiento fue de 6.74 ton ha⁻¹).

López *et al* (2004) evaluaron los componentes de crecimiento de grano de cultivares prolíficos de maíz. Estudiaron la influencia de la densidad de población sobre la biomasa en el grano. Las densidades fueron: 25, 50 y 75 000 plantas ha⁻¹ encontrando que al incrementar la densidad de 25 a 75 000 plantas, disminuyó el peso individual del grano de 8 a 9 % en la mazorca primaria y secundaria, debido a que se redujo el periodo efectivo de llenado de grano.

Encontraron que cuando la densidad aumenta, la respuesta en rendimiento se puede describir mediante una parábola, con el típico punto máximo óptimo y con una disminución gradual conforme se aumenta la densidad, *ello es debido a que los fotoasimilados disponibles en la planta son utilizados más en el desarrollo vegetativo o en la respiración de mantenimiento, que en el crecimiento de grano. El primer efecto normalmente se da debido a la competencia interespecie, bajo una densidad superior a la óptima.*

Mendoza *et al* (2006) determinaron el efecto de la densidad de población y la fertilización nitrogenada sobre el contenido de clorofila, acumulación de materia seca y rendimiento de grano de maíces normales y QPM. Manejaron las densidades de: 60 a 80 000 plantas ha⁻¹ y dosis de fertilización de: 0, 100 y 200 kg ha⁻¹ de N. Los niveles más altos de clorofila se obtuvieron con 100 y 200 kg ha⁻¹ de N. *La densidad con un mayor porcentaje de biomasa fue la de 80 000 plantas ha⁻¹.*

2.5. Estrés hídrico en la producción de semilla de maíz:

El maíz es una planta exigente en agua donde las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo; cuando la semilla germina se requiere menos cantidad de agua manteniendo una humedad constante. La humedad como elemento del clima, es otro de los importantes insumos de la planta para altos o redituables rendimientos de grano. Además de la cantidad, es muy importante la distribución de las lluvias durante el ciclo agrícola.

La precipitación anual en las zonas maiceras en el mundo va de 250 a más de 5 000 mm, en regiones tropicales. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando se requiere una mayor cantidad de agua, siendo *la fase de floración, el periodo más crítico* por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permitan una eficaz polinización y cuajado. Para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada, influyendo así en el rendimiento de granos (Kato *et al*, 2009). Las necesidades de agua para la evapotranspiración en maíz, varían de 400-800 mm de acuerdo a diversos factores. Para nuestro país, donde la mayor parte se cultiva en temporal, la cantidad, distribución y eficiencia de la lluvia son factores fundamentales para la producción. Las investigaciones han confirmado que la deficiencia de agua durante el período de floración e inicio de llenado del grano es particularmente crítica para el rendimiento de grano en maíz. (Reyes Osorio, citado por Reyes 1990).

El agua es el principal elemento que limita el crecimiento de las plantas, es esencial, considerando aspectos como:

1. Es un importante constituyente del protoplasma: forma del 85-90 % del peso fresco de las plantas. Cuando el contenido de agua decrece la actividad fisiológica y bioquímica se abate.
2. En la fotosíntesis el agua es un reactivo, tanto como el CO₂. Es un agente esencial en los procesos hidrológicos, así como en procesos como la respiración, transpiración, etc.
3. Es el solvente en el cual las sales y los gases entran a las plantas y en el cual los solutos se mueven de célula a célula dentro de la planta. Además de transportar los nutrimentos que necesita la planta.
4. Es esencial para mantener la turgencia necesaria para el crecimiento celular y mantener la forma y posición de las estructuras de la planta (Reyes Castañeda 1990)

2.5.1. Respuesta de la planta de maíz ante el estrés hídrico:

Se han realizado muchas investigaciones sobre la respuesta de la planta de maíz ante la deficiencia de agua en el suelo, de las cuales se han desarrollado tecnologías de producción y variedades que sean tolerantes al estrés hídrico, algunas investigaciones han encontrado lo siguiente:

Reta y Faz (1990) cuantificaron el efecto de ocho diferentes niveles de humedad en el suelo en diversas fases fenológicas sobre el rendimiento de grano en maíz. Determinaron la ETP, rendimiento de grano y sus componentes. La mejor respuesta en rendimiento de grano y uso de agua evapotranspirada se obtuvo cuando el cultivo tenía condiciones adecuadas de humedad en el inicio de etapas críticas como: diferenciación de órganos reproductivos, inicio de emergencia y crecimiento de mazorca, inicio y emergencia de estigmas y grano lechoso. Esta respuesta puede ser obtenida con la aplicación de riegos de auxilio al inicio de las fases fenológicas críticas. Las deficiencias de humedad provocaron una reducción del rendimiento de 23-34 % y una disminución de número de granos/mazorca de 15-26 %. Una reducción de la ETP de 13 % durante el llenado del grano provocó una disminución del peso medio del grano en 17 %.

Reta y Contreras (2000) encontraron que la fase más susceptible a periodos cortos y a deficiencias de humedad es el periodo de emergencia de estigmas, seguida por el jiloteo y el periodo vegetativo, en las que el rendimiento de grano puede disminuir de 12-27 %, debido a la baja en el número de granos por mazorca. Deficiencias hídricas durante el periodo inmediato después de la emergencia de estigmas baja el rendimiento de granos de 16-40 %, debido principalmente a una baja en el número de granos. Deficiencias de humedad durante el periodo de llenado de grano pueden disminuir el rendimiento de 29-53 % al disminuir el peso medio del grano de 19-49 %.

Bravo y Chan (1987) y Vásquez *et al* (1983) citados por Álvarez y Ortíz (1998) encontraron que el rendimiento de grano mostró una relación directa con la humedad, dosis de N y densidades de población.

Avendaño Arrazate *et al* (2008) estudiaron la respuesta a la sequía, en términos de crecimiento vegetativo, desarrollo reproductivo y acumulación de materia seca, de cuatro variedades de maíz, durante el año 2003. Encontrando que el crecimiento se detuvo por efecto de la sequía en las cuatro variedades, pero una vez que se aplicó el riego de recuperación, las plantas sometidas igualaron y en algunos casos llegaron a superar a las de riego. Concluyen que las variedades mejoradas han desarrollado un mecanismo de resistencia llamado "latencia".

2.5.2. Etapas fenológicas susceptibles a la sequía:

Investigaciones han demostrado que la pérdida en rendimiento de grano es severa si la sequía ocurre durante la floración o el llenado de grano, se ha observado que durante la formación de gametos la planta es sensible al déficit de agua; siendo el gametofito masculino la estructura más sensible, induciendo esterilidad (Namuco y O'Toole 1986, citados por Avendaño, 2008). *Los efectos de la sequía en maíz, se manifiestan, en una reducción del número de granos, debido a la absorción del ovario o esterilidad del polen; se inhibe la fotosíntesis y disminuye el flujo de fotosintatos a los órganos en desarrollo* (Boyer y Westgate 2004, citado por Avendaño, 2008). Cuando el estrés ocurre durante el desarrollo del cigoto, se provocan abortos, induciendo asincronía entre la antesis y la floración femenina (Desai y Singh 2001, citados por Avendaño, 2008).

Zinselmeier *et al* (1995), Schussler y Westgate (1991), citados por Avendaño (2008), mencionan que el déficit de agua disminuye la distribución de materia seca, carbohidratos y reduce el N en los granos de maíz; concluyen que la pérdida de grano por sequía es debido a una reducción en el suministro de carbohidratos a la mazorca. Coincide con lo reportado por S. Aldrich y R. Leng Earl (1974) quienes encontraron que *si la planta se estresa en la etapa de prefloración le dará prioridad a la formación de la panoja y el polen, sobre los estilos y la espiga*. En México, el mejoramiento genético en maíz para resistencia a sequía se ha enfocado a los componentes de rendimiento, siendo uno de los métodos usados para este fin la selección masal visual estratificada (Molina 1980, citado por Avendaño, 2008), bajo el supuesto que mediante esta metodología en condiciones de humedad restringida del suelo se incrementa la resistencia a sequía.

2.6. Calidad de semilla

La calidad de semillas es un concepto que comprende diversos componentes; para muchos agricultores, es aquella que germina y está libre de especies indeseables. En la práctica la calidad es usada para reflejar el valor global de la semilla. Sin embargo, eso no involucra más que hablar de una “buena semilla”. La calidad se puede definir como “el grado de excelencia alcanzado por las semillas cuando son producidas y beneficiadas en forma óptima” (Tadeo y Espinosa, 2010). También puede definirse como el nivel o grado de excelencia el cual es asumido por las semillas cuando son comparadas con un estándar aceptable. Esta calidad se trata de obtener durante la producción en campo, cosecha, limpieza, tratamiento, almacenamiento, transporte, hasta que llega al agricultor.

2.6.1. Componentes de la calidad de semillas:

La calidad en semillas es un concepto integral que está formado por cuatro componentes: genético, fisiológico, físico y sanitario. El máximo nivel de calidad se obtiene en la madurez fisiológica. Este máximo incorpora los conceptos arriba señalados, aunque debe tenerse en cuenta que en procesos de beneficio puede mejorarse la calidad física al separarse de impurezas y uniformizar tamaño de semillas.

2.6.1.1. Calidad genética:

Se refiere, a la variedad obtenida por el fitomejorador; la calidad genética es óptima cuando se asegura la identidad genética o pureza varietal de acuerdo con la semilla original. La máxima calidad está relacionada con la copia fiel de la variedad obtenida por el fitomejorador. Los factores que afectan esta calidad son: Origen de la semilla, contaminaciones mecánicas, contaminaciones durante la polinización, estabilidad genética y los efectos de selección

2.6.1.2. Calidad fisiológica o biológica:

Está integrada por características relacionadas con la capacidad fisiológica y metabólica para establecer nuevas plántulas y plantas sanas; estas características son entre otras:

Viabilidad: las semillas deben ser capaces de germinar y desarrollar una plántula normal en condiciones óptimas de siembra.

Vigor: las semillas deben germinar y desarrollar una plántula normal en situaciones de siembra desfavorables.

2.6.1.3. Calidad física:

Se refiere al nivel de excelencia con relación al tamaño, forma, color, olor, brillantez, densidad, entre otras características. Considerándose el porcentaje de semilla pura, peso de semilla, semillas por kg, peso volumétrico, daño físico, mezclas físicas, etc. La humedad, es uno de los factores más importantes de determinar durante la cosecha, con la finalidad de evitar al máximo el daño mecánico; todo el equipo que se utilice durante la recolección deberá estar limpio, para evitar las mezclas de semilla con otros lotes que se hayan cosechado anteriormente. (Tadeo y Espinosa, 2002, citado por Tadeo y Espinosa, 2010)

2.6.1.4. Calidad sanitaria:

Se refiere a que la semilla se encuentre libre de microorganismos, los cuales puede limitar la capacidad productiva de grano de la variedad o del híbrido. La semilla con calidad sanitaria debe estar libre de patógenos (insectos, hongos, bacterias y virus) que puedan afectar a la propia semilla. Debe estar libre de enfermedades causadas por estos patógenos, que pueden ser transmitidas por semilla (que afectan al propio cultivo en su desarrollo, y que puede diseminar un problema fitopatológico)

2.7. Precauciones para evitar contaminantes en la semilla:

2.7.1. Desmezcle, descontaminación o “roguing”:

Consiste en la eliminación de las plantas que están fuera de tipo, es decir que no corresponden a las características fenológicas de la descripción varietal del material genético sembrado. El objetivo de esta operación es garantizar la pureza genética en los campos de producción de semilla, previene la contaminación de la semilla y elimina los contaminantes existentes. El desmezcle debe efectuarse en el estadio de crecimiento vegetativo, en la formación de las siguientes 20 a 30 hojas con formación en la semanas 4-5, además de formarse la corona de raíz, las raíces seminales y los demás nudos de la raíz principal, con lo cual, se puede diferenciar más fácilmente una planta que esta fuera de tipo. Uno o dos días después debe efectuarse otro desmezcle, llamado “roguing”, el principio es sencillo, si se tiene duda sobre la identidad de una planta, esta debe eliminarse. Varios días antes de la floración y cuando las plantas puedan distinguirse por sus caracteres morfológicos, se procederá a otro desmezcle.

El desmezcle debe realizarse antes de que ocurra la contaminación genética, es decir, antes de la antesis de las plantas fuera de tipo. Por ello, se debe realizar a los 35 días de emergencia de la planta o bien, antes de que las plantas objetivo se encuentren en la etapa de prefloración u hoja bandera. Este se lleva a cabo con un grupo de 6-10 personas, dependiendo de la superficie sembrada, debe inspeccionarse visual, uniforme y sistemáticamente las plantas, esto con ayuda de un supervisor con más experiencia y con pleno conocimiento de la descripción varietal del genotipo sembrado. (Tadeo *et al*, 2005)

2.7.2. Aislamiento:

Para mantener la calidad genética de la semilla se requiere sembrar en campos aislados para evitar la contaminación por polen de maíz compatible al que fue sembrado. En el estadio de floración se deben desespigar las plantas que no se apeguen a la descripción varietal y que no se hayan eliminado a los 35 días de siembra. De acuerdo con las normas para la Certificación de Semillas en México, para el incremento de un híbrido el aislamiento debe ser: entre los campos de producción de semilla certificada y los campos vecinos debe existir una distancia mínima de 200 m en todas direcciones. Si no es posible esta distancia, con 20 días de diferencia entre las otras parcelas para evitar la coincidencia a floración. También se pueden utilizar barreras rompevientos alrededor de la parcela cuando está definida. Tratándose de maíces dulces la distancia mínima de aislamiento debe ser de 400 m. Esta puede modificarse de acuerdo con la superficie del campo del productor por medio de surcos borderos del progenitor masculino como lo especifica el servicio Nacional de Certificación de Semillas (SNICS). Otra medida es que pueden circundarse en sentido transversal las cabeceras con semilla del progenitor macho, se deberá tener cuidado al momento de regar, en las labores del cultivo y cosecha para evitar mezclas mecánicas de hembra y macho.

2.7.2.1. Tipos de aislamiento de la parcela de producción de semilla:

1. Fecha de siembra o tiempo: depende de la región y clima; en regiones tropicales las plantas derraman polen siete días aproximadamente, sin embargo en regiones de Valles Altos y el Bajío, las plantas duran 15-17 días, por lo cual se debe aislar un lote de otro en un tiempo no menor a 30 días en la siembra. Se debe asegurar que los días a floración de las variedades o híbridos vecinos sean similares a los progenitores del híbrido que se desea incrementar.

2. Distancia: La distancia de aislamiento de los lotes de producción deberá ser de 300 a 400 m para producir semilla categoría básica o registrada y 200 m para semilla categoría certificada.

3. Surcos borderos: Se establecen surcos borderos de la misma variedad y categoría que la que se está incrementando. Esto es aplicable en lotes de producción grandes ya que se define que un surco bordero equivale a 10 m de aislamiento, por lo que para lograr el aislamiento mínimo de 200 m se requieren 20 surcos borderos. La semilla de estos surcos se descarta para su comercialización. El aislamiento en este caso es efectivo si los estigmas no están receptivos cuando el polen contaminante está presente.

4. Combinación distancia y surcos borderos: En algunas ocasiones cuando la distancia requerida de acuerdo a la normatividad no se puede cumplir, se puede recurrir a combinaciones para aislar más efectivamente el lote. Dependiendo de la distancia que se tenga para producir la semilla certificada se le debe sumar el número de surcos borderos necesarios para completar los metros requeridos para esta categoría. El número de surcos depende de la distancia de aislamiento.

5. Aislamiento con barreras protectoras: Estas barreras se utilizan para tener un mayor aislamiento y para mitigar la incidencia del polen proveniente de otras zonas que es acarreado por el viento. Estas barreras físicas pueden ser árboles, edificios, montañas, etc. (Tadeo *et al*, 2005).

2.7.3. Fechas de siembra diferenciales y relación entre hembra y macho:

Las fechas de siembra recomendadas para el cultivo de maíz para las diferentes regiones de Valles Altos de México, son similares para la producción de semilla, en las cuales además de considerar los riesgos ambientales deben considerarse los problemas de aislamiento y sincronización de la floración entre los progenitores para reducir el riesgo de cambios en la identidad genética. De esta manera las fechas de siembra que varían de región en región y que dependen también del ciclo del cultivo de cada material, van de mediados de marzo a principios de junio para los Valles Altos (2 200 a 2 800 msnm) y regiones de transición (1 800 a 2 200 msnm) (Ortíz *et al*, 2005).

2.7.4. Relación de siembra hembra-macho:

Esta relación depende principalmente de dos aspectos: la cantidad de semilla cosechada de los surcos hembra y de la altura del progenitor macho y de su capacidad para producir polen. De manera general se usan las relaciones de siembra 2:1 y de 6:1 (hembra: macho, respectivamente), siendo la más común la relación 4:1. Aunque se debe tomar en cuenta para la producción de semilla certificada los surcos borderos deben ser machos (Ortíz *et al*, 2005).

2.7.5. Sincronización de la floración:

Cuando se producen híbridos, se debe considerar el hecho de que deben sembrarse progenitores con diferente maduración. Si no se presenta sincronía en la floración es necesario realizar la siembra en fechas diferenciales, lo que significa que los surcos hembra deben sembrarse antes o después de los surcos macho, dependiendo de los días a floración femenina y los días a floración masculina. Un problema importante que los mejoradores y productores de semilla híbrida enfrentan es el uso de progenitores que difieren en su periodo de floración. Existen algunas prácticas que pueden favorecer el cruzamiento entre materiales asincrónicos y por lo tanto evitar las siembras diferenciales. Estas involucran el uso de fertilizantes y reguladores de crecimiento (Mora *et al*, 1992; citados por Ortíz *et al*, 2005). Algunas prácticas recomendadas para favorecer la sincronización son:

1. Sembrar en dos fechas los surcos macho (considerando el diferencial con los surcos hembra) para obtener un mayor periodo de derrama de polen.
2. Sembrar a una mayor profundidad las plantas macho para atrasar su floración, solo si el material tiene vigor de semilla.
3. Aplicación de fertilizantes: Dosis altas de P, aceleran el desarrollo de la planta, mientras que dosis altas lo atrasan. La aplicación de fertilizante foliar con base en P, acelera la floración y con N lo atrasa.
4. Mayor densidad de población en los surcos macho atrasan la floración.

En 1999, se realizó un trabajo en el campo experimental del CIMMyT, en el Batán, Texcoco, Estado de México. Donde se utilizaron estas técnicas en diferentes tratamientos como: tres diferentes profundidades, dos densidades de población, cuatro podas, cinco fertilizaciones con base en N, P y Testigo, dos fertilizaciones foliares con base en ácido giberélico y micronutrientes y un flameo de 10 s /planta y un testigo. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede afirmar que las técnicas que determinaron un retraso significativo fueron las podas y el flameo. En el caso de podas se obtuvo un retraso en la floración masculina en promedio de 13 días, realizando esta mediante un corte al ras cuando la planta tenía cuatro hojas liguladas.

En líneas endocriadas, se logró un atraso de 15 días, mientras que en los híbridos fue de 12 días en promedio. La floración femenina presentó la misma tendencia con un retraso de 14 días en promedio. Para las líneas fue de 16 días y en los híbridos simples 12; también hubo una reducción en el rendimiento promedio de 3.21 ton ha⁻¹. La aplicación de la poda en el estado de cuatro hojas liguladas propicio un retraso de solamente cuatro días en ambas floraciones, lográndose retardar a casi un día la amplitud de estigmas receptivos, mientras que para la madurez fisiológica hubo un retraso de cuatro días; en cambio para los días a iniciación-terminación de dispersión de polen, hubo un retraso promedio de dos días y para exposición de estigmas de 3.5 días, además de una reducción mínima en el rendimiento (530 Kg). La técnica de flameo propicio en la floración masculina un retraso de ocho días y de seis días para la femenina; destaca que las líneas fueron las más afectadas con un atraso de 11 días en promedio. Con relación a la técnica de profundidades, a medida que se siembra más profundo el rendimiento tiende a disminuir, lo cual es lógico debido quizás a la falta de vigor y a la pobre capacidad del mesocotilo para alargarse y emerger. Con el tratamiento de 10cm. de profundidad se tuvo un atraso de 3.6 y tres días de la floración masculina y femenina respectivamente y con una reducción mínima en el rendimiento (330Kg.); en cuanto a la mayor densidad de población, el periodo de llenado de semilla se redujo en 2 días y la madurez fisiológica fue muy similar al testigo (5cm. de profundidad). (Ortíz *et al*, 2005)

2.7.6. Desespigamiento y Androesterilidad:

La semilla híbrida de maíz se obtiene del cruzamiento de dos progenitores, uno que funge como polinizador (macho) y otro como receptor de polen y productor de semilla (hembra); en este último, antes de la floración debe ser eliminada la inflorescencia masculina (conocida en México como espiga y en otros países como panoja o panícula), para evitar que tire polen y contamine a las hembras.

Un problema fundamental es el control de la polinización, ya que, en el momento oportuno, debe colocarse polen funcional del macho sobre los estigmas receptivos de la hembra. Generalmente, hay que protegerse contra una posible autofecundación y contra el cruzamiento con polen no deseado, por lo que los lotes de producción de semilla deben estar aislados (Tadeo *et al*, 2005). Generalmente los campos son sembrados alternando dos surcos de macho por seis de hembra, aunque esto puede variar, dependiendo de la abundancia del polen producido por el macho y se debe cultivar el menor número de surcos macho posibles, es importante que se produzca el polen suficiente para asegurar una fertilización completa. Es relevante la disposición de las hojas, es decir, la barrera física que limita que el polen llegue a su destino (Tadeo *et al*, 2001).

2.7.6.1 Producción de semilla con progenitores de fertilidad normal:

2.7.6.1.1. Desespigamiento; origen, importancia y efecto de esta práctica:

El desespigue es una práctica que se realiza para garantizar la pureza, estabilidad y calidad genética de la semilla cuando se utilizan progenitores fértiles. Leonard y Kiesselbach (1932) citados por Ruíz (1988) propusieron una teoría para explicar el aumento del peso de grano, que se logra con esta práctica. Plantearon que cuando se elimina la espiga de la planta, los carbohidratos destinados a la producción de polen se desvían en otras direcciones, principalmente son utilizados en la producción de grano., comprobaron su hipótesis, observando un incremento de 1.5 % en el rendimiento de grano.

Dungan y Woodworth (1939) citados por Ruíz (1988) combinaron las prácticas de desespigamiento y defoliación en maíz; obtuvieron un incremento en el rendimiento de grano de 1.4 % al eliminar sólo la espiga, y reducciones de hasta el 29 %, cuando se eliminó con la espiga de una hasta cuatro hojas respectivamente.

Borgeson y Kiesselbach en 1945 citados por Ruíz (1988) observaron que el rendimiento de grano disminuyó, a medida que fue eliminada la espiga con diferente número de hojas; no obstante, añaden que hubo poca o ninguna variación cuando solamente se eliminó la espiga.

Chinwuba *et al* en 1961, citados por Ruíz (1988) compararon el rendimiento de plantas desespigadas y plantas AE, en un grupo de variedades de maíz. Al practicar desespigamiento obtuvieron incrementos en el rendimiento de hasta un 26 % y para la AE hasta del 42 %.

Ramírez (1977) citado por Ruíz (1988), señala que al eliminar la espiga, se reduce la dominancia apical; esto produce cambios favorables en el balance hormonal de la planta, que repercuten en el crecimiento y desarrollo de la inflorescencia femenina. Indica que el desespigamiento produjo incrementos de 139, 135 y 13% para: peso de jilotes eliminados y rendimiento de grano respectivamente.

En México la práctica de desespigamiento se realiza en diversas regiones maiceras, principalmente en zonas temporaleras de: Veracruz, Tlaxcala y el estado de México. Además de incrementarse el rendimiento, se obtiene forraje verde de calidad, que cubre parte del costo de dicha práctica. Diversos autores reportan incrementos considerables en el rendimiento cuando se desespiga el 50 % de las plantas.

Se han observado resultados sobresalientes, cuando se combina el desespigamiento con densidades de población altas y condiciones ambientales limitantes, especialmente baja humedad y fertilidad del suelo; también se han encontrado diferencias notables por efecto de dicha práctica en genotipos contrastantes en diferentes caracteres como: altura de planta, precocidad, etc (Ruíz, 1988).

2.7.6.2. Procedimientos para el Desespigue:

Debe realizarse antes de que la espiga libere polen, lo que ocurre entre los 82 y 95 días después de la siembra, dependiendo del genotipo, esto en áreas de 2 240 a 2 550 msnm. Cuando la mayoría de las plantas presente la hoja bandera, a partir de este momento la supervisión debe ser diaria, debe eliminarse solo la espiga, antes de que se exponga completamente. Esta actividad se realiza entre 20 a 30 días, dependiendo de las condiciones climáticas que prevalezcan (Rojas *et al*, 2009). Las normas de calidad indican que un lote de producción, debe descalificarse si en una inspección se encuentra que más del 1 % de las hembras están produciendo polen. En otro caso, si el total de tres inspecciones en fechas diferentes excede el 2 %. (Tadeo *et al*, 2005).

2.7.6.2.1. Desespigue mecánico y manual:

Para el mecánico, se requieren plantas homogéneas, con altura y floración uniformes para facilitar la labor, además de ser confiable en el número de días a floración, aunque debe complementarse con el desespigue manual para eliminar el material omitido que pueda contaminar la semilla o las de maduración tardía, y otra forma de realizar este último es utilizando una plataforma móvil, que es empujada y sobre la cual van los trabajadores que realizan la labor. Depende de las características que presente el progenitor femenino, la espiga, al momento de la emisión del polen, no se encuentre envuelta por más de una hoja, ya que el material foliar dañado representa un punto de entrada para las enfermedades (Curtis, 1983; Espinosa y Tadeo, 1998, citados por Tadeo *et al*, 2001).

El desespigue manual es laborioso y costoso, ya que se requiere de gran número de personas para ello; esto puede llevar de una a cinco semanas, e implica el empleo de 24 a 50 jornales/hectárea y depende de varios factores, por lo cual se han buscado métodos para la emasculación mecánica (Espinosa y Tadeo, 1997, citados por Tadeo *et al*, 2001, Tadeo *et al*, 2007). En un día determinado, no más del 1 % de las espigas del progenitor femenino estén soltando polen. En tres inspecciones, cualquiera que sea la liberación acumulativa del polen no debe exceder del 2 % (Airy *et al*, 1978; citado por Tadeo *et al*, 2001).

2.7.6.2.2. Dificultades potenciales:

El desespigue puede dificultarse debido a varios factores que requieren una mayor atención como:

1. Las espigas deben ser removidas antes de la liberación del polen y de la emergencia de los estigmas. Bajo condiciones favorables del clima, los campos tienen que ser desespigados los siete días de la semana.
2. Algunas líneas son desespigadas más fácilmente que otras. Pues la espiga es más fácil de jalar o se rompe muy fácilmente quedando reminiscencias de esta en la planta, en este caso es recomendable eliminarla con una hoja sin que se afecte el rendimiento significativamente, otras líneas tienen espigas que liberan polen antes de emerger o en las que aparecen los estigmas al mismo tiempo que ocurre la liberación de polen. Esto crea problemas de supervisión del desespigue y del manejo (Tadeo *et al*, 2005).
3. Las condiciones del tiempo pueden ayudar a complicar significativamente el período de desespigue. Una tormenta con fuertes vientos o lluvia puede tirar los tallos justo cuando las espigas emergen, dejando la fuente contaminante en el terreno. Las temperaturas altas pueden afectar la emergencia de los estigmas como de las espigas, así como causar fatiga temprana en la cuadrilla de desespigue y bajar su eficiencia (Wych, 1988; citado por Ortíz *et al*, 2005).

2.7.6.3. Producción de semilla con progenitores androestériles:

Para evitar el trabajo de emasculación artificial y los errores que pueden cometerse, se ha estudiado la llamada esterilidad citoplasmática masculina, que aun cuando se le ha llamado citoplasmática, en realidad se trata de una interacción hereditaria de factores del citoplasma y factores cromosómicos (Brauer, 1987; citado por Tadeo *et al*, 2001). En E.U. durante la década de los 50, el Sistema Genético de Esterilidad Masculina Citoplasmática (SGEMC) comenzó a remplazar el desespigue manual en maíz. Esto ocurrió por varias razones, incluyendo el descubrimiento de un sistema estable de citoplasma estéril (cms) con genes restauradores de la fertilidad; la perfección de las técnicas para usar estos mecanismos reguladores de la fertilidad y la escasez de mano de obra y altos costos (Poehlman, 1979; citado por Ortíz *et al*, 2005).

La más confiable forma de cms se obtuvo de la variedad Mexican June. Más tarde fue identificado como el citoplasma tipo Texas o cms-T la fertilidad era restauradora en estas líneas, por dos genes restauradores Rf1 y Rf2.

Sin embargo dejó de utilizarse en 1970, debido a que mostró susceptibilidad al tizón foliar causado por el hongo *Helminthosporium maydis* raza T, ocasionando una epifita que afectó el 90 % de las siembras en la faja maicera, recientemente se retomó con el descubrimiento de nuevas fuentes de esterilidad masculina. (Burris, 2001, citado por Ortíz *et al*, 2005). Por otro lado *en los Valles Altos las condiciones agroclimáticas podrían limitar el desarrollo del hongo responsable del tizón foliar.* (Airy *et al.*, 1978; Grogan, 1971; Tadeo *et al*, 2001; citado por Tadeo *et al*, 2003)

2.7.6.3.1. Androesterilidad (AE):

La esterilidad masculina es un fenómeno que indica que el gameto masculino no es funcional. Se utiliza en la mejora de plantas para la producción de cruzamientos controlados sin necesidad de emasculación del progenitor femenino (Kolak, 1995; citado Tadeo *et al*, 2001). La AE es un factor muy importante en la producción de semilla; por ello se han realizado estudios para implementar esta característica en los progenitores de los híbridos de interés comercial en México y otros países. Su uso es una opción viable para reducir costos de producción de semilla de híbridos de maíz. (Airy *et al.*, 1978; Grogan, 1971; Tadeo *et al.*, 1997, citado por Tadeo *et al*, 2007).

2.7.6.3.2. Tipos de androesterilidad:

A) Androesterilidad Génica:

Generalmente monogénico y recesivo: “ms” (male sterility = androesteril). Algunas veces puede ser de control dominante o por interacción entre dominantes y recesivos, ej: tomate, lima, cebada, judía.

B) Androesterilidad Citoplasmática o Citoplásmica:

Los factores citoplásmicos, se transmiten de generación en generación siempre que se disponga de polinizador. El citoplasma de la descendencia es exclusivamente materno. La descendencia de una planta androestéril será siempre androestéril, ej: maíz texano

C) Androesterilidad Génico-Citoplasmática:

La descendencia obtenida por el cruzamiento de una planta androestéril y una fértil no tiene que ser necesariamente androestéril sino que depende del genotipo de la planta que actúa como parental masculino. En esta la regulación, se debe a la interacción de un citoplasma estéril portador de ciertos factores con un par de alelos nucleares R, r.

Si el citoplasma no es portador de los factores indicados (N) el fenotipo será normal es decir: hermafrodita o monoica para cualquier combinación génico-citoplásmica. Los dos primeros tipos de androesterilidad (génica y citoplásmica) podrían considerarse casos particulares de este (Ramírez, 2006).

D) Androesterilidad con métodos asistidos por Biotecnología:

Otra opción para inducir androesterilidad es a través de químicos, estos químicos incluyen gameticidas, esterilizantes masculinos, supresores del polen, y agentes químicos hibridizantes (CHA); este último es el más usado. El procedimiento consiste en la aplicación de un asperjante foliar a los surcos hembra, antes de la floración para inhibir la formación de polen. Otra alternativa es desarrollar químicos que puedan ser aplicados como tratamientos de semilla (McRae, 1985; citado por Ortíz *et al*, 2005). Sin embargo, a pesar de la extensa investigación para la identificación de agentes químicos, su éxito en el uso comercial ha sido muy limitado. Uno de los mayores problemas en su uso ha sido la incapacidad de obtener completa esterilidad del polen, debido a la variación de la respuesta de control temporal del polen y daños a la flor femenina lo que resulta en menores rendimientos de semilla (Newhouse, 1994; citado por Ortíz *et al*, 2005).

En la producción de semilla híbrida de maíz con progenitores AE, son necesarias líneas androestériles, por lo que debe convertirse una línea fértil en estéril mediante un programa de retrocruzamiento, en el cual el progenitor donante es la línea estéril y el progenitor recurrente la que se desea transformar en estéril (Márquez, 1988; citado por Tadeo *et al*, 2001). Si una planta de maíz cms, es polinizada por otra fértil que no contiene genes restauradores, la progenie será androestéril, por lo que la utilización de la AE en la producción de semilla se hace mediante dos métodos la mezcla y los genes restauradores de la fertilidad masculina, para asegurar que en la parcela exista una fuente de polen que asegure la polinización y producción (Reyes, 1990; citado por Tadeo *et al*, 2001).

2.7.6.3.3. Mezcla:

Consiste en combinar semilla AE con el híbrido fértil y esto se logra sembrando parte de la superficie de producción con progenitor femenino fértil que requiere desespigamiento, el cual producirá semilla fértil y parte con el progenitor AE, en el cual, la semilla será androestéril, además del progenitor masculino para ambas hembras, que no contiene genes de la restauración masculina. Después se lleva a cabo la mezcla de ambos tipos, en una proporción de una parte de fértil por dos o tres de estéril (Airy *et al.*, 1978, citado por Tadeo *et al*, 2001). La semilla resultante de esta mezcla es la que se vende a los productores y la que debe asegurar el grado necesario de fertilidad masculina en las plantaciones comerciales.

2.7.6.3.4. Ventajas de la androesterilidad:

El uso de semilla AE mejorada es un factor tecnológico indispensable en la producción de semilla y de grano de maíz, ya que es un insumo del cual depende hasta del 60 % que se tenga éxito en el sistema de producción. La incorporación de AE para producir semilla sin recurrir al desespigamiento en producción de híbridos del INIFAP, otorgará elementos para apoyar el abasto de semillas certificadas con la calidad genética obtenida por los fitomejoradores. El esquema de AE evitará que se den de baja lotes de producción por fallas en el proceso de desespigue, además de apoyar empresas en baja escala productiva y promover un mejor abasto de semillas. En México y otros países los rendimientos de las líneas AE pueden ser más altos que los de las líneas androfértiles desespigados, ya que el desespigue causa daño a las plantas reduciendo la producción. Además, la energía que se consume en la formación de polen puede derivarse hacia la producción de semilla. Se trata de conservar la calidad genética adecuada y requerida bajo las normas establecidas.

2.7.7. Avances en la utilización de Androesterilidad en México:

En México existen muy pocos trabajos publicados en revistas arbitradas, para el aprovechamiento de la AE en la producción de semilla de maíz. De los primeros experimentos que se tiene referencia destaca el que realizó Pérez en 1964, cuando se clasificaron en restauradoras y no restauradoras de la fertilidad masculina diferentes razas mexicanas de maíz y se determinó su probable mecanismo de restauración en la fuente T de esterilidad citoplasmática masculina. (Partas, 1997; Tadeo *et al*, 2001).

2.7.7.1. Trabajos realizados en la FES-Cuautitlán sobre androesterilidad:

Se han hecho estudios en los que se compara el rendimiento de semilla y otras características agronómicas de líneas e híbridos de maíz con AE-citoplásmica respecto a sus versiones fértiles (Kälman *et al*, 1985; citados por Martínez *et al*, 2005). En la mayoría de los estudios, el rendimiento de semilla de las versiones AE de una cruce simple ha superado al de las versiones fértiles. Se tienen como referencia algunos trabajos realizados en la UNAM con apoyo del INIFAP y el CIMMYT, específicamente en la FESC, han sido pocos, pero con resultados muy importantes, estos con fines de comprobar que materiales androestériles son de suma importancia en la producción de semilla de buena calidad y que pueden obtener rendimientos altos.

En 1992 se iniciaron los trabajos para incorporar androesterilidad a líneas endogámicas que se manejan en la UNAM, así como para definir las líneas con capacidad restauradora, con fuentes diversificadas del carácter; por medio del programa de *mejoramiento genético de maíz*. Después de contar con las líneas en su versión AE, con tres y cuatro retrocruzas hacia la línea receptora de la esterilidad, se manejaron experimentos en el ciclo P-V de 1995. Cuando los híbridos llegaron a la floración se efectuaron revisiones, para verificar si producían anteras y a su vez éstas liberaban polen, con lo cual se identificó su capacidad restauradora; estos se cruzaron con híbridos y estas combinaciones fueron evaluadas en 1996; se evaluó su rendimiento, comparándolos con nueve híbridos fértiles experimentales y dos híbridos comerciales como testigos (Solano, 1998; Tadeo *et al*, 2003).

Con ello se ha logrado disponer de líneas progenitoras de los híbridos PUMA en su versión AE y se cuenta con los restauradores correspondientes de estos híbridos. Por otra parte se han identificado híbridos AE, que exhiben rendimientos sobresalientes. Los híbridos que resultaron AE y que presentaron buenas características agronómicas podrían ser utilizados para formar híbridos trilineales para generar altos rendimientos, alcanzando de 8 a 12 ton ha⁻¹. El uso de líneas AE, así como de otras con capacidad restauradora, es una buena alternativa para la producción de semilla híbrida de maíz; así, se incrementan los rendimientos, disminuyen los costos y, lo más importante, se mantiene la calidad genética de los híbridos, teniéndose disponible el esquema para aprovecharlo en los PUMA al igual que en otros maíces del INIFAP, así como algunas líneas del CIMMYT. (Espinosa y Tadeo, 1998, Tadeo *et al*, 2003).

Otro experimento fue elaborado por Emma Hernández (2000), su objetivo fue: determinar la capacidad productiva y la calidad de la semilla de cruza simple AE y compararla con su versión fértil, en términos de rendimiento y calidad de semilla se procedió a evaluar 6 cruza simple AE con dos a cuatro retrocruzas hacia la línea receptora de la esterilidad con sus cruza simple fértiles. No se presentó diferencia estadística por efecto de la androesterilidad en los genotipos evaluados. La producción media de materiales AE fue de 5 490 kg ha⁻¹ con mayor % de semilla comercial y de 5 300 kg ha⁻¹ en materiales fértiles.

Martínez *et al* (2005), realizaron una investigación en el Campo Agrícola Experimental Tecamac, Estado de México, del Colegio de Posgraduados. El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta de dos dosis de fertilización y dos densidades de población sobre el rendimiento y la calidad de semilla híbrida producida por cuatro líneas AE y F, isogénicas de maíz. Se evaluaron los componentes de rendimiento, calidad de semilla y de mazorca. El rendimiento y calidad física de la semilla híbrida formada con líneas AE fue superior a la obtenida por desespigamiento.

Una investigación realizada por Espinosa *et al* (2001, 2002, 2003, publicada en 2009), quienes realizaron varias mezclas de semillas AE y fértiles para evaluar cuál era la mejor combinación con base en el mejor rendimiento. El objetivo de este trabajo fue determinar la capacidad productiva de los híbridos comerciales H-48 y Puma 1076 en diferentes mezclas de semilla, estas combinaciones fueron evaluadas durante los años 2001, 2002 y 2003, en el CEVAMEX. Los factores de variación fueron años, genotipos, combinaciones, así como las interacciones. En promedio de los tres años de evaluación el híbrido de maíz Puma 1076 expresó una producción media de 8 638 kg ha⁻¹, que superó al híbrido de INIFAP denominado H-48, el cual rindió 7 911 kg ha⁻¹, esta diferencia se debe a la conformación genética de los materiales. El tratamiento 90 % semilla AE más 10 % semilla fértil tuvo el rendimiento más elevado (8 738 kg ha⁻¹), superó significativamente al testigo 100 % fértil (7 488 kg ha⁻¹).

En México, el INIFAP dispone con el completo de AE, para producir los híbridos comerciales H-48 AE, H-50 AE y H-153 AE, y más recientemente el H-47 y H-49 (Espinosa *et al*, 2009; Espinosa *et al*, 2010) y están en proceso programas geotécnicos para incorporar la AE a más híbridos y líneas, además de maíces con alta calidad proteínica (QPM). (Tadeo *et al*, 2001; citado por Martínez *et al*, 2005). Las causas del aumento del rendimiento de semilla de las versiones AE sobre las versiones AF, no han sido totalmente dilucidadas. Algunas investigaciones indican que se desconoce hasta qué punto la esterilidad del polen *per se* contribuye a las diferencias en el rendimiento de grano de estos materiales (Urs, *et al*, 2002; citados por Martínez *et al*, 2005). Otros investigadores indican el efecto de la androesterilidad puede ser explicado en términos fisiológicos y nutrimentales, debido a que la formación del polen fértil requiere una demanda poderosa de nutrimentos, tales como nitrógeno, de modo que su abastecimiento a los órganos femeninos se reduce y ocasiona la disminución del rendimiento potencial de semilla. (Uhart y Andrade, 1995; citados por Martínez *et al*, 2005).

2.7.8. Eliminación de hojas en la planta o defoliación:

La función de las hojas es relevante en la formación de la materia seca (Tanaka y Yamaguchi, 1984), su importancia depende de la posición de estas a lo largo del tallo. Las hojas debajo de la mazorca son determinantes en el desarrollo del sistema radicular; las de arriba en el desarrollo de la mazorca y el llenado de grano. La práctica del “despunte” o corte de la parte superior arriba del jilote para usarla como forraje no es recomendable porque si se hace en plena floración o antesis, los rendimientos de grano se abaten. Similarmente, cuando se defolia la planta en plena floración.

Se han realizado estudios para evaluar los efectos de la defoliación por ejemplo:

Reyes y Johnson en 1959 (citado por Reyes, 1985), trabajando con la variedad Tuxpeño del trópico húmedo de México, estudiaron el efecto de eliminar a varios niveles las hojas próximas a la espiga, con el objetivo de recomendar una práctica adecuada de desespigamiento sin que afectara el rendimiento. Los estudios se realizaron en dos localidades y se mostró que en una de ellas (bajo condiciones de temporal) la pérdida de dos o más hojas redujo significativamente el rendimiento, mientras que en la otra localidad (bajo condiciones de riego) las pérdidas en rendimiento se presentaron cuando cuatro o más hojas fueron eliminadas.

En otro estudio, en Apodaca N.L., Fernando de León, investigó el efecto del deshoje, estimó el área foliar de 100 plantas. Los resultados que obtuvo fueron:

El deshoje al tiempo de la floración tiene un efecto aparentemente lineal en la producción de grano. La variación en el rendimiento se debe a la cantidad de área foliar eliminada y no a la posición que guardan las hojas a lo largo del tallo. El área foliar debajo de la mazorca, que corresponde a las hojas de la parte media de la planta, contribuye de igual manera que el área foliar por encima de la mazorca. El maíz estudiado tolera una intensidad de defoliación del 17.5% de área foliar por planta (arriba de la mazorca), sin que se disminuyera el rendimiento en relación al testigo. No se manifiesta un efecto del deshoje sobre %MS al cosechar, ni en %Grano, significa que el deshoje no altera el tiempo de la madurez del grano. El área foliar de una planta de maíz se distribuye de la siguiente manera: a) el área foliar arriba de la mazorca: 48.4%; b) el área foliar de la hoja de la mazorca: 13.4% y c) área foliar abajo de la mazorca: 38%. Los resultados de estudios consideran que no solo las hojas superiores de la planta sino también las de la parte media del tallo, son las que más contribuyen al llenado de grano del maíz. Existe un consenso que explica que el aporte diferencial de las hojas al llenado del grano, se debe a la diferencia con que las hojas interceptan la energía luminosa.

Otro estudio realizado por Meza (1998), quien evaluó el efecto de la pérdida de hojas superiores en el desespigamiento sobre la productividad y calidad de semilla de maíz. Se evaluaron en campo las siguientes características: altura de planta, altura de mazorca, número de hojas arriba de la mazorca, número de hojas abajo de la mazorca, peso de mazorca, longitud de mazorca, número de hileras, calificación de mazorca, porcentaje de semilla y rendimiento. *En general durante la práctica del desespigamiento con fines de producción comercial de semilla, resulta factible eliminar junto con la espiga desde una hasta cuatro hojas sin afectar drásticamente el rendimiento, la calidad física y fisiológica.*

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del experimento y condiciones ambientales:

El experimento se estableció en la parcela siete de la FESC-UNAM, en el municipio de Cuautitlán Izcalli, estado de México, ubicado geográficamente a 19° 41' 35" latitud N y 99° 11' 42" de longitud O, a una altitud de 2 252 msnm. Presenta un clima C (w₀) (w) b (i'): templado, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias en verano, e invierno seco con verano largo y fresco, con temperatura (T °C) extrema respecto a su oscilación (García, 1973). La temperatura media anual es de 15.7 °C, el mes más frío es enero con 11.8 °C en promedio, 2.3 °C de temperatura mínima y 26.5 °C de máxima.

La precipitación promedio es de 605 mm, siendo de mayo a octubre los meses en que se concentra; julio es el mes más lluvioso con 128.9 mm en promedio y febrero el mes más seco con 3.8 mm. Es necesario contar con riego, ya que la probabilidad de lluvia es del 50 %. El promedio anual de días con heladas es de 64; las heladas tempranas pueden presentarse en septiembre, y las tardías en mayo. Las granizadas se presentan en verano y son escasas. Los suelos que tenemos en la Facultad son vertisoles pélicos, de textura fina, arcillosos, son suelos pesados y duros cuando se secan; su pH varía de 6 a 7. De acuerdo a la clasificación de las regiones agrícolas compilada por Reyes C. (1990), esta zona pertenece a la región de la Mesa Central. Otros investigadores como Efraín Hernández Xolocotzi clasifican el país en regiones agrícolas, la zona de estudio pertenece a los Valles Altos de México.

3.1.1. Variantes en el temporal o periodo húmedo de 2009:

En 2009 particularmente en la zona de estudio, se tuvo un retraso en el temporal, teniendo un déficit hídrico con T °C más elevadas. Además de una canícula en el mes de Agosto (Estación Almaraz, 2009) esto se presentó entre la etapa vegetativa y la diferenciación de los órganos reproductivos o prefloración, donde según investigaciones si la planta se estresa en esta etapa le dará prioridad a la formación de la panoja y el polen, sobre los estilos y la espiga (Aldrich S. y Leng, 1974). Lo anterior provocó un estrés hídrico en las plantas, la respuesta de estas fue la floración temprana en algunas de las parcelas y genotipos más susceptibles del experimento.

3.2. Establecimiento del experimento:

El experimento se estableció en el ciclo Primavera-Verano de 2009; la siembra fue el 6 de junio de 2009.

3.2.1. Preparación del terreno:

Consistió en un paso de arado, dos rastreos, nivelación y surcado. Se realizó de forma mecánica con un surcado a 0.8 m. Como fertilizante se empleó la fórmula 80-40-00, en una aplicación simultánea al surcado. La fuente de N fue Urea (46 % de N) y para P, Fosfato Diamónico (46 % de P).

3.2.2. Siembra:

Se realizó a tapa pie depositando 3 semillas por golpe cada 0.5m posteriormente se realizó un aclareo a 22 (55 000 plantas ha⁻¹) y 28 plantas (70 000 plantas ha⁻¹), dependiendo del tratamiento asignado a la UE.

3.2.3. Control de maleza:

Se aplicó una mezcla de 3L de Sansón (Nicosulfuron Técnico (4.2 %)) más 3kg ha⁻¹ de Gesaprim (Atrazina).

3.3. Material Genético:

Como material genético se utilizaron las cruas simples de los progenitores de H-47 y H-49, teniendo las versiones fértiles y androestériles, en total se utilizaron cuatro genotipos, como se muestra en el Cuadro 1.

3.3.1. Híbrido H-47 AE:

Es un híbrido trilineal con una altura de planta de 2.4 a 2.7 m y una altura de mazorca de entre 1.3 y 1.8 m con un largo de mazorca de 0.2 m. aproximadamente y con 16 hileras por mazorca. Es tolerante al rayado fino y al achaparramiento. Los días a floración son en promedio 86, después de la siembra. Este híbrido alcanza la madurez fisiológica de los 150 a los 156 días aproximadamente. Es de tipo dentado característico de los Valles Altos de México. El rendimiento comercial promedio va de 8.2 a 9.3 ton ha⁻¹, dependiendo de las características de la zona, el manejo de la parcela y si es de riego o de temporal. Con las condiciones óptimas su rendimiento potencial es de 12.3 ton ha⁻¹. La densidad de población recomendada es de 55 a 65 mil plantas ha⁻¹.

Está adaptado a las condiciones edafoclimáticas propias de los Valles Altos (1 800-2 600 msnm). A tenido buena respuesta en estas zonas como: Cuautitlán, Zumpango, Xochimilco, Temascalcingo, Toluca, Atlacomulco, en el estado de México; Valle de Puebla; Tulancingo y Pachuca, en Hidalgo y Tlaxcala, en condiciones de riego, punta de riego o humedad residual. El grano posee características físicas para aprovecharse en la industria de la masa y la tortilla. Este híbrido es isogénico a su versión fértil, por lo tanto su única diferencia es el carácter que le otorga la androesterilidad. (Espinosa *et al*, 2010).

3.3.2. Características del híbrido H-49 AE:

Es un híbrido trilineal con una altura de planta de 2.5 a 2.7 m y una altura de mazorca de entre 1.2 y 1.3 m con un largo de mazorca de 0.15 m aproximadamente y con 16 hileras por mazorca. Es tolerante al rayado fino y al achaparramiento. Los días a floración son en promedio de 78 días después de la siembra. Alcanza la madurez fisiológica a de los 148 a los 155 días aproximadamente. Es un maíz de tipo dentado.

El rendimiento comercial promedio es de 8.5 a 9.5 ton ha⁻¹, dependiendo de las características de la zona, el manejo de la parcela y del régimen de siembra. Con las condiciones óptimas su rendimiento potencial es de 12.5 ton ha⁻¹. La densidad de población recomendada es de 55 a 65 mil plantas ha⁻¹. Está adaptado a las condiciones propias de los Valles Altos. A tenido buena respuesta en zonas como: Cuautitlán, Zumpango, Xochimilco, Temascalcingo, Toluca, Atlacomulco, en el estado de México; Valle de Puebla; Tulancingo y Pachuca, en Hidalgo y Tlaxcala, en condiciones de riego, punta de riego o humedad residual. El grano posee características físicas para aprovecharse en la industria de la masa y la tortilla. Es isogénico a su versión fértil, por lo tanto su única diferencia es el carácter que le otorga la androesterilidad. (Espinosa *et al*, 2009).

3.4. Tratamientos:

- 3.4.1. Testigo (Test.): Como testigos se utilizaron los cuatro genotipos, tomando un testigo para las dos densidades de población utilizadas.
- 3.4.2. Desespigue (Des.): Este consistió en la eliminación de la espiga (panoja), desde el momento de su aparición.
- 3.4.3. Desespigue más una hoja (Des.+ 1): Consistió en la eliminación de la espiga más una hoja de la parte inferior de la misma.

3.4.4. Desespigue más dos hojas (Des.+ 2): Similar al anterior, se procedió a eliminar la espiga más dos hojas de la parte inferior de la misma.

3.4.5. Densidad de población (D.P.): Se tomaron dos densidades de población de 55 ó 70 000 plantas ha⁻¹ y se asignaron al azar en cada parcela experimental, realizando un aclareo en etapa vegetativa hasta tener 22 y 28 plantas por parcela, dependiendo del tratamiento.

3.5. Metodología de los tratamientos:

Los tratamientos en donde se aplicó desespigue, este se realizó al momento de la aparición de la espiga cuidando de no dañar la planta así como las hojas adyacentes. La eliminación de espiga se hizo manualmente desde su aparición (71-77 días después de la siembra). En los tratamientos donde se eliminó la espiga más una o dos hojas, respectivamente, se realizó mediante un jalón firme de la espiga más las hojas asignadas dependiendo del tratamiento.

Cosecha:

Se realizó en forma manual el 26 de Noviembre de 2009. Colectando todas las mazorcas incluidas las dañadas.

3.6. Diseño experimental:

El ensayo se estructuró bajo un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con tres repeticiones de 32 tratamientos, en total 96 unidades experimentales cada una de 5m. de largo por 0.8m. de ancho, es decir 4m² UE⁻¹. Quedando de la manera como se presenta en el Cuadro I.

Nota: Se tomó el testigo de un genotipo para ambas densidades.

Cuadro I. Genotipos androestériles y fértiles progenitores de H-47 y H-49, densidades de población, tratamientos de eliminación de espiga y espiga con hojas, aplicados para determinar su influencia en la productividad de semilla. Ciclo Primavera–Verano 2009. Rancho Almaraz, FESC-UNAM.

No. Trat.	GENOTIPO	AE/F	D. P. (Miles)	ESPIGA/ HOJAS	I	II	III
1	(1): 242AEX246	(1):AE	55	Test	(22) 1	(22)36	(22) 71
2	(1): 242AEX246	(1):AE	55	Des	(22) 2	(22)38	(22) 75
3	(1): 242AEX246	(1):AE	55	D+1	(22) 3	(22)37	(22) 72
4	(1): 242AEX246	(1):AE	55	D+2	(22) 4	(22) 40	(22) 74
5	(1): 242AEX246	(1):AE	70	Des	(28) 5	(28) 39	(28) 73
6	(1): 242AEX246	(1):AE	70	D+1	(28) 6	(28) 42	(28) 77
7	(1): 242AEX246	(1):AE	70	D+2	(28) 7	(28)41	(28) 76
8	(1): 246FX242	(2):F	55	Test	(22) 8	(22) 29	(22) 84
9	(1): 246FX242	(2):F	55	Des	(22) 9	(22) 31	(22) 83
10	(1): 246FX242	(2):F	55	D+1	(22)10	(22) 34	(22) 81
11	(1): 246FX242	(2):F	55	D+2	(22)11	(22) 30	(22) 82
12	(1): 246FX242	(2):F	70	Des	(28) 12	(28) 35	(28) 78
13	(1): 246FX242	(2):F	70	D+1	(28) 13	(28) 32	(28) 79
14	(1): 246FX242	(2):F	70	D+2	(28) 14	(28) 33	(28) 80
15	(2):242AEX239	(1):AE	55	Test	(22) 15	(22) 43	(22) 57
16	(2):242AEX239	(1):AE	55	Des	(22) 16	(22) 47	(22) 59
17	(2):242AEX239	(1):AE	55	D+1	(22) 17	(22) 48	(22) 63
18	(2):242AEX239	(1):AE	55	D+2	(22) 18	(22) 49	(22) 60
19	(2):242AEX239	(1):AE	70	Des	(28) 19	(28) 44	(28) 61
20	(2):242AEX239	(1):AE	70	D+1	(28) 20	(28) 46	(28) 62
21	(2):242AEX239	(1):AE	70	D+2	(28) 21	(28) 45	(28) 58
22	(2):242FX239	(2):F	55	Test	(22) 22	(22) 50	(22) 65
23	(2):242FX239	(2):F	55	Des	(22) 23	(22) 54	(22) 66
24	(2):242FX239	(2):F	55	D+1	(22) 24	(22) 55	(22) 64
25	(2):242FX239	(2):F	55	D+2	(22) 25	(22) 56	(22) 67
26	(2):242FX239	(2):F	70	Des	(28) 26	(28) 51	(28) 70
27	(2):242FX239	(2):F	70	D+1	(28) 27	(28) 53	(28) 68
28	(2):242FX239	(2):F	70	D+2	(28) 28	(28) 52	(28) 69

(1): Progenitores de H-47, versión AE/F

(2): Progenitores de H-49, versión AE/F

(22): ACLAREADO A 22 PLANTAS= D.P.= 55,000 plantas ha⁻¹.

(28): ACLAREADO A 28 PLANTAS= D.P.= 70,000 plantas ha⁻¹.

3.7. Variables evaluadas:

La medición de las variables se realizó en el transcurso del ciclo del cultivo y otras hasta la cosecha y en laboratorio.

3.7.1. Floración masculina (DFM): Se tomó en cuenta desde el momento en que se realizó la siembra hasta que apareció el 50 % de las espigas en cada parcela.

3.7.2. Floración femenina (DFF): Se tomó en cuenta desde el momento en que se realizó la siembra hasta que apareció el 50 % de los estigmas.

3.7.3. Altura de planta (Alt. planta): Con un estadal, se tomó la medida desde la base de la planta hasta el punto donde la espiga comienza a ramificar. Tomando cinco plantas seleccionadas al azar, se registró la altura en cm y se sacó un promedio de los mismos como dato final.

3.7.4. Altura de mazorca (Alt. Mz.): En las mismas cinco plantas cuya altura se midió, se tomó la longitud desde la base de la planta hasta el nudo donde se encontraba la mazorca primaria, se determinó en cm.

3.7.5. Sanidad de planta (S. planta): En cada parcela, se evaluaron características tales como: altura de planta y de mazorca, uniformidad de las plantas, el daño causado por enfermedades e insectos y el acame según una escala de 1 a 10, donde 10 es excelente.

3.7.6. Sanidad de mazorca (S. Mz): Después de la cosecha, se extendió la pila de mazorcas frente a cada parcela y se calificaron características como: daños por enfermedades e insectos, tamaño de mazorca, llenado de grano y uniformidad. La sanidad se dio con base en una escala de valores del 1 al 10, en donde 10 representa las mejores características para la mazorca.

3.7.7. Plantas cosechadas. Se registró el número de plantas cosechadas en cada parcela, sin importar que la planta tenga una mazorca, dos mazorcas o ninguna (plantas jorras).

3.7.8. Peso de campo (P.C.): Después de cosechar todas las plantas, se registró en kg, el peso de las mazorcas con olotes. La cosecha de maíz se realizó hasta que el contenido de humedad fue del 15 al 25 %, pues los medidores de humedad funcionan con mayor precisión.

3.7.9. Mazorcas buenas (Mz. buenas): Del total de plantas cosechadas por parcela, se pesaron las mazorcas y se cuantificaron las que tenían el menor daño físico y/o sanitario (menos del 50 % de daño en su estructura).

3.7.10. Mazorcas malas (Mz. malas): Similar al conteo anterior, se cuantifico el número de mazorcas que tuvo un daño mayor al 50 % en su estructura física y/o sanitaria y se registró el total.

3.7.11. Porcentaje de humedad (% Humedad): De la muestra tomada de cada parcela, se desgranó cada mazorca, se hizo una mezcla del grano obtenido y se determinó el % de humedad, en laboratorio.

3.7.12. Peso volumétrico (P. Vol.): Con la muestra de las cinco mazorcas desgranadas, se pesó el grano en una balanza hectolítrica para obtener la relación de la muestra a un litro, se expresa en kg hl^{-1} .

3.7.13. Peso de 200 granos (200 granos): Se homogenizó la muestra y se tomaron 200 granos, se pesó y se registró el dato en gramos.

3.7.14. Longitud de mazorca (Long. Mz.): Se midió la longitud de las mazorcas seleccionadas desde la base hasta la punta de cada una de ellas, se registró el número en cm para obtener un promedio de las mismas.

3.7.15. Hileras por mazorca (Hil/Mz.): Se contó el número de hileras de cada mazorca y se obtuvo el promedio de las cinco mazorcas.

3.7.16. Granos por hilera (granos/Hil.): Se tomó una hilera al azar de cada mazorca y se contó el número de granos, se obtuvo el promedio con los datos de las cinco mazorcas y se registró el número.

3.7.17. Diámetro de mazorca (Diam. Mz.): Con un vernier como herramienta, se tomó de la una muestra de las cinco mazorcas, se mide la parte media de cada una, se sacó el promedio y se registró en centímetros.

3.7.18. Diámetro de olote (Diam. Olote): Con el vernier, una vez desgranadas las mazorcas seleccionadas, se midió la parte media de cada olote y se registra en centímetros.

3.7.19. Granos por mazorca (Granos/Mz.): Se obtuvo multiplicando el promedio de hileras por el promedio de granos por hilera de cada mazorca.

3.7.20. Porcentaje de materia seca (% MS): De la muestra tomada por parcela, se toman 250 g, se obtiene el % de humedad por medio de un determinador eléctrico tipo Steinlite, posteriormente al 100 % se le resta el valor obtenido y el resultado es el % MS.

3.7.21. Porcentaje de grano (% Grano): Resulta de la relación entre el peso del grano y el peso total de la muestra, es decir: (Peso de la muestra de cinco mazorcas desgranadas sin olote / peso de la muestra de cinco mazorcas con olote) X 100.

3.7.22. Rendimiento (Rend.): El resultado obtenido se expresa en kg ha^{-1} , se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = (\text{P.C} \times \% \text{M.S} \times \% \text{G} \times \text{F.C}) / 8600 \quad \text{dónde:}$$

P. C.= Peso de campo del total de las mazorcas cosechadas de cada parcela expresada en kilogramos.

% M.S.= Porcentaje de materia seca.

% G= Porcentaje de grano.

F.C.= Factor de conversión para obtener rend. ha^{-1} , que se obtiene al dividir $10\,000 \text{ m}^2$ / tamaño de la parcela útil en m^2 .

8 600 = Constante para estimar el rendimiento con una humedad comercial del 14 %.

3.8. Análisis de los resultados

3.8.1. Análisis Multifactorial

El análisis se llevó a cabo en forma factorial, considerando repeticiones (Rep.); genotipos utilizados (Gen.), así como versión androestéril o fértil (AE/F); tratamientos de densidad (D.P.); eliminación de espiga y hojas (Esp/Hoj); así como las interacciones Gen*AE/F; Gen*D.P.; Gen*Esp/Hoj; D.P.*Esp/Hoj; D.P.*AE/F; AE/F*Esp/Hoj; AE/F*D.P.; AE/F*Esp/Hoj*D.P.; Gen*AE/F*Esp/Hoj; Gen*Esp/Hoj*D.P.; Gen*AE/F*Esp/Hoj*D.P. Se realizó el análisis de varianza y posteriormente la comparación de medias por el método de Tukey a una probabilidad de error de 0.05 de significancia para cada una de las variables evaluadas en los cuatro genotipos con todos los factores de variación y sus interacciones. Utilizando el programa estadístico PROC GLM SAS, 1999 (Statistical Analysis System).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento:

El análisis de cuadrados medios y significancia mostró que para versiones androestériles o fértiles (AE/F) se presentó diferencia altamente significativa. Para ambas densidades de población (D.P.) mostró diferencia significativa, al igual que en la interacción Genotipo*versión (Gen*AE/F). No hubo diferencia entre genotipos probados, repeticiones ni tratamientos, tampoco para las interacciones, Genotipo*D.P. y Genotipo*ESP/HOJ (Anexo 1). Lo anterior señala que los factores de variación que tuvieron una influencia sobre el rendimiento fueron las versiones AE/F, densidades de población y la interacción entre estos dos factores, lo que coincide con trabajos previos (Espinosa, *et al*, 2010; Tadeo *et al.*, 2010).

La comparación de medias, para el factor de variación Genotipos, considerando la media de los tratamientos, arrojó que no hay diferencia estadística entre H-47 (8 548 kg ha⁻¹) y H-49 (8 553 kg ha⁻¹) (Anexo 2). Los genotipos probados no presentaron diferencia significativa, esto se debe a que ambos, poseen en su estructura genética una línea progenitora que coincide, por lo cual se podría considerar a ambos genotipos como medios hermanos, ya que la diferencia radica en uno sólo de los progenitores (Espinosa *et al*, 2010), además, ambos materiales están adaptados a las condiciones agroclimáticas de los Valles Altos de México. El rendimiento comercial promedio de H-47 va de 8.2 a 9.3 ton ha⁻¹, su rendimiento potencial es de 12.3 ton ha⁻¹ y se obtuvo un rendimiento promedio de 8.6 ton ha⁻¹, teniendo solo un 2.3% menos de lo estimado. Para H-49 el rendimiento comercial promedio es de 8.5 a 9.5 ton ha⁻¹, su rendimiento potencial es de 12.5 ton ha⁻¹ y se obtuvo un rendimiento promedio de 8.6 ton ha⁻¹, teniendo solo un 5% menos de lo estimado. Esto a pesar del estrés al que fueron sometidos por el déficit hídrico que se presentó en el ciclo P-V de 2009, cuando la planta se encontraba en el Estadio de prefloración (Según datos de la estación Almaraz, FESC-UNAM, 2009).

Para el factor de variación versión AE/F; se detectó que, versiones androestériles (AE) tuvieron un mayor rendimiento que versiones androfértiles (F), teniendo rendimientos de 8 817 kg ha⁻¹ y 8 284 kg ha⁻¹, respectivamente (Cuadro II, Anexo 3), lo anterior es un comportamiento que se ha encontrado con cierta frecuencia en trabajos previos, lo que se explica por un menor gasto de fotosintatos de la versión AE, lo que se destina a la formación y llenado de grano a diferencia de la versión fértil (Solano, 1998; Hernández, 2000; Tadeo *et al*, 2005; Martínez *et al*, 2005; Tadeo *et al*, 2007; Tadeo *et al*, 2010; Espinosa *et al*, 2010).

Versiones AE presentaron un mayor rendimiento, 6 % más con respecto a versiones F, esto tiene una explicación en términos fisiológicos y nutrimentales, debido a que la formación de polen requiere una demanda poderosa de nutrimentos y fotosintatos, que podrían derivarse hacia la producción de semilla. (Uhart y Andrade, 1995; citados por Martínez *et al*, 2005).

Esto concuerda con experimentos llevados a cabo en México y otros países en los cuales, los rendimientos de líneas con esterilidad pueden ser más altos que los de líneas androfértiles desespigadas, ya que el proceso causa con frecuencia daño a las plantas reduciendo la producción (Chinwuba *et al*, 1961; citados por Ruíz, 1988; Solano, 1998; Hernández, 2000; Tadeo *et al*, 2005; Martínez *et al*, 2005; Tadeo *et al*, 2007; Tadeo *et al*, 2010; Espinosa *et al*, 2010). Las causas de un mayor rendimiento en versiones AE sobre F, no han sido totalmente dilucidadas, se desconoce hasta qué punto la esterilidad *per se* contribuye a las diferencias en rendimiento de grano (Urs *et al*, 2002; citados por Martínez *et al*, 2005).

Con el factor de variación desespigue y eliminación de hojas (ESP/HOJ), las medias mostraron que no hubo diferencia estadística, sin embargo el tratamiento que obtuvo el rendimiento más alto fue el Desespigue más una hoja de la parte inferior (D+1) (8 687 kg ha⁻¹); el tratamiento que obtuvo el menor rendimiento fue el Testigo teniendo una baja en el rendimiento del 4 % (8 330 kg ha⁻¹) (Cuadro II, Anexo 4, Figura 3).

Esto demuestra que la defoliación que se realizó no afectó severamente al rendimiento a pesar de que se ha encontrado en diversos trabajos que al eliminar las hojas superiores a la mazorca, afecta la translocación de los fotoasimilados. Ello depende de la severidad de la defoliación (Reyes, 1985; Dungan y Woodworth, 1939; citados por Ruíz, 1988; Borgeson y Kiesselbach, 1945; citados por Ruíz, 1988).

Hay amplia información que indica que la hoja de la mazorca, las dos inmediatas superiores y las dos inmediatas inferiores, es decir, las cinco hojas situadas al centro de la planta, son decisivas en la producción de grano. En otro experimento realizado por Palmer *et al* en 1973 (citados por Reyes, 1985), sugieren que “las hojas superiores y medias o inmediatas a la mazorca, de una planta de maíz son los principales contribuyentes de carbohidratos de la mazorca y que las hojas inferiores contribuyen relativamente poco” (Tanaka y Yamaguchi, 1984; Reyes, 1985)

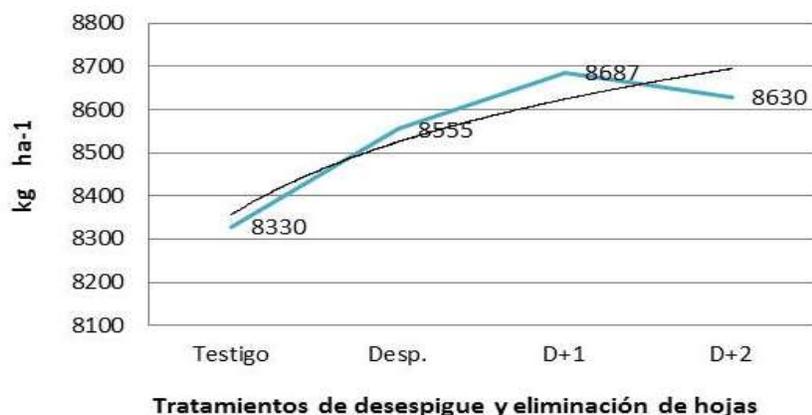


Figura 3: Comparación de medias del rendimiento en dos cruza simples progenitoras de híbridos de maíz bajo los diversos tratamientos de eliminación de hojas y espiga. Ciclo P-V, 2009. FESC-UNAM, México.

Con el factor de variación D.P., la mejor densidad fue de 70 000 plantas ha⁻¹ con 8 756 kg ha⁻¹ como rendimiento medio, teniendo 8 345 kg ha⁻¹ (Cuadro II, Anexo 5). Esto debido a que hubo una mayor cantidad de plantas por hectárea en la mayor densidad y para ambos genotipos, no represento una competencia significativa (Figura 4). Se ha encontrado que a densidades adecuadas el maíz tiene un buen potencial de rendimiento, sin embargo a densidades mayores la curva del rendimiento tiende a decaer. Este comportamiento concuerda con diversas investigaciones como la realizada por López *et al* en 2004.

Investigaciones señalan que el rendimiento está asociado con el área foliar por planta; y está decrece conforme se incrementa la densidad de población. (Nuñez y Kamprath 1969, citados por Ruíz, 1988). Al aumentar la densidad las plantas quedan más cerca y obstaculizan la intercepción de luz, aumenta el % plantas estériles, debido a una asincronía floral. (Huerta, 1969 citado por Ruíz, 1988). En otras investigaciones como la de Mendoza *et al* en 2006, determinaron el efecto de la densidad de población de 60 a 80 000 plantas ha⁻¹, encontrando que *la densidad que registro un mayor % biomasa fue la de 80 000 plantas ha⁻¹*. Investigaciones han demostrado que la máxima tasa de acumulación puede lograrse con las densidades más altas (Williams *et al*, 1965, citados por Ruíz, 1988). Se han reportado incrementos significativos en el rendimiento de grano, conforme disminuye el espaciamiento entre hileras (con algunas excepciones). (Lutz *et al* 1971, citados por Ruíz, 1988). Se ha observado una relación asintótica entre el rendimiento y la población de plantas, esto es, el rendimiento aumenta con cada incremento de la densidad hasta un máximo y posteriormente, tendió a declinar (Fery y Janick, citados por Ruíz, 1988).



Figura 4: Comparación de medias del rendimiento en dos cruces simples progenitoras de híbridos de maíz bajo las dos densidades probadas. Ciclo P-V, 2009. FESC-UNAM, México.

Cuadro II. Tratamientos y factores de variación aplicados para determinar su influencia en la productividad de semilla. Ciclo Primavera–Verano 2009. Rancho Almaraz, FESC-UNAM.

Tratamiento	Rendimiento (Kg./ha.)
Testigo	8330
Desp.	8555
D+1	8687
D+2	8630
D.P. 55 000	8345
D.P. 70 000	8756
AE	8817
F	8284

Al interrelacionar Gen*AE/F, el mejor tratamiento en H-47 fue la versión AE (8 587 kg ha⁻¹), al igual para H-49 (9 048 kg ha⁻¹) (Anexo 6). Para Gen*ESP/HOJ, el mejor tratamiento en H-47 fue D+1 (8 817 kg ha⁻¹) y el tratamiento con el rendimiento más bajo fue el Testigo (7 997 kg ha⁻¹).

Para genotipos, H-49 el mejor tratamiento fue el Testigo (8 663 kg ha⁻¹), el tratamiento con el rendimiento más bajo fue el Desespigue (8 425 kg ha⁻¹) (Anexo 7). Al interrelacionar Gen*D.P., para H-47 la densidad con el mayor rendimiento (8 694 kg ha⁻¹) fue en la que se sembraron 70,000 plantas ha⁻¹, al igual que para H-49 (8 819 kg ha⁻¹) (Anexo 8). Al relacionar todos los factores, Gen*AE/F*ESP/HOJ*D.P., para H-47 y H-49 el mejor tratamiento fue AE*D+1*70,000 plantas ha⁻¹ (9 801 kg ha⁻¹ y 10 003 kg ha⁻¹, respectivamente). En H-47, el rendimiento más bajo se presentó en F*Testigo*55,000 plantas ha⁻¹ (7 902 kg ha⁻¹), para H-49 el tratamiento más bajo fue F*Desp.*55,000 plantas ha⁻¹ (7 399 kg ha⁻¹) (Anexo 11).

4.2. Días a floración masculina (DFM):

El análisis de cuadrados medios y significancia en los factores de variación de versiones AE/F y tratamientos de ESP/HOJ arrojó una diferencia altamente significativa, al igual para la interacción entre Gen*AE/F. Se presentó una diferencia significativa entre los genotipos probados. No presentaron diferencia significativa entre repeticiones, densidades ni en interacciones entre Gen*D.P. y Gen*ESP/HOJ (Anexo 1). Los factores que más influyeron fueron las versiones, tratamientos y genotipos y la interacción entre las versiones con genotipos.

La comparación de medias para el factor de variación Genotipos, presentó dos grupos de significancia donde los más tardíos fueron de H-49 (75 días) y los más precoces de H-47 (74 días) (Anexo 2). Las floraciones más precoces se mostraron en H-47, floreciendo 12 días antes de lo esperado; esto podría deberse a que fue el genotipo que mostró un mayor estrés por el déficit hídrico al que fue sometido durante el periodo de prefloración anticipando la misma. En comparación el H-49 floreció tres días antes de lo esperado.

En las versiones, igualmente se registraron dos grupos de significancia donde las versiones más tardías fueron las androestériles (76 días) y las más precoces las fértiles (72 días) (Anexo 3). Las versiones fértiles, fueron las que florecieron más rápido, esto debido a que la planta metabólicamente destina productos de la fotosíntesis para la producción de polen especialmente de las hojas superiores por la dirección del flujo del floema.

En los tratamientos, se establecieron tres grupos de significancia donde las floraciones más tempranas fueron del Testigo (74 días) y las más tardías en Desespigue (75 días) (Anexo 4). No se observó diferencia entre densidades (74 días) (Anexo 5). Para la interrelación entre Gen*AE/F, se observó que en ambos genotipos las versiones fértiles fueron las más tempranas (Anexo 6). En las interacciones Gen*ESP/HOJ y Gen*D.P., no se observó diferencia significativa (Anexo 7 y 8).

Con AE/F*HOJ/ESP*D.P., las floraciones más tempranas se registraron en la versión F en el tratamiento Testigo con ambas densidades y F en el tratamiento D+1 con ambas densidades (72 días) la floración más tardía se presentó en la versión AE en los cuatro tratamientos en ambas densidades (76 días) (Anexo 14). Al interrelacionar todos los factores de variación se tuvo que en H-47 la floración más temprana se presentó con la interacción F*Testigo*55 000plantas ha⁻¹ (72 días) y para H-49, osciló entre los días 72-77, siendo las más tempranas con versiones F (Anexo 11).

4.3. Días a floración femenina (DFF):

El análisis de cuadrados medios y significancia mostró que hubo diferencia altamente significativa entre Genotipos, así como en versiones. Para las repeticiones hubo diferencia significativa. En los tratamientos ESP/HOJ, D.P. e interacciones entre Gen*AE/F, Gen*ESP/HOJ y Gen/D.P., arrojó que no hay diferencia significativa. (Anexo 1). Los factores de variación que mostraron tener una mayor influencia en la floración resultaron ser los Genotipos y las versiones. Además de la influencia de los factores ambientales.

La comparación de medias para el factor de variación Genotipos, presentó dos grupos de significancia, los más tardíos fueron los pertenecientes al H-47 (77 días) y los más tempranos de H-49 (75 días) (Anexo 2). El H-47, presentó la floración más tardía, debido al estrés representó un adelanto de la floración masculina, destinando fotosintatos para este fin y trayendo con ello un mayor gasto de energía, retardando la floración femenina de dichas plantas.

Para versiones AE/F, se presentaron dos grupos de significancia, los más tardíos fueron de las versiones F (77 días) y para versiones AE más tempranas (76 días) (Anexo 3). Las floraciones más tempranas resultaron ser las AE, debido a que en estas plantas al no presentarse la translocación de fotoasimilados para realizar la antesis, esta reserva energética se destinó a otra fuente demandante, en este caso la inflorescencia femenina (Figura 10). En los tratamientos ESP/HOJ y D.P., no se presentó diferencia significativa, teniendo un promedio de 76-77 días (Anexo 4 y 5). En Gen*AE/F*ESP/HOJ. Para H-47, las floraciones femeninas más tempranas se presentaron en la versión AE en combinación con los tratamientos Testigo, Desespigue y D+1 y con la versión F*D+1 (77 días), el resto floreció a los 74 días; para H-49, la floración más temprana se presentó en AE*D+1 (74 días), la más tardía en AE*Testigo y en la versión F con los tratamientos de Desespigue, D+1 y D+2 (76 días) (Anexo 12).

En Gen*ESP/HOJ*D.P., para H-47 la floración más tardía se presentó con la interacción del Testigo en ambas densidades y D+2 con la densidad más alta (78 días), el resto floreció a los 77 días. Para H-49, la floración más tardía se tuvo en los tratamientos de Desespigue y D+2 ambos con 70 000 plantas ha⁻¹ (76 días), el resto floreció a los 75 días (Anexo 13).

4.4. Altura de planta (Alt. planta):

El análisis de cuadrados medios y significancia mostró que hubo diferencia altamente significativa entre repeticiones, Genotipos, para versiones AE/F y ESP/HOJ, así como en la interacción entre Genotipos*AE/F. En D.P. e interacciones entre Genotipo*ESP/HOJ, Genotipo*D.P., no presentaron diferencia significativa (Anexo 1). Los genotipos, versiones y tratamientos resultaron los factores más decisivos para esta variable.

La comparación de medias para Genotipos, presentaron dos grupos donde el H-47 fue el que obtuvo una mayor altura (1.6 m) y el H-49 la menor altura (1.5 m) (Anexo 2). La mayor altura se presentó en el H-47, las plantas resultaron tener buen vigor y porte, pues con el estrés detuvieron su crecimiento, pero al restablecerse el periodo húmedo, la planta continuó el crecimiento, llegando a tener incluso la mayor altura entre ambos genotipos, aunque no alcanzó la altura esperada (2.45 a 2.73 m). Esto concuerda con investigaciones anteriores como la de Avendaño *et al* (2008), quienes encontraron que la planta desarrolla un tipo de “latencia” y una vez recuperada la humedad, la planta se recupera favorablemente, llegando incluso a superar a las plantas menos estresadas.

Para AE/F, se presentaron dos grupos donde versiones F tuvieron una mayor altura (1.6 m) y versiones AE la menor altura (1.4 m) (Anexo 3).

En ESP/HOJ, se presentaron tres grupos de significancia donde el tratamiento que obtuvo las plantas más altas fue el Testigo (1.6 m) y la menor altura en D+2 (1.5 m). (Anexo 6). En los tratamientos es de esperarse que la mayor altura se obtuvo en el Testigo y la menor en D+2, pues al eliminar una mayor parte del tallo el resultante fueron las menores alturas. Para D.P., no se presentó diferencia estadística teniendo un promedio de 1.52-1.53 m (Anexo 5).

Al interrelacionar todos los factores de variación, para H-47, la mayor altura se presentó en la versión F, en el Testigo y D+1 en ambas densidades. En H-49, las plantas más altas en la versión AE*Desespigue* 55 000plantas ha⁻¹ y en versión F*Testigo en ambas densidades, las plantas más bajas se presentaron en F*D+1 en ambas densidades (Anexo 11).

4.5. Altura de mazorca (Alt. Mz.):

El análisis de cuadrados medios y significancia mostró una diferencia altamente significativa entre repeticiones, Genotipos, AE/F, así como en la interacción entre Genotipos*AE/F. Para ESP/HOJ, D.P. e interacciones entre Genotipo*ESP/HOJ y Genotipo*D.P., no presentaron diferencia significativa (Anexo 1). Los genotipos y las versiones tuvieron la mayor influencia en esta variable.

En la comparación de medias para Genotipos, se observan dos grupos de significancia donde el H-47 presentó una mayor altura de mazorca (1.1 m), en H-49 se presentó la menor altura (0.99 m) (Anexo 2). Para AE/F se observaron dos grupos donde versiones F presentaron una mayor altura (1.1 m) y para versiones AE la menor altura (1.0 m) (Anexo 3). En los tratamientos ESP/HOJ, no se observó diferencia entre tratamientos teniendo la mayor altura en D+1 (1.1 m) y las más bajas en el Testigo (1.0 m) (Anexo 4). Para D.P., no se observó diferencia teniendo un promedio de 1.05-1.06 m (Anexo 5).

Con la interacción de todos los factores, para H-47, la mayor altura de mazorca se presentó en la versión F, en Desespigue*55 000 plantas ha⁻¹ y D+2*70 000 plantas ha⁻¹, las más bajas en la versión AE, en Testigo en ambas densidades y D+2*70 000 plantas ha⁻¹. Para H-49, las mazorcas más altas se presentaron en la versión AE con el tratamiento de Desespigue*55 000 plantas ha⁻¹, D+1*70 000 plantas ha⁻¹ y D+2*55 000 plantas ha⁻¹. Las mazorcas más bajas se presentaron en F*D+2*70 000 plantas ha⁻¹ (Anexo 11).

4.6. Mazorcas buenas (Mz. buenas):

El análisis de cuadrados medios y significancia para mazorcas buenas presentó diferencia altamente significativa entre repeticiones y Genotipos. No así para las demás variables que no presentaron diferencia significativa (Anexo 1).

La comparación de medias para Genotipos, en mazorcas buenas se presentaron dos grupos donde el mayor número las produjo el H-49 (18), por lo tanto obtuvieron una mayor calidad, no así para el H-47 (14) (Anexo 2). Para AE/F, ESP/HOJ y D.P., la calidad de las mazorcas no presentó diferencia significativa, teniendo un promedio de 15-16 mazorcas buenas y de 10-12 mazorcas malas (Anexos 3, 4 y 5).

Para interacciones entre Gen*AE/F., el mayor número de mazorcas buenas se presentó en la versión F de H-47, para H-49 fue en la versión AE en la que se obtuvo una mejor calidad de mazorca (Anexo 6).

En Gen*ESP/HOJ, para H-47 el mayor número de mazorcas buenas se presentó en D+2 (15), el menor en Testigo (12), para H-49 no hubo una variación marcada encontrándose el mayor número en Testigo, D+1 y D+2 (18) y el menor en Desespigue (17). Esto demuestra que la práctica de desespigue no afecta negativamente la calidad de las mazorcas (Anexo 7).

En AE/F*D.P., para ambas versiones, la densidad que presentó el mayor número de mazorcas buenas fue 70 000 plantas ha⁻¹ (17 y 16, respectivamente) (Anexo 10). Al interrelacionar todos los factores de variación, para H-47 la mayor cantidad de mazorcas se presentó en ambas versiones con los tratamientos Desespigue y D+1 con la densidad más alta, la menor cantidad en AE*Testigo en ambas densidades y en Desespigue con la densidad más baja, para H-49, la mayor cantidad se tuvo en AE*D+1*55 000 plantas ha⁻¹ y en F*D+2*70 000 plantas ha⁻¹, la menor se tuvo con la combinación F*Desespigue*55 000 plantas ha⁻¹ (Anexo 11).

4.7. Mazorcas malas (Mz. malas):

El análisis de cuadrados medios y significancia mostró una diferencia altamente significativa entre Genotipos y en la interacción de esos Genotipos*AE/F. Los demás factores de variación no presentaron diferencia significativa (Anexo 1).

La comparación de medias para Genotipos entre mazorcas malas es lógico observar que el mayor número se encontró en H-47 (14), esto debido al estrés al que fue sometido, no así para el H-49 (7) (Anexo 2). Para los factores de variación AE/F, ESP/HOJ y D.P., la calidad de las mazorcas no presentó diferencia significativa, teniendo un promedio de 15-16 mazorcas buenas y de 10-12 mazorcas malas (Anexo 3, 4 y 5).

Con Gen*AE/F*ESP/HOJ, la mayor cantidad de mazorcas malas para H-47, se tuvo en AE*Desespigue (18), la menor en F*Testigo (8), para H-49, el mayor número en F*Testigo y D+1 (10) y el menor en AE*Testigo (4) (Anexo 12).

Para Gen*ESP/HOJ*D.P., en cuanto a mazorcas malas, para ambos genotipos el mayor número se presentó en D+1*70 000 plantas ha⁻¹ (19 y 9, respectivamente) (Anexo 13). Al interrelacionar todos los factores de variación, el mayor número de mazorcas malas se presentó en F*D+1*70 000 plantas ha⁻¹ (Anexo 11).

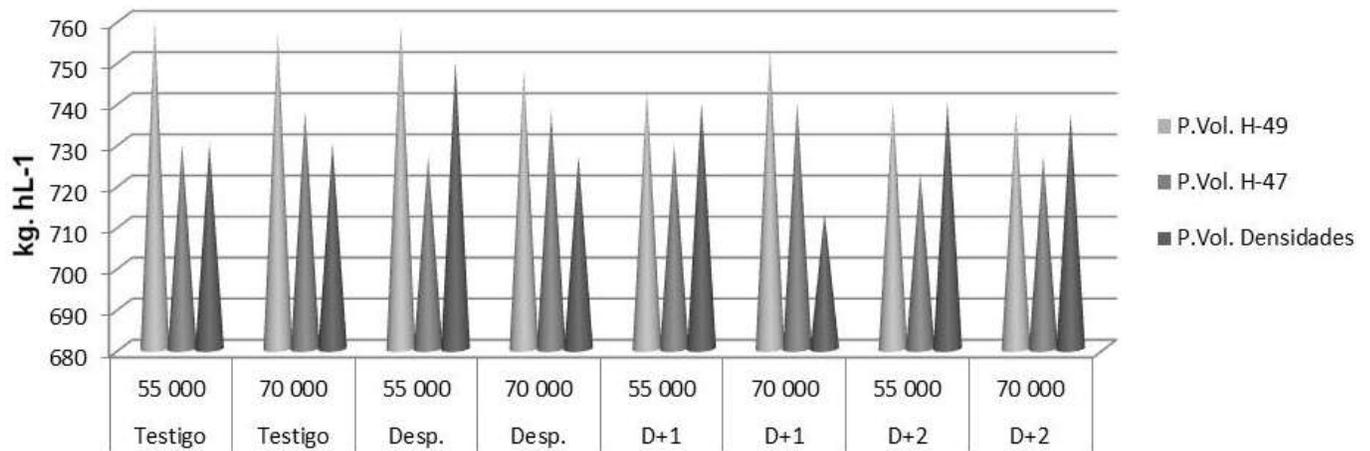
4.8. Peso volumétrico (P. Vol.):

El análisis de cuadrados medios y significancia registró en esta variable diferencia altamente significativa entre Genotipos. Para las repeticiones así como para AE/F, presentó diferencia significativa. Los demás factores de variación no presentaron diferencia significativa (Anexo 1).

La comparación de medias para Genotipos, arrojó que el mayor peso se registró en H-49 (750 kg hL⁻¹), no así para H-47 (732 kg hL⁻¹). El H-49 fue el que presentó un mayor peso, es decir que se tuvo un mayor número de semillas, su tamaño fue menor, pero la calidad fue superior que en H-47 (Anexo 2). Para las versiones, el mayor peso se tuvo en AE (745 kg hL⁻¹), no así para versiones F (737 kg hL⁻¹) (Anexo 3). Para los tratamientos, no presento diferencia significativa, en promedio el peso fue de 738-747 kg hL⁻¹ (Anexo 4). Con densidades, no presento diferencia significativa, teniendo en promedio un peso de 740-742 kg hL⁻¹ (Anexo 5, Figura 5).

Para Gen*AE/F*ESP/HOJ, en H-47, el mayor peso se registró con F*Desespigue (740kg hL⁻¹) y el menor con F*D+1 (723 kg hL⁻¹) (Figura 5); en H-49, el mayor peso se tuvo en AE*Testigo (760kg hL⁻¹) y el menor en F*D+2 (738kg hL⁻¹) (Anexo 12) (Figura 5). Para Gen*ESP/HOJ*D.P., en H-47, el mayor peso se registró en Desespigue*55 000plantas ha⁻¹ (740 kg hL⁻¹), el menor en D+1*70 000plantas ha⁻¹ (720 kg hL⁻¹); en H-49, el peso mayor se presentó en Desespigue*70 000 plantas ha⁻¹ (762 kg hL⁻¹) y el menor en D+2*70 000 plantas ha⁻¹ (740 kg hL⁻¹) (Anexo 13). Con la interrelación de todos los factores se tiene que para H-47, el mayor peso de grano se registró en AE*Desespigue*55 000 plantas ha⁻¹ y con F*Desespigue*70 000 plantas ha⁻¹ (750 kg hL⁻¹). El menor peso en AE*D+1*70 000 plantas ha⁻¹ (713 kg hL⁻¹). Para H-49, el tratamiento con un mayor peso de grano fue AE*Desespigue*70 000 plantas ha⁻¹ (767 kg hL⁻¹) y el menor peso en F*D+2*55 000 plantas ha⁻¹ (733kg hL⁻¹) (Anexo 11).

Los datos anteriores señalan que a una mayor densidad y el tratamiento en plantas fértiles, se obtienen los menores pesos volumétricos, es decir una menor cantidad de semillas que tuvieron un llenado mejor que las semillas de las plantas androestériles en la más baja densidad y con la eliminación de la fuente demandante que en este caso represento la espiga.



Peso Volumétrico de H-47 y H-49 con diversos tratamientos y densidades

Figura 5: Comparación de medias de dos cruces simples progenitoras sobre el peso volumétrico en H-47 y H-49, con diversos tratamientos de desespigue/eliminación de hojas y manejo de dos densidades. Ciclo P-V, 2009. FESC-UNAM, México.

4.9. Sanidad de mazorca (S. Mz.):

El análisis de cuadrados medios y significancia para sanidad de mazorca presentó diferencia altamente significativa entre repeticiones, Genotipos y la interacción Genotipos*AE/F. Para versiones así como para la interacción Genotipo*D.P. el análisis mostro una diferencia significativa. Los demás factores no presentaron diferencia significativa. Esto nos muestra que los genotipos y sus versiones tuvieron una mayor influencia en la sanidad de las mazorcas (Anexo 1).

La comparación de medias con el factor Genotipo, mostró que las mazorcas más sanas fueron de H-49 como ya se había estimado (8) (Anexo 2). Las mazorcas más sanas se encontraron en la versión F (8) (Anexo 3). En el factor de variación tratamientos y densidades, no se presentó diferencia significativa entre estos, teniendo un promedio de 8. Estos factores no influyeron significativamente en la sanidad de la mazorca. (cuadros 5 y 6). En la interacción Gen*AE/F, no se tuvo diferencia significativa entre versiones. (cuadro 7).

Para Gen*ESP/HOJ y Gen*D.P., no se presentó diferencia significativa en sanidad de mazorca en ninguno de los dos genotipos y densidades (Anexo 8). Para Gen*AE/F*ESP/HOJ, la mayor sanidad se presentó en F*Desespigue, D+1 y D+2 (8), la menor en el resto de los tratamientos (7). Para H-49, la sanidad en general no presentó diferencias entre tratamientos (8) (Anexo 12).

En AE/F*ESP/HOJ y AE/F*D.P., no se presentó diferencia significativa en ninguno de los tratamientos. (Anexos 9 y 10). En AE/F*ESP/HOJ*D.P., la menor sanidad de mazorca se registró en AE*D+1*70 000 plantas ha⁻¹ (7), los demás tratamientos no presentaron variación (8) (Anexo 14). Al relacionar todos los factores de variación se tuvo que para H-47, el tratamiento con la menor calidad fue AE*D+1*55 000 plantas ha⁻¹, las mazorcas más sanas se presentaron en F*Desespigue* 70 000 plantas ha⁻¹ y en D+1 y D+2, con ambas densidades. Para el H-49, los tratamientos con las mazorcas más sanas se presentaron en AE*D+1 y D+2 ambas con 55 000 plantas ha⁻¹ y F*Testigo en ambas densidades, con D+1*70 000 plantas ha⁻¹ (Anexo 11).

4.10. Sanidad de planta (S. Planta):

Para sanidad de planta el análisis de cuadrados medios y significancia presentó diferencia altamente significativa entre repeticiones. Para Genotipos y D.P. arrojó una diferencia significativa. Los demás factores no presentaron diferencia significativa (cuadro 2). Con el factor Genotipo, las plantas más sanas fueron de H-49 (8.2) (Anexo 2).

Para versiones, en la sanidad de planta no se presentó diferencia significativa (8) (Anexo 3). Entre los tratamientos, no presento diferencia significativa entre ellos, teniendo un promedio de 8 en sanidad (Anexo 4). Para densidades, se observaron dos grupos de significancia teniendo un promedio de 7.7-8. (Anexo 5).

En la interacción entre Gen*AE/F, no se presentó una diferencia significativa entre versiones (Anexo 6). Para Gen*ESP/HOJ, en ninguno de los dos genotipos ni en los tratamientos se observó diferencia significativa (Anexo 7). En Gen*D.P., no se tuvo diferencia significativa en ninguno de los tratamientos (Anexo 8). Para Gen*AE/F*ESP/HOJ, en H-47, la menor sanidad se registró en AE*D+2 (7), los demás tratamientos mostraron la misma sanidad (8) (Anexo 12). En AE/F*ESP/HOJ y AE/F*D.P., no se observó diferencia significativa en la sanidad en general (Anexos 9 y 10).

Al relacionar todos los factores de variación, para H-47, los tratamientos más afectados se presentaron en AE*Desespigue y D+1 ambos con 70 000 plantas ha⁻¹, D+2*55 000 plantas ha⁻¹ y F*D+2 en ambas densidades. Para el H-49, la mayor sanidad se tuvo en AE*Desespigue*55 000 plantas ha⁻¹ y en F*D+1 y D+2 ambos con 55 000 plantas ha⁻¹ (Anexo 11).

Al aumentar la densidad aumenta la competencia entre plantas y se presenta un estrés siendo más susceptibles al ataque de patógenos y enfermedades por el aumento del sombreado y la humedad en el estrato inferior de las plantas, ello hace que disminuya la sanidad de la planta; sin embargo la diferencia no fue significativa, esto nos indica que las densidades manejadas fueron adecuadas para ambos genotipos.

4.11. Peso de 200 granos (200 granos):

El análisis de cuadrados medios y significancia presentó diferencia altamente significativa entre los Genotipos probados así como en las interacciones Genotipos*AE/F y Genotipos*D.P. No hubo diferencia significativa para las demás variables (Anexo 1).

La comparación de medias para Genotipo, muestra que las mazorcas que tuvieron un mejor llenado de grano fueron de H-47 (67 g); no así para H-49 (62 g) (Anexo 2, Figura 6). Para versiones, no hubo diferencia (Anexo 3). Tampoco para tratamientos se observó diferencia significativa, teniendo un peso promedio de 63-65 g, sin embargo el tratamiento que registró un mejor llenado de grano fue el D+1, esto probablemente debido a la eliminación de las fuentes demandantes (Anexo 4, Figura 7). Entre densidades, no se presentó diferencia significativa, teniendo en promedio un peso de 64-65 g (Anexo 5).

Al relacionar todos los factores se tuvo que para H-47 los tratamientos que presentaron un mayor peso de grano fueron de la versión F en Desespigue y D+1 ambos con 70 000 plantas ha⁻¹ (75 g), los tratamientos que presentaron un menor peso se observaron en la versión AE fueron Desespigue*70 000 plantas ha⁻¹ y D+1*55 000 plantas ha⁻¹ (63 g) Para H-49 el tratamiento con el mayor peso se registró en AE*D+1*55 000 plantas ha⁻¹ (68 g) los tratamientos con el menor peso se registraron en F*Testigo en ambas densidades y D+2*70 000 plantas ha⁻¹ (57 g) (Anexo 11).

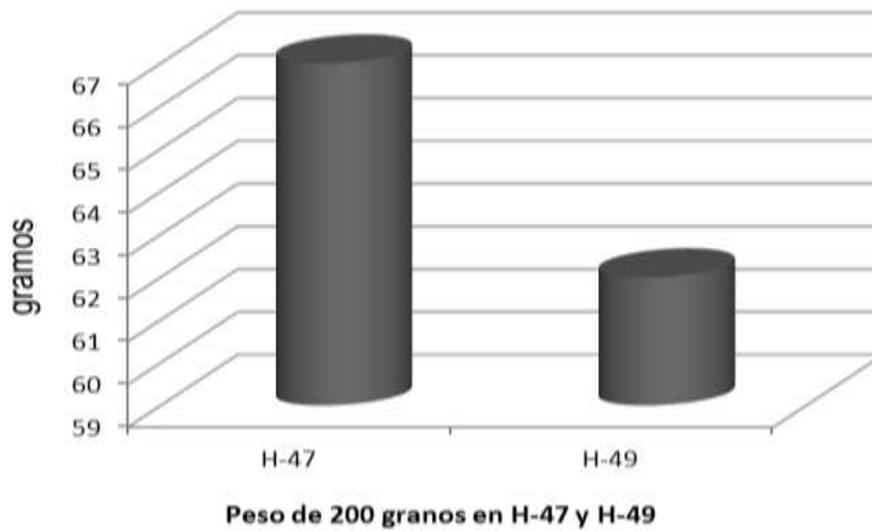


Figura 6: Comparación de medias de dos Genotipos de maíz sobre el peso de 200 granos. Ciclo P-V, 2009. FESC-UNAM, México.

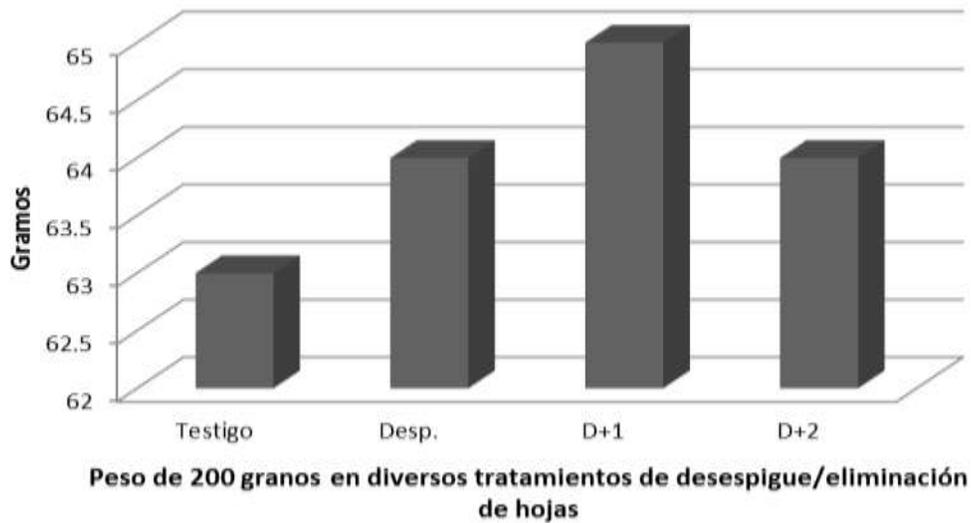


Figura 7: Comparación de medias de cuatro tratamientos de desespigue/eliminación de hojas, sobre el peso de 200 granos. Ciclo P-V, 2009. FESC-UNAM, México.

4.12. Longitud de mazorca (Long. Mz.):

El análisis de cuadrados medios y significancia para variable presentó diferencia altamente significativa en la interacción Genotipos*AE/F. Las repeticiones y Genotipos*D.P, presentaron diferencia significativa. Los demás factores de variación no presentaron diferencia significativa (Anexo 1).

La comparación de medias para Genotipos, las mazorcas más largas fueron de H-49 (13.8cm.) y de H-47 las más cortas (13.5cm.) pero no presento diferencia significativa (Anexo 2). En las versiones, tratamientos y densidades, no presentaron diferencia significativa (en promedio 14 y 13.1 cm) (Anexos 3, 4 y 5). Al presentarse las mazorcas más largas en el H-49, estas presentaron un mayor número de granos y por lo tanto los fotosintatos se destinaron a un mayor número de granos y el llenado fue más fraccionado teniendo como resultado un grano más pequeño y con un mayor peso volumétrico.

Con AE/F*D.P., para ambas versiones la densidad que presento las mazorcas más largas fue 70 000 plantas ha^{-1} (13.7 cm) (Anexo 10). Para AE/F*ESP/HOJ*D.P., la mayor longitud se midió en F*Desespigue*70 000 plantas ha^{-1} (14.3 cm), la menor longitud se midió en F*D+2*55 000 plantas ha^{-1} (12.8 cm) (Anexo 14). Al interrelacionar todas las variables, para H-47 las mazorcas con la mayor longitud se presentaron en F*Desespigue*70 000 plantas ha^{-1} (15 cm), las mazorcas más pequeñas se registraron en AE*Testigo en ambas densidades y F*D+2*55 000 plantas ha^{-1} (12.3 cm). Para H-49 las mazorcas más largas se registraron en la interacción AE*D+1*70 000 plantas ha^{-1} y AE*D+2*55 000 plantas ha^{-1} (14.7 cm), las más pequeñas se registraron en F*D+2*70 000 plantas ha^{-1} (12.3 cm) (Anexo 11).

4.13. Número de hileras por mazorca (Hil / Mz.):

El análisis de cuadrados medios y significancia presentó diferencia altamente significativa entre los Genotipos. Los demás factores de variación no presentaron diferencia significativa (Anexo 1).

La comparación de medias en Genotipos, arrojó que el número de hileras por mazorca fue muy similar aunque se observó un mayor número en H-47 (Anexo 2). Para las versiones, tratamientos y densidades, el número de hileras fue similar (15 hileras por mazorca) (Anexo 3, 4 y 5).

Para la interacción entre Gen*AE/F, el número de hileras por mazorca fue mayor en la versión F de H-47 y para H-49 la versión AE fue la que obtuvo el mayor número de hileras (Anexo 6). En Gen*ESP/HOJ, en H-47 el menor número de hileras fue en el Testigo (15) y en los demás tratamientos (16); en H-49 el mayor número se presentó en el Testigo y D+2 (15), los de menor número fueron Desespigue y D+1 (Anexo 7).

Para AE/F*ESP/HOJ y AE/F*D.P., no se presentó diferencia significativa (cuadro 10 y 11). Con AE/F*ESP/HOJ*D.P., el mayor número de hileras en mazorca se presentó con la interacción AE*Desespigue*70 000 plantas ha⁻¹ y en F*D+1*55 000 plantas ha⁻¹ (16), el menor número se presentó en AE*D+1*70 000 plantas ha⁻¹ (14) (Anexo 14).

Los datos anteriores nos revelan que el número de hileras de ambos genotipos en general no fueron alteradas significativamente, conservando el número original de 16 hileras, en algunos casos se observó un aumento en el número de hileras a 17 o un decremento en estas teniendo 14 hileras, pero estos casos fueron mínimos.

4.14. Diámetro de mazorca (Diam. Mz.):

El análisis de cuadrados medios y significancia presentó diferencia altamente significativa entre repeticiones, Genotipos y en la interacción Genotipos*AE/F. Para las demás variables no hubo diferencia significativa (Anexo 1).

La comparación de medias en el factor de variación Genotipo, la mazorca más gruesa fue de la de H-47 (5cm.) y el más delgado del H-49 (4) (Anexo 2). Esto demuestra que en el H-47 al tener un mayor número de granos, los fotosintatos se distribuyen en menos fuentes demandantes en la mazorca y por lo tanto tuvieron un mejor llenado de grano, aunado a ello, probablemente el estrés hídrico que se presentó provocó la eficiencia de la translocación de los fotoasimilados.

Para versiones, no hubo diferencia significativa entre ambas, teniendo un promedio de 4.5 cm (Anexo 3). En los tratamientos, no se registró diferencia significativa entre el grosor de la mazorca teniendo un promedio de 4.5-5.5cm., (Anexo 4). Para las densidades tampoco presentó diferencia significativa en el grosor de la mazorca, teniendo un promedio de 4.5-4.6 cm (Anexo 5). Cuando se interrelacionaron todos los factores de variación se tuvo que, para H-47 el diámetro más grueso se observó en F*Desespigue en ambas densidades (4.9cm.) y el menor diámetro en AE*D+1*70 000 plantas ha⁻¹ (4.4 cm).

Para H-49 el mayor diámetro se midió en AE*D+2*55 000plantas ha⁻¹ (4.6 cm), el menor diámetro se registró en ambas versiones con Desespigue*70 000plantas ha⁻¹ (4.3 cm.) (Anexo 11).

4.15. Diámetro de olote (Diam. Olote):

El análisis de cuadrados medios y significancia presentó diferencia altamente significativa entre Genotipos y la interacción Genotipos*AE/F. Se presentó una diferencia significativa en repeticiones. Los demás factores de variación no presentaron diferencia significativa (Anexo 1).

La comparación de medias para Genotipo, registró un olote más delgado en las mazorcas de H-47 (2 cm) y más grueso en las mazorcas de H-49 (3 cm) (Anexo 2). Para las versiones y densidades no hubo diferencia en el diámetro de olote teniendo un promedio de 2.5cm (Anexo 3 y 4). Los tratamientos, no presentaron diferencia significativa, teniendo un promedio de 2.4-2.6cm. (Anexo 4). El olote más delgado se presentó en el H-47, esto confirma que la mayor cantidad de fotosintatos se destinó al grano más que a al olote, es decir fue eficiente su utilización debido a su vez al estrés al que fue sometido este genotipo. Es decir, la translocación de las hojas a la mazorca fue más eficiente debido al estrés. Al conjuntar todos los factores de variación se tuvo que en H-47, el menor diámetro se midió en F*D+1*70 000 plantas ha⁻¹ (2.1 cm) y el olote más grueso en F*Desespigue en ambas densidades (2.7 cm); para H-49 el diámetro menor se registró en AE*Desespigue*55 000 plantas ha⁻¹ y en ambas versiones con la interacción del tratamiento D+2*70 000 plantas ha⁻¹ (2.4 cm) y el más grueso se presentó en la versión F con el Testigo con ambas densidades (2.9 cm) (Anexo 11).

4.16. Granos por mazorca (Granos / Mz):

El análisis de cuadrados medios y significancia no presento diferencias significativas para esta variable (Anexo 1).

La comparación de medias para los factores de variación Genotipos, versiones y densidades arrojó que no hubo diferencia estadística, al igual que en tratamientos, sin embargo en este último factor el tratamiento que presentó el mayor número de granos fue el Testigo (435) y el que presento el menor número fue D+2 (397) (Anexo 2).

En las interacciones como Gen*AE/F, el mayor número de granos por mazorca se presentó en la versión F en ambos genotipos (cuadro 7). Para Gen*ESP/HOJ, el mayor número de granos por mazorca para H-47 se tuvo en el Testigo (436) y el menor número se presentó en D+2 (387); para H-49 el mayor número de granos también se presentó en el testigo (434) y el menor número se presentó en el Desespigue (401). (Anexo 7). En Gen*D.P., el mayor número de granos por mazorca para H-47 se tuvo con la mayor densidad (417); para H-49 el mayor número de granos se presentó en 55 000 plantas ha⁻¹ (421) (Anexo 8). Al correlacionar todos los factores de variación se tuvo que para H-47 el mayor número de granos se registró en F*Desespigue*70 000 plantas ha⁻¹ (465), el menor número en F*D+2*55 000 plantas ha⁻¹ (380); para H-49, la interacción que presentó el mayor número de granos fue AE*Testigo en ambas densidades (449) y el menor número en F*D+1*70 000 plantas ha⁻¹ (369) (Anexo 11).

4.17. Porcentaje de materia seca en grano (% MS):

El análisis de cuadrados medios y significancia presentó diferencia altamente significativa entre repeticiones, Genotipos y en la interacción Genotipos*AE/F. Los demás factores de variación no presentaron diferencia significativa (Anexo 1).

Con el factor Genotipo, el mayor porcentaje de materia seca se presentó en H-47 (83 %) tal como se había estimado, no así para H-49 con un porcentaje más bajo (82 %) (Anexo 2). Para AE/F, ESP/HOJ y D.P., no se presentó diferencia entre tratamientos, teniendo un promedio de 82 % (Anexos 3, 4 y 5). La comparación de medias en Gen*AE/F, arrojó que el mayor %MS en H-47 fue de la versión AE (83 %) tal como se había estimado, no así para H-49 con un porcentaje más alto en la versión F (82 %) (Anexo 6).

Para Gen*ESP/HOJ, el menor % MS en H-47 se presentó en el tratamiento D+2 (82 %) y fue mayor en los demás tratamientos (83%), para H-49 no se presentaron diferencias (82 %) (Anexo 7). Con Gen*D.P., el menor % MS para H-47 se presentó con 55 000 plantas ha⁻¹ (83 %), para H-49 no se presentaron diferencias entre tratamientos (82 %) (Anexo 10).

Al interrelacionar todas las variables se obtuvo que para H-47 el mayor porcentaje se presentó en la interacción AE*Desespigue*55 000 plantas ha⁻¹ (85 %) y el menor se registró en F*Desespigue*70 000 plantas ha⁻¹ (81 %). Para H-49 el mayor porcentaje se registró en AE*Desespigue*70 000 plantas ha⁻¹, F*Testigo en ambas densidades y F*Desespigue*70 000 plantas ha⁻¹ (83 %), el menor se tuvo en AE*Testigo en ambas densidades y AE*Desespigue*55 000 plantas ha⁻¹ (80 %) (Anexo 11).

4.18. Porcentaje de grano en mazorca (% Grano):

El análisis de cuadrados medios y significancia presentó diferencia altamente significativa entre versiones. El resto de los factores de variación no presentaron diferencia significativa (Anexo 1).

Con el factor Genotipo, el mayor porcentaje de grano se obtuvo en H-47 (87 %) y en H-49 (85 %) (Anexo 2). El estrés probablemente favoreció una translocación más eficiente de los fotosintatos a un mejor llenado de grano en H-47, debido a que este genotipo presentó una mayor tolerancia al estrés hídrico.

La comparación de medias en Gen*AE/F fue similar en ambas versiones para H-47 (87 %) y en H-49 se obtuvo en la versión AE (86 %) (Anexo 6). Para Gen*ESP/HOJ, en H-47 los tratamientos que obtuvieron un mayor porcentaje fueron Testigo y D+2 (88 %), en cuanto al H-49 los tratamientos con un mayor porcentaje fueron Desespigue y D+2 (86 %) (Anexo 7).

En Gen*D.P., para H-47 no se observó diferencia significativa (87 %), en H-49 el tratamiento con un mayor porcentaje se obtuvo con*70 000 plantas ha⁻¹ (86 %) (Anexo 8).

Con la interrelación de todos los factores de variación, se tuvo que, para H-47, el mayor % Grano se registró en AE*Testigo en ambas densidades, AE* D+2*55 000 plantas ha⁻¹ y F*D+2*70 000 plantas ha⁻¹ (88 %); en H-49 el mayor se presentó en AE*Desespigue*70 000 plantas ha⁻¹ (88 %) y el menor porcentaje se en F*70 000 plantas ha⁻¹ en todos los tratamientos excepto D+2 (85 %) (Anexo 11).

V. CONCLUSIONES

1. Los Genotipos probados no presentaron diferencia significativa, esto se debe a que ambos poseen un progenitor similar y están adaptados a las condiciones agroclimáticas de los Valles Altos de México. Esto a pesar del estrés hídrico en el que se encontraron, cuando la planta se encontraba en etapa de prefloración.
2. Versiones AE presentaron un mayor rendimiento, 6 % más con respecto a versiones F, esto tiene una explicación en términos fisiológicos y nutrimentales, debido a que la formación de polen requiere una demanda poderosa de nutrimentos y fotosintatos, que podrían derivarse hacia la producción de semilla.
3. La eliminación de hojas no afectó severamente al rendimiento, esto demuestra que la defoliación que se realizó no fue tan severo para la planta y no afectó significativamente al rendimiento a pesar de que se ha encontrado en diversos trabajos que al eliminar las hojas superiores a la mazorca, se afecta la translocación de los fotosintatos.
4. La densidad más alta presentó un mayor rendimiento; debido a que hubo una mayor cantidad de plantas por hectárea, para ambos genotipos la mayor densidad no representó una competencia interespecífica significativa.
5. Al relacionar versiones y tratamientos, el mejor rendimiento se obtuvo con versiones AE y D+1. Al combinar el desespigue y defoliación; se obtiene un incremento en el rendimiento hasta llegar a la clásica curva en la cual decrece. En la práctica se recomienda la eliminación de una a tres hojas, sin que ello represente un estrés significativo en la planta.
6. Al decidir si se realiza la práctica de desespigue o se utilizan híbridos AE, se debe evaluar que es más importante para el productor, obtener más de semilla con mayor utilización de mano de obra o garantizar la calidad genética desde el origen. Al relacionar todos los factores, para H-47 y H-49 el mejor tratamiento fue AE*D+1*70 000 plantas ha⁻¹.
7. Las floraciones más precoces se mostraron en H-47, floreciendo 12 días antes de lo esperado; esto podría deberse a que fue el genotipo que mostró un mayor estrés por el déficit hídrico al que fue sometido durante el periodo de prefloración anticipando la misma. En comparación el H-49 floreció solo tres días antes de lo esperado.

8. Las versiones fértiles, florecieron más rápido, debido a que la planta metabólicamente destina productos de la fotosíntesis para la producción de polen especialmente las hojas superiores por la dirección del flujo del floema.
9. El H-47, presentó precocidad en la floración masculina, destinando fotosintatos para este fin, trayendo con ello un mayor gasto de energía, retardando la floración femenina de dichas plantas.
10. Las floraciones femeninas más tempranas fueron las AE, pues al no presentarse antesis, esta reserva energética se destinó a otra fuente demandante importante, en este caso la inflorescencia femenina.
11. La mayor altura de planta se presentó en H-47, resultó tener buen vigor y porte, con el estrés detuvieron su crecimiento y al restablecerse el periodo húmedo, la planta continuo su crecimiento, llegando a tener incluso la mayor altura en ambos genotipos. Esto demuestra la capacidad de este genotipo para tolerar el estrés.
12. El mayor número de granos se obtuvo en las mazorcas de H-49, por lo tanto se obtuvo el mayor peso volumétrico.
13. El mayor diámetro de mazorca se obtuvo en H-47. Con un menor número de granos los fotoasimilados se distribuyen en menos fuentes demandantes, por lo tanto tuvieron un mejor llenado de grano. Probablemente el estrés hídrico provoco la eficiencia de la translocación de los fotoasimilados a estas fuentes demandantes.
14. El olote más delgado se presentó en H-47, esto confirma que la mayor cantidad de fotosintatos se destinó al grano más que al olote, es decir, fue eficiente su utilización debido a su vez al estrés al que fue sometido.
15. El mayor porcentaje de grano se obtuvo en H-47. El estrés probablemente favoreció una translocación más eficiente de los fotosintatos, debido a que este genotipo presentó una mayor tolerancia al estrés hídrico.
16. En versiones androestériles se obtuvo un mayor porcentaje de grano (87 %), y fue menor para versiones fértiles (86 %). Lo anterior demuestra que al no presentarse una demanda de fotoasimilados para la producción de polen fértil, estos se destinan a la siguiente fuente demandante más fuerte, en este caso el jilote y los granos por lo tanto tuvieron un mejor llenado en estas versiones.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Alvarez A. J. P y Ortíz F. P. 1998. Respuesta del maíz de riego a humedad de suelo, Nitrógeno y densidad de población en Cuauhtémoc, Chihuahua. Universidad Autónoma Chapingo, México. 16 (3): 239:245.

Avendaño A. C. H., Molina-Galan J. D., Trejo L. C., López C. C. y Cadena I. J. 2008. Respuesta a altos niveles de estrés hídrico en maíz. *Agronomía Mesoamericana*. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. 19 (1): 27:37

Cano O., Tosquy O. H., Sierra M., Rodríguez F. A., 2001. Fertilización y densidad de población de maíz cultivado bajo condiciones de temporal. Nota técnica. *Revista Agronomía Mesoamericana*. Veracruz, México. 12 (2): 199:203.

Espinosa C. A., Sierra M. M., Gómez M. N. 2002. Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. *Agronomía Mesoamericana*. México. 14 (1): 117:121

Espinosa C., A., N. Gómez M., M. Sierra M., E. Betanzos M., F. Caballero H., B. Coutiño E., A. Palafox C., F. Rodríguez M., A. García B., O. Cano, R. 2003. Tecnología y producción de semillas de híbridos y variedades sobresalientes de Maíz de calidad proteínica en México. *Agronomía Mesoamericana*. 14(2): 223: 228.

Espinosa C. A., Cuevas L. A., Tadeo R. M. 2004. Desespigamiento, eliminación de hojas y densidad de población en el rendimiento de semilla en una línea de maíz. Memorias de VII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, B.C. 326:331.

Espinosa C. A., Turrent F. A., Tadeo R. M., Gómez M. N., Sierra M. M., Palafox C. A, Caballero H. F., Rodríguez M. F, Valdivia B. R., Esqueda E., V. 2007. Algunos elementos de la crisis del maíz y la tortilla en México. Resúmenes LIII Reunión Anual PCCMMCA en Antigua Guatemala.

Espinosa C. A., Tadeo R. M., Gómez G. M., Sierra M. M., Martínez M. R., Virgen V. J., Palafox C. A., Caballero H. F., Vázquez C. G., Salinas M. Y. 2008. H-49 AE híbrido de maíz para Valles Altos con androesterilidad para producción de semilla. En: Memoria de Día de Campo CEVAMEX 2008, Memoria Técnica No. 9, INIFAP, CIRCE, CEVAMEX, Chapingo, México. 13:14

Espinosa C. A.; Tadeo R. M.; Gómez M. N.; Sierra M. M.; Martínez M. R.; Virgen V. J.; Palafox C. A.; Caballero H. F.; Vázquez C. G.; Salinas M. Y. 2008. H-47 AE híbrido de maíz para valles altos con androesterilidad para producción de semilla. En: Memoria de Día de Campo CEVAMEX 2008, Memoria Técnica No. 9, INIFAP, CIRCE, CEVAMEX, Chapingo, México. 41:42.

Espinosa C. A.; Tadeo R. M.; Turrent F., A.; Gómez M. N.; Sierra M. M.; Palafox C., A.; Caballero H., F.; Valdivia B., R.; Rodríguez M., F. 2008a. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias*. Revista de Difusión de la Facultad de Ciencias de la UNAM. 92(93): 118-125.

Espinosa C. A.; Turrent F., A.; Tadeo R. M.; Gómez M. N.; Sierra M. M.; Caballero H. F. 2008b. Importancia del uso de semilla de variedades mejoradas y nativas de maíz en México. En: Desde los Colores del maíz, Una agenda para el campo mexicano. Coordinador J. Luis Seefoó Luján. El Colegio de Michoacán. I: 233:255.

Espinosa C. A.; Tadeo R. M.; Turrent F. A.; Sierra M. M.; Gómez M. N.; Palafox C. A.; Rodríguez M. F.; Caballero H. F.; Valdivia B. R.; Zamudio G. B. 2008c. Las semillas insumo fundamental para avanzar hacia la suficiencia alimentaria y reserva estratégica de granos. En: Reserva Estratégica de Alimentos: Una alternativa para el desarrollo del campo mexicano y la soberanía alimentaria. Coordinadores Alfonso Ramírez Cuellar, Benito Ramírez Valverde, Beatriz A. Cavalloti Vázquez, Carlos F. Marcof Alvarez, Alfredo Cesín Vargas. CEDRSSA-SAGARPA-CP-UACH. 77:89.

Espinosa C. A., Tadeo R. M., Sierra M. M., Turrent F. A., Valdivia B. R., Zamudio G. B. 2009. Rendimiento de híbridos de maíz bajo diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil en México. *Agronomía Mesoamericana*. México. 20 (2): 211:216

Espinosa C., A., Tadeo R., M., Sierra M., M., Valdivia B., R., Gómez M., N. O. 2010. Despanojado y densidad de población en una cruza simple androestéril y fértil de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. 2 (1): 21:29.

García E., 2003. Distribución de la precipitación en la República mexicana. *Investigaciones geográficas, UNAM*. México D.F. Abril, 050: 67:76

Hernández H. E. 2000. Capacidad productiva de semillas de cruza simple de maíz androestéril en comparación con la versión normal. Tesis de licenciatura. FESC-UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.

Kato, T.A. Mapes, C., Mera, L.M. Serratos, J.A. Bye, R.A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp. México, D.F. Ed. Impresora Apolo, S.A. de C.V.

López Morales Gloria. 2004. Pueblo de maíz. La Cocina Ancestral de México. Expediente Técnico para la Postulación como Patrimonio Inmaterial y Oral de la UNESCO, CONACULTA, México, D.F.

López S. J. A., Reyes M. C. A., Castro N. S., Briones E. F. 2004. Componentes del crecimiento de grano de cultivares prolíficos de maíz. *Fitotecnia Mexicana. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.*, Septiembre año/vol. 27, Núm. especial 1. Chapingo, México. 23:26

Ley sobre producción, certificación y comercio de semillas. DOF (15-junio-2007)

Martínez, L. C, Mendoza O. L. E, García de los Santos, Mendoza C. M. C., Martínez G. Á., 2005. Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androfértiles y androestériles isogénicas y su respuesta a la fertilización y densidad de población. *Fitotecnia Mexicana. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.*, Chapingo. Abril-junio, México. 28 (2): 127: 133

Mendoza E. M., Mosqueda V. C., Rangel L. J. A., López B. A., Rodríguez H. S. A., Latournerie M. L. y Moreno M. E., 2006. Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz normal y QPM. *Agricultura Técnica en México*. Enero- Abril. 32 (1): 89:99

Memoria Técnica Núm. 10, 2009. Campo Experimental Valle de México, Septiembre. INIFAP, CIRCE, Chapingo, México.

Memoria Técnica Núm. 11, 2010. Campo Experimental Valle de México, Septiembre. INIFAP, CIRCE, Chapingo, México.

Meza H., A. P. 1998. Efecto de la pérdida de hojas en el desespigamiento sobre la productividad y calidad de semilla de maíz. Colegio de Posgraduados, Montecillo. México. 91 p. extraído de: <http://agris.fao.org>

Ortíz T.C., Espinosa C. A., Azpíroz R. H. S., Sahagún C. S. (Com.), 2005. Producción y tecnología de semillas de maíz del INIFAP para los Valles Altos y Zonas de Transición. INIFAP, CIRCE. Campo Experimental Valle de Toluca. 122p. (Libro técnico Número 3). Zinacantepec Estado de México.

Ramírez Lucía, 2006. Utilización de la Androesterilidad para la producción de semilla híbrida. Cátedra de Producción vegetal genética y mejora vegetal. Departamento de producción agraria. Universidad Pública de Navarra, España. 7p.

Rangel L. M., 2010. Crecimiento y dinámica de nutrientes en maíz (*Zea mays* L.) en Venezuela. *Informaciones Agronómicas* Número 53. extraído de: AGROISLEÑA: <http://ppi-far.org>

Reta S. D. y Faz C. R. 2000. Respuesta del maíz a diferentes niveles de humedad en el suelo I. Rendimiento de grano y sus componentes. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-CIRNOC. Coahuila. 17 (4): 309:316.

Reyes C. P., 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. Ed. AGT Editor S.A. Capítulo XI: Prácticas de fitogenotecnia en alógamas (maíz). Pp. 316-321

Reyes C. P. 1990. El maíz y su cultivo. Capítulo I: El maíz en México y en el mundo. Ed. AGT, S.A. México. Pp. 1-93

Reyes C. P. 1990. El maíz y su cultivo. Capítulo IV: Tecnologías del cultivo de maíz. Efecto de las tecnologías. Ed. AGT, S.A. México. Pp. 275-459

R. Aldrich Samuel, R. Leng Earl. 1974. Producción Moderna de Maíz, capítulo I: Como crece la planta de maíz. Ed. Hemisferio Sur. Argentina. Pp. 1-13, 97-128.

Rojas M. I., Virgen V. J., Espinosa C. A., Fernández S. R., 2009. Tecnología para la producción de semilla certificada de maíz del híbrido H-48 en Tlaxcala. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental INIFAP- Tlaxcala. 33p. (Folleto técnico Número 39). Tlaxcala, Tlaxcala, México.

Ruíz C. E., 1988. Respuesta de tres genotipos de maíz (*Zea mays*, L.) al desespigamiento y densidad de población. Tesis de maestría en ciencias. UANL, Facultad de Agronomía. Nuevo León, México.

Solano, A. M. 1998. Androesterilidad e Identificación de Restauradores de la Fertilidad Masculina en Híbridos de Maíz para Valles Altos. Tesis de Licenciatura de la Carrera de Ingeniería Agrícola FES-UNAM. Cuautitlán Izcalli. México.

Tadeo R. M., Espinosa C. A., Solano A. M., Martínez M., R., 2001. Esterilidad masculina para producir semilla híbrida de maíz. *Ciencia y desarrollo*, CONACYT. Marzo-Abril, Núm. 157, Vol. XXVII, México. 64:75

Tadeo R. M., Espinosa C. A., Solano A. M., Martínez M. R., 2003. Androesterilidad en líneas e híbridos de maíz de Valles Altos de México. *Agronomía Mesoamericana*, Vol. 14, Núm. 1. México. 15:19.

Tadeo R., M., A. Espinosa C., R. Martínez M., A. Piña D. V. 2004a. Maize seed production at the agricultural engineering department of the National Autonomous University of Mexico (UNAM). In: Abstracts 27th ISTA Congress Seed Symposium, Budapest, Hungary. 101:101

Tadeo R., M., A. Espinosa C. 2004b. Producción de semilla y difusión de variedades e híbridos de maíz de grano amarillo para Valles Altos de México. *Revista FESC Divulgación Científica Multidisciplinaria*. Año 4 (14):5-10.

Tadeo R., M., A. Espinosa C., R. Martínez M., R. Arias Rubí. 2005. Producción y tecnología de semillas, desarrollo y difusión de híbridos y variedades de maíz de la UNAM para su adopción extensiva en México. XX Reunión Latinoamericana de Maíz. Editores Miguel Barandiaran Gamarra, Alexander Chávez Cabrera, Ricardo Sevilla Panizo, Teodoro Narro León. Lima, Perú. P 435-441.

Tadeo R., M., A. Espinosa C., R. Martínez M., D. Salazar H., Tellez, C., J. M. Osorio H. 2006. Plant breeding and maize seed production at the Agricultural Engineering Department of the National University of Mexico (UNAM)", in: book of poster abstracts. International Plant Breeding Symposium. Ed. Sophie Higman, Mexico, City, 20-25 august, 2006.

Tadeo R., M., A. Espinosa C., R. Martínez M., C. Tellez, I. Gonzlaez R., J. M. Osorio H., R. Valdivia B., N. Gómez M., M. Sierra M., F. Caballero H., A. Palafox C., F. A. Rodríguez M. 2007. Maize seed production and plant breeding in relation with the process teaching – learning at the National Autonomous University of Mexico (UNAM). In: African Crop Science Conference Proceedings, African Crop Science Society. 8. 19:22. El Minia, Egypt.

Tadeo R. M., Espinosa C. A., Martínez Mendoza R., 2005. Procedimientos técnicos para producción de semilla de híbridos y variedades de maíz en México. Proyecto PAPIME 209803. UNAM-FESC, Depto. Ciencias Agrícolas. Cuautitlán Izcalli, México. Pp. 120

Tadeo R. M., Espinosa C. A, Beck D., Torres J. L., 2007. Rendimiento de semilla de cruza simples fértiles y androesteriles progenitoras de híbridos de maíz. *Agricultura Técnica en México*. Mayo-Agosto. 33 (2): 175:180

Tadeo Robledo M., Espinosa Calderón A., 2010. Producción y tecnología de semillas. Manual de prácticas de laboratorio. Proyecto PAPIME PE202607.UNAM-FESC. México.

Tadeo R. M., Espinosa C. A., Serrano R. J., Sierra M. M., Caballero H. F., Valdivia B. R., Gómez M. N. O., Palafox C. A., Rodríguez M. F. A. y Zamudio G. B. 2010. Productividad de diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil en dos híbridos de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. julio – septiembre. 1 (3) 2010. 273:287.

Tanaka A. y Yamaguchi J. 1984. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano del maíz. Traducido al español por Kohashi J. S. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 120 pp.

6.2. Páginas web:

FAO (2001). Producción mundial de maíz en 2001: <http://www.fao.org>, consultada en mayo de 2010.

Semillas de Vida: La importancia del maíz en México: <http://www.semillasdevida.org.mx/maiz.htm>, consultada en julio de 2010.

SAGARPA (2006): Importancia del maíz en el sector agropecuario nacional, extraído de: http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/sispro/IndModelos/SP_AG/Maiz, consultada en julio de 2010.

SAGARPA (2010): Importancia del maíz en el sector agropecuario nacional, extraído de: http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/sispro/IndModelos/SP_AG/Maiz, consultada en julio de 2010.

Agrosience: <http://www.agrosience.com.pe>, consultada en julio de 2010.

Ficha técnica de maíz: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>, consultada en 2010.

Botánica del maíz: <http://www.biologia.edu.ar/botanica>, consultada en julio de 2010.

FAO (2010). Cosecha de granos trigo, maíz, frijol y soya: <http://www.fao.org/docrep/x5051s/x5051s03.htm>

Botanical (2010): www.botanical-online.com/fotosintesis

ISTA: <http://www.seedtest.org>, consultada en agosto de 2010.

AOSCA: <http://www.aosca.org>, consultada en agosto de 2010.

VII. APÉNDICE

ANEXOS

Anexo 1. Cuadrados medios y significancia de diferentes variables evaluadas en el estudio de “Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”. Primavera-Verano 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.

Variables	Repetición	Gen	AE/F	Esp/Hoj	D.P.	Gen*AE/F	Gen/D.P.	Media	C.V.
Rendimiento	2351373 NS	511.11 NS	6832280**	589777 NS	4062625*	4980855*	350670 NS	8551	10.19
DFM	0.76 NS	1.50*	376.04**	1.93**	0.16NS	10.66**	0.041 NS	74	0.80
DFF	7.04*	117.04**	13.50**	1.33 NS	7.04NS	3.37 NS	0 NS	76	1.74
Alt. Planta	0.25**	0.08**	0.71**	0.05**	0.005 NS	1.57**	0.0084 NS	153	7.09
Alt. Mz.	0.07**	0.41**	0.36**	0.01 NS	0 NS	0.75**	0.0009 NS	105	8.90
Mz. Buenas	145.54**	404.26**	0.01 NS	7.12 NS	44.01 NS	17.51 NS	46.76 NS	16	26.54
Mz. Malas	47.62 NS	1080.04**	45.37 NS	25.79 NS	40.04 NS	315.37**	5.04 NS	11	38.18
P.Vol.	1051.82*	7884.37**	1426.04*	471.52NS	66.66 NS	504.16 NS	84.37 NS	741	2.27
200 granos	27.87 NS	532.04**	30.37 NS	8.79 NS	12.04 NS	610.04**	260.041**	64.3	8.11
Long. Mz.	3.57*	2.04 NS	0 NS	1.02 NS	0.16 NS	22.04**	0.041*	13.7	6.75
Hil/Mz.	0.40 NS	16.66**	0.37 NS	0.19 NS	0.04 NS	3.37 NS	0.041 NS	15	6.70
Granos/Hil	1.78 NS	150.00**	8.16 NS	4.08 NS	0 NS	54.0**	20.16*	27	7.76
Diam. Mz.	0.36**	0.92**	0.01 NS	0.01 NS	0.16 NS	0.37**	0.0016 NS	4.5	4.55
Diam. Olote	0.22*	0.42**	0.08 NS	0.12 NS	0.04 NS	0.57**	0.0004 NS	2.5	8.91
%MS	30.38**	17.51**	3.01 NS	0.64 NS	0.01NS	29.26**	5.51 NS	82	1.74
%Grano	0.66 NS	78.84 NS	12.76**	0.59 NS	1.26NS	3.01 NS	0.84 NS	86	1.09

NS= No significativa estadísticamente

*, **= Significancia al 0.05 y al 0.01 respectivamente.

Anexo 2. Comparación de medias para diferentes genotipos en el estudio de “Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.

Genotipo	Rendimiento (Kg./ha.)	DFM (días)	DFF (días)	Alt. Planta (cm)	Alt. Mz. (cm)	Mz. Buenas	Mz. Malas	P. Vol.	S. Mz.
H-47	8548 a	74 b	77 a	156 a	112 a	14 b	14 a	732 b	7 b
H-49	8553 a	75 a	75 b	150 b	99 b	18 a	7 b	750 a	8 a
D.S.H (0.05)	356	0.24	0.54	0.04	0.03	1.71	1.68	6.88	0.19

S. Planta	Genotipo	200 granos (g.)	Long. Mz. (cm)	Hil/Mz.	Granos/Hil	Diam. Mz. (cm)	Diam. Olote (cm)	Granos/Mz	% MS	% Grano
8 b	H-47	67 a	13.5 a	15.5 a	26 b	5 a	2 b	412 a	83 a	87 a
8.2 a	H-49	62 b	13.8 a	15.0 b	28 a	4 b	3 a	413 a	82 b	85 b
0.29	D.S.H (0.05)	2.12	0.38	0.41	0.85	0.08	0.09	23.61	0.58	0.38

*Las medias con la misma letra estadísticamente no tienen diferencia significativa (Tukey al 0.05 de significancia)

Anexo 3. Comparación de medias para androesterilidad (AE) vs androfertilidad (F) en promedio de dos genotipos en el estudio de “Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.

Tratamiento	Rendimiento (Kg./ha.)	DFM (días)	DFF (días)	Alt. Planta (cm)	Alt. Mz. (cm)	Mz. Buenas	Mz. Malas	S. Mz.	S. Planta	P. Vol.
AE	8817 a	76 a	76 b	144 b	100 b	16 a	11 a	8 b	8 a	745 a
F	8284 b	72 b	77 a	162 a	112 a	16 a	10 a	8.02 a	8 a	737 b
D.S.H (0.05)	356	0.24	0.54	0.04	0.04	1.71	1.70	0.19	0.29	6.88

200 granos (g)	Tratamiento	Long. Mz (cm)	Hil/Mz	Granos /Hil	Diam. Mz (cm)	Diam. Olote (cm)	Granos/Mz	%MS	%Grano
64 a	AE	14 a	15 a	27 a	4.5 a	2.5 a	416 a	82 a	87 a
65 a	F	14 a	15 a	27 a	4.5 a	2.4 a	408 a	82 a	86 b
2.12	D.S.H (0.05)	0.38	0.41	0.85	0.08	0.09	23.61	0.58	0.38

*Las medias con la misma letra estadísticamente no tienen diferencia significativa (Tukey al 0.05 de significancia)

Anexo 4. Comparación de medias de los tratamientos desespigue y eliminación de Hojas (ESP/HOJ) en dos cruces simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) en el estudio de “Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.

Tratamiento	Rendimiento (Kg./ha.)	DFM (días)	DFF (días)	Alt.Planta (cm)	Alt.Mz (cm)	Mz. Buenas	Mz. Malas	P.Vol.	S. Mz.	S. Planta
Testigo	8330 a	74 b	77 a	159 a	102 a	15 a	10 a	741 a	8 a	8 a
Desp.	8555 a	75 a	76 a	152 ab	106 a	16 a	12 a	747 a	8 a	8 a
D+1	8687 a	74.5 ab	76 a	153 ab	108 a	16 a	12 a	737 a	8 a	8 a
D+2	8630 a	75 a	77 a	147 b	106 a	16 a	10 a	738 a	8 a	8 a
D.S.H (0.05)	664	0.452	1.01	0.08	0.07	3.20	3.14	12.86	0.36	0.55

200 granos (g)	Long. Mz. (cm)	Hil/Mz	Granos/Hil	Diam. Mz. (cm)	Diam. Olote (cm)	Granos/Mz	%MS	%Grano
63 a	14 a	15 a	27 a	4.5 a	2.6 a	435 a	82 a	86 a
64 a	14 a	15 a	27 a	5.5 a	2.4 a	410 a	82 a	86 a
65 a	14 a	15 a	27 a	4.5 a	2.4 a	407 a	82 a	86 a
64 a	13 a	15 a	26 a	4.5 a	2.4 a	397 a	82 a	87 a
3.97	0.70	0.77	1.59	0.15	0.17	44.11	1.09	0.72

*Las medias con la misma letra estadísticamente no tienen diferencia significativa (Tukey al 0.05 de significancia)

Anexo 5. Comparación de medias de dos densidades de población (D.P.) bajo los tratamientos de ESP/HOJ en el estudio “Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.

D.P. (pl/ha.)	Rendimiento (Kg./ha.)	DFM (días)	DFF (días)	Alt. Planta (cm.)	Alt. Mz. (cm.)	Mz. Buenas	Mz. Malas	P.Vol.	S. Mz.
55 000	8345 b	74 a	76 a	153 a	106 a	15 a	10 a	740 a	8 a
70 000	8756 a	74 a	77 a	152 a	105 a	16 a	11 a	742 a	8 a
D.S.H (0.05)	356	0.24	0.54	0.04	0.03	1.71	1.68	6.88	0.19

S. Planta	200 granos (g)	Long. Mz. (cm)	Hil/Mz.	Granos/Hil	Diam. Mz. (cm)	Diam. Olote (cm)	Granos/Mz.	%MS	%Grano
8 a	64 a	14 a	15 a	27 a	4.6 a	2.5 a	413 a	82 a	86 a
7.7 b	65 a	14 a	15 a	27 a	4.5 a	2.5 a	412 a	82 a	87 a
0.30	2.12	0.38	0.41	0.85	0.08	0.09	23.61	0.58	0.38

*Las medias con la misma letra estadísticamente no tienen diferencia significativa (Tukey al 0.05 de significancia)

Anexo 6. Comparación de medias de dos cruza simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo diferentes tratamientos en el estudio de “Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.

Genotipo	AE/F	Rendimiento (Kg/ha)	DFM (días)	DFE (días)	Alt. Planta (cm)	Alt. Mz. (cm)	Mz. Buenas	Mz. Malas	P.Vol
H-47	AE	8587	76	77	134	97	13	17	733
H-47	F	8509	73	78	177	127	14	12	730
H-49	AE	9048	77	75	154	102	18	6	756
H-49	F	8058	72	76	145	96	17	9	744

S. Mz.	S. Planta	200 granos (g)	Long. Mz. (cm)	Hil/ Mz.	Granos/ Hil	Diam. Mz. (cm)	Diam. Olote (cm)	Granos/ Mz	%MS	%Grano
7	8	64	13.04	15	25	4.6	2.5	405	83	87
8	8	70	14	16	27	4.7	2.3	418	82	87
8	8	64	14.29	15	29	4.5	2.5	428	81	86
8	8	60	13.33	14	28	4.4	2.6	399	82	85

Anexo 7. Comparación de medias de dos cruza simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo los tratamientos ESP/HOJ en el estudio de “Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.

Genotipo	ESP/HOJ	Rendimiento (Kg./ha.)	DFM (días)	DFE (días)	Alt. Planta (cm)	Alt. Mz. (cm)	Mz. Buenas	Mz. Malas	P.Vol.
H-47	Testigo	7997	74	78	160	106	12	13	730
H-47	Desp.	8686	74	77	156	114	14	15	739
H-47	D+1	8817	74	77	156	116	14	15	725
H-47	D+2	8694	75	78	150	112	15	13	732
H-49	Testigo	8663	74	75	158	98	18	7	752
H-49	Desp.	8425	75	76	148	98	17	8	755
H-49	D+1	8558	75	75	150	100	18	8	750
H-49	D+2	8567	75	75	143	100	18	7	743

S. Mz.	S. Planta	200 granos (g)	Long. Mz. (cm)	Hil/Mz	Granos/ Hil	Diam. Mz. (cm)	Diam. Olote (cm)	Granos/ Mz	% MS	% Grano
7	8	66	13.3	15	25	4.6	2.5	436	83	88
7	8	67	13.8	16	27	4.7	2.4	410	83	87
7	8	67	13.7	16	26	4.6	2.4	404	82	87
8	8	66	13.1	16	25	4.6	2.4	387	83	88
8	8	61	13.8	15	29	4.4	2.7	434	82	85
8	8	62	13.9	14	28	4.4	2.5	401	82	86
8	8	62	13.8	14	28	4.4	2.5	410	82	85
8	8	62	13.6	15	28	4.4	2.5	407	82	86

Anexo 8. Comparación de medias de dos cruzas simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo los tratamientos D.P. en el estudio de “Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.

Genotipo	D.P. (pl/ha.)	Rendimiento (Kg/ha.)	DFM (días)	DFF (días)	Alt. Planta (cm.)	Alt. Mz. (cm.)	Mz. Buenas	Mz. Malas	P.Vol.
H-47	55 000	8403	74	77	155	112	14	13	732
H-47	70 000	8694	74	78	156	112	14	15	732
H-49	55 000	8287	75	75	151	100	16	7	748
H-49	70 000	8819	75	76	148	98	19	8	752

S. Mz.	S. Planta	200 granos (g)	Long. Mz. (cm)	Hil/ Mz.	Granos/ Hil	Diam. Mz. (cm)	Diam. Olote (cm)	Granos/ Mz.	% MS	% Grano
7	8	65	13.2	16	25	4.7	2.4	406	83	87
7	8	69	13.8	15	26	4.6	2.4	417	82	87
8	8	63	14	15	29	4.5	2.6	421	82	85
8	8	61	13.6	15	28	4.4	2.5	406	82	86

Anexo 9. Comparación de medias de dos cruzas simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo los tratamientos AE/F y ESP/HOJ en el estudio de “Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.

AE/F	ESP/HOJ	Rendimiento (Kg./ha.)	DFM (días)	DFF (días)	Alt. Planta (cm)	Alt. Mz. (cm)	Mz. Buenas	Mz. Malas	P.Vol.
AE	Testigo	8488	76	76	145	97	15	10	745
AE	Desp.	8776	76	76	142	99	15	14	747
AE	D+1	9129	76	75	149	104	17	12	743
AE	D+2	8877	76	76	141	99	16	10	743
F	Testigo	8172	72	77	173	108	16	9	737
F	Desp.	8334	73	77	162	113	16	10	747
F	D+1	8246	72	77	157	113	15	12	732
F	D+2	8384	73	77	153	113	16	10	733

200 granos (g)	Long. Mz. (cm)	Hil/Mz.	Granos/Hil	Diam. Mz. (cm)	Diam. Olote (cm)	Granos/Mz.	%MS	%Grano
64	13.3	15	26	4.6	2.6	451	82	87
62	13.5	15	27	4.4	2.4	409	83	87
64	14.0	15	26	4.5	2.5	406	83	86
64	13.8	15	26	4.5	2.5	400	83	87
63	13.8	15	28	4.5	2.6	419	83	86
67	14.2	15	28	4.7	2.4	411	82	86
66	13.6	15	27	4.5	2.4	408	82	86
64	13.0	15	26	4.5	2.4	395	82	86

Anexo 10. Comparación de medias de dos cruzas simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo la interacción AE/F*D.P. en el estudio de "Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz". P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.

AE/F	D.P. (pl/ha.)	Rendimiento (Kg./ha.)	DFM (días)	DFF (días)	Alt. Planta (cm)	Alt. Mz. (cm)	Mz. Buenas	Mz. Malas	P.Vol.
AE	55 000	8578	76	76	145	100	15	11	747
AE	70 000	9057	76	76	144	99	17	12	742
F	55 000	8112	72	76	163	112	15	9	733
F	70 000	8556	73	77	160	112	16	11	741

200 granos (g)	Long. Mz. (cm)	Hil/Mz.	Granos/ Hil	Diam. Mz. (cm)	Diam. Orote (cm)	Granos/Mz.	%MS	%Grano
63	13.3	15	27	4.6	2.5	422	83	87
64	13.7	15	26	4.5	2.5	411	82	87
65	13.6	15	27	4.6	2.5	405	82	86
65	13.7	15	27	4.5	2.4	412	82	86

Anexo 11. Comparación de medias de dos cruzas simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo la interacción Gen*AE/F*ESP/HOJ*D.P. en el estudio de "Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz". P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.

Genotipo	AE/F	ESP/HOJ	D.P. (pl/ha.)	Rendimiento (Kg./ha.)	P.Vol	200 granos (g)	Hil/ Mz.	Diam. Mz (cm)	Diam. Orote (cm)	Granos/ Mz.	% MS	% Grano
H-47	AE	Testigo	55 000	8093	730	65	15	4.7	2.7	453	84	88
H-47	AE	Testigo	70 000	8093	730	65	15	4.7	2.7	453	84	88
H-47	AE	Desp.	55 000	8662	750	60	16	4.5	2.4	396	85	87
H-47	AE	Desp.	70 000	8649	727	63	16	4.5	2.5	426	83	87
H-47	AE	D+1	55 000	8494	740	60	16	4.7	2.5	420	84	87
H-47	AE	D+1	70 000	9801	713	67	14	4.4	2.4	357	83	87
H-47	AE	D+2	55 000	8698	740	64	15	4.6	2.5	364	84	88
H-47	AE	D+2	70 000	8210	737	66	15	4.5	2.5	374	82	87
H-47	F	Testigo	55 000	7902	730	68	15	4.6	2.3	418	83	87
H-47	F	Testigo	70 000	7902	730	68	15	4.6	2.3	418	83	87
H-47	F	Desp.	55 000	8230	730	70	15	4.9	2.3	390	81	87
H-47	F	Desp.	70 000	9203	750	75	16	4.9	2.4	465	82	86
H-47	F	D+1	55 000	8401	720	67	17	4.8	2.5	425	82	87
H-47	F	D+1	70 000	8571	727	75	16	4.6	2.1	414	81	87
H-47	F	D+2	55 000	8746	715	64	16	4.7	2.3	380	82	87
H-47	F	D+2	70 000	9121	740	71	16	4.6	2.3	432	83	88
H-49	AE	Testigo	55 000	8883.33	760	64	16	4.5	2.6	449	80	86
H-49	AE	Testigo	70 000	8883.33	760	64	16	4.5	2.6	449	80	86
H-49	AE	Desp.	55 000	8515	747	65	14	4.5	2.4	406	80	86

H-49	AE	Desp.	70 000	9279.29	767	62	15	4.3	2.5	410	83	88
H-49	AE	D+1	55 000	8219	762	68	14	4.5	2.5	426	82	86
H-49	AE	D+1	70 000	1000.3	757	61	15	4.5	2.5	421	82	86
H-49	AE	D+2	55 000	9061	747	62	16	4.6	2.6	460	82	86
H-49	AE	D+2	70 000	9537.5	750	66	15	4.4	2.4	401	82	86
H-49	F	Testigo	55 000	8442	743	57	15	4.4	2.9	420	83	85
H-49	F	Testigo	70 000	8442	743	57	15	4.4	2.9	420	83	85
H-49	F	Desp.	55 000	7399	750	61	14	4.5	2.6	396	81	85
H-49	F	Desp.	70 000	8505.37	757	61	15	4.3	2.5	391	83	85
H-49	F	D+1	55 000	8142	743	63	15	4.4	2.5	425	82	85
H-49	F	D+1	70 000	7870	737	58	14	4.4	2.5	369	82	85
H-49	F	D+2	55 000	7635	733	65	14	4.4	2.5	383	82	85
H-49	F	D+2	70 000	8033.33	743	57	14	4.2	2.4	387	81	86

Anexo 12. Comparación de medias de dos cruces simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo la interacción Gen*AE/F*ESP/HOJ en el estudio de “Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.

Genotipo	AE/F	ESP/HOJ	Rendimiento (Kg./ha.)	DFM (días)	DFP (días)	Alt. Planta (cm)	Alt. Mz (cm)	Mz. Buenas	Mz. Malas	P. Vol.	200 granos (g)	Granos/Mz	% MS	% Grano
H-47	AE	Testigo	8093	76	77	133	93	10	17	730	65	453	84	88
H-47	AE	Desp.	8655	76	77	130	97	13	18	738	61	411	84	87
H-47	AE	D+1	9147	76	77	142	105	15	17	727	63	388	83	87
H-47	AE	D+2	8454	76	78	133	95	15	14	738	65	369	83	87
H-47	F	Testigo	7902	72	78	187	120	15	8	730	68	418	83	87
H-47	F	Desp.	8717	73	78	183	132	15	13	740	72	428	81	87
H-47	F	D+1	8486	73	77	172	128	13	13	723	71	420	81	87
H-47	F	D+2	8933	73	78	168	130	14	12	727	67	406	82	88
H-49	AE	Testigo	8883	77	76	157	100	19	4	760	64	449	80	86
H-49	AE	Desp.	8897	77	75	155	102	18	9	757	63	408	81	87
H-49	AE	D+1	9111	77	74	157	103	19	6	759	64	423	82	86
H-49	AE	D+2	9299	77	75	148	103	17	6	748	64	430	82	86
H-49	F	Testigo	8442	72	75	160	97	17	10	743	57	420	83	85
H-49	F	Desp.	7952	72	76	142	95	17	7	753	61	394	82	85
H-49	F	D+1	8006	72	76	143	98	17	10	740	61	397	82	85
H-49	F	D+2	7834	73	76	138	97	18	7	738	61	397	82	85

Anexo 13. Comparación de medias de dos cruzas simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo la interacción Gen*ESP/HOJ*D.P. en el estudio de “Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.

Genotipo	ESP/HOJ	D.P. (pl/ha.)	Rendimiento (Kg./ha.)	DFM (días)	DFE (días)	P.Vol.	200 granos (g)	Diam. Mz (cm)	Diam. Olote (cm)	Granos /Mz	% MS	% Grano
H-47	Testigo	55 000	7997	74	78	730	66	4.6	2.5	436	83	88
H-47	Testigo	70 000	7997	74	78	730	66	4.6	2.5	436	83	88
H-47	Desp.	55 000	8446	74	77	740	65	4.7	2.3	393	83	87
H-47	Desp.	70 000	8926	75	77	738	69	4.7	2.5	446	82	87
H-47	D+1	55 000	8448	74	77	730	63	4.7	2.5	422	83	87
H-47	D+1	70 000	9186	74	77	720	71	4.5	2.2	386	82	87
H-47	D+2	55 000	8722	74	77	727	64	4.6	2.4	372	83	87
H-47	D+2	70 000	8665	75	78	738	68	4.6	2.4	403	82	87
H-49	Testigo	55 000	8663	74	75	752	61	4.5	2.7	434	82	85
H-49	Testigo	70 000	8663	74	75	752	61	4.5	2.7	434	82	85
H-49	Desp.	55 000	7957	75	75	748	63	4.5	2.5	401	81	85
H-49	Desp.	70 000	8892	74	76	762	61	4.3	2.5	401	83	86
H-49	D+1	55 000	8180	75	75	752	66	4.5	2.5	425	82	85
H-49	D+1	70 000	8936	75	75	747	59	4.4	2.5	395	82	85
H-49	D+2	55 000	8348	75	75	740	64	4.5	2.5	421	82	85
H-49	D+2	70 000	8785	75	76	747	61	4.3	2.4	394	82	85

Anexo 14. Comparación de medias de dos cruzas simples progenitoras en su versión androestéril (AE) y androfértil (F) de dos genotipos bajo la interacción AE/F*ESP/HOJ*D.P. en el estudio de “Densidad de población, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz”. P-V 2009. FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli, Mex.

AE/F	ESP/HOJ	D.P. (pl/ha.)	Rendimiento (Kg./ha.)	DFM (días)	DFE (días)	Alt. Planta (cm)	Alt. Mz. (cm)	P.Vol.	200 granos (g)	Granos /Mz.	%MS	%Grano
AE	Testigo	70 000	8488	76	76	145	97	745	64	451	82	87
AE	Desp.	55 000	8588	76	76	145	102	748	62	401	82	86
AE	Desp.	70 000	8964	76	76	140	97	747	62	418	83	87
AE	D+1	55 000	8356	76	75	148	102	751	64	423	83	86
AE	D+1	70 000	9902	76	76	150	107	735	64	389	83	86
AE	D+2	55 000	8878	76	76	140	102	743	63	412	83	87
AE	D+2	70 000	8874	76	77	142	97	743	66	387	82	87
F	Testigo	55 000	8172	72	77	173	108	737	63	419	83	86
F	Testigo	70 000	8172	72	77	173	108	737	63	419	83	86
F	Desp.	55 000	7814	73	76	163	113	740	66	393	81	86
F	Desp.	70 000	8854	73	77	162	113	753	68	428	82	86
F	D+1	55 000	8271	72	76	160	113	732	65	425	82	86
F	D+1	70 000	8221	72	77	155	113	732	67	391	82	86
F	D+2	55 000	8190	73	76	155	113	724	65	381	82	86
F	D+2	70 000	8577	73	77	152	113	742	64	409	82	87