



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**Productividad de las cruzas simples  
progenitoras y el híbrido trilineal de maíz H-  
53 AE en tres densidades de población.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRICOLA**

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

**FRANCISCO SEBASTIÁN MARTÍNEZ DÍAZ**

**ASESOR: DR. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERÓN**

**COACESORA: DRA. MARGARITA TADEO ROBLEDO**

**CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO, 2018**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

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

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA**  
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES CUAUTITLÁN.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Productividad de las cruizas simples progenitoras y el hibrido de maíz H-53 AE en tres densidades de población

Que presenta el pasante: FRANCISCO SEBASTIÁN MARTÍNEZ DÍAZ  
Con número de cuenta: 41206418-0 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Agrícola

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

**ATENTAMENTE**  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 14 de diciembre de 2017.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Dr. Alejandro Espinosa Calderón	
<b>VOCAL</b>	Dr. Joob Anastacio Zaragoza Esparza	
<b>SECRETARIO</b>	Ing. Francisco Javier Vega Martínez	
<b>1er. SUPLENTE</b>	Ing. Ángel Cipriano López Cortés	
<b>2do. SUPLENTE</b>	M.C. Enrique Inoscencio Canales Islas	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

## DEDICATORIAS

A mis padres, les dedico este trabajo, punto culminante de mi vida académica, a ustedes quienes siempre me apoyaron. Después de los errores cometidos, me ayudaron en los momentos más oscuros de mi vida y me guiaron hacia el camino correcto para llegar a este momento. Gracias por los consejos, por los regaños y sobre todo por ser mis padres en todo momento. Por todo GRACIAS TOTALES.

A mis hermanos, por apoyarme en este camino que elegí, y al igual que me apoyaron, yo los apoyare en lo que pueda para sigan caminando hacia su meta que ustedes se fijaron.

A mis abuelas, que me apoyaron en tiempos difíciles dándome consejos que parece que no funcionan en ese instante pero te das cuenta con el tiempo son más efectivos de lo que se cree.

A los maestros que creyeron en mí, que me brindaron su tiempo para compartir sus conocimientos y enseñanzas que me ayudaron forjar este camino, con orgullo les digo Gracias.

A mis amigos, que me acompañaron en este camino, las alegrías, las tristezas, las experiencias compartidas durante estos cinco años. Mis mejores amigos Saúl D., Jairo Par., Mario H., Oscar Z., Daniel G., Laura M. y Monserrat S. Gracias por los mejores momentos de mi vida.

A todas las personas que se cruzaron en mi vida, que tuve la fortuna de haberlas conocido, por los momentos bueno y malos que compartimos. Gracias a todos por acompañarme.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, máxima casa de estudios de la nación, que me recibió con los brazos abiertos para poder estudiar en una carrera tan hermosa. Gracias por permitirme ser un Ingeniero Agrícola que donde quiera que vaya pregonare, honrare y defenderé con orgullo a la universidad y a la carrera.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por permitirme estudiar dentro sus aulas en la carrera más hermosa, donde conocí a las mejores personas que son mis amigos, a profesores, de los cuales aprendimos con sus enseñanzas y sus consejos.

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT: IT201618 por otorgar recursos económicos, que fueron de gran apoyo para la realización de este trabajo de investigación.

A la Dra. Margarita Tadeo Robledo por permitirme ser parte un gran equipo de trabajo, por ayudarme a aclarar mis objetivos y mis metas tanto académicas como personales, por todo el apoyo recibido como tutora, maestra y persona, por ser una gran líder de equipo del cual estoy orgulloso de formar parte.

Al Dr. Alejandro Espinosa Calderón por introducirnos a un mundo de maíz, por mostrar el amor y la paciencia con la cual realiza su trabajo, por ser un ejemplo a seguir como persona, como maestro y como amigo, asimismo por otorgarme el honor de ser ayudante de Investigador Nacional Nivel III, y otorgarme una beca del Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que me ayudo durante la culminación de este trabajo.

Al Dr. Joob Zaragoza Esparza por el apoyo moral, sus consejos y sus enseñanzas que nos ayudan en nuestra vida.

Al grupo de trabajo de semillas de la UNAM, por permitirme integrarme al mejor equipo, por su apoyo en la toma de datos de este trabajo, en especial a Enrique Canales, Beatriz Martinez, Consuelo López, Israel Arteaga y Julio Espinosa por los mejores momentos que se pasan en los ratos libres y en el trabajo.

Al grupo de trabajo del INIFAP, por mostrarme el verdadero trabajo que se encuentra detrás de la investigación de uno de los cultivos más importantes del mundo: el maíz. En especial a Israel García, Felipe Blancas, David Cerón, Christian Rojas y Rolando Ortiz. Gracias por los momentos más divertidos tanto en el trabajo como en los momentos de descanso.

A los miembros del jurado: Dr. Alejandro Espinosa Calderón, al Dr. Joob Anastasio Zaragoza Esparza, al Ing. Francisco Javier Vega Martínez, al Ing. Ángel Cipriano López Cortes y al M.C. Enrique Canales Islas.

A Fernanda Medina, por tener la dicha de haberte conocido, por ser una linda y amable persona. Te doy las gracias por haber aparecido en mi vida. Gracias de todo corazón.

## ÍNDICE

	<i>Página</i>
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS	iii
RESUMEN	v
I. Introducción	1
I.1. Objetivos generales	4
I.2. Hipótesis	4
II. Revisión de literatura	5
II.1. El Maíz	5
II.2. Producción de Maíz	6
II.3. Descripción de Valles Altos	7
II.4. Densidades de Población	8
II.5. Maíz híbrido	10
II.6. Tipos de híbridos	10
II.6.1. Híbridos de cruza simple	10
II.6.2. Híbridos trilineales	11
II.6.3. Híbridos dobles	11
II.6.4. Variedades sintéticas	12
II.6.5. Variedades criollas	12
II.7. Androesterilidad	13
II.7.1. Tipos de androesterilidad	13
II.7.1.1. Esterilidad masculina genética	13
II.7.1.2. Esterilidad masculina citoplasmática	13
II.8. Rendimiento	14

III. Materiales y Métodos	15
III.1. Descripción de la zona de estudio	15
III.1.1. Clima	15
III.1.2. Suelo	15
III.2. Material genético	16
III.3. Diseño experimental	16
III.4. Análisis estadístico	16
III.5. Manejo agronómico	16
III.6. Variables evaluadas	17
IV. Resultados y discusión	20
V. Conclusiones	34
VI. Literatura citada	35

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

		Página
Figura 1	Representación de la producción de los países maiceros	7
Figura 2	Rendimientos (kg ha <sup>-1</sup> ) en cruzas simples e híbrido trilineal en cada una de las tres densidades de población (miles de plantas ha <sup>-1</sup> ) en dos ambientes de evaluación. Ciclo primavera verano 2014. FESC y CEVAMEX.	30
Figura 3	Rendimientos (kg ha <sup>-1</sup> ) en cruzas simples e híbrido trilineal en cada una de las tres densidades de población (miles de plantas ha <sup>-1</sup> ) en dos ambientes de evaluación. Ciclo primavera verano 2014. FESC y CEVAMEX.	32
Cuadro 1	Superficie sembrada, producción, rendimiento, precio medio rural, y valor de la producción de los estados que forman la región de los Valles Altos	8
Cuadro 2	Superficie sembrada, producción, rendimiento, precio medio rural y valor de la producción, en los distritos agrícolas que conforman el Estado de México.	9
Cuadro 3	Cuadrados medios y significancia estadística obtenidos de variables evaluadas en cruzas simples progenitoras e híbrido comercial trilineal comercial de maíz H-53 AE FESC UNAM e INIFAP, en Cuautitlán Izcalli, México. Ciclo Primavera-verano 2014.	22
Cuadro 4	Comparación de medias entre las densidades de población de las variables evaluadas en cruzas simples progenitoras e híbrido comercial trilineal comercial de maíz H-53 AE. FESC y CEVAMEX. P-V 2014	23
Cuadro 5	Comparación de medias entre los ambientes de las variables evaluadas en cruzas simples progenitoras e híbrido comercial trilineal comercial de maíz H-53 AE. FESC y CEVAMEX. P-V 2014.	25
Cuadro 6	Comparación de medias entre los genotipos de las variables evaluadas en cruzas simples progenitoras e híbrido comercial trilineal comercial de maíz H-53 AE. FESC y CEVAMEX. P-V 2014	28

	Página
Cuadro 7	Rendimientos medios de las diferentes variables evaluadas en cruzas simples e híbrido trilineal en cada una de las tres densidades de población en dos ambientes de evaluación. Ciclo primavera verano 2014. FESC y CEVAMEX. 30
Cuadro 8	Rendimientos medios de las diferentes variables evaluadas en cruzas simples e híbrido trilineal en cada uno de los dos ambientes de evaluación en el promedio de tres densidades de población. Ciclo primavera verano 2014. FESC y CEVAMEX. 31

## RESUMEN

Una opción para elevar el empleo de semillas públicas y corregir la distorsión del sistema de este insumo en México es promover microempresas de semillas de instituciones de investigación como la UNAM e INIFAP que desarrollan nuevas variedades. Es importante generar información sobre el manejo agronómico y la respuesta de los híbridos y los progenitores de estos híbridos. Partiendo de lo anterior, en este trabajo se planteó como objetivo determinar el efecto de tres diferentes densidades de población sobre la productividad de semilla y grano de la crusa simple hembra progenitora del híbrido trilineal de maíz H 53 AE, así como del propio híbrido.

El trabajo se llevó a cabo en el ciclo primavera-verano 2014, en dos municipios del Estado de México, Cuautitlán Izcalli, ubicado a una altitud de 2274 msnm y Texcoco, a una altitud de 2240 msnm. Se evaluaron tres genotipos, la crusa simple hembra, progenitora del híbrido trilineal H 53 AE, en la versión androestéril (M53 AE x M59) y la versión fértil de la misma crusa simple progenitora (M53 F x M59), el tercer genotipo correspondió al híbrido trilineal H 53 AE, el cual tiene la nomenclatura (M53 AE x M59) x M60 en la versión androestéril y (M53F x M59) x M60 en la versión fértil. Este híbrido fue inscrito en el año 2015, en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), por parte del INIFAP, obteniendo el número de registro 3152-MAZ-1658-300615/C, también cuenta con Título de Obtentor (1533), obtenido el 23 de junio de 2016, ante la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV), cuya sede se encuentra en Ginebra, Suiza.

Se utilizaron tres densidades de población: 55,000, 70,000 y 85,000 plantas por hectárea. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. Utilizándose el mismo diseño para cada una de las localidades de estudio. El análisis estadístico se efectuó con arreglo factorial, en donde se consideraron los factores de variación: ambientes (A), genotipos (G), densidades de población (DP), así como las interacciones entre estos factores. Los datos se analizaron con el programa estadístico de SAS 9.0. Realizándose un análisis de varianza y comparación de medias por método de Tukey, al 0.05 de significancia.

Se concluyó que las cruzas simples hembras (M53AE X M59), androestéril y (M53F X M59), fértil, progenitoras del híbrido trilineal H 53 AE en la media de tres densidades de población y dos ambientes bajo los cuales se evaluaron, exhibieron rendimiento medio estadístico similar (8481 kg ha<sup>-1</sup> y 8400 kg ha<sup>-1</sup>), valores que superaron estadísticamente al híbrido trilineal H 53 AE ( 7280 kg ha<sup>-1</sup>). En los tres casos, aun cuando no mostraron el alto potencial productivo que poseen, los rendimientos fueron buenos considerando que las fechas de siembra en el mes de junio fueron tardías.

Se determinó que la densidad de población, bajo la cual se obtuvo el mejor rendimiento considerando la media de los dos ambientes y tres genotipos evaluados, fue 70000 plantas ha<sup>-1</sup> , con rendimiento de 8602 kg ha<sup>-1</sup>, diferente significativamente respecto al rendimiento bajo 85000 plantas ha<sup>-1</sup> con 7813 kg ha<sup>-1</sup>, y 7748 kg ha<sup>-1</sup>, bajo 55000 plantas ha<sup>-1</sup> . Estas dos densidades y sus rendimiento fueron similares estadísticamente. Lo que confirma que este resultado podría incorporarse en algún paquete tecnológico de producción tanto de semilla como de grano. Se concluyó que el mejor ambiente en el promedio de los tres genotipos y las tres densidades de población empleadas, fue la FESC (Cuautitlán Izcalli) con 8768 kg ha<sup>-1</sup> seguido del ambiente de CEVAMEX (Texcoco) con un rendimiento de 7339 kg ha<sup>-1</sup>. Lo que resultó de las condiciones ambientales de la FESC (Cuautitlán Izcalli) por efecto de las precipitaciones que se presentaron, y de las propiedades favorables del suelo en este ambiente. En las interacciones ambiente x genotipo, así como la interacción ambiente x densidad de población se detectaron diferencias altamente significativas para rendimiento y otras variables (floración masculina, peso de 200 granos). Lo anterior indica que hay una respuesta diferencial de los genotipos en los ambientes en los cuales se condujo este experimento y también del ambiente al emplear diferentes densidades de población, ya que las respuestas en rendimiento fueron diferenciales.

## I. INTRODUCCIÓN

La producción de maíz en México es de 22.1 millones de toneladas, se importan 12 millones de toneladas cada año. Una alternativa para elevar la producción es el empleo de semillas certificadas de maíz en México, que ahora es del 25%. El empleo de semillas certificadas de maíz en México es bajo, con alta concentración del comercio de semillas de compañías privadas, lo que se incrementó con el cierre de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) y la promulgación de la Ley de Semillas en México, en junio de 2007 (Ortiz *et al*, 2007; Luna *et al.*, 2012; Espinosa *et al.*, 2014). El 75 % restante de la superficie sembrada con maíz, se realiza con semillas nativas. Los productores siembran su propia semilla o intercambian semilla local o regionalmente. La mitad de la semilla de maíz sembrada en México corresponde a sus más de 59 razas nativas, la otra fracción son generaciones avanzadas de variedades mejoradas, acriolladas. El comercio de semillas, como se mencionó, está distorsionado (88% corresponde a empresas privadas), por el cierre de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) y poco apoyo al uso de semillas públicas (Espinosa *et al.*, 2014).

Una opción para elevar el empleo de semillas públicas y corregir la distorsión del sistema de semillas en México es promover microempresas de semillas. Lo que han hecho los investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para establecer mecanismos de difusión y uso extensivo de los nuevos maíces mejorados que desarrollan los fitomejoradores. Desde el año 2000 operativamente dejó de funcionar la PRONASE y también se desatendió el apoyo al mejoramiento genético y el sector de las semillas de maíz en México. Se pretendía utilizar tecnología y asesoría externa al país, en una decisión equivocada en el campo mexicano. Una estrategia alternativa sustentable de abastecimiento es a través de organizaciones de productores, agrónomos y productores de maíz independientes, lo que se promovió desde esos años, hasta lograr que las variedades de INIFAP y también de la UNAM tengan esta salida para la difusión de sus variedades (Luna *et al.*, 2012; Espinosa *et al.*, 2014).

Con base en los elementos anteriores, así como la disponibilidad de más de 290 variedades mejoradas generadas por el INIFAP y más de 140 variedades e híbridos generados por otras instituciones con recursos públicos, es necesario mejorar el surtimiento de semillas, como ya ocurre con más de 60 microempresas de semillas de maíz en los Valles Altos de México, así como otras más en el sur del país, las cuales compiten adecuadamente con las empresas transnacionales, entregando de manera constante, segura y con calidad a los productores interesados en semillas para siembra (Espinosa *et al.*, 2014).

Es importante generar información sobre el manejo agronómico y la respuesta de los híbridos y los progenitores de estos híbridos, a la fertilización y densidades de población para optimizar su rendimiento de grano a los productores comerciales y ofrecer la tecnología de producción de semilla a los productores de semilla para aprovechar de manera adecuada los nuevos híbridos de maíz (Virgen *et al.*, 2016).

La fertilidad del suelo es la capacidad que tiene este para producir plantas sanas, robustas, lozanas y productivas de grano y/o forraje. La fertilidad puede ser natural o inducida mediante el manejo apropiado de suelo y la aplicación de fertilizantes orgánicos o inorgánicos que conserven permanentemente la fertilidad del suelo.

Al detectarse que la fertilidad natural, es limitada, para mejorar la fertilidad de suelos se requiere la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, que restituyan al suelo los nutrientes que las cosechas extraen cada ciclo agrícola.

El diagnóstico y la corrección de los problemas nutrimentales del maíz son parte de un conjunto de conocimiento agronómico que contribuye al éxito de la producción de este importante cereal para incrementar la producción y limitar la importación de grandes volúmenes de grano.

Los elementos esenciales se dividen en función de la cantidad relativa en que son requeridos por las plantas. Se les llama macronutrientes a los demandados en mayor proporción y micronutrientes a los requeridos en cantidades pequeñas.

A pesar de ser un país eminentemente maicero, y el hecho de que este cereal es originario de México, se utiliza poco la semilla mejorada. Sin embargo, lejos de mantenerse la soberanía alimentaria, la dependencia en maíz se eleva, representando un grave problema, por todas las implicaciones y repercusiones que ocasiona, lo que incluye el riesgo grave que como país, representa el hecho de ser dependiente en la alimentación y economía en el cultivo y grano más importante (Espinosa *et al.*, 2008).

El mejoramiento del maíz es un proceso continuo y constante en la formación de híbridos y variedades para uso comercial. El uso de semilla mejorada es un elemento clave en muchos países de desarrollo, para alcanzar niveles competitivos en la producción. En México, el uso de semilla mejorada de maíz se ha monopolizado. El comercio de semillas de maíz, por grandes consorcios transnacionales se fortaleció con el cierre de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE), cancelándose prácticamente las opciones para que llegue semilla nacional a los productores de maíz, a menos que urgentemente se promuevan alternativas que equilibren el desmesurado control del comercio de las semillas por las empresas transnacional (Turrent y Espinosa, 2006).

Las grandes empresas que multiplican semillas, generan su propia tecnología para incrementar semilla con eficiencia, esto incluye el manejo agronómico (densidades de población y fertilización). Por su parte, la investigación pública, como la generada por el INIFAP, así como las universidades, han desarrollado su propia tecnología para las variedades mejoradas que se liberan comercialmente. Esta información es útil para el productor de semilla, que debe elegir el fertilizante y su método de aplicación que más se adapte a sus posibilidades, sin embargo es conveniente apegarse a las recomendaciones regionales para las fuentes de cada elemento, ya que estas consideran clima y tipo de suelo.

## 1.1 Objetivos

Determinar el efecto de tres diferentes densidades de población en la productividad de semilla y grano de la cruza simple hembra progenitora del híbrido trilineal de maíz H 53 AE, para semilla así como el propio híbrido trilineal H 53 AE para grano.

Determinar la calidad física de la semilla y grano (peso volumétrico, peso de 200 semillas) de la cruza simple hembra progenitora del híbrido trilineal H 53 AE y el propio híbrido trilineal de maíz, bajo diferente densidad de población y diferentes tratamientos de fertilizantes.

## 1.2 Hipótesis

En la cruza simple e híbrido trilineal del maíz H 53 AE se presentan efectos diferenciales por la aplicación de diferentes densidades de población, lo que influye en la productividad de la cruza simple.

La cruza simple e híbrido trilineal de maíz presentan respuestas diferenciales ante el manejo bajo densidades de la población, lo que influye en la calidad física de la semilla; tamaño de grano (grande, mediano y chico), forma, peso volumétrico, y peso de 200 semillas.

Hay una densidad de población bajo la cual se obtiene mejores rendimientos y calidad física de la semilla de la cruza simple de maíz.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1 El Maíz

El maíz, cuyo nombre proviene de las Antillas, pero en México, los nahuas lo denominaron centli (a la mazorca) y tlaolli (al grano). Es una planta cultivada desde la antigüedad, hace más 7000 años. Siendo el teocintle fuente del germoplasma de los maíces actuales (Reyes , 1990).

El maíz es el cereal de los pueblos y culturas del continente americano. Las más antiguas civilizaciones de América estuvieron acompañadas en su desarrollo por esta planta. Cuando Cristóbal Colon descubrió América en 1492, el maíz se cultivaba en casi todo el continente, fue a partir de este momento cuando comenzó a expandirse por el mundo: primero se cultivó en lugares con clima cálido, como los países cercanos al mediterráneo, y después a otros puntos de Europa y Asia. Por sus características el maíz puede crecer en distintas condiciones geográficas, como climas áridos, o lugares montañosos, e incluso zonas urbanas, como en las mega ciudades (Cuidad de México, Guadalajara y Monterrey) (Reyes, 1990).

El maíz ha generado tanta importancia en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX y los inicios del siglo XXI. En los países industrializados, el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados y recientemente, para la producción de etanol. Por el contrario, en algunos países de América Latina y, cada vez más en países africanos, un gran porcentaje del maíz que se produce o importa se destina al consumo humano. En este sentido, el maíz sigue siendo un factor de sobrevivencia para los campesinos e indígenas que habitan en la mayoría de los países del continente americano (Serratos Hernández0, 2009).

El maíz es una planta gramínea del reino Plantae, botánicamente se encuentra en la clase Angiosperma y subclase monocotiledónea, del orden de los cereales. Pertenece a la familia Poaceae. Su nombre científico es *Zea mays*, donde *Zea* es el género y *mays* la especie. Siendo uno de los ancestros el teocintle. (Serratos Hernández, 2009)

La planta de maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual, su altura va de medio metro a seis metros de alto. Las hojas forman una vaina enrollada al tallo y un limbo más ancho y alargado. Del tallo nacen inflorescencias muy densas o mazorcas envueltas en espatas, en la axila de las hojas. En cada mazorca se ven las filas de granos, cuyo número puede variar de ocho a treinta. A cada grano le corresponde un hilo sedoso que sobresale por el extremo de la mazorca.

El tallo de la planta está rematado en el extremo por una gran panoja de pequeñas flores masculinas que, cuando el polen ha sido derramado, se vuelven secas y parduscas (Poehlman, 2003)

## 2.2. Producción de maíz

Los tres principales granos que se producen en el mundo son maíz, trigo y arroz; siendo el maíz el más importante por su volumen de producción, ya que anualmente, en promedio, se cosechan 855 millones de toneladas (FIRA, 2015).

Estados Unidos produce más del 40% de la producción mundial total; le sigue en importancia la República Popular de China y Brasil. El maíz es el principal cultivo de grano E.U., con una producción promedio (en toneladas), de casi tres veces la de trigo, que es el cultivo de grano que sigue en importancia. El maíz es el principal grano que se utiliza como alimento en México, Centroamérica y la región de los Andes de Sudamérica; también es importante como grano alimenticio en el este y sur de África y China (Poehlman, 2003).

En México, cada año se siembran 8.5 millones de hectáreas con maíz, lo que representa el 60% de producción total de granos, produciendo 22.5 millones de toneladas siendo que la demanda anual de maíz es superior a los 24 millones de toneladas, el promedio nacional de rendimiento por hectárea es de 2.4 toneladas y se importa el 30% necesario (Espinosa *et al.*, 2016).

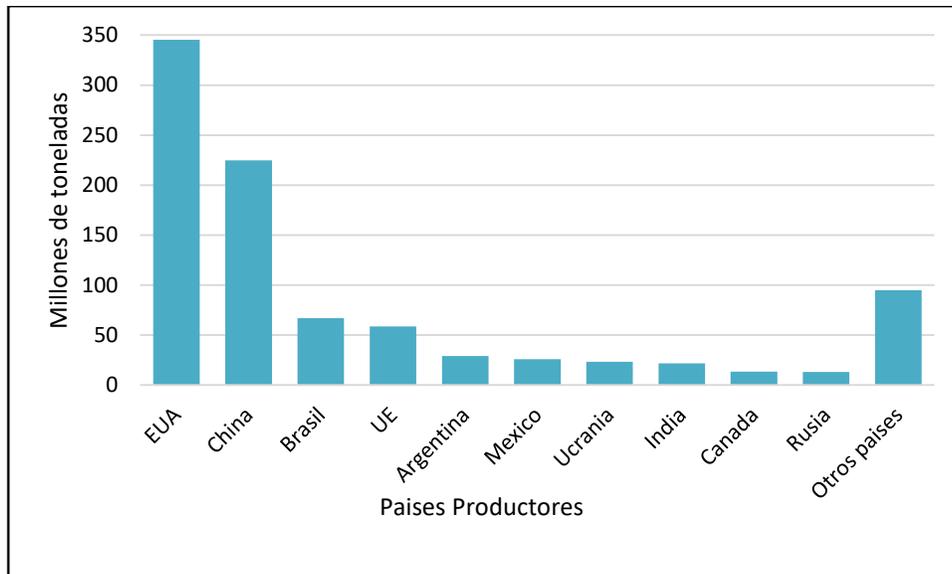


Figura 1. Representación de la producción de los países maiceros. Elaboración propia. Fuente FIRA 2015

### 2.3. Descripción de Valles Altos

Los Valles Altos de la Mesa Central de México, región donde se localizan los estados de Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Querétaro, Michoacán, Morelos, Estado de México, y el Distrito Federal. Se caracterizan por encontrarse a altitud de 2200 a 2600 msnm (Ávila , Arellano, & Gámez, 2009), donde se cultivan más de 2 millones de hectáreas con maíz.

Dicha región se caracteriza por presentar una amplia gama de condiciones ambientales, algunas de las cuales son muy favorables. Anualmente se establecen más de 2 millones de hectáreas con maíz, 80% se cultivan bajo condiciones de temporal y el resto con punta de riego, con un rendimiento medio de 2.8 t ha (tanto en el Estado de México se producen más de 2 millones de toneladas del grano). En esta región hay un área potencial para el uso de híbridos de maíz superior a 500 mil hectáreas, para las cuales se requieren 7500 toneladas de semillas (Espinosa *et al.*, 2012).

**Cuadro 1. Superficie sembrada, producción, rendimiento, precio medio rural, y valor de la producción de los estados que forman la región de los valles altos.(SIAP, 2015)**

Entidad	Superficie Sembrada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(ha)	(ton)	(tha)	(\$/ton)	(Miles de Pesos)
<b>México</b>	540,463.76	2,036,339.17	3.82	3,426.66	6,977,832.09
<b>Michoacán</b>	467,821.00	1,721,658.03	4.15	3,361.31	5,787,030.21
<b>Puebla</b>	556,196.61	1,002,154.92	1.92	3,789.53	3,797,692.35
<b>Hidalgo</b>	247,618.30	714,239.06	3.03	3,516.78	2,511,824.42
<b>Tlaxcala</b>	116,549.10	325,739.65	2.8	3,119.37	1,016,103.33
<b>Querétaro</b>	110,319.80	308,928.81	2.85	3,158.90	975,876.62
<b>Morelos</b>	24,423.80	55,916.70	2.29	3,522.74	196,980.25
<b>Distrito Federal</b>	3,753.40	4,836.99	1.3	5,047.32	24,413.82

El Estado de México destaca por su mayor área de influencia y como el mayor productor en la región de los Valles Altos. Tan solo en el 2015, ocupó el tercer lugar de la producción nacional con 2 millones 36 mil 339 de toneladas, solo atrás de Sinaloa y Jalisco (SIAP, 2015).

En el Estado de México destaca la superficie sembrada de 540 mil 464 hectáreas de maíz, donde los distritos de Atlacomulco y Toluca sobresalen como los puntos donde se cultiva esta gramínea (SIAP, 2015).

#### 2.4 Densidades de población

La densidad de población ha sido un factor muy importante para contribuir a incrementar el rendimiento en maíz (Cervantes *et al.*, 2013). El uso de altas densidades de población en maíz se traduce en mejor uso del terreno (Subedi, Ma, & Smith, 2006), que en conjunto con un área foliar grande permiten al productor aumentar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie; debido a que la radiación fotosintéticamente activa, ubicada en longitudes de onda de 400 a 700 nm (Tinoco *et al.* 2008), al llegar al follaje es mejor aprovechada por el cultivo. Pero la densidad de plantas en cada región está determinada por la competencia para la obtención de agua, luz y nutrientes (Cervantes *et al.*, 2013).

**Cuadro 2. Superficie sembrada, producción, rendimiento, precio medio rural y valor de la producción, en los distritos agrícolas que conforman el Estado de México. (SIAP, 2015).**

Distrito	Superficie Sembrada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(ha)	(ton)	(ton/ha)	(\$/ton)	(Miles de Pesos)
<b>Atlacomulco</b>	159,812.25	668,322.40	4.2	3,442.21	2,300,504.28
<b>Toluca</b>	116,510.17	510,298.06	4.48	3,413.44	1,741,873.10
<b>Jilotepec</b>	53,892.00	214,737.93	4.02	2,827.32	607,132.12
<b>Valle de Bravo</b>	50,007.00	170,435.31	3.53	3,758.27	640,541.08
<b>Texcoco</b>	33,725.50	125,520.73	3.72	3,490.19	438,091.24
<b>Zumpango</b>	44,793.34	118,788.60	2.74	3,457.89	410,758.33
<b>Coatepec Harinas</b>	32,696.00	115,303.28	3.55	2,925.22	337,287.39
<b>Tejupilco</b>	49,027.50	112,932.86	2.3	4,441.97	501,644.54
	<b>540,463.76</b>	<b>2,036,339.17</b>	<b>3.82</b>	<b>3,426.66</b>	<b>6,977,832.09</b>

Los cambios que se producen en el rendimiento con el aumento de la densidad de plantas incrementan al principio y luego descienden, estos cambios, en realidad tienen un comportamiento en forma de parábola, además que los bajos rendimientos a bajas densidades son debido a la escasez de plantas y altas densidades provocan esterilidad (Bohrani & Ajamnourozi, 1998).

Los maíces con alto potencial productivo demandan un manejo eficiente de la población de plantas. En un estudio de rendimiento de grano donde se demostró que la mejor densidad se ubicó entre 70000 y 80000 plantas/ha para producción de maíz (Jugenheimer, 1990).

En la producción de semilla híbrida, la densidad de población utilizada en cruza simples, cuando se produce semilla en Valles Altos, es de 50000 plantas por hectárea, obteniéndose buena producción y calidad física de semilla y facilitándose la eliminación de espigas; cuando se emplea la versión androestéril que no requiere desespigue, es posible utilizar una densidad de población superior (70000 plantas/ha) (Tadeo *et al.* 2012).

## 2.5. Maíz híbrido

Un híbrido de maíz resulta cuando una planta de maíz fecunda a otra planta que genéticamente no está emparentada con la primera. La planta que produce la semilla se denomina progenitora hembra o de semilla, en tanto que la planta que proporciona el polen para fecundar a la hembra se denomina progenitor macho o de polen.

Los componentes básicos de los híbridos de maíz son las líneas endogámicas. Estas son el resultado de la autopolinización repetida de ciertas poblaciones de maíz con el fin de producir plantas que tienen una configuración genética uniforme y fija. Cuando dos líneas endogámicas no emparentadas son cruzadas para formar un híbrido, la semilla que resulta produce plantas de renovado vigor y rendimiento significativamente mayor que cualquiera de los progenitores. Esto se conoce como vigor híbrido, el cual robustece a los híbridos y hace que estos sean útiles para los productores. (MacRobert *et al.* 2014).

## 2.6. Tipos de híbridos

En los diferentes tipos de variedades que existen en maíz se pueden mencionar los híbridos simples (MacRobert *et al.* 2014), híbridos trilineales, e híbridos dobles, siendo estos híbridos los más comunes para producir, así también, están las variedades sintéticas, variedades mejoradas, criollos e híbridos no convencionales. (Canales, 2010).

### 2.6.1. Híbridos de cruza simple

Es la progenie híbrida derivada de una polinización entre dos líneas endogámicas homocigotas. Las plantas de cruzamiento simple son heterocigóticas en todos los loci en los que los progenitores endogámicos difieren; no obstante, dentro del cruzamiento simple, las plantas son genéticamente idénticas. Los híbridos de cruza simple son más vigorosos y productivos que sus progenitores, al recuperar el vigor que se perdió en el proceso de autofecundación (Canales, 2010).

#### Sus características

- Tiene mayor potencial productivo que el resto de las variedades.

- Son para zonas de riego completo o condiciones de excelencia en fertilización, manejo agronómico y ambiente.
- Alta uniformidad de altura de planta y mazorca
- Facilita cosecha mecánica
- Tiene escasa productividad de semillas, por lo que el precio de la semilla es muy alto.
- Se requiere comprar semilla cada año.

### 2.6.2. Híbridos trilineales

Es la progenie híbrida de un cruzamiento de tres líneas, que utiliza como progenitor productor de semilla a la cruce simple proveniente del cruzamiento de dos líneas emparentadas y a una línea endogámica no emparentada como el progenitor de polen (Poehlman, 2003).

Sus características

- Menor potencial productivo de grano que los híbridos simples, pero mayor potencial productivo de grano que los híbridos dobles.
- Responden bien en zonas con punta de riego, humedad residual y buen temporal.
- Buena productividad de semilla
- Buena uniformidad de altura de planta y mazorca.
- Cosecha mecánica
- Se requiere comprar semilla cada año
- Facilidad para la producción de semilla y control de calidad.

### 2.6.3. Híbridos dobles

Es la progenie híbrida de un cruzamiento entre cuatro líneas endogámicas no emparentada. Las líneas endogámicas se cruzan en pares para producir dos cruces simples, que a su vez se cruzan para producir el híbrido doble (Poehlman, 2003).

Sus características son:

- Menor potencial productivo de grano que híbridos trilineales y mayor que los híbridos varietales.

- Son especiales para zonas de temporal, bajo condiciones desfavorables
- Buena productividad de semilla de ambos progenitores.
- Uniformidad regular del híbrido final
- Difícil control de calidad genética en producción de semillas
- Cosecha manual
- Compra de semilla nueva cada año
- Regular facilidad de producción semilla.

#### 2.6.4. Variedades sintéticas

Se le denomina a la generación avanzada que procede de la semilla obtenida de polinización libre entre varios genotipos de una especie vegetal, las cuales pueden ser líneas consanguíneas, clones o poblaciones seleccionadas por diferentes procesos de mejora (Matías, 2009).

- Expresan menor potencial productivo de grano que los híbridos varietales, pero mayor que las variedades mejoradas.
- Especial para zonas de temporal deficiente, con condiciones de lluvia y ambiente desfavorables. Su ámbito de recomendación es para provincias de mediana productividad, así como las tierras marginales.
- Baja uniformidad de altura de planta y mazorca.
- Cosecha manual.
- La semilla puede obtenerse de la propia parcela por cuatro o cinco años.

#### 2.6.5. Variedades criollas

Son variedades locales, las cuales se han obtenido por un proceso de selección por los agricultores a través de los años en diferentes ciclos agrícolas (Canales, 2010).

- Poseen limitado potencial productivo de grano.
- Específicos para temporal deficiente o con problemas de humedad y manejo.
- Poseen baja uniformidad de altura de planta y mazorca.
- La cosecha debe efectuarse de forma manual.
- La semilla para la siembra se obtiene de la misma parcela
- Facilidad para la producción de semilla, ya que es un lote aislado.

- Poseen ventajas comparativas por tipo especial de grano, para uso diferenciado (Chalqueño, Marceño, hoja morada)

## 2.7. Androesterilidad

Es la imposibilidad por parte de la planta de generar órganos reproductivos o polen viable para la fecundación de la flor femenina. Esta condición puede ser hereditaria y puede deberse a causas genéticas o citoplasmáticas. Esto elimina la necesidad del proceso de emasculación en plantas como la cebolla y sorgo, así como el desespigamiento del maíz. En las líneas macho estéril las flores no producen anteras funcionales, por lo que no puede haber autopolinización. La esterilidad masculina puede ser controlada por la acción de genes específicos o por mecanismos hereditarios en el citoplasma (Poehlman, 2003).

### 2.7.1. Tipos de androesterilidad

- a) Androesterilidad genética (genes nucleares).
- b) Androesterilidad citoplasmática (genes citoplasmáticos).

#### 2.7.1.1. Esterilidad masculina genética

Se manifiesta por medio de la actividad de genes nucleares que inhiben el desarrollo normal de las anteras y el polen. La etapa precisa en la que se interrumpe el desarrollo del polen varía con la especie, o bien con el gen específico que determina la esterilidad masculina. Es determinada predominantemente por un alelo recesivo *ms*; el alelo dominante *Ms*, resulta en la formación de anteras y polen normales. En el caso de las especies diploides el genotipo *msms* corresponde a la esterilidad masculina, en tanto los genotipos *MsMs* y *Msms* corresponden a la fertilidad masculina (Poehlman, 2003) (Martínez, 2012).

#### 2.7.1.2. Esterilidad masculina citoplasmática.

Es controlada por el citoplasma, pero puede ser influenciada por genes de los cromosomas. El citoplasma hace que un organismo presente esterilidad masculina, y

recibe el nombre de citoplasma estéril (S) o (CMS), en contraste con el citoplasma normal (N), que permite el desarrollo normal de anteras y polen. Con frecuencia el citoplasma estéril resulta de introducir cromosomas nucleares en un citoplasma extraño. Debido a que el citoplasma es transferido únicamente por medio de la célula huevo y célula espermática aporta una cantidad sumamente pequeña de citoplasma cigoto, la esterilidad masculina citoplasmática se transmite solo por medio de la planta hembra. Dentro de esta función se desplazó el sistema de desespigamiento de las plantas hembra o formadoras de semilla para producir semilla híbrida (Poehlman, 2003) (Martínez, 2012).

## 2.8. Rendimiento

El potencial para obtener altos rendimientos de grano es un objetivo completo determinado por la expresión de genes relacionados con la absorción de nutrientes, la fotosíntesis, la transpiración y el metabolismo de la planta de maíz, así como por la interacción de esos genes en diferentes ambientes. El maíz es una planta C4, y junto con el sorgo, tienen una mayor producción de fotosintatos que las plantas C3 como el trigo y soya; el rendimiento también es determinado por genes relacionados con caracteres que contribuyen a mejorar la estabilidad de la producción, madurez óptima, calidad del tallo, resistencia a situaciones de estrés ambiental, resistencia a patógenos y plagas. El rendimiento se evalúa llevando a cabo ensayos en varias localidades y en varias temporadas a fin de poder medir las interacciones genotipo ambiente (Poehlman, 2003).

La integración de varios componentes fisiológicos, en especial de aquellos que más lo limitan y que hacen variar su expresión entre variedades. El rendimiento final de un cultivo está determinado por componentes de rendimientos iniciales, componentes de rendimientos morfológicos, componentes de rendimientos fisiológicos, componentes de rendimientos finales. Los componentes de rendimiento están determinados o afectados por factores ambientales, factores genéticos, manejo de cultivo y la interacción de cada uno de los factores sobre el cultivo a través de sus diferentes etapas fenológicas

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1. Descripción de la zona de estudio

El trabajo experimental se desarrolló en dos municipios del estado de México: Cuautitlán Izcalli y Texcoco.

##### 3.1.1. Clima

Cuautitlán Izcalli, en la parcela número 7, dentro de las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México en las coordenadas  $19^{\circ} 41' 35''$  N y  $99^{\circ} 11' 42''$  O a una altitud de 2274 msnm. De acuerdo al sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por Enriqueta García (2004), el clima de Cuautitlán se clasifica como  $Cb_{w_0}(w)(i')g$  que representa un templado, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias en verano e invierno seco (menos de la precipitación anual) con verano largo y fresco, con temperatura extremosa respecto a la oscilación.

Texcoco, en el Campo Experimental del Valle de México (CEVAMEX) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Santa Lucía de Prías, en las coordenadas  $19^{\circ}29'$  N y  $98^{\circ} 51'$  O a una altura de 2240 msnm, con un clima  $C(w_0)(w)b(i')g$ , templado húmedo con precipitación media anual de 645 mm en el verano y una temperatura media anual de  $15^{\circ}C$  (Arcos Méndez, 2015).

##### 3.1.2. Suelo

Los suelos que se encuentran en el FES Cuautitlán son vertisoles pélicos y presentan una textura fina, son suelos arcillosos; son suelos pesados y duros cuando se secan, formando unas grietas profundas que los caracterizan y que pueden ser impermeables al agua de lluvia o riego. El pH oscila entre 6 y 7.

En el CEVAMEX, predominan los suelos cambisoles, de textura migajón arcillo-arenosa, de origen aluvial y lacustre, normalmente drenado, con bajo contenido de materia orgánica y con pH ácido, altamente inundables.

### 3.2. Material genético

Se emplearon tres genotipos, dos de ellos, corresponden a la cruce simple hembra, progenitora del híbrido trilineal H-53 AE, en la versión androesteril (M53 AE x M59) y la versión fértil de la misma cruce simple progenitora (M53 F x M59), el tercer genotipo correspondió al híbrido trilineal H-53 AE, el cual tiene la nomenclatura ((M53 AE x M59) x M60) en la versión androesteril y (M53 F x M59) x M60, en la versión fértil. Este híbrido fue inscrito en el año 2015, en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), por parte del INIFAP, obteniendo el número de registro 3152-MAZ-1658-300615/C, también cuenta con Título de Obtentor (1533), obtenido el 23 de junio de 2016, ante la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV), cuya está ubicada en Ginebra, Suiza.

### 3.3. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar, con un arreglo factorial con tres repeticiones. Utilizándose el mismo diseño para ambas localidades donde se llevó a cabo el experimento. Cada unidad experimental consistió en un surco de cinco metros de largo por 0.80 metros de ancho, por lo que la superficie fue de 4.0 m<sup>2</sup>.

### 3.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico se efectuó en forma factorial, en donde se consideraron los factores de variación: Ambientes (A), genotipos (G), densidades de población (DP), así como las interacciones: Ambientes x genotipos, Ambientes x densidades de población, genotipos x densidades de población, Ambientes x genotipos x densidades de población. Los datos se analizaron con el programa estadístico de SAS 9.0. Realizándose un análisis de varianza y posteriormente comparación de medias por método de Tukey, al 0.05 de significancia para las variables de relevancia seleccionadas.

### 3.5. Manejo agronómico

En las dos localidades, se preparó el terreno de forma mecánica, que consistió en pasar una vez el arado, un rastreo, la nivelación y el surcado a 0.80 m. La siembra se realizó el 6 de junio del 2014 en el CEVAMEX (Texcoco) mientras que el en la FESC (Cuautitlán

Izcalli) se realizó el día 16 de junio de 2014, depositando 2 semillas cada 25 cm, y posteriormente haciendo un aclareo a los 35 días, para obtener la densidad de población planteada.

En la localidad de Cuautitlán se estableció el experimento bajo condiciones de secano, es decir con la precipitación pluvial, en cambio, en el municipio de Texcoco se estableció la siembra y manejo del cultivo con riegos de auxilio.

Para controlar la maleza se realizaron aplicaciones de herbicida 15 días después de la siembra, utilizando una mezcla de 2 L de Hierbamina (2, 4 D amina) y 3 kg de Gesaprim calibre 90 (atrazina), por hectárea. 30 días después se volvió a aplicar la misma dosis (2 L de Hierbamina (2, 4 D amina) y 3 kg de Gesaprim calibre 90 (atrazina), por hectárea), incluyendo 3 L de Sanson 4 SC (nicosulfuron).

Se mantuvo en constante vigilancia durante el desarrollo del cultivo, se etiquetó cada material para su identificación. Se tomaron variables a medir como floración (masculina y femenina), altura (mazorca y planta) número total de plantas entre otras. La cosecha se efectuó de forma manual el día 10 de diciembre de 2014 en la FESC y el 16 de diciembre en el CEVAMEX, Colectando todas mazorcas, incluyendo las dañadas.

### 3.6. Variables a evaluar

Rendimiento, es la productividad de grano que presenta un material vegetal, y se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{P.C.* \%M.S.* \%G * F.C}{8600}$$

Donde:

P.C.= peso de campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas de cada parcela expresada en kilogramos.

%M.S.= porcentaje de materia seca de la muestra de grano de 5 mazorcas.

%G.= porcentaje de grano, se obtiene el cociente de peso de la muestra de cinco mazorcas sin olote y el peso de la muestra las 5 mazorcas con olote multiplicado por 100.

F.C.= factor de convención para obtener rendimiento por hectárea, que se obtiene al dividir 10,000 m<sup>2</sup> entre el tamaño de la parcela útil en m<sup>2</sup>.

8600= constante para estimar el rendimiento con una humedad comercial del 14%.

El resultado se expresa en kg ha<sup>-1</sup>.

**Floración masculina**, registra el número de días transcurridos, desde la siembra hasta la aparición del 50% de las espigas, para cada uno de los surcos de cada genotipo, tomándose el promedio de ellas como dato final.

**Floración femenina**, registra el número de días transcurridos, desde la siembra hasta la aparición del 50% de los estigmas, para cada uno de los surcos de cada genotipo, tomándose el promedio de ellas como dato final.

**Altura de planta**, se toman al azar 5 plantas, las cuales se miden desde la base de la planta o punto de inserción de las raíces, hasta el inicio de la panoja o donde la espiga comienza a dividirse, en la que se promedian los datos entre ellas como dato final.

**Altura de mazorca**, se toman al azar 5 plantas, en las cuales se mide la longitud desde la base de la planta hasta el nudo donde se inserta la mazorca más alta, tomándose el promedio de ellas como dato final.

**Peso volumétrico**, se toma una muestra de 5 mazorcas, se desgranar, se pesa el grano en una balanza hectolítrica para obtener la relación de la muestra a un litro, se, se expresa kg hL<sup>-1</sup>.

**Peso de 200 granos**, se toma una muestra de 5 mazorcas de cada parcela, se desgranar, se cuentan 200 granos, se pesan y se expresan en gramos.

**Longitud de mazorca**, se toman 5 mazorcas por parcela y se miden desde la base hasta la punta de cada una, tomando el promedio de ellas como dato final y se expresa en centímetros.

**Hileras por mazorca**, se toma la muestra de 5 mazorcas, se cuenta el número de hileras de cada mazorca, tomando el promedio de ellas como dato final.

**Granos por hilera**, es la muestra de 5 mazorcas, donde se cuenta el número de granos por hilera de cada una, tomando el promedio de ellas como dato final.

**Granos por mazorca**, se obtiene de la multiplicación de los promedios de hileras por mazorca, tomándose el promedio de ellas como dato final.

**% M. S.** se obtiene a partir de la mezcla de las 5 mazorcas de la muestra de cada parcela ya desgranadas, y por medio de un determinador de humedad, se obtiene el % de humedad, al cual se le resta 1000, siendo el valor obtenido el resultado de % M. S.

**% de grano**, resulta de la relación entre el peso del grano y el peso total de la muestra que se obtuvo y se multiplica por 100.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para rendimiento detectó diferencias altamente significativas para los ambientes, genotipos, densidad de población, así como para la interacción del ambiente por la densidad de población. En el resto de los factores de variación, en esta variable, no se presentaron diferencias significativas (Cuadro 3). La media del rendimiento fue de 8054 kg ha<sup>-1</sup>, y el coeficiente de variación de 19.14% el cual es adecuado para las condiciones en las que se llevó a cabo el experimento.

En el factor de variación ambientes, se definieron diferencias altamente significativas para rendimiento como se mencionó en el párrafo anterior y también para las variables floración masculina, floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, peso volumétrico, peso de 200 granos, longitud de mazorca, hileras/ mazorca, granos/ hilera, % materia seca y % grano. Es decir en todas las variables.

Para el caso del factor de variación genotipo se detectaron diferencias altamente significativas para las variables floración masculina, floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, peso volumétrico, longitud de mazorca, hileras/ mazorca, granos/ hilera, % grano. Mientras que la variable peso de 200 granos de encontró diferencia significativa. Lo anterior indica que entre los tres genotipos evaluados se presenta respuesta diferencial en este trabajo, es decir aun cuando las dos cruza simples evaluadas se puede señalar que son similares, ambos genotipos tienen suficiente diferencia genética con el híbrido trilineal.

En el factor de variación densidad de población se definieron diferencias altamente significativas para las variables, rendimiento, floración masculina, floración femenina. Para peso de 200 granos y granos/ mazorca, se encontró diferencia significativa al 0.05 de probabilidad. Las diferencias significativas detectadas para densidades de población, indican que hay una respuesta diferente de las densidades de población por parte de los genotipos que se consideraron en el trabajo, lo que coincide con lo citado por Tinoco *et al.*, 2008 y Virgen *et al.* 2016.

Para el factor de variación que corresponde a la interacción del ambiente x genotipo se detectaron diferencias altamente significativas en las variables floración masculina, peso de 200 granos, longitud de mazorca y % materia seca. En las variables altura de planta y peso volumétrico hubo diferencia al 0.05 de probabilidad. Lo anterior indica que hay una respuesta diferencial de los genotipos en los ambientes de prueba en estas variables.

En el factor de variación interacción ambiente x densidad de población, las variables rendimiento, floración masculina, floración femenina, peso de 200 granos, diámetro/mazorca presentaron diferencias altamente significativas. En cambio la variable hileras/mazorca presentó diferencias estadísticas significativas (0.05 de probabilidad). Las significancias estadísticas en este factor de variación, señalan que, en los ambientes y su interacción con las densidades de población, las respuestas fueron diferenciales, es decir, hubo una respuesta diferencial de las densidades de población en los ambientes de prueba.

En la comparación de medias entre densidades de población (Cuadro 4), para la variable rendimiento, se establecieron dos grupos de significancia, la densidad de población con mayor rendimiento fue 70000 plantas ha<sup>-1</sup> (8602 kg ha<sup>-1</sup>), seguido de 85000 plantas ha<sup>-1</sup> con 7813 kg ha<sup>-1</sup>, por último 55000 plantas ha<sup>-1</sup> con 7748 kg ha<sup>-1</sup>. El rendimiento fue afectado de forma favorable por la densidad de 70000 plantas por hectárea; comportamiento similar al que se obtuvieron Espinosa *et al.* (2004) y Virgen *et al.* (2010), quienes señalan que el rendimiento de grano se incrementó al aumentar la densidad la densidad de población. Con base en los resultados de este trabajo, lo más viable al utilizar las cruza simples hembras o bien el híbrido H-53 AE, la mejor opción es usar las densidades de población de 70000 plantas ha<sup>-1</sup>, y es la densidad de población que debe utilizar el agricultor en un lote de producción comercial de este híbrido, lo que coincide con lo que se reporta para este tipo de material (Virgen *et al.*, 2016).

**Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estadística obtenidos de variables evaluadas en las cruzas simples progenitoras (M53AE X M59) y (M53F X M59) así como el híbrido trilineal comercial de maíz H 53AE en las localidades de Valles Altos FESC UNAM e INIFAP. Ciclo Primavera-verano 2014.**

CUADRADOS MEDIOS									
Variables	Ambientes	Genotipo	Densidad de población	Ambiente x Genotipo	Ambiente x Densidad de Población	Genotipo x Densidad de Población	Ambiente x Densidad de Población x Genotipo	Coefficiente de Variación (%)	Medias (Kg*ha <sup>-1</sup> )
<b>Rendimiento</b>	82701088.6**	24346209.1**	12212911.4**	2627185.9	77734512.8**	684275.1	983652.2	19.14	8054
<b>Floración Masculina</b>	3698**	212.41**	68.75**	28.7**	100.24**	6.64	14.62*	2.74	81.7
<b>Floración Femenina</b>	3481.5**	171.7**	105.4**	15.9	152.6**	17.1	34.7**	3.75	83.6
<b>Altura de planta</b>	67507.7**	2906.04**	561.1	1156.5*	36.32	198.52	209.32	7.47	240.6
<b>Altura de mazorca</b>	3872**	1800.2**	219.5	492.24	47.9	219.2	64.25	11.06	121.4
<b>Peso Volumétrico</b>	18474.7**	4316.7**	312.9	1919.14*	396.91	85.9	310.1	2.67	757.9
<b>Peso de 200granos</b>	648**	160.3*	208.04*	305.02**	358.4**	30.4	20.9	9.54	71.7
<b>Longitud de mazorca</b>	39.51**	13.93**	4.52	8.2**	2.2	0.93	0.84	8.45	14.4
<b>Hileras/Mazorca</b>	31.12**	28.54**	2.24	0.62	4.02*	1.94	0.33	6.45	16.3
<b>Granos/Hilera</b>	186.9**	76.1**	24.6*	12.7	1.4	0.82	1.21	8.4	29.6
<b>Diámetro/Mazorca</b>	3.13**	0.06	0.14	0.01	0.4**	0.04	0.02	4.94	4.9
<b>% Materia Seca</b>	144.5**	1.6	0.4	3.9**	0.41	0.33	0.6	0.92	87.7
<b>% Grano</b>	27.5**	39.6**	0.19	0.61	3.81	1.74	0.6	1.75	86.5

\*\* Altamente significativa ( $p < 0.01$ ); \*diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

**Cuadro 4. Comparación de medias de tres densidades de población considerando el promedio de tres genotipos (dos cruzas simples y el híbrido trilineal comercial H-53 AE) y la media de dos ambientes para diversas variables evaluadas. FESC y CEVAMEX. P-V 2014.**

	Densidades			D.H.S (0.05)
	70000 (pl ha <sup>-1</sup> )	85000 (pl ha <sup>-1</sup> )	55000 (pl ha <sup>-1</sup> )	
<b>Rendimiento (Kg ha<sup>-1</sup>)</b>	8602a	7813b	7748b	702
<b>Floración Masculina (días)</b>	83a	83a	81b	1.0
<b>Floración Femenina (días)</b>	82b	85a	83b	1.4
<b>Altura de planta (cm)</b>	243a	237a	242a	8
<b>Altura de mazorca (cm)</b>	121a	112a	123a	6
<b>Peso Volumétrico (kg/hl)</b>	758a	756a	760a	9
<b>Peso de 200 granos (g)</b>	72.6a	69.5b	73.1a	3.12
<b>Longitud de mazorca (cm)</b>	14.4ab	14.2b	14.7a	0.6
<b>Hileras/ Mazorca</b>	16a	16a	16a	0.5
<b>Granos/ Hilera</b>	29ab	29b	31a	1
<b>Granos/ mazorca</b>	472b	470b	500.4a	22
<b>% Materia Seca</b>	87.7a	87.8a	87.7a	0.4
<b>% Grano</b>	86.5a	86.4a	86.4a	0.7

En el cuadro 4, en la comparación de medias (Tukey, 0.05) para la variable floración masculina, se establecieron dos grupos de significancia donde las plantas de la densidad de 55,000 plantas ha<sup>-1</sup> mostraron ser más precoces con 81 días en comparación de la densidad de 70,000 plantas ha<sup>-1</sup> y 85,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 83 días respectivamente. En la variable floración femenina, en la comparación de medias se establecieron dos grupos de significancia siendo precoces, las plantas bajo la densidad de 70,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 82 días, seguido de la densidad de 55,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 83 días, por último, se encuentran las plantas con la densidad de 85,000 plantas ha<sup>-1</sup> siendo la más tardía, con 85 días.

Con base en los resultados de las floraciones masculina y femenina, la densidad de 70,000 plantas ha<sup>-1</sup>, para el caso de la floración masculina, se presenta cierta similitud con lo reportado por Tadeo *et al.* (2012). Lo que señala que las densidades de población

influyen en la expresión de la floración, por efecto de las densidades de población utilizadas en este trabajo.

En la altura de planta, la densidad de población con mayor altura de planta fue 70,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 243 cm, seguido de la densidad 55,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 242 cm, por último, la densidad con menor altura fue 85,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 237 cm. En la altura de mazorca, la densidad de población que obtuvo una altura mayor de mazorca fue de 55,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 123 cm, seguido de la densidad de 70,000 plantas ha<sup>-1</sup> con una altura de 121 cm, finalmente, la densidad de 85,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 119 cm.

Lo anterior indica que la densidad de 70,000 plantas ha<sup>-1</sup> favorece el tamaño de planta, obteniendo resultados similares a los que reportó Tadeo *et al.* (2012). Asimismo, concuerda con lo que señala Tinoco *et al.* (2008), quien menciona que la luz del sol al llegar al follaje es mejor aprovechada por el cultivo; en cuanto a la altura de mazorca los resultados obtenidos en este experimento no coincidieron con lo que reporta Tadeo *et al.* (2012) y Trejo (2011).

En la comparación de medias para la variable peso de 200 granos, se definieron dos grupos de significancia donde los valores más altos correspondieron a las densidades 55,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 73.1 g y 70,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 72.6 g, por último, la densidad 85,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 69.5 g. Para esta variable, la densidad de 70,000 plantas mostró valores muy cercanos a los reportados por Tadeo *et al.* (2012).

En la comparación de medias para la variable longitud de mazorca se definieron dos grupos de significancia donde el valor más alto correspondió a la densidad de 55,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 14.7 cm, seguido de la densidad de 70,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 14.4 cm, y por último la densidad de 85000 plantas ha<sup>-1</sup> con 14.2 cm. Con lo mencionado anteriormente, se obtuvieron que coinciden a los que reportaron Trejo (2011) y Tadeo *et al.* (2012), lo que indica que dicha densidad muestra valores constantes con muy pocos cambios comparando los resultados de otros trabajos, resultando una densidad recomendable para el productor.

En la comparación de medias (Tukey, 0.05 de probabilidad) para variable granos/hilera, se definieron dos grupos de significancia, donde el valor más alto fue de 30 granos

correspondiente a la densidad de 55,000 plantas ha<sup>-1</sup>, seguidas de las densidades 70,000 plantas ha<sup>-1</sup> y 85,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 29 granos. En lo que respecta a los granos/ mazorca, se definieron dos grupos de diferencia estadística, donde los valores más altos correspondieron a la densidad de 55000 plantas ha<sup>-1</sup> con 500 granos/ mazorca, seguido de la densidad 70000 plantas ha<sup>-1</sup> con 472 granos/ mazorca, y la densidad de 85000 plantas ha<sup>-1</sup> con 470 granos/ mazorca, las cuales fueron similares estadísticamente, pero menores valores con respecto a 55000 plantas ha<sup>-1</sup>

En los resultados para los tratamientos de ambientes, en la comparación de medias, para las diferentes variables (Cuadro 5), en específico para rendimiento se definió que el ambiente con mayor rendimiento fue la FESC (Cuautitlán Izcalli) con 8,768 kg ha<sup>-1</sup> diferente estadísticamente respecto del ambiente de CEVAMEX (Texcoco) con un rendimiento de 7,339 kg ha<sup>-1</sup>. El rendimiento se mostró favorable en el primer ambiente, resultado de las condiciones ambientales de la FESC (Cuautitlán Izcalli) por efecto de las precipitaciones que se presentaron, y de las propiedades del suelo que tiene dicho ambiente, teniendo las características de suelo arcilloso, el cual se caracteriza por retener humedad aprovechable para la planta como lo reporta Canales *et al.* (2016).

**Cuadro 5. Comparación de medias para ambientes en la evaluación de diversas variables evaluadas considerando el promedio de dos cruza simples progenitoras y el híbrido trilineal comercial de maíz H-53AE en dos localidades de Valles Altos de México. FESC y CEVAMEX. P-V 2014.**

	AMBIENTES		
	FESC	CEVAMEX	D.H.S (0.05)
Rendimiento (Kg ha <sup>-1</sup> )	8768a	7339b	479
Floración Masculina (días)	87a	77b	1
Floración Femenina (días)	88a	79b	1
Altura de planta (cm)	228b	261a	6
Altura de mazorca (cm)	116b	126a	4
Peso Volumétrico (Kg/hl)	747b	769a	6
Peso de 200 granos (g)	73.7a	69.7b	2.1
Longitud de mazorca (cm)	13.9b	14.9a	0.4
Hileras/ Mazorca	16.7a	15.8b	0.32
Granos/ Hilera	28b	31a	1
Granos/ mazorca	476a	486a	15
% Materia Seca	86.8b	88.7a	0.3
% Grano	86.9a	86.1b	0.5

En la variable floración masculina, el ambiente del CEVAMEX (Texcoco) mostró ser más precoz con 77 días similar al que obtuvo Martínez (2012) en comparación del ambiente de la FESC (Cuautitlán Izcalli) siendo más tardío con diez días de diferencia (87 días). La variable de floración femenina en el ambiente del CEVAMEX demostró ser más precoz con 79 días, en comparación del ambiente de la FESC, siendo más tardía con nueve días de diferencia (88 días). Los genotipos que se manejaron en este trabajo poseen ciclo intermedio, por lo que dentro de los límites de la expresión de la precocidad de las floraciones, el ambiente que prevaleció durante el desarrollo de los experimentos, repercutió para que en el CEVAMEX presentara valores menores a floración femenina, así como la expresión de otras variables; en cambio, en el ambiente la FESC, las condiciones fueron favorables, por la combinación de fecha de siembra, precipitación y tipo de suelo, propició mayor rendimiento y expresiones de floración femenina tardías más altos (Cuadro 5).

En la comparación de medias (Tukey, 0.05 de probabilidad) para la variable altura de planta el ambiente del CEVAMEX resultó ser de mayor tamaño con 261 cm de altura, en comparación a las plantas en el ambiente de la FESC que tuvieron una altura de 228 cm. En la altura de mazorca, el ambiente del CEVAMEX mostró mayor altura de mazorca con 126 cm, en comparación con el ambiente de la FESC que tuvo una altura de 116 cm.

En la comparación de medias para la variable peso volumétrico, el ambiente del CEVAMEX exhibió mayor valor con 769 kg/hL; en cambio, el ambiente de la FESC fue menor con 747 kg/hL. En el peso de 200 granos, el ambiente de la FESC resultó ser mayor con 73.7 g en comparación con el ambiente del CEVAMEX (69.7 g).

En la variable longitud de mazorca, las mazorcas del ambiente del CEVAMEX resultaron ser más grandes; con 14.9 cm en comparación a las del ambiente de la FESC con 13.9 cm. En hileras/ mazorca, el ambiente de la FESC resultó ser mayor con 17 granos, por el contrario, el ambiente del CEVAMEX resultó ser menor con 16 (Cuadro 5). Dado lo anterior, el ambiente del CEVAMEX (Texcoco) se vio favorecido en la longitud de mazorca mostrando una ligera ventaja a lo reportado por Tadeo *et al.* (2015). En cuanto a hileras/ mazorca el ambiente de la FESC (Cuautitlán Izcalli) se mostró favorable teniendo una ligera ventaja con respecto a lo que reportó Tadeo *et al.* (2015).

En granos/ hilera, el ambiente del CEVAMEX resultó ser mayor con 31 granos por hilera, mientras que el ambiente de la FESC tuvo 29 granos por hilera. En los granos/ mazorca, el ambiente del CEVAMEX mostró ser mayor con 486 granos en comparación del ambiente de la FESC con 476 granos. De acuerdo a lo anterior, en los granos/ hilera y granos/ mazorca, el ambiente que se vio favorecido fue el del CEVAMEX (Texcoco) siendo el más próximo a lo reportado por Tadeo *et al.* (2015) y Canales *et al.* (2016).

Para el porcentaje de materia seca, el ambiente de la FESC resultó ser mayor con 88.7 % de materia seca en comparación con el ambiente del CEVAMEX, con 86.8%. En el % de grano, ambiente de la FESC resultó ser mayor con 86.9% mientras que el ambiente del CEVAMEX resultó ser menor con 86.1% (Cuadro 5).

En lo que respecta al factor de variación genotipos, en la comparación de medias para la variable rendimiento (Cuadro 6), se definieron dos grupos de significancia, el genotipo con mayor rendimiento fue el M53AExM59, que es la craza simple progenitora hembra androesteril, del híbrido trilineal H 53 AE, con un rendimiento de 8481 kg ha<sup>-1</sup>, seguido de M53F x M59 que es la craza simple hembra fértil del híbrido trilineal H-53 AE, con 8,400 kg ha<sup>-1</sup>, por último el propio H-53AE con 7,280 kg ha<sup>-1</sup>.

El rendimiento más alto fue obtenido por la versión androesteril de la craza simple hembra de H 53 AE, es decir (M53AE x M59), respecto al híbrido trilineal, éste se ajusta a lo que se reporta en la literatura, en el sentido que las cruza simples rinden generalmente más que los híbridos trilineales. El rendimiento de la versión androesteril y fértil de esas cruza simples es similar estadísticamente, ya que ambas se ubicaron en el mismo grupo de significancia.

El rendimiento del híbrido H 53 AE, en este trabajo, no mostró el potencial productivo que señala Espinosa *et al.* (2015) con rendimientos de 9 a 12.5 t ha<sup>-1</sup>, obteniendo un rendimiento inferior, lo que se debió a la fecha de siembra, ya que H 53 AE debe sembrarse en abril y el presente trabajo se estableció en junio, que es una fecha tardía (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Comparación de medias entre los genotipos de las variables evaluadas en cruzas simples progenitoras e híbrido trilineal comercial de maíz H-53 AE. FESC y CEVAMEX. P-V 2014**

	GENOTIPOS			D.H.S (0.05)
	M53AExM59	M53FxM59	H-53AE	
<b>Rendimiento(Kg ha<sup>-1</sup>)</b>	8481a	8400a	7280b	703
<b>Floración Masculina(días)</b>	80b	80b	84 a	1
<b>Floración Femenina (días)</b>	82b	83b	86 a	1
<b>Altura de planta (cm)</b>	248a	241a	233b	8
<b>Altura de mazorca (cm)</b>	124 a	126 a	115 b	6
<b>Peso Volumétrico (Kg/hl)</b>	751b	755b	768 a	9
<b>Peso de 200 granos (g)</b>	70.01b	73.5a	71.7ab	3.12
<b>Longitud de mazorca (cm)</b>	14.1b	14.2b	15.01 <sup>a</sup>	0.6
<b>Hileras/ Mazorca</b>	16.7a	16.7a	15.5b	0.5
<b>Granos/ Hilera</b>	28.7b	29.1b	30.9 a	1.13
<b>Granos/ mazorca</b>	480.2 <sup>a</sup>	486.1a	476.7 <sup>a</sup>	21.9
<b>% Materia Seca</b>	87.5 <sup>a</sup>	87.9a	87.8 <sup>a</sup>	0.4
<b>% Grano</b>	86.9 <sup>a</sup>	87a	85.5b	0.7

En la floración masculina, los dos progenitores en su versión fértil (M53F x M59) y androesteril (M53AExM59) mostraron ser más precoces con 80 días después de la siembra, según lo reportado por Pérez (2013); en cruzas simples hay una diferencia notable de casi diez días; por el contrario, el H-53 AE resultó ser más tardío con 84 días similar a lo que reporta Espinosa *et al.* (2015). Para floración femenina el genotipo M53AExM59 demostró ser más precoz con 82 días posteriores a la siembra, seguido por el M53FxM59 que resulto ser muy similar a su versión androesteril con 83 días, por último, el híbrido H-53AE resultó el más tardío con 86 días, siendo similar a los resultados obtenidos por Espinosa *et al.* (2015).

La altura de planta, el genotipo con mayor altura fue el progenitor en su versión androesteril (M53AExM59) teniendo una altura de 248 cm, seguido del progenitor en su versión fértil (M53FxM59) con 241 cm de altura; por último, está el propio híbrido H-53AE con 233 cm. En la altura de mazorca, el genotipo con mayor altura fue el progenitor en su versión fértil (M53FxM59) con 126 cm, seguido, con muy poca diferencia en altura, por

el progenitor en su versión androesteril (M53AExM59) con 124 cm; por último, el híbrido trilineal H-53 AE con 115 cm (Cuadro 6).

En el peso volumétrico, se definieron dos grupos de significancia, donde el genotipo con mayor peso fue el híbrido H-53 AE con 768 kg/hL, seguido del progenitor en su versión fértil (M53Fxm59) con 755 kg/hL; por último, el progenitor androesteril (M53AExM59) con 750.7 kg/hL. Para el peso de 200 granos, estadísticamente se definieron dos grupos de significancia, donde el genotipo del progenitor fértil (M53Fxm59) fue mayor con 73.5 g, seguido del híbrido H-53 AE con 71.7 g, por último el progenitor androesteril (M53AExM59) con 70.01 g (Cuadro 6).

En la variable longitud de mazorca, se presentaron dos grupos de significancia estadística, donde el genotipo con mayor longitud fue el híbrido H-53 AE con 15.01 cm, seguido de los progenitores fértil (M53Fxm59) con 14.2 cm y androesteril (M53AExM59) con 14.1 cm.

En las hileras/ mazorca, se definieron dos grupos de significancia, donde los genotipos con mayor número de hileras por mazorca fueron los progenitores androesteril (M53AExM59) y fértil (M53Fxm59) con 17 hileras/ mazorca, la menor cantidad lo obtuvo el híbrido H-53 AE con 16 hileras/ mazorca. En los granos/ hilera, se definieron estadísticamente dos grupos de diferencia, donde el híbrido H-53 AE presentó mayor cantidad de granos/mazorca con 31, seguido de los progenitores androesteril (M53AExM59) y fértil (M53Fxm59) con 29 granos/ mazorca (Cuadro 6).

Para la variable porcentaje de grano, se definieron dos grupos de significancia, donde los genotipos con mayor porcentaje de grano fueron los progenitores androesteril (M53AExM59) y fértil (M53Fxm59) con 87 % cada uno, seguido del híbrido H-53 AE con 85.5 % (Cuadro 6).

En el cuadro 7, se observa que de acuerdo con los resultados, se definió que la mayor expresión de rendimiento la presentó el progenitor en su versión androesteril (M53AExM59) a una densidad de población de 70,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 9,165 kg ha<sup>-1</sup>, lo que se podría explicar con base en el menor gasto de fotosintátos al no fabricar granos de polen (Tadeo, 2007).

**Cuadro 7. Rendimientos medios de las diferentes variables evaluadas en cruzas simples e híbrido trilineal en cada una de las tres densidades de población en dos ambientes de evaluación. Ciclo primavera verano 2014. FESC y CEVAMEX.**

<b>Genotipos</b>	<b>DP (PI ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>REN (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>FM (Días)</b>	<b>FF (Días)</b>	<b>AP (cm)</b>	<b>AM (cm)</b>
<b>M53AExM59</b>	70	9165	80	82	247	120
<b>M53FxM59</b>	70	8857	79	80	242	125
<b>M53FxM59</b>	85	8393	82	85	237	123
<b>M53AExM59</b>	55	8179	80	82	250	127
<b>M53AExM59</b>	85	8101	82	84	245	125
<b>M53FxM59</b>	55	7950	81	82	244	129
<b>H 53 AE</b>	70	7783	84	85	240	119
<b>H 53 AE</b>	55	7113	84	85	231	115
<b>H 53 AE</b>	85	6943	85	86	229	111

DP: densidad de población (miles de plantas por ha); REN: rendimiento; FM: floración masculina; FF: floración femenina; AP: altura de planta; AM: altura de mazorca.

El genotipo que menor rendimiento presentó el híbrido H 53 AE a una densidad de población de 85000 plantas ha<sup>-1</sup> con 6943.5 kg/ha<sup>-1</sup>, señalando, que este material es un híbrido trilineal producto de reciente investigación e inscrito en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) por ello se tomó en cuenta para este trabajo.

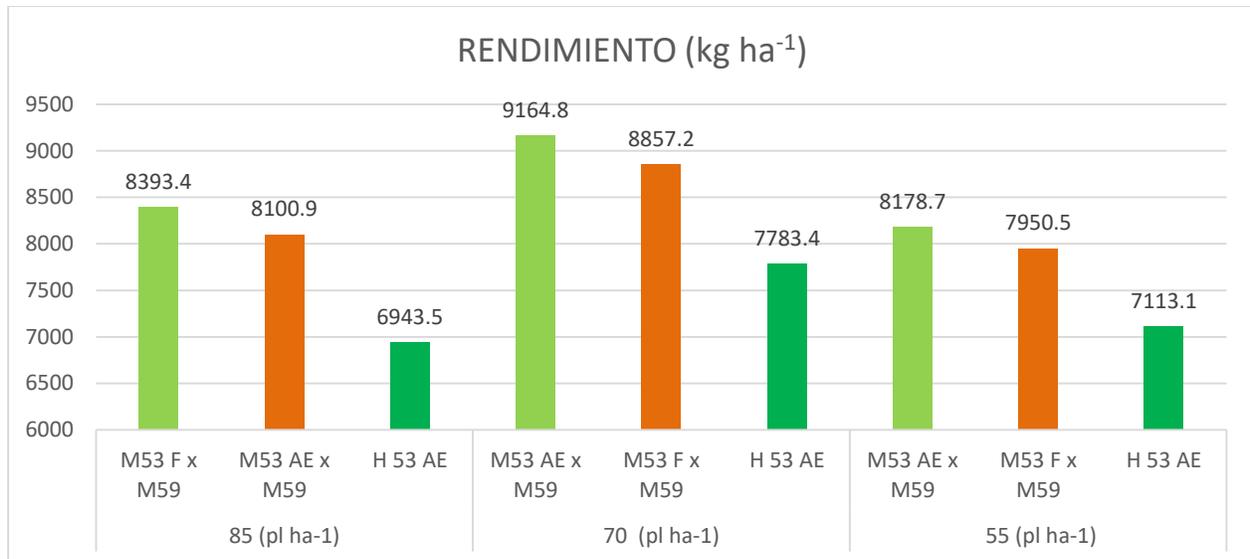


Figura 2. Rendimientos (kg ha<sup>-1</sup>) en cruzas simples e híbrido trilineal en cada una de las tres densidades de población (miles de plantas ha<sup>-1</sup>) en dos ambientes de evaluación. Ciclo primavera verano 2014. FESC y CEVAMEX.

**Cuadro 8. Rendimientos medios de las diferentes variables evaluadas en cruzas simples e híbrido trilineal en cada uno de los dos ambientes de evaluación en el promedio de tres densidades de población. Ciclo primavera verano 2014. FESC y CEVAMEX.**

Genotipos	AMB	REN (kg ha <sup>-1</sup> )	FM (Días)	FF (Días)	AP (cm)	AM (cm)
<b>M53FxM59</b>	FESC	9369	85	87	225	123
<b>M53AExM59</b>	FESC	9086	85	87	227	120
<b>M53AExM59</b>	CEVAMEX	7877	76	78	268	128
<b>H 53 AE</b>	FESC	7850	90	91	208	107
<b>M53FxM59</b>	CEVAMEX	7432	76	78	257	128
<b>H 53 AE</b>	CEVAMEX	6710	78	80	258	123

AMB: ambiente; REN: rendimiento; FM: floración masculina; FF: floración femenina; AP: altura de planta; AM: altura de mazorca.

El genotipo que obtuvo mejor rendimiento fue el progenitor fértil (M53FxM59) en el ambiente de la FESC con 9369 kg ha<sup>-1</sup>, seguido de la versión androesteril en el mismo ambiente con 9086 kg ha<sup>-1</sup>, que ratifica el beneficio de un tipo de suelo arcilloso como el que se encuentra el FESC, al poder retener el agua en el tiempo que no se presentan lluvias de temporal.

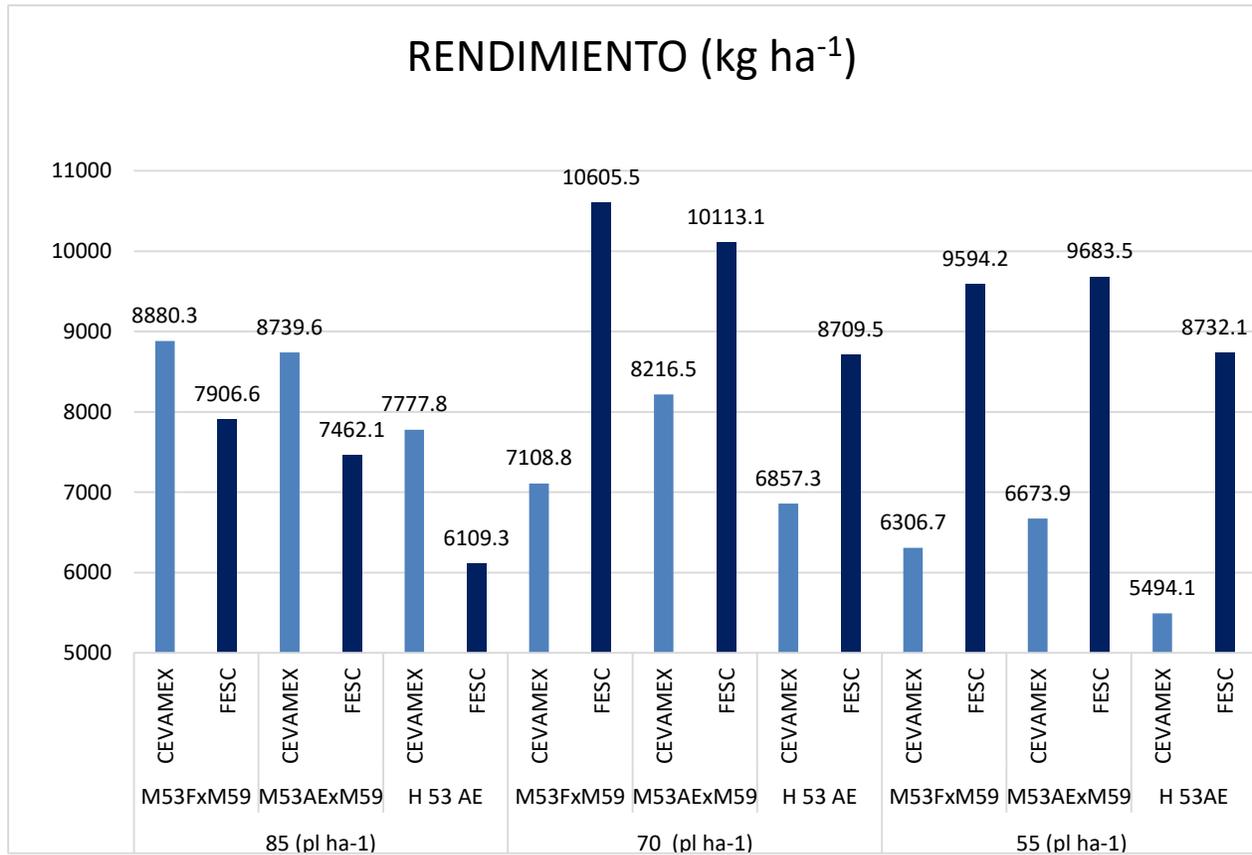


Figura 3. Rendimientos (kg ha<sup>-1</sup>) en cruza simple e híbrido trilineal en cada una de las tres densidades de población (miles de plantas ha<sup>-1</sup>) en dos ambientes de evaluación. Ciclo primavera verano 2014. FESC y CEVAMEX.

Como muestran los resultados, de acuerdo con la intención del ambiente, densidad de población y genotipo, la mejor densidad fue de 70,000 plantas ha<sup>-1</sup> con el progenitor fértil (M53FxM59) y el androesteril (M53AExM59) en el ambiente de la FESC con rendimientos de 10,605 kg ha<sup>-1</sup> y 10,113 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, demuestra lo dicho por Tadeo *et al.* (2012) pero también influye el tema del suelo ya que los suelos de la FESC retiene más el agua al ser más arcillosos.

En cambio, la densidad que mostró los más bajos rendimientos fue 55,000 plantas ha<sup>-1</sup> con el híbrido H 53 AE en el ambiente del CEVAMEX con 5494 kg ha<sup>-1</sup> y la densidad de 85000 plantas ha<sup>-1</sup> con el híbrido H 53 AE en el ambiente de la FESC con 6109 kg ha<sup>-1</sup>.

## V. CONCLUSIONES

Las cruzas simples hembras (M53AE X M59), androestéril y (M53F X M59), fértil, progenitoras del híbrido trilineal H 53 AE en la media de tres densidades de población y dos ambientes bajo los cuales se evaluaron, exhibieron rendimiento medio estadístico similar ( $8481 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $8400 \text{ kg ha}^{-1}$ ), valores que superaron estadísticamente al híbrido trilineal H 53 AE ( $7280 \text{ kg ha}^{-1}$ ). En los tres casos, aun cuando no mostraron el alto potencial productivo que poseen, los rendimientos fueron buenos considerando que las fechas de siembra en el mes de junio fueron tardías.

Se determinó que la densidad de población, bajo la cual se obtuvo el mejor rendimiento considerando la media de los dos ambientes y tres genotipos evaluados, fue  $70000 \text{ plantas ha}^{-1}$ , con rendimiento de  $8602 \text{ kg ha}^{-1}$ , diferente significativamente respecto al rendimiento bajo  $85000 \text{ plantas ha}^{-1}$  con  $7813 \text{ kg ha}^{-1}$ , y  $7748 \text{ kg ha}^{-1}$ , bajo  $55000 \text{ plantas ha}^{-1}$ . Estas dos densidades y sus rendimiento fueron similares estadísticamente. Lo que confirma que este resultado podría incorporarse en algún paquete tecnológico de producción tanto de semilla como de grano.

Se definió que el mejor ambiente en el promedio de los tres genotipos y las tres densidades de población empleadas, fue la FESC (Cuautitlán Izcalli) con  $8768 \text{ kg ha}^{-1}$  seguido del ambiente de CEVAMEX (Texcoco) con un rendimiento de  $7339 \text{ kg ha}^{-1}$ . Lo que resultó de las condiciones ambientales de la FESC (Cuautitlán Izcalli) por efecto de las precipitaciones que se presentaron, y de las propiedades favorables del suelo en este ambiente.

En las interacciones ambiente x genotipo, así como la interacción ambiente x densidad de población se detectaron diferencias altamente significativas para rendimiento y otras variables (floración masculina, peso de 200 granos). Lo anterior indica que hay una respuesta diferencial de los genotipos en los ambientes en los cuales se condujo este experimento y también del ambiente al emplear diferentes densidades de población, ya que las respuestas en rendimiento fueron diferenciales.

## VI. LITERATURA CITADA

- Arcos Méndez, J. M. 2015. Rendimiento, calidad de grano y cambios adaptativos en maíz Nal-Tel adaptado a Valles Altos. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Texcoco, México. Colegio de Posgraduados. P. 15.
- Ávila P. M. A., J. L. Arellano V., J. Virgen V. y A. J. Gámez V. 2009. H-52: híbrido de maíz para Valles Altos de la mesa central de México. *Agricultura Técnica en México*. 35 (2). Pp 237-240.
- Bohrani, J., y Ajamnouroozi, H. 1998. The effects of planting configuration and plant density on the yield and yield components of the late maturing grain corn cultivar of S. C 704 and the intermediate maturing corn cultivar of S. C 704 in the region of Aliabad Kamin in the province of Fars. *Proceeding 5th Congress of Iranian Agronomy and Plant Breeding*. Karaj, Iran.
- Canales, E. I., 2010. Productividad de grano, androesterilidad y capacidad restauradora de la fertilidad de híbridos de maíz. Tesis de Licenciatura de carrera de Ingeniería Agrícola. Cuautitlán Izcalli, México. FES C. P. 59.
- Canales Islas, E. I., Tadeo Robledo, M., Mejía Contreras, J. A., García Zavala, J., Espinosa Calderón, A., Castillo González F. y Gómez Montiel, N. 2016. Estabilidad del rendimiento de grano en híbridos trilineales androesteriles de maíz para Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7 (2): 1815-1827.
- Cervantes, F., Covarrubias, J., Rangel, J., Terrón, A. D., Mendoza, M. y Preciado, R. E. 2013. Densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 24 (1): 101-110.

- Espinosa Calderón, A., Tadeo Robledo, M. y Turrent Fernández, A. 2004. Fertilización y densidad de población en la producción de semilla de progenitores de híbridos de maíz. FESC Div. Cient. Multidis. (11): 13-20.
- Espinosa C, A., Turrent F, A., Tadeo R, M., Gómez M, N., Sierra M, M., Caballero H, F. (2008). Importancia del uso de semilla de variedades mejoradas y nativas de maíz en México. En: Luis Seefoó (Editor), *Desde los colores del maíz, una agenda para el campo mexicano* (pp. 233-255), Volumen I. El Colegio de Michoacán, Zamora, Michoacán.
- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Turrent, F. A.; Gómez, M. N.; Sierra, M. M.; Caballero, H. F.; Valdivia, B. R. y Rodríguez, M. F. A. 2009a. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias*.118-125 pp.
- Espinosa C, A., Turrent F, A., Tadeo R. M. (2012). Recursos fitogenéticos, patrimonio biocultural, semillas y seguridad alimentaria. En: José Luis Calva (Coordinador), *Políticas Agropecuarias, Forestales y Pesqueras. Análisis Estratégico para el Desarrollo* (pp. 198-218), Volumen 9. Consejo Nacional de Universitarios.
- Espinosa Calderón, A., Tadeo Robledo, M., Arteaga Escamilla, I., Turrent Fernández, A., Sierra Macías, M., Palafox Caballero, A. y Canales Islas, E. I. 2012. Rendimiento de las generaciones F1 y F2 de híbridos trilineales de maíz en los Valles Altos de México. *Universidad y Ciencia*. 1 (28): 54-57.
- Espinosa C, A., Turrent F, A., Tadeo R, M., San Vicente T, A., Gómez M, N., Valdivia B, R., y Zamudio G, B., (2014). Ley de semillas y Ley Federal de Variedades Vegetales y transgénicos de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5 (2): 293-308.
- Espinosa Calderón, A., Tadeo Robledo, M., Virgen Vargas, J., Zamudio González, B., Rojas Martínez, I., Turrent Fernández, A. y Sierra Macías, M. 2015. H-53 AE, híbrido de maíz para Valles Altos y zona de transición con androesterilidad para producción de semilla. INIFAP- CEVAMEX. Texcoco, México.

- Espinosa, A., Gómez, N., Sierra, M., Caballero, F., Coutiño, B., Rodríguez, F. y Betanzos, E. 2016. Los maíces de calidad proteínica y la producción de semillas en México. Ciencia y Desarrollo en internet. Pp 3-4.
- FIRA. 2015. *Panorama Agroalimentario Maíz 2015*.
- Jugenheimer, R. W. 1990. Maíz: variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. D.F. Mexico. LIMUSA.
- MacRobert, J., Setimela, P., Gethi, J., y Worku, M. 2014. Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México, D.F. CIMMYT. Pp 1-2.
- Martínez Nuñez, B. 2014. Comparación de la capacidad productiva de versiones androestéril y fértil de nuevos híbridos de maíz. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrícola. Cuautitlan Izcalli, México. FES C.
- Martínez Yañez, B. 2012. Rendimientos de híbridos de maíz fértiles y androesteriles en temporal retrasado. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrícola. Cuautitlan Izcalli, Mexico. FES C.
- Matías, D. 2009. Productividad de híbridos de maíz para valles altos de semilla obtenida con progenitores fértiles y androestériles. Tesis de Licenciatura de la carrera de Ingeniería Agrícola. Cuautitlan Izcalli, México. FES C.
- Ortiz C, J., Ortega P, R., Molina G, J. D., Mendoza R, M., Mendoza C. C., Castillo G, F., Muñoz O, A., Turrent F, A., Kato Y, T. A. (2007). Análisis de la problemática de la producción nacional de maíz y propuesta de acción. Grupo Xilonen. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Chapingo, Estado de México. 29 p.
- Luna, M. B. M.; Hinojosa, R. M. A.; Ayala, G. O. J.; Castillo, G. F. y Mejía, C. J. A. 2012. Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. Rev. Fitotec. Mex. 35(1):1-7.

- Peréz López, F. J. 2013. Líneas homocigóticas de maíz de alto rendimiento como progenitores de híbridos de cruza simple. Aptitud combinatoria y estabilidad de líneas de alto rendimiento derivadas de maíz exótico tropical. Texcoco, México. Colegio de Posgraduados. Pp 13-30.
- Poehlman, J. M. 2003. Mejoramiento genético de las cosechas. México, D.F. LIMUSA.
- Reyes , P. 1990. El maíz y su cultivo (Primera ed.). Mexico. D.F: A. G. T. Editor, S.A.
- Serratos Hernández, J. A. 2009. El Origen y la diversidad del maíz en el continete americano. Ciudad de México, México. Greenpeace México.
- SIAP. 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. recuperado el 1 de Marzo de 2016. de [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp).
- Subedi, K., Ma, B., & Smith, D. 2006. Response of a leafy and non-lealy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. Crop Sci. Pp 1860-1869.
- Tadeo R. M. & Espinosa C. A. 2007. Rendimiento de semilla de cruza simple fértil y androest riles progenitoras de híbridos de maíz. Revista Agricultura Técnica en México. 33(2). Pp 175-180..
- Tadeo Robledo, M., Espinosa Calderón, A., García Zavala, J., Lobato Ortíz, R., Gómez Montiel, N., Sierra Macías, M., y Valdivia Bernal, R. 2015. Productividad de híbridos androest riles y fértil de maíz en cuatro ambientes de evaluación. Revista Mexican de Ciancias Agricolas. 6 (8). Pp 1857-1866.
- Tadeo, M., Espinosa, A., Chimal, N., Arteaga, I., Trejo, V., Canales, E. y Zamudio, B. 2012. Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androest riles y fértil. Terra Latinoamericana, 30 (2). Pp 157-164.
- Tinoco, C., Ramírez, F., Villareal F. E. y Ruiz, C. 2008. Arreglo espacial de híbridos de maíz, indice de area foliar y rendimiento. Agricultura Técnica en México. 3(34).
- Trejo Pastor, V. 2011. Densidad de poblacion, desespigamiento y su efecto en el rendimiento en producción de semilla híbrida de maíz. Tesis que para obtener el titulo de Ingeniera Agrícola. Cuautitlan Izcalli, México. FES C.

- Turrent, A., y Espinosa, A. 2006. Seguridad alimentaria y el mercado nacional de semillas. Memorias del ciclo de conferencias. 10 Años de Enlace, Innovación, Progreso. Pachuca, Hidalgo. INIFAP- CIRCE. Pp 45-50.
- Vigen Vargas, J., Arellano Vázquez, J. L., Rojas Martínez, I., Ávila Perches, M. y Gutiérrez Hernández, G. 2010. Produccion de semilla de cruza simple de híbridos de maíz en Tlaxcala. Revista Fitotecnia Mexicana. 33. Pp 107-110.
- Virgen-Vargas, J., R. Zepeda-Bautista, M. A. Ávila-Perches, A. Espinosa-Calderón, J. L. Arellano-Vázquez, A. J. Gámez-Vázquez. 2016. Producción y calidad de semilla de maíz en Valles Altos de México. Agron. Mesoam. 27(1):191-20