

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Selección de Líneas S₃ de Maíz Para las Condiciones Agroecológicas del Sureste de Coahuila

Por:

JESÚS HERNÁNDEZ ADAME

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2014.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Selección de Líneas S₃ de Maíz Para las Condiciones Agroecológicas del Sureste de Coahuila*

Por:

JESÚS HERNÁNDEZ ADAME

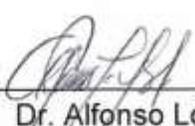
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada


Dr. José Espinoza Velázquez
Asesor Principal


Dr. Alfonso López Benítez
Coasesor


M.C. Roberto Espinoza Zapata
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2014.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por la oportunidad de darme la vida para llegar a un objetivo más, cuidándome, guiándome pero sobre todo por la oportunidad de convivir con la gente que admiro, quiero y respeto, que a lo largo de mi vida me ha acompañado, en los momentos buenos y malos.

A mi familia y en especial a mis padres;

Sr. Hilario Hernández Cruz

Sra. Judith Adame Cabañas

Y hermanas;

Jessica Hernández Adame, Lucia Hernández Adame y María Fernanda Hernández Adame, por ser el motor para seguir adelante y superarme cada día más, por el apoyo moral y económico que dirigieron hacia mí para poder lograr terminar mi carrera y en general, las etapas de estudio que he concluido.

A mi novia **Yareth Maya Vega** por ser una gran compañera y amiga que desde que llegó a mi vida me ha apoyado incondicionalmente en los buenos pero sobre todo en los malos momentos, por darme ánimos en circunstancias críticas, por pasar momentos divertidos e inolvidables y en general por todo el apoyo moral que he recibido de su parte.

A mis abuelos

Isidro Adame de Jesús

Victorina Cabañas Alvarado

Ángel Hernández Epifanio †

Sabina Cruz Pantaleón †

Por los grandes consejos que un día me dieron para guiarme por el camino correcto y así poder lograr llegar hasta donde ahora estoy y por el apoyo moral y económico que recibí un día de ellos.

A mis TÍOS Noé Adame Cabañas, Fernando Adame Cabañas y Fidel Hernández Cruz por el apoyo y la motivación para sobresalir en mis labores diarias, y a toda la familia en general.

A mis Tías Josefina Adame Cabañas y Victoria Adame Cabañas, por el cariño y la motivación que he recibido de su parte.

A mi “**Alma Terra Mater**”, por la formación que me dio, por el acobijo que he tenido estando en ella, por el grado laboral que con gran esfuerzo he ganado estudiando en ella, y en especial por el orgullo de ser un Buitre Narro.

Al departamento de **Fitomejoramiento** en conjunto con todos los profesores que en el laboran, por ayudarme a obtener el perfil y grado de estudio que ahora concluyo y por el apoyo para lograr el presente trabajo de investigación.

Al **Dr. José Espinoza Velázquez** por el apoyo, por los consejos, por las correcciones pero sobre todo por el tiempo que me brindó para lograr elaborar, el presente trabajo de investigación.

Al **comité de asesores** por dedicar parte de su valioso tiempo en la revisión de este trabajo de investigación

A todos mis primos Edgar, Xochilth y a mí cuñado Tomas Fuentes Fuentes por el apoyo y la amistad que me han brindado.

No podrían faltar mis grandes amigos y compañeros de generación; Jorge Cadenas, Antonio de Jesús Vela, Alonso Constantino Díaz, Luis Miguel Sánchez, Ismael Nieblas, Arturo Ponciano, Eduardo Martínez, Jaime Gutiérrez, Adolfo Hernández, Rodolfo Pérez, Andrés Hernández, Eduardo Alonso, María de Jesús Jáuregui, Emir Roblero, Manuel Treviño, Gris Vergara, Leticia Ruiz, Verónica, Teodoro Jacobo, y a toda la generación XVIII en general, por pasar grandes momentos de aventuras juntos y convivir día a día en los salones y pasillos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

A los amigos ajenos a la institución que algún día me acompañaron y estuvieron junto a mí en días difíciles e hicieron días divertidos.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico como prioridad principal a mis padres.

HILARIO HERNÁNDEZ CRUZ

JUDITH ADAME CABAÑAS

Por todo el amor, cariño, grandes consejos y por todo el apoyo en todos los sentidos que he recibido de su parte, para lograr ser una persona de bien y poder servir a la sociedad de una buena manera.

A mis hermanas;

Jessica Hernández Adame

Lucia Hernández Adame

María Fernanda Hernández Adame

Por todo el cariño, consejos, apoyo y motivación que recibo de su parte día con día.

A mí querida sobrina **Itzia Dayami Fuentes Hernández** por ser la alegría de la familia y una nueva integrante.

A mi compañera, amiga y novia **Yareth Maya Vega**, por todo ese amor que me ha brindado y por todos los consejos que he recibido de su parte, por ser ese hombro que he necesitado en los momentos más difíciles y por estar ahí en algunos de los mejores momentos de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	II
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
RESUMEN.....	1
I.INTRODUCCIÓN	4
Objetivos.....	7
Hipótesis.....	7
II.REVISION DE LITERATURA	8
Importancia de la producción del maíz, en México y el mundo.....	8
Producción mundial	8
Producción en México	12
Mejoramiento de maíz.....	16
Las diferentes razas de maíz en México	16
Métodos de mejoramiento aplicables a maíz	17
Selección.....	18
Selección <i>per se</i>	19
III.MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
Ubicación y descripción del área de trabajo	20
Material genético	21
Diseño experimental y análisis estadístico	22
Variables de respuesta.....	23
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
Resultados en líneas A	27
Análisis de varianza	30
Prueba de medias por el método de Tukey.....	32
Resultados de la población IMM-UA-BBP.....	40
Análisis de varianza	42
Prueba de medias por el método de Tukey	43
V.CONCLUSIONES.....	50
VI.LITERATURA CITADA.....	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Producción nacional de maíz del año 2013 en modalidad de riego y temporal.....	14
Cuadro 2.2 Producción de maíz en el municipio de saltillo Coahuila, riego y temporal del año 2013.	15
Cuadro 4.1. Valores promedio de las variables de interés obtenidos en las mejores 15 líneas de maíz S ₃ , derivadas de la población base IMM-UA-NBP (Líneas. “A”).	29
Cuadro 4.2. Presentación resumida de los Análisis de varianza de las variables evaluadas de las líneas de maíz S ₃ pertenecientes a la población “A” (IMM-UA-NBP).	30
Cuadro 4.3 Comparación de medias \bar{F} de rendimiento de mazorca entre las mejores 15 líneas de maíz S ₃ , de la población “A”.....	33
Cuadro 4.4 Comparación de medias \bar{F} en la variable “pudrición de mazorca” entre las mejores 15 líneas de maíz S ₃ , de la población “A”.....	34
Cuadro 4.5 Comparación de medias \bar{F} de la variable “Acame de raíz” entre las mejores 15 líneas de maíz S ₃ , de la población “A”.....	35
Cuadro 4.6 Comparación de medias \bar{F} de la variable “Altura de mazorca” entre las mejores 15 líneas de maíz S ₃ , de la población “A”.....	36
Cuadro 4.7 Comparación de medias \bar{F} de la variable “altura de planta” entre las mejores 15 líneas de maíz S ₃ , de la población “A”.....	37
Cuadro 4.8 Comparación de medias \bar{F} de la variable “índice de inserción de mazorca” entre las mejores 15 líneas de maíz S ₃ , de la población “A”.....	38
Cuadro 4.9 ordenamiento de las 15 mejores líneas de la población “A” de acuerdo a sus atributos generales.	39
Cuadro 4.10. Valores promedio de las variables de interés obtenidos de las mejores 10 líneas de maíz S ₃ , derivadas de la población base IMM-UA-BBP (Pobn. “B”).....	41
Cuadro 4.11. Resumen de los Análisis de varianza, todas las variables, en las líneas de maíz S ₃ de la población “B”.....	43
Cuadro 4.12 Comparación de medias \bar{F} de rendimiento de mazorca entre las mejores 10 líneas de maíz S ₃ , de la población “B”.....	44
Cuadro 4.13 Comparación de medias \bar{F} en la variable “pudrición de mazorca” entre las mejores 10 líneas de maíz S ₃ , de la población “B”.....	45

Cuadro 4.14 Comparación de medias \bar{x} de la variable “altura de mazorca” entre las mejores 10 líneas de maíz S ₃ , de la población “B”.....	46
Cuadro 4.15 Comparación de medias \bar{x} de la variable “altura de planta” entre las mejores 10 líneas de maíz S ₃ , de la población “B”.....	47
Cuadro 4.16 Comparación de medias \bar{x} de la variable “índice de inserción de mazorca” entre las mejores 10 líneas de maíz S ₃ , de la población “B”.....	48
Cuadro 4.17 ordenamiento de las 10 mejores líneas de la población “B” de acuerdo a sus atributos generales.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Representación de la producción total de maíz a nivel mundial en porcentaje, de los países más productores, según USDA.	10
Figura 2.2. Representación de la producción total de maíz a nivel mundial en porcentaje, de los países más productores, según USDA.	11
Figura 2.3 superficie sembrada, superficie cosechada, producción y valor de la producción en los últimos 7 años a nivel nacional.....	12
Figura 2.4 Rendimiento promedio de maíz de los últimos 7 años en México.	13
Figura 2.5 Principales siete estados productores de maíz en México y la aportación en porcentaje de cada uno de ellos a la producción total.	14

RESUMEN

El maíz es un cultivo agrícola de importancia mundial, utilizado para consumo humano, alimentación de animales de importancia zootécnica y en la elaboración de un gran número de materiales industrializados. En México, este cereal es básico en la dieta de la población general, por tal motivo se le confiere una gran importancia al mejoramiento genético, labor que se practica año tras año, y en la cual los mejoradores enfrentan retos y una gran competencia por obtener variedades o híbridos mejorados que superen a los ya existentes en el uso por los agricultores, no solo por su superioridad en rendimiento por unidad de superficie, sino en calidad nutrimental y eficiencia en el uso de los recursos agua, suelo y otros elementos de los medios de producción.

En el contexto del mejoramiento genético del maíz, un paso de importancia para lograr éxito, es la etapa llamada selección. En esta cada mejorador emplea criterios, métodos y presión de selección, según las necesidades del programa en el que participa.

En este trabajo de tesis, la selección y evaluación fueron empleados con el objetivo de identificar las mejores líneas endogámicas, tomando como base a sus características agronómicas y promedios de rendimiento, en el ambiente agroclimático de Buenavista, como parte de la región sureste del estado de Coahuila, y en particular municipio de Saltillo.

Los materiales evaluados pertenecen a dos grupos, el primero consta de 73 líneas nivel S₃, derivadas de la población denominada IMM-UA-NBP-(A), de porte normal, y el segundo se integra por 58 líneas, también nivel S₃, las cuales fueron derivadas de la población IMM-UA-BBP-(B), de porte enano. La localidad de evaluación fue en los terrenos del Campo Experimental Buenavista (25° 21' 20" N, 101° 02' 21" O, elevación 1743 m, datos del 18 de mayo, 2014 en Google Earth, consultado el 25 de octubre, 2014), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, sede en Saltillo, México.

La evaluación *per se* de las líneas se llevó a cabo en un experimento completamente aleatorizado, con dos repeticiones. Las parcelas fueron de un surco de 4 m, con distancia entre plantas de 20 cm. La siembra y el seguimiento hasta cosecha de los materiales se llevó a cabo en el ciclo P-V/2013, del 20 de mayo al 10 de noviembre de este año. Las variables de respuesta fueron las convencionales de un ensayo de producción, tales como días a floración, alturas de planta y mazorca, cobertura, acames, pudriciones y rendimiento por unidad de superficie al 15 % de humedad.

Del total de líneas evaluadas en cada grupo, se aplicó una presión de selección de 17% para la población IMM-UA-BBP y de 20% para la población IMM-UA-NBP, la media varió ya que se deseó tener al menos a 10 líneas destacadas en cada grupo. Al aplicar estas dos presiones de selección, se obtuvo un número de líneas aceptable, con buenas características para seguir con el programa de mejoramiento.

El análisis de varianza aplicó al conjunto de líneas derivadas de la población “A”, se identificó a las 15 líneas mejor calificadas, es decir a las que presentaron en promedio el mayor rendimiento, poca pudrición y una inserción de mazorca aceptable. De los materiales seleccionados, la línea A-73 fue la que obtuvo el primer lugar en base a las variables tomadas en cuenta para la selección, y la A-9 fue la que quedó en el 15° lugar de acuerdo a sus características agronómicas.

En la población “B”, con la presión de selección empleada y bajo los mismos criterios que la población de líneas A, se obtuvieron un total de 19 líneas, con características deseables para seguir con el programa de mejoramiento. De estas 10 líneas seleccionadas la B-25 fue la que obtuvo el primer lugar en cuanto a sus buenos atributos, y la B-31 obtuvo el décimo lugar en base a las características, sin embargo las 10 líneas son las mejores de la población del grupo de enanas.

Palabras clave: *Zea mays* L., selección, selección *per se*, líneas.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L., modificado en la actualidad como sigue: *Zea mays* L. ssp. *mays*) es una especie de gramínea anual cuyo origen más probable ocurrió en la cuenca del río Balsas en México (Buckler y Stevens, 2005). Actualmente, es el cereal con mayor volumen de producción a nivel mundial, superando incluso al trigo y al arroz (FAO, 2012).

Este cereal es uno de los cultivos más abundantes en el mundo, tiene una gran importancia por la diversidad de productos que de él se derivan, tanto para la alimentación humana y animal, como para uso industrial y es también motivo e inspiración de expresiones artísticas y artesanales (Paliwal, *et al.*, 2001).

A fines del siglo XV el maíz fue introducido a Europa, donde se convirtió en un factor clave de la alimentación humana y animal. Hasta el siglo XX, el maíz se fue mejorando a través de variedades de polinización libre, que eran una colección de individuos heterocigotos y heterogéneos. Estas variedades fueron evolucionando gracias a la selección realizada por las distintas civilizaciones americanas. Sin embargo, gracias a los avances en el conocimiento de su genética, fue posible desarrollar líneas con características particulares, a partir de esto los mejoradores lograron generar semillas híbridas con cualidades superiores. En la actualidad se desarrollan nuevos híbridos con mayor

rendimiento y mejores características agronómicas, capaces de tolerar sequía, enfermedades y plagas (Hallauer y Miranda, 1988; Paliwal *et al.*, 2001).

En México y en el resto del continente Americano el maíz es el factor básico, alimenticio y cultural, para muchos grupos nativos (indígenas) que habitan en la mayor parte del continente, por este motivo es que los pobladores y agricultores nativos son los que conservan una gran cantidad de rasas criollas y en consecuencia resguardan una gran diversidad genética en esta especie (Kato *et al.*, 2009).

Las estadísticas de producción de maíz en México señalan la gran importancia del cultivo. Clasificando producción por estado, este cereal se cultiva en todo el país por el uso y la importancia que tiene sea en grandes o pequeñas cantidades y por ser todavía la base de la alimentación en México. Las estadísticas recientes muestran que el país produce alrededor de 22 millones de toneladas por año, como lo fue en el año 2013, que obtuvo una producción de 22.6 millones de toneladas, lo que equivale al 2 o 3 % de la producción mundial total, y los estados que generalmente producen el mayor volumen son; Sinaloa, Jalisco, México, Michoacán y Chiapas, ordenados conforme a la cantidad de producción en grano que genera cada Estado (SIAP, 2013).

En el Estado de Coahuila, especificando mejor, en la región de Saltillo, se cultiva una superficie considerable de maíz, en comparación con cualquier otro municipio del estado, excluyendo a la región Laguna. Este es el motivo de

trabajar en el mejoramiento de poblaciones de maíz adaptadas a estas condiciones agroclimáticas, y de ellas derivar líneas, para la eventual generación de variedades sintéticas o híbridos que sean opciones a los agricultores que se proponen incrementar rendimientos por hectárea en la región.

Según estadísticas, de las 37 mil hectáreas que se siembran de maíz en Coahuila, el 88% del total se siembra en el municipio de Saltillo, es una de las zonas más productoras de maíz en la región y el rendimiento se encuentra aproximadamente en 2 ton ha^{-1} en riego, y alrededor de 700 kg ha^{-1} en agricultura de temporal. Las principales variedades que se cultivan en la región son Cafime, VS-201, VS-221 (INIFAP, 2012). Las variedades sintéticas VAN-210 y Jaguaaan, son dos opciones que presenta la UAAAN para la agricultura maicera en los municipios de Saltillo, General Cepeda y localidades con ambientes agrícolas similares (José Espinoza Velázquez, profesor-investigador, Instituto Mexicano del Maíz, UAAAN, comunicación personal, septiembre, 2014).

Las estadísticas de producción de maíz en grano en la región de Saltillo del año 2013 (SIAP, 2013), genera una visión de la importancia de este cereal en el municipio, y específicamente en el sureste, en el que se ubica una parte importante del área agroecológica de influencia de la UAAAN. En este municipio se siembra alrededor de 11 mil hectáreas de maíz, sin embargo no se genera una gran producción a pesar de ser región maicera. La producción promedio es de 6,900 toneladas, mientras que en el municipio de Arteaga se

siembra alrededor de 6,800 hectáreas y produce alrededor de 8,600 toneladas, (UAAAN, 2011). Con esta información se puede señalar que Saltillo es uno de los municipios que presenta menores rendimientos por hectárea, lo cual es una de las razones para que en este trabajo de tesis se plantean objetivos direccionados para generar variedades mejoradas que ayuden a aumentar la productividad del maíz en la región.

Objetivos

- Identificar y seleccionar genotipos derivados de NBP y BBP, con buenas características agronómicas, con miras a la formación de variedades más productivas adaptadas a la región sureste de Coahuila.
- Evaluar las capacidades productivas-agronómicas de los dos conjuntos de líneas de tercer nivel de endogamia, uno de porte normal y el otro de líneas enanas.

Hipótesis

- La evaluación *per se* de líneas, nivel S3, permite señalar diferencias agronómicas-productivas dentro de los dos conjuntos de líneas, que las califican como deseables y utilizables para las condiciones agroclimáticas del sureste de Coahuila en lo general, y de Saltillo en lo particular.

II. REVISION DE LITERATURA

Importancia de la producción del maíz, en México y el mundo

- **Producción mundial**

El maíz, siendo globalmente uno de los principales granos básicos, fue el que presentó en 2008 el mayor incremento en volumen de producción a nivel mundial, produciendo alrededor de 822.7 millones de toneladas, de los cuales el 80 % de la producción se concentró en 10 países; Estados Unidos ocupó el primer lugar con el 40%, China el segundo con el 20%, Brasil el tercero con el 6% y México el cuarto con el 3% de la producción. Los otros seis países fueron Argentina, Francia, India, Indonesia, Italia y Sudáfrica, que en conjunto agruparon el 11% del volumen producido de maíz (Caballero, *et al* 2010).

Desde el año 2000 hasta el 2009 el planeta entero produce alrededor de 645,414 millones de toneladas de maíz en promedio, y el continente que aporta más a la producción mundial es el continente Americano con el 54.49% total de la producción mundial, le sigue Asia con el 27.34%, después Europa con el 11.23% y entre África y Oceanía suman el 6.94% del total de la producción mundial (INEC, 2011).

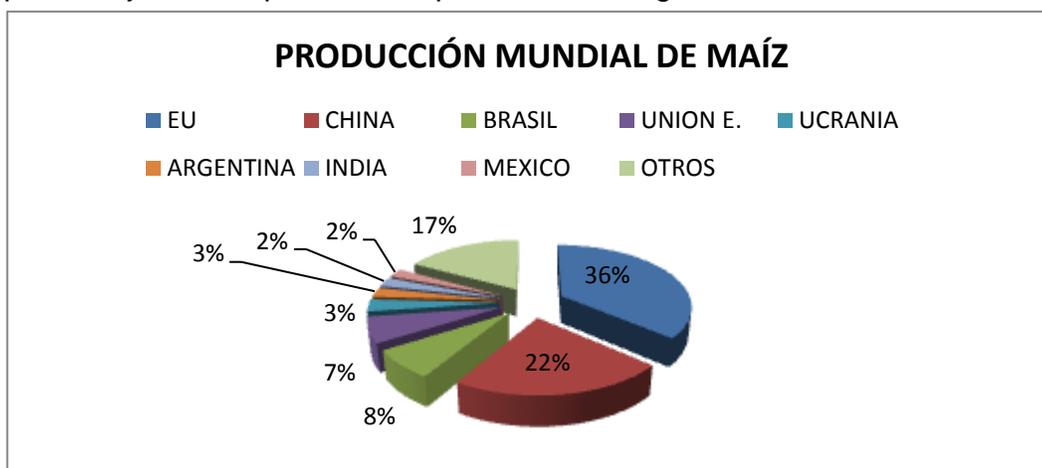
El año 2010, los países que más produjeron maíz fueron Estados Unidos con el 38% de la producción total, en seguida China con el 21%, como tercer lugar Brasil con el 7%, México aporta el 3 % y Argentina de igual manera con el 3%, Indonesia, India y Francia, cada uno apporto el 2%, Sudáfrica y Ucrania aportaron el 1% y el resto del mundo el 20% de la producción total de maíz. En números exactos, la producción total de maíz a nivel mundial en toneladas en el 2010 fue de 851,3 millones de toneladas (SIAP, 2010).

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) informa que en la producción mundial de maíz en el año 2011, Estados Unidos aportó 313.9 millones de toneladas, métricas (MT), que equivalen al 35% de la producción mundial, China aportó el 22%, la Unión Europea el 8%, Brasil el 6%, Argentina el 3%, Ucrania el 3% y México el 2%, el resto de la producción, que es el 21% lo aportó el resto del mundo (USDA, 2011).

En 2012, la producción mundial de maíz fue de 949.93 millones de TM, las cuales se desglosan como sigue, Estados Unidos produjo 375.68 millones de TM, lo que equivale a un 39% de la producción total, después China con el 20%, Unión Europea con el 7%, Brasil de la misma manera, con el 7%, Argentina el 3%, Ucrania el 2%, india el 2% y por ultimo México con el 2%, el resto de la producción mundial es del 16% y lo aporta el resto del mundo (FAOSTAT, 2012).

En diciembre 2013 (Fig. 2.1), el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) estimó que la producción mundial de maíz correspondiente al ciclo 2013/2014 ascendería a 973,9 millones de toneladas, un incremento del 11 % en comparación con el ciclo anterior. De la producción total de maíz (973,903,000 ton.), 353,3 millones de toneladas corresponden a la cosecha de Estados Unidos, siendo el país con mayor producción, seguido de China, y como 8° lugar, está México, con 21,900 millones de TM. En la figura 2.1 se muestran los ocho países más productores de maíz a nivel mundial, representando sus valores de producción en porcentaje, como se observa en la imagen, México queda el 8° lugar (USDA, 2013).

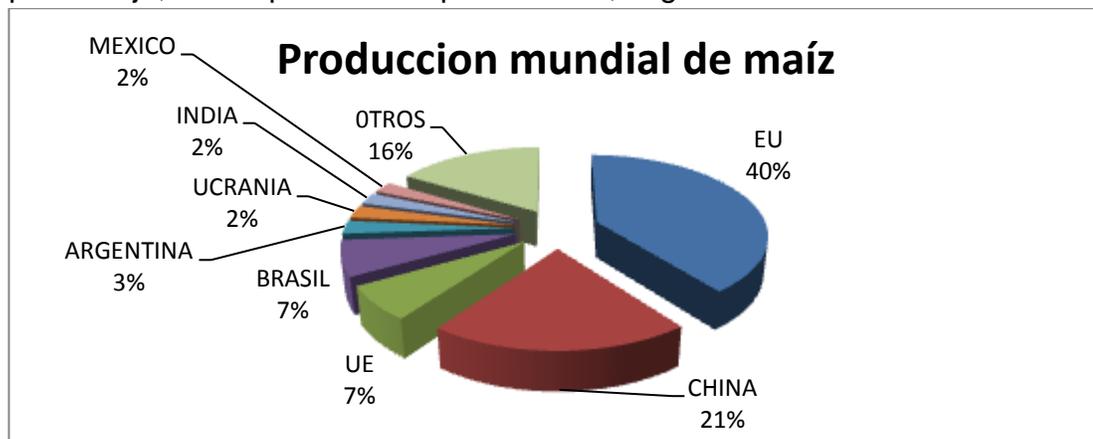
Figura 2.1. Representación de la producción total de maíz a nivel mundial en porcentaje, de los países más productores, según USDA.



Estimación USDA, 2013.

En septiembre 2014 (Fig. 2.2), el Departamento de Agricultura de Estados Unidos estimó que para el año 2014-2015 la producción total de maíz a nivel mundial será de 987.52 millones de TM. Del total, Estados Unidos producirá el 37% con 365.7 millones de toneladas, en seguida China, Brasil, Unión Europea, Ucrania, Argentina y México entre estos países aportarían el 44% y el restante, 19% lo aportarían el resto del mundo. México aporta solo el 2% a la producción mundial, es necesario comentarlo para ver la importancia del maíz en el país (USDA, 2014).

Figura 2.2. Representación de la producción total de maíz a nivel mundial en porcentaje, de los países más productores, según USDA.

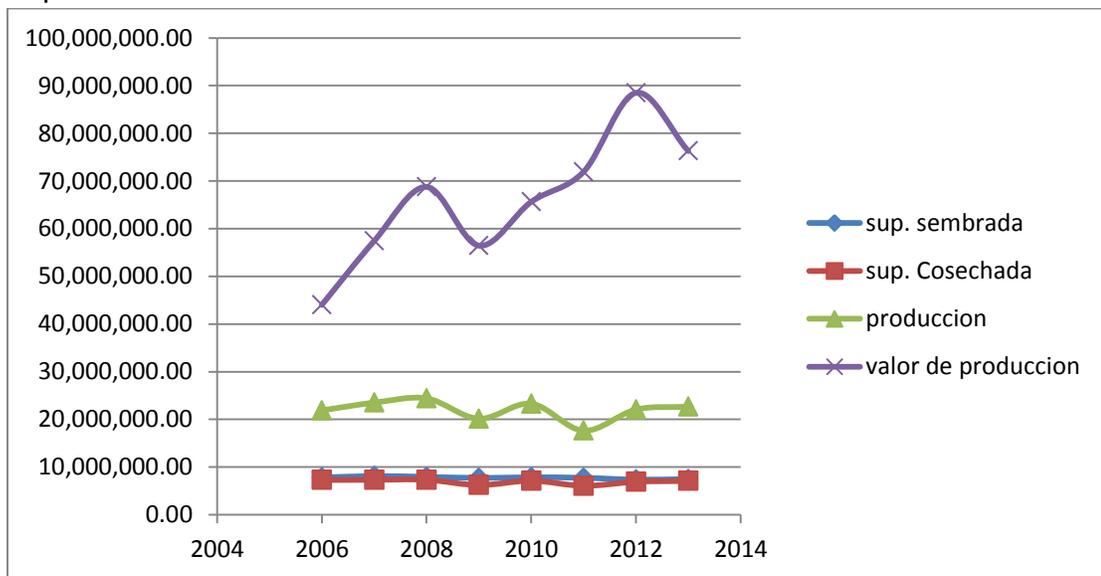


USDA, 2014

- **Producción en México**

La producción de maíz en México desde el año 2006 hasta el año 2013 se ha notado una leve variación en el incremento de la producción total, sin embargo no ha aumentado al cabo de los últimos 7 años. En la Figura 2.3, se observan datos de la producción, superficie sembrada, superficie cosechada y el valor de la producción nacional. A lo largo de los años mencionados, se observa que el valor de la producción ha tenido un buen aumento, a pesar de que la producción no ha aumentado significativamente (SIAP, 2013).

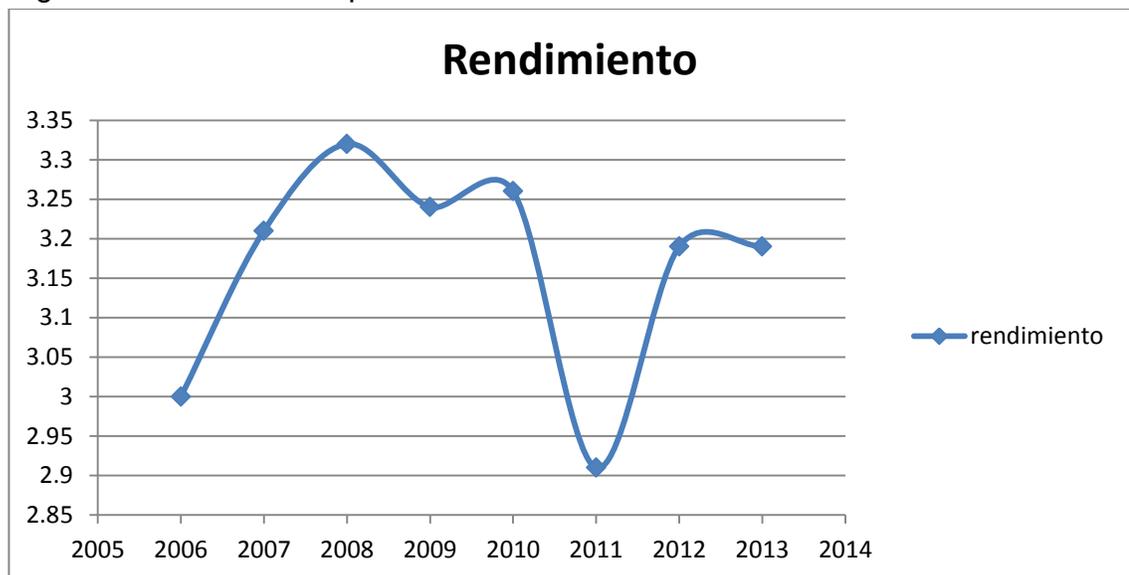
Figura 2.3 superficie sembrada, superficie cosechada, producción y valor de la producción en los últimos 7 años a nivel nacional.



SIAP, 2013.

En seguida se muestra el rendimiento promedio por hectárea de los últimos 7 años, es decir del año 2006 al año 2013, y se observa que no se ha tenido un progreso notable al respecto. De hecho, se observa una baja importante en el año 2011 debido a factores abióticos sucedidos en el mismo año, dos de estos factores fueron las bajas temperaturas a principios del año en Sinaloa y la sequía generalizada que perjudico a todo el territorio nacional (SIAP, 2013).

Figura 2.4 Rendimiento promedio de maíz de los últimos 7 años en México.



SIAP, 2013.

En México, durante el periodo de 1996-2006, la superficie sembrada de maíz ocupó el 51 % de la superficie total sembrada en México, es decir casi el 50 % de la superficie dedicada a la agricultura en México es sembrada con maíz. Por otra parte en México se siembran diversos tipos de maíz y/o variedades, sin embargo la más importante es la de maíz blanco; también debe señalarse que en comparación de los demás cereales, el maíz aumenta una

tasa de producción anual de 2.0% (SIAP, 2012). En el Cuadro 2.1 se muestran estadísticas de producción de maíz tomando en cuenta cifras globales para grano a nivel nacional, año 2013, para dar una idea de la cantidad que se produce y la importancia que tiene el maíz en México.

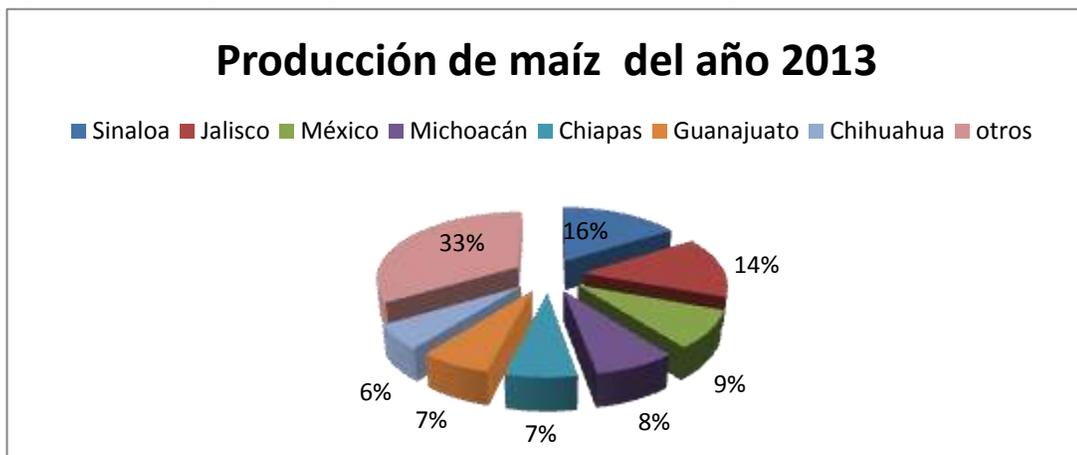
Cuadro 2.1 Producción nacional de maíz del año 2013 en modalidad de riego y temporal.

	Sup. Sembrada (millones ha)	Sup. Cosechada (millones ha)	Producción (millones t)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	PMR (\$/t)	Valor Producción (Millones. Pesos)
Maíz grano	7.49	7.1	22.7	3.19	3,365.8	76,281.6

PMR= precio medio rural. SIAP 2013.

En la Fig. 2.5 se presenta la información gráfica en porcentaje para observar más claramente la proporción que aportan los 7 estados de mayor producción de maíz en México.

Figura 2.5 Principales siete estados productores de maíz en México y la aportación en porcentaje de cada uno de ellos a la producción total.



SIAP, 2013.

En Coahuila, sin contar la región lagunera, se siembran alrededor de 37, 130 hectáreas de maíz y de este total el 88% de hectáreas aproximadamente se siembra en la región sureste ubicada en Saltillo, que es una de las zonas más productoras de maíz en el Estado. El rendimiento promedio de este cereal en la región es aproximadamente de 2,200 kg ha⁻¹ en riego y 650 kg ha⁻¹ en temporal. Actualmente en esta región las variedades más sembradas y que mejor rinden son las variedades; Cafime, VS-201 y VS-221, aun siendo las más rendidoras, siguen teniendo un rendimiento muy bajo en condiciones de temporal o riego, aun con las condiciones adecuadas para su desarrollo (INIFAP, 2012).

En el Cuadro 2.2 se muestran las estadísticas de producción de maíz en grano en la región de Saltillo del año 2013, lo cual genera una visión de la importancia de este cereal en el municipio de saltillo y específicamente en el sureste de saltillo, en el que se ubica el área agroecológica de influencia de la UAAAN.

Cuadro 2.2 Producción de maíz en el municipio de saltillo Coahuila, riego y temporal del año 2013.

Cultivo	Sup. Sembrada (miles Ha)	Sup. Cosechada (miles Ha)	Producción (miles T)	Rendimiento (T ha ⁻¹)	PMR (\$/t)	Valor Producción (Miles. Pesos)
Maíz grano	11.17	11.17	6.90	0.62	3,950.00	27,293.24

SIAP, 2013.

Mejoramiento de maíz

- **Las diferentes razas de maíz en México**

México se considera el centro de origen del maíz por la gran diversidad de materiales nativos, llamados comúnmente criollos, y ancestros encontrados en ciertas regiones del territorio nacional, además de huellas arqueológicas. Uno de los Estados en los que hay gran diversidad de razas y ancestros es Michoacán, en el que se encuentran razas como; Conejo, Maíz dulce, Celaya, Zamorano, Amarillo, Vandeño, Elotes occidentales, Tabloncillo, Mushito, Tuxpeño, Tamaulipas, Purépecha, Maíz de Ecuaro, chalqueño, etc. En el año 2006 se recolectaron 216 muestras de maíces criollos. Se menciona que estas razas de maíz fueron domesticadas en el sur del país, para ser más precisos, en los Estados de; Michoacán, México, Guerrero y Oaxaca, (Carrera, 2006).

Carrera (2006) menciona que desde los años de 1940 hasta los años de 1969, las colectas realizadas por diversos investigadores interesados por el mejoramiento genético del maíz, se obtuvieron alrededor de 10,000 muestras de maíces, contando entre ellas varias razas y ancestros del maíz, las cuales se encuentran en los bancos de germoplasma en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP).

La diversidad existente ha sido de gran importancia en el mejoramiento genético del maíz, en México porque gracias a dicha diversidad se han

desarrollado una gran cantidad de rasas modernas y altamente productivas en Mesoamérica. Muchos investigadores han intentado ordenar y clasificar, buscando establecer las relaciones filogénicas probables entre los diversos grupos raciales existentes. Sin embargo, a pesar de la gran diversidad racial que existe, en algunos lugares del país ya están siendo sustituidas por híbridos o variedades mejoradas (Hernández *et al.*, 2009).

- **Métodos de mejoramiento aplicables a maíz**

El mejoramiento es el término utilizado para describir la creación, selección y establecimiento de fenotipos superiores (Tiessen, 2012). El mejoramiento genético de las plantas se inició con la misma agricultura, en el momento en que los primeros hombres y mujeres colectaron las primeras semillas, es lógico que solo colectaron las mejores, provenientes de los mejores individuos para la siguiente siembra alrededor de su hábitat y así satisfacer sus necesidades. Posteriormente estos métodos que los primeros pobladores utilizaron fueron mejorándose por prueba y error hasta mejorar con el mismo desarrollo de la humanidad, ya aplicado con procesos lógicos consientes, fue así como antes de descubrir los principios básico de la herencia, que hora en día es la genética, el hombre ya había formado poblaciones de plantas, diferenciadas por alguna característica en si dentro de la misma especie (Márquez, 1985).

Los métodos de mejoramiento en lo general tienen como objetivo, el incremento de los alelos favorables en las poblaciones, incrementando ciclo

tras ciclo el número de genotipos con el mayor número de alelos favorables bajo el criterio de recombinación (Hallauer y Miranda, 1988).

Selección

La selección es una fuerza que elimina y de esta forma moldea la diversidad genética que sobrevive y puede reproducirse. Puede decirse entonces que las mutaciones son parte de una fuerza creativa, mientras que la selección es una fuerza destructiva y que la evolución se da por el balance entre estas dos grandes fuerzas, que de cierta forma son opuestas (Tiessen, 2012).

Las metodologías de selección se dividen en intra e interpoblacionales, en las primeras se aprovecha la varianza genética aditiva y en la segundas las varianzas aditivas y de dominancia (Hallauer y Miranda, 1988).

La selección más efectiva en el mejoramiento genético se basa en la selección de características de alta heredabilidad, ya que estas características no son afectadas en gran medida por el ambiente, esto permite tener mayor ganancia genética por ciclo de selección en los caracteres que interesan y que se están mejorando (Chaves, 1995).

La selección puede actuar mediante diversos mecanismos en las poblaciones: variando las frecuencias génicas, las combinaciones de genes o el conjunto de combinaciones de genes preexistentes en la población; así mismo, el resultado de la selección puede generar tres respuestas perceptibles fenotípicamente: cambio en las proporciones de genotipos preexistentes,

acompañado de una desviación de la media poblacional, también puede ocasionar aparición de nuevos genotipos y, por último, cambios en la variabilidad de la población (Allard, 1975).

Selección *per se*

La evaluación *per se* puede ser una herramienta muy útil en la estimación de los efectos genéticos aditivos. También se ha encontrado en algunos trabajos que la selección o evaluación *per se* puede ser un buen estimador de ACG. Este método de selección, ha generado grandes aportaciones al mejoramiento del maíz, por visualizar detalladamente el comportamiento integral de las plantas, incluidas las características.

Este método de selección puede considerarse el más práctico y económico en el mejoramiento genético de plantas, aunque este método no da información sobre el valor genético de las líneas. Ya se han encontrado líneas con muy mala apariencia, que al cruzarse con otras líneas, resulta la progenie muy sobresaliente con respecto a los progenitores, aunque puede también suceder lo contrario (Chávez, 1995).

El método de selección *per se* es llevado a cabo con los siguientes objetivos;

- Seleccionar líneas vigorosas
- Seleccionar líneas sobresalientes para formar híbridos superiores.
- Ahorrar tiempo, dinero y trabajo al eliminar líneas de baja ACG.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y descripción del área de trabajo

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el predio conocido como “Las terrazas” que forma parte de los terrenos de “El Bajío de la Narro”, y que es parte del Campo Experimental Buenavista, el cual se localiza en el sector poniente del campus de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) sede en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Las coordenadas geográficas precisas del lugar son 25° 22' N 101° 02' O, elevación 1743 msnm (datos del 18 de mayo, 2014 en Google Earth, consultado el 25 de octubre, 2014). La UAAAN está ubicada a 7.5 km al sur de la ciudad de Saltillo, sobre la carretera MEX 54 (Saltillo-Zacatecas).

El clima en Buenavista es muy seco, clasificado como BW hw (x”) (e); semicálido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias en verano, y una precipitación invernal superior al 10% del total anual. La precipitación total anual promedio es 350-400 mm, con lluvias en verano y una precipitación invernal arriba de 10% del total anual. La temporada lluviosa se ubica entre los meses de junio a octubre, y la temperatura media anual es de 19.8 °C. El suelo es de textura migajón y migajón arcilloso, con bajos contenidos de materia

orgánica y poseen una capa subyacente de carbonato de calcio (UAAAN, 2011).

La localidad presenta un número considerable de heladas, es decir temperaturas bajo cero, que en lo general se presentan de Noviembre de un año a febrero del siguiente, sin embargo, pueden presentarse heladas tempranas los meses de septiembre y octubre, y heladas tardías en fechas de marzo, Abril, y como un evento meteorológico sumamente raro, en mayo (CONAGUA, 2014).

Material genético

El germoplasma utilizado para el presente trabajo de investigación consta de dos grupos de líneas endogámicas nivel S_3 , derivadas de dos poblaciones de maíz, una de porte normal (denominada en breve como NBP), y la otra de plantas braquíticas (enanas, denominada BBP), las que a su vez se derivaron por selección reversa en contra de la poliembrionía, la primera de la población UA-IMM-NAP, que integra plantas de porte normal y alta frecuencia de poliembrionía, y la segunda de la población UA-IMM-BAP, que presenta plantas braquíticas y alta frecuencia de poliembrionia, (Espinoza *et al.*, 2000).

La generación de estas dos poblaciones aplicando la selección reversa en contra de la poliembrionía (PEm), a partir de las poblaciones NAP, se inició en 1996. Previo a este año, estas dos poblaciones presentaban una frecuencia de poliembrionia (PEm) promedio que oscilaba entre 55 y 65 % (Espinoza *et al.*, 1998). La respuesta a la selección reversa en cada una de estas poblaciones

fue relativamente rápida, de modo tal que después de tres ciclos de selección, las nuevas poblaciones (NBP, derivada de NAP y BBP, derivada de BAP) presentaron una frecuencia PEm menor a 6 % (Espinoza y Vega, 2000), y a una frecuencia menor de 3 % después de seis ciclos de selección (Rebolloza *et al.*, 2008). A partir de esta condición en seis ciclos de selección (Rebolloza *et al.*, 2008). A partir de esta condición en las poblaciones NBP y BBP se aplicó un esquema de selección recurrente de familias de medios hermanos, utilizando a las mejores progenies con solo plantas individuales, resultantes al aplicar una presión de selección de 20 %.

Después de tres ciclos en este proceso, se inició el proceso de formación de líneas endogámicas dentro de cada nueva población, libre de PEm, hasta alcanzar el nivel S_3 . Las líneas evaluadas en este trabajo fueron 73 del grupo NBP, denominado también como grupo "A", y 58 líneas del grupo BBP, también denominado "B". (Datos sin publicar, José Espinoza Velázquez, comunicación personal, agosto, 2013).

Diseño experimental y análisis estadístico

El establecimiento del experimento se llevó a cabo utilizando un diseño de bloques completos al azar con 2 repeticiones, manejando dos poblaciones de líneas (A y B). Del total de las líneas, 73 líneas pertenecen al grupo A, y 58 líneas al grupo B. Los datos de cada una de las variables fueron analizados a través de la técnica ANOVA, acorde con el modelo estadístico

correspondiente. En caso de diferencias estadísticas entre genotipos para determinada variable, se aplicó la prueba de medias con el procedimiento de Tukey ($\alpha = 0.05$).

El modelo estadístico utilizado para el diseño de bloques completos al azar es el siguiente (Steel y Torrie 1998).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable observada en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.

μ = Efecto de la media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

E_{ij} = ij-ésimo error experimental.

Cabe mencionar que el análisis de varianza de los datos y la prueba de media se realizó con el paquete estadístico SAS, Versión 9.1

Variables de respuesta

Acame de tallo (AT): Se contaron todos los tallos que estaban quebrados por debajo de la mazorca y se obtuvo un porcentaje de acame en base al total de plantas por parcela.

Acame de raíz (AR): Del número total de plantas en la parcela se contaron con acame de raíz a las plantas que presentaban una inclinación con respecto a la vertical del tallo igual o mayor a un ángulo de 30°, aproximadamente.

Altura de planta (Ap): De la parcela se tomaron a 3-4 plantas de las más representativas en cuanto a altura y se tomó la medida, de la base del tallo, a la hoja bandera, dicha medida se tomó en centímetros.

Altura de mazorca (AM): De igual manera que la variable “altura de planta”, se tomó las planta más representativas de la parcela y con una baliza se midió de la base del tallo a la base de la mazorca principal (nudo de donde parte el pedúnculo de la mazorca) tomando dicha longitud en centímetros.

Índice de inserción de mazorca (IDI) : Es la proporción que se establece al calcular el cociente entre altura de mazorca con respecto a la altura de planta, expresada en porciento. Esta variable se calcula con la siguiente formula:

$$IDI = \frac{AM}{AP} \times 100$$

IDI = Índice de inserción de mazorca

AM = altura de mazorca

AP = altura de planta

Mazorcas podridas (pudrición): Del total de mazorcas cosechadas en cada parcela, se contó el total de mazorcas podridas y en base a esto se obtuvo un porcentaje de pudriciones. En la toma de esta variable se tomó como podridas las mazorcas que tenían aproximadamente un 10% en delante de grano dañado.

Por ciento de humedad (PH): Se tomó una muestra de granos de tres mazorcas del total de las mazorcas cosechadas y se determinó el contenido de humedad con un determinador portátil (Dickey John min GAC).

Peso de campo (PC): Con una balanza de reloj se pesaron todas las mazorcas cosechadas en cada parcela y el peso obtenido se registró manejándolo en gramos.

Mala cobertura (MC): Esta variable se registra cuando el totomoxtle no logra cubrir por completo la mazorca, y del total de las mazorcas con mala cobertura se obtiene un porcentaje de mazorcas con fallas en la cobertura.

Peso seco (PS): Se obtiene a partir de Peso de Campo haciendo un ajuste de humedad al 15% utilizando la siguiente formula.

$$pS = \frac{H - 100}{100} \times PC$$

Dónde:

PS = Peso seco.

H = Contenido de humedad.

PC = Peso de campo.

Factor de conversión a t ha⁻¹: Una vez que se realizó el ajuste de humedad para calcular el peso seco del grano cosechado de la parcela, es necesario hacer una conversión para calcular y hacer la estimación del rendimiento en t ha⁻¹ y se utiliza la siguiente fórmula:

$$F.C = \frac{10,000}{APU \times 0.845 \times 1000}$$

Dónde:

F.C = Factor de conversión en t ha⁻¹ al 15 % de humedad.

APU = Área de parcela útil en el experimento.

0.85 = Constante para obtener el 15 % de humedad

10,000 = Constante para obtener el rendimiento en t ha⁻¹.

1000 = Constante para obtener el rendimiento en t.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de los análisis empleados en este trabajo de investigación se dividen en dos partes: la primera corresponde a los resultados de las líneas A, derivadas de la población IMM-UA-NBP y en la segunda se presentan y discuten los resultados de las líneas B, es decir, las derivadas de la población IMM-UA-BBP.

Resultados en líneas A

En el cuadro 4.1 se muestran los valores promedios de las variables evaluadas en las 15 mejores líneas de la población “A” y ordenadas con base a la variable “Rendimiento” de mayor a menor.

Estos genotipos selectos en el cuadro de medias, fueron seleccionados con base en los mayores promedios, tomándose los genotipos que promediaron un rendimiento en mazorca igual o mayor a 4 t ha^{-1} . Posteriormente fueron seleccionados de acuerdo al porcentaje de “mazorcas podridas”, tomando sólo los genotipos que presentan de un 6.5 % de pudriciones hacia abajo, y por ultimo a la “inserción de mazorca” seleccionando sólo los genotipos con una inserción igual o menor o a 55 % aplicando concretamente una presión de selección del 20%. Estas tres variables fueron la base para la selección *per se* de los genotipos selectos.

También podemos observar en el Cuadro 4.1. La desviación estándar de los valores obtenidos de cada repetición y se puede notar que en la mayoría de las variables hay una confiabilidad importante y notoria a excepción de las variables AP y AM. Esto pudiera deberse a que en la generación de autofecundación en la que se encuentran estas líneas S₃ aún no hay un margen de homocigocis, lo que pudiera haber impactado las características de altura de planta y mazorca. La endogamia, fenómeno resultante de la cruce entre individuos emparentados, se determina como la condición homocigota de genes de un mismo locus, a este fenómeno lo describen como un mal necesario por las desventajas y grandes ventajas que se designan de este fenómeno en el mejoramiento genético del maíz, (Márquez, 1985). Una vez alcanzando un grado alto de endogamia, las plantas se vuelven uniformes entre familias y dentro de familias.

Por otra parte cabe mencionar que en este trabajo, los registros de daños por *Fusarium* fueron muy esporádicos y de bajo monto, es decir no se presentó un daño mayor o de gran importancia, por este motivo no se hace el registro en este escrito.

Cuadro 4.1. Valores promedio de las variables de interés obtenidos en las mejores 15 líneas de maíz S₃, derivadas de la población base IMM-UA-NBP (Líneas. "A").

Líneas	Rto. (t ha ⁻¹)	Pudrición %	MC %	AR %	AT %	AM	AP	IDI%
A64	7.34 ± 1.7	6.4 ± 0.9	4.6 ± 1.7	0.71 ± 0	7.11 ± 0	80 ± 14.1	167 ± 12.7	48.4 ± 12.2
A73	7.26 ± 0.3	4.3 ± 1.5	6.5 ± 0.2	0.71 ± 0	3.1 ± 3.4	71.5 ± 0.71	142 ± 1.4	50.4 ± 0.1
A62	6.58 ± 1.1	6.0 ± 1.5	5 ± 0	2.16 ± 2	2.2 ± 2	69.5 ± 7.8	156.5 ± 0.71	44.4 ± 4.8
A4	5.49 ± 0.6	4.5 ± 1.3	0.7 ± 0	0.71 ± 0	6.5 ± 0.9	62 ± 2.8	133 ± 1.7	46.8 ± 2.3
A32	5.18 ± 1	2.4 ± 2.4	7 ± 1.7	2.3 ± 2.2	4.8 ± 0.9	62.5 ± 3.5	140 ± 21.2	45 ± 4.3
A46	5.16 ± 1.4	3.1 ± 3.4	0.7 ± 0	0.71 ± 0	3.8 ± 0.5	82.5 ± 17.7	155 ± 7	53 ± 9
A12	5.05 ± 1.4	6 ± 0.2	6.3 ± 1.7	0.71 ± 0	6 ± 0.9	86.5 ± 12	171 ± 12.7	50.5 ± 3.3
A17	5.05 ± 1	6.1 ± 0.4	0.7 ± 0	0.71 ± 0	6.3 ± 0.1	72.5 ± 3.5	147.5 ± 3.5	49.2 ± 3.5
A41	4.97 ± 0.5	3 ± 3.3	0.7 ± 0	0.71 ± 0	6.4 ± 0.3	87.5 ± 10.6	167.5 ± 3.5	52.4 ± 7.4
A50	4.87 ± 0.1	2.2 ± 2.0	5.6 ± 2.1	0.71 ± 0	3.9 ± 4.5	70 ± 0	138.5 ± 4.9	50.6 ± 1.8
A42	4.77 ± 1	5.2 ± 0.9	2.4 ± 2.4	0.71 ± 0	4.8 ± 0.4	87.5 ± 24.7	170 ± 21.2	51 ± 8.2
A19	4.65 ± 1.1	6 ± 1.5	4 ± 0.7	0.71 ± 0	3 ± 3.3	71 ± 1.41	155.5 ± 40.3	47.4 ± 13.2
A44	4.59 ± 0.5	5.8 ± 0.5	3.5 ± 3.9	0.71 ± 0	0.71 ± 0	57.5 ± 17.68	136 ± 1.4	42.4 ± 13.5
A9	4.54 ± 0.6	4.8 ± 0.4	5.7 ± 3	0.71 ± 0	2.2 ± 2	73 ± 4.24	148.5 ± 16.3	49.7 ± 8.3
A49	4.10 ± 2.8	5.6 ± 0.8	0.7 ± 0	2.9 ± 3.1	0.71 ± 0	75 ± 21.21	172.5 ± 10.6	43.2 ± 9.6
Media Lín.								
selectas	5.3	4.8	3.6	1.1	4.1	73.9	153.4	48.3
Media general	4.6	6.7	4	1.05	3.6	74	148.9	49.6
Desvesta	1.0	1.5	2.4	0.7	2.1	9.4	13.8	3.3

Rto = rendimiento en mazorca, MC = Mala cobertura de mazorca, AR= Acame de raíz, AT = Acame de tallo, AM = altura de mazorca, AP = Altura de planta, IDI = Índice de inserción de mazorca.

Análisis de varianza

En esta fase del proceso de investigación se muestra la importancia y se hace una predicción entre otras observaciones sobre los datos obtenidos de cada una de las poblaciones, en este caso se presentan los resultados de las líneas “A”.

En el cuadro 4.2. Se muestra el análisis de varianza de las ocho variables tomadas en cuenta para la selección de los mejores quince genotipos, los valores promedio de cada una de las variables en el cuadro 4.2 son sólo de los valores de los 15 genotipos selectos con mejores cualidades para la formación y obtención de buenas líneas con características favorables.

Cuadro 4.2. Presentación resumida de los Análisis de varianza de las variables evaluadas de las líneas de maíz S₃ pertenecientes a la población “A” (IMM-UA-NBP).

Líneas A	AR	AT	AP	AM	IDI	MC	Pudrición	Rto.
GL Líneas	72	72	72	72	72	72	72	72
GL ee	73	73	73	73	73	73	73	73
CM Líneas	2.33	7.75	540.55	502.59	134.6	12.1	6.77	8.30
CM ee	0.71	3.034	188.34	185.52	68.23	3.57	2.58	2.38
F calc.	3.28**	2.55	2.87**	2.71**	1.97*	3.39	2.62**	3.49**
R ² (%)	0.763	0.715	0.738	0.727	0.66	0.769	0.721	0.775
CV	80.21	48.35	9.21	18.39	16.62	47.22	23.74	33.15
Media lín. selectas	1.1	4.1	153.4	73.9	48.3	3.6	4.8	5.31
Media general	1.05	3.6	148.93	74.04	49.68	4	6.76	4.64

Rto = rendimiento en mazorca, MC = Mala cobertura de mazorca, AR = Acame de raíz, AT = Acame de tallo, AM = altura de mazorca, AP = Altura de planta, IDI = Índice de inserción de mazorca. Las unidades de medias son como sigue: AR, AT y MC en por ciento. AP y AM en cm. Rto en t de mazorca ha⁻¹.

Los resultados del ANOVA muestran que la mayoría de las variables presentan diferencia altamente significativa entre genotipos; la excepción fue para las variables AT y MC. En el caso de la variable AR (acame de raíz) se pudo observar que hay diferencia entre los genotipos de la población con respecto al acame. Sin embargo, los tallos en el conjunto de líneas, en lo general, correspondieron a tallos sanos, con notable resistencia a plagas y enfermedades que atacan al tallo, y/o el control de plagas fue el adecuado, o las combinaciones de factores del clima en el periodo experimental fueron benéficas.

En lo que respecta a “Altura de planta” (AP) hay diferencia estadísticamente significativa entre líneas dado el amplio rango de valores de 130 a 172 cm. Es común que la mayoría de los casos, tratándose de líneas de más de 75 % de endogamia, un sin número de características se depriman, es decir, reduzcan su expresión fenotípica en alto grado (Márquez, 2007).

En “Altura de mazorca” (AM) se observa diferencia altamente significativa para hacer selección y mantener un promedio de altura de mazorca, y al mismo tiempo para la altura de planta que es una variable asociada de cierta manera por ir en relación una de otra.

En la variable “Índice de inserción de mazorca” (IDI) se observa diferencia significativa generalmente en toda la población, dicha variable es la relación entre la altura de la planta y la altura de mazorca y observamos que hay una cierta proporción de la mazorca con respecto a la altura de la planta.

En “Mala cobertura” (MC) del totomoxtle en la mazorca no hay diferencia significativa, es decir en general la población IMM-UA-NBP se forma por genotipos con buena cobertura de la mazorca, hay un bajo porcentaje de mazorca sin ser cubiertas totalmente por el totomoxtle.

En mazorcas podridas (pudrición) encontradas en los genotipos se pudo observar diferencia altamente significativa ($p < 0.01$), es decir algunos de los genotipos presentan valores promedio o altos con respecto a mazorcas podridas si se comparan con otros genotipos donde la incidencia de mazorcas podridas es baja.

La variable más importante en el tema de mejoramiento es el “Rendimiento” (Rto) y como se esperaba, se pudo observar que hay diferencias altamente significativas con una media de rendimiento general de 4.64 t ha^{-1} habiendo una alta proporción de líneas o genotipos que su rendimiento está por arriba de esta cantidad, pero debido a la discriminación por otras variables quedan fuera de los genotipos seleccionados.

Prueba de medias por el método de Tukey.

La prueba de medias de la variable “Rto” (Tukey, $\alpha=0.05$). Se presenta en el Cuadro 4.3. De acuerdo a los valores estadísticos de la prueba la diferencia mínima significativa entre los grupos de significancia estadística fue de 6.72 toneladas de acuerdo a la media de los 73 genotipos evaluados de la población. Con base en la prueba, y con la decisión identificar al 20% de las mejores líneas, todas ellas estadísticamente iguales, se muestra en el Cuadro

4.3 a las mejores 15 de las 73 líneas “A” evaluadas. Como ya puede apreciarse el Rto extremo superior fue ligeramente mayor a siete toneladas (mazorca).

Cuadro 4.3 Comparación de medias [†] de rendimiento de mazorca entre las mejores 15 líneas de maíz S₃, de la población “A”.

Líneas	Rendimiento de mazorca(t ha ⁻¹)
A64	7.34 abcde
A73	7.26 abcde
A62	6.58 abcde
A4	5.49 bcde
A32	5.18 bcde
A46	5.16 bcde
A12	5.05 bcde
A17	5.05 bcde
A41	4.97 bcde
A50	4.87 bcde
A42	4.77 bcde
A19	4.65 bcde
A44	4.59 bcde
A9	4.54 bcde
A49	4.10 bcde
Media de líneas selectas	5.3
Media general del experimento	4.6

[†] Tukey ($\alpha = 0.05$).

Con respecto a la variable Pudrición de mazorca, al aplicar la prueba de Tukey, $\alpha=0.05$, se observó una tendencia similar a la observada en Rto. La prueba especificó que la diferencia mínima significativa entre líneas para pudrición de mazorca tendría que ser de 7.01 %. Como puede observarse en el Cuadro 4.4, las 15 líneas de mayor rendimiento discreparon en este indicador de sanidad de mazorca, ya que mostraron diferentes niveles de daño. Destaca que las dos líneas más sanas (A50 y A32) rindan 5 t ha⁻¹ en promedio. Se menciona que la pudrición de la mazorca es causada principalmente por

hongos de campo y en raros casos por hongos de almacén entre los cuales se encuentran *Penicillium*, *Aspergillus*, *Gibberella* y *Fusarium* por *Nigrospora*, *cephalosporium* *Hormodendrum*, y *Stenocerpella*. (CIMMYT, 2004). De los hongos mencionados destaca la pudrición de la mazorca causada por *Fusarium moniliforme*. (Pérez et al., 2000).

Cuadro 4.4 Comparación de medias [‡] en la variable “pudrición de mazorca” entre las mejores 15 líneas de maíz S₃, de la población “A”.

Líneas	Pudrición (%)
A64	6.45 abdc
A17	6.1 abdc
A62	6.05 abdc
A19	6.05 abdc
A12	6 abdc
A44	5.8 abdc
A49	5.6 abdc
A42	5.15 abdc
A9	4.75 abdc
A4	4.5abdc
A73	4.3 abdc
A46	3.1 bdc
A41	3.05 bdc
A32	2.4 dc
A50	2.15 d
Media de líneas selectas	4.8
Media general del experimento	6.7

[‡] Tukey ($\alpha = 0.05$).

La prueba de medias para la variable “Acame de raíz” por el método de Tukey ($\alpha=0.05$), se muestra en el cuadro 4.5. De acuerdo a los datos obtenidos, la diferencia mínima significativa para diferencias entre genotipos fue de 3.68%,

sin embargo, al considerar solo a las 15 líneas selectas por alto rendimiento, el AR es menor a 3 %, y la diferencia entre ellas no es estadísticamente significativo. En el caso de esta variable, los mejores genotipos son representados por la letra “c”, que cataloga a las líneas, donde se enlistan dos de las líneas de más alto Rto (A64 y A73) y una de la menor pudrición de mazorca (A50). Se dice que los acames, sean de tallo o raíz, son de gran importancia para los mejoradores por las grandes pérdidas que generan al perder las mazorcas de las plantas dañadas; las perdidas por acames puede darse en valores de 5 y el 25% de la producción total (Zuber y Kang 1978).

Cuadro 4.5 Comparación de medias [‡] de la variable “Acame de raíz” entre las mejores 15 líneas de maíz S₃, de la población “A”.

Líneas	AR (%)
A49	2.88 bc
A32	2.28 bc
A62	2.16 bc
A64	0.71 c
A73	0.71 c
A4	0.71 c
A46	0.71 c
A12	0.71 c
A17	0.71 c
A41	0.71 c
A50	0.71 c
A42	0.71 c
A19	0.71 c
A44	0.71 c
A9	0.71 c
Media de líneas selectas	1.1
Media general del experimento	1.0

[‡] Tukey ($\alpha = 0.05$).

La prueba de medias para la variable “altura de mazorca” (AM) mediante el método Tukey, ($\alpha=0.05$) se muestra en el Cuadro 4.6, donde no se observa diferencias entre las 15 líneas seleccionadas, pero donde si pudo documentar diferencias en el conjunto de las 73 líneas A. Es necesario mencionar que AM no fue tomado en cuenta en el criterio de selección de estos materiales genéticos, sin embargo no por ello deja de ser de importancia en el mejoramiento del maíz. Los datos estadísticos obtenidos en la prueba de medias muestra que la diferencia mínima significativa para la formación de los grupos de igualdad-diferencia estadística fue de 59.47 cm de altura.

Cuadro 4.6 Comparación de medias [‡] de la variable “Altura de mazorca” entre las mejores 15 líneas de maíz S₃, de la población “A”.

Líneas	AM (cm)
A41	87.5 ab
A42	87.5 ab
A12	86.5 abc
A46	82.5 abc
A64	80 abc
A49	75 abc
A9	73 abc
A17	72.5 abc
A73	71.5 abc
A19	71 abc
A50	70 abc
A62	69.5 abc
A32	62.5 abc
A4	62 abc
A44	57.5 abc
Media de líneas selectas	73.9
Media general del experimento	74

[‡] Tukey ($\alpha = 0.05$).

Los resultados de la prueba de medias para la variable “altura de planta” (AP) se muestran en el Cuadro 4.7, en el que para la formación de los grupos de significancia según los datos estadísticos obtenidos de la prueba de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$), se toma en cuenta como la diferencia mínima significativa de 59.92 cm del total de las líneas evaluadas (73 líneas), al igual que en AM, la altura de planta no fue un parámetro de importancia para la selección de las 15 líneas enlistadas.

Cuadro 4.7 Comparación de medias [‡] de la variable “altura de planta” entre las mejores 15 líneas de maíz S₃, de la población “A”.

Líneas	AP (cm)
A49	172.5 abcd
A12	171 abcd
A42	170 abcd
A41	167.5 abcde
A64	167 abcde
A62	156.5 abcde
A19	155.5 abcde
A46	155 abcde
A9	148.5 abcde
A17	147.5 abcde
A73	142 abcde
A32	140 abcde
A50	138.5 abcde
A44	136 abcde
A4	133 abcde
Media de líneas selectas	153.4
Media general del experimento	148.9

[‡] Tukey ($\alpha = 0.05$).

La prueba de medias para el índice de inserción de mazorca (IDI) se muestra en el Cuadro 4.8. Esta variable, al igual que las anteriores se realizó la prueba de medias por el método de Tukey ($\alpha = 0.05$), la cual indica que la

diferencia mínima significativa para la formación de los grupos de significancia es de 36.07, expresado el valor en porcentaje, con respecto a la población total evaluada. Es necesario mencionar que esta variable fue tomada en cuenta para el criterio de selección de las mejores 15 líneas. Cabe mencionar que las tres líneas de mayor rendimiento (A64, 62, 73) presentaron una IDI de 50 % o menor; de igual manera, las líneas A50 y A32, de hecho, esta última tuvo una inserción menor a 45%.

Cuadro 4.8 Comparación de medias [‡] de la variable “índice de inserción de mazorca” entre las mejores 15 líneas de maíz S₃, de la población “A”.

Líneas	IDI (%)
A46	53.05 abc
A41	52.35 abc
A42	51 abc
A50	50.6 abc
A12	50.45 abc
A73	50.35 abc
A9	49.65 abc
A17	49.2 abc
A64	48.4 abc
A19	47.35 abc
A4	46.75 abc
A32	44.95 abc
A62	44.4 abc
A49	43.2 abc
A44	42.35 abc
Media de líneas selectas	48.3
Media general del experimento	49.6

[‡] Tukey ($\alpha = 0.05$).

En el Cuadro 4.9 se presentan las líneas seleccionadas, ordenadas de manera jerárquica en base a sus atributos generales de acuerdo a los parámetros tomados en cuenta para la selección, a continuación se muestran

dichos parámetros en el cuadro de ordenación. De acuerdo al “índice”, se les asigna una calificación que fue obtenida mediante un análisis, simple matemático, de sumas y restas del lugar que ocuparon en cada variable de acuerdo al ordenamiento de la prueba de medias, para esto se tomó como base un 100% de la sumatoria de todas las variables en conjunto, y basándose en esto se restó o sumo los valores de cada variable mediante una ponderación de datos, esto dio como resultado calificaciones, tomando un rango del 1 al 100, lo cual indica que las líneas con mayor índice o calificación son las mejores; por ejemplo la línea A-44 da el valor más alto, esto indica que es la que mejor atributos tiene de las 15 seleccionadas y la A-49 es la que menos atributos tiene en relación a las 15 selectas.

Cuadro 4.9 Ordenamiento de las 15 mejores líneas de la población “A” de acuerdo a sus atributos generales.

LINEAS	RTO	PUDRICIÓN	AR	AM	AP	IDI	ÍNDICE
A44	13	6	14	15	14	15	92
A32	5	14	2	13	12	12	90
A50	10	15	11	11	13	4	89
A41	9	13	10	1	4	2	87
A46	6	12	7	4	8	1	86
A4	4	10	6	14	15	11	84
A73	2	11	5	9	11	6	84
A42	11	8	12	2	3	3	83
A9	14	9	15	7	9	7	82
A19	12	4	13	10	7	10	77
A12	7	5	8	3	2	5	76
A64	1	1	4	5	5	9	76
A17	8	2	9	8	10	8	75
A62	3	3	3	12	6	13	75
A49	15	7	1	6	1	14	67

Datos procesados, obtenidos de la prueba de medias; Tukey ($\alpha = 0.05$). RTO = rendimiento, PUDRICIÓN = pudrición de mazorca, AR = acame de raíz, AM = altura de mazorca, AP = altura de planta, IDI = índice de inserción de mazorca, INDICE = calificación promedio de acuerdo a sus atributos.

El ordenamiento de las líneas se realizó con el fin de visualizar a simple vista y con facilidad la mejor de las 15 líneas seleccionadas y la que tiene menos atributos dentro de la población UA-IMM-NBP.

Resultados de la población IMM-UA-BBP

En el Cuadro 4.10 se muestran los valores promedios de las 10 líneas seleccionadas dentro de la población B y ordenadas en base al rendimiento promedio de cada línea, de una manera descendente en rendimiento. Por otra parte las mejores 10 líneas seleccionadas de la población IMM-UA-BBP fueron seleccionadas bajo tres criterios, el primer criterio de selección fue tomado en base a rendimiento promedio del genotipo; en esta variable solo fueron seleccionadas las líneas que obtuvieron un rendimiento mayor o igual a 4 t ha^{-1} .

Con respecto a la “pudrición” de mazorca, la selección fue sólo para las líneas que presentaron un porcentaje menor o igual a 6.5% del total de mazorcas cosechadas en la parcela, cabe mencionar que el porcentaje promedio de la población “B” en pudrición de mazorca es mayor a la de la población “A”, es notorio e importante la altura de la mazorca con respecto al suelo por la humedad que se conserva y el microclima que se genera.

Por otra parte, el tercer criterio de selección fue en base a la inserción de la mazorca en relación a la altura total de la planta. De esta manera, las líneas seleccionadas dentro de la población fueron las que presentan un porcentaje

menor o igual a 55% de la altura total de la planta. En concreto la presión de selección aplicada para la selección en esta población fue de 17 %.

En el Cuadro 4.10 los valores promedios de cada variable está acompañado de la desviación estándar, y de igual manera de cada línea seleccionada, obtenida de las dos repeticiones de siembra en la que se estableció el experimento. En general, en las líneas seleccionadas se observa un buen promedio en rendimiento y con buenas características en las demás variables dependientes.

Cuadro 4.10. Valores promedio de las variables de interés obtenidos de las mejores 10 líneas de maíz S₃, derivadas de la población base IMM-UA-BBP (Pobn. “B”).

Líneas	Rto (t ha ⁻¹)	Pudrición %	MC %	AR %	AT%	AM, cm	AP, cm	IDI %
B25	9.95 ± 1.2	5.5 ± 2.3	7.8 ± 0.2	0.71 ± 0	2.2 ± 2.2	89.5 ± 2.1	164 ± 1.41	54.6 ± 1.8
B13	8.96 ± 0.1	6 ± 1.6	7.3 ± 0.3	2.06 ± 1.9	5 ± 0.44	88.5 ± 9.1	173.5 ± 9.2	51 ± 2.6
B23	7.74 ± 2	5.6 ± 2.1	0.7 ± 0	0.71 ± 0	2 ± 1.91	65 ± 16.9	138.5 ± 6.4	47.3 ± 14.4
B26	6.5 ± 1.1	5 ± 2	4.1 ± 1.3	0.71 ± 0	2.16 ± 2	62 ± 41	152 ± 2.8	40.6 ± 26.2
B50	6.03 ± 3	4.9 ± 2.1	4.9 ± 2.1	0.71 ± 0	0.71 ± 0	62.5 ± 21.9	126 ± 29.8	49 ± 5.9
B31	5.61 ± 2.8	6.3 ± 0.1	0.7 ± 0	0.71 ± 0	0.71 ± 0	49 ± 4.24	102.5 ± 7.8	47.8 ± 0.5
B27	5.55 ± 1.3	5.6 ± 0.3	2.3 ± 2.2	0.71 ± 0	3.63 ± 0.31	58 ± 8.5	132 ± 2.8	43.9 ± 5.5
B47	5.53 ± 1.1	6.2 ± 0.5	5.1 ± 0.4	0.71 ± 0	0.71 ± 0	69 ± 1.4	131 ± 1.41	52.7 ± 1.6
B39	5.47 ± 0.7	5.4 ± 0.5	2.9 ± 3.1	0.71 ± 0	2.42 ± 2.4	66.5 ± 9.2	144 ± 2.8	46.3 ± 7.3
B48	4.07 ± 1.2	5.3 ± 1.2	2.1 ± 2	0.71 ± 0	0.71 ± 0	65 ± 7	133.5 ± 10.7	48.6 ± 1.4
Media lín. selectas	6.5	5.6	3.8	0.8	2.0	67.5	139.7	48.1
Media grl.	5.02	7.32	3.04	0.82	1.84	62.1	130.9	47.5
Desvesta	1.5	1.3	1.2	0.2	0.9	12.2	7.5	6.7

Rto = rendimiento en mazorca, MC = Mala cobertura de mazorca, AR = Acame de raíz, AT = Acame de tallo, AM = altura de mazorca, AP = Altura de planta, IDI = Índice de inserción de mazorca.

Análisis de varianza

En el cuadro 4.11 se presentan los datos, que significa la importancia y el soporte para dar seguimiento al trabajo de mejoramiento de maíz en particular para la población B. los resultados obtenidos del análisis de varianza de toda la población en general, evaluada con cada una de las variables consideradas, fueron de gran importancia para esta selección.

Las variables evaluadas en la población "B" generaron los resultados que se muestran en el cuadro 4.11. Como primera observación nótese que en tres de las variables evaluadas, AR, AT y MC no presentaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre genotipos. En términos generales, estas variables tienen una media muy baja, prácticamente en acame tanto de tallo como de raíz, no hay daños debido a la altura promedio de la población, por ser plantas enanas, y en mala cobertura el porcentaje promedio es generalmente bajo, para toda la población.

Las variables que presentaron verdadera diferencia estadística ($p < 0.01$), y sólo el caso de la variable IDI, donde $p < 0.05$) fueron: Altura de planta (AP), Altura de mazorca (AM), Pudrición (PUDRI), y la más importante en cualquier programa de mejoramiento, el Rendimiento promedio de cada línea (Rto). Para hacer esta selección fue esencial la diferencia entre líneas de la misma población. Aunque en la inserción de la mazorca hubo diferencias, no son verdaderamente significativas, pero en un cierto grado fueron de gran ayuda.

El análisis realizado para la población total indica buenas características que hacen y le dan gran importancia a esta población, por ejemplo el rendimiento promedio de las líneas se observa que anda alrededor de 5.3 t ha⁻¹ de la población total, y en pudrición de la mazorca prácticamente es un porcentaje bajo, y algo similar se observó en otras variables.

Cuadro 4.11. Resumen de los Análisis de varianza, todas las variables, en las líneas de maíz S₃ de la población “B”

Líneas B	AR %	AT%	AP, cm	AM, cm	IDI	MC	Pudrición	Rto.
GL Líneas	57	57	57	57	57	57	57	57
GL ee	58	58	58	58	58	58	58	58
CM Líneas	0.34	2.66	1073.55	548.22	96.6	10.55	4.67	7.1563
CM ee	0.358	2.58	211.02	175.07	63.15	3.58	2.08	2.7686
F calc.	0.95	1.03	5.09**	3.13**	1.53*	2.94	2.24**	2.58**
R ² (%)	0.482	0.503	0.833	0.754	0.6	0.742	0.687	0.717
CV	73	86.98	11.09	21.06	16.70	62.2	19.71	33.10
Media lín. selectas	0.8	2.0	139.7	67.5	48.1	3.8	5.6	6.5
Media general	0.82	1.84	130.9	62.81	47.56	3.04	7.32	5.03

Rto = rendimiento en mazorca, MC = Mala cobertura de mazorca, AR = Acame de raíz, AT = Acame de tallo, AM = altura de mazorca, AP = Altura de planta, IDI = Índice de inserción de mazorca.

Prueba de medias por el método de Tukey

La prueba de medias para el rendimiento promedio de cada línea fue estimada con el método de Tukey ($\alpha=0.05$), de la misma manera que en la población “A”, los resultados se muestran en el Cuadro 4.12. De acuerdo a los datos estadísticos obtenidos de la prueba, la diferencia mínima significativa para formar los grupos de significancia fue de 7.15 toneladas, de la media total

de la población, es decir de las 58 líneas evaluadas, la cual indica que hay verdadera diferencia entre líneas de la población total pero no entre las líneas seleccionadas. Bajo los criterios tomados en cuenta para la selección, principalmente el rendimiento promedio, tomando en cuenta de mayores o iguales a 4 t ha⁻¹, los análisis permitieron la identificación de solo 10 líneas superiores.

Cuadro 4.12 Comparación de medias [†] de rendimiento de mazorca entre las mejores 10 líneas de maíz S₃, de la población “B”.

Líneas	Rendimiento de mazorca (t ha ⁻¹)
B25	9.96 a
B13	8.96 ab
B23	7.74 abcd
B26	6.50 abcd
B50	6.04 abcd
B31	5.61 abcd
B27	5.55 abcd
B47	5.53 abcd
B39	5.47 abcd
B48	4.07 abcd
Media de líneas selectas	6.5
Media general en el experimento	5.02

[†] Tukey ($\alpha = 0.05$).

En el Cuadro 4.13 se plasman los datos resultantes de la prueba de medias para “podrición de mazorca” obtenidos bajo el método de Tukey ($\alpha=0.05$), y en donde la diferencia mínima significativa, fue de 6.2, representado en porcentaje

de pudrición con respecto a la población total y formados los grupos de significancia, los cuales indican diferencias verdaderas entre las líneas evaluadas y seleccionadas. En esta variable solo fueron seleccionados los genotipos que presentaban un porcentaje menor o igual a un 6.5%, de la misma manera que en la población “A”.

Cuadro 4.13 Comparación de medias [†] en la variable “pudrición de mazorca” entre las mejores 10 líneas de maíz S₃, de la población “B”.

Líneas	Pudrición (%)
B31	6.3 abc
B47	6.2 abc
B13	5.95 abc
B23	5.6 abc
B27	5.6 abc
B25	5.45 abc
B39	5.4 abc
B48	5.3 abc
B26	5 abc
B50	4.9 bc
Media de líneas seleccionadas	5.6
Media general del experimento	7.32

[†] Tukey ($\alpha = 0.05$).

La prueba de medias para la altura de mazorca (AM) de las líneas evaluadas y seleccionadas se presenta en el Cuadro 4.14, obtenido por el método de Tukey ($\alpha=0.05$). Aquí la diferencia mínima significativa para la formación de los grupos de significancia fue de 56.87 cm de altura, de acuerdo a la población total, estos datos muestran verdadera diferencia entre el total de

los genotipos evaluados. Es importante mencionar que aunque esta variable no fue tomada en cuenta para la selección de los materiales presentes en el Cuadro 4.14, es de importancia para conocer en qué proporción de la altura total de la planta se encuentra la mazorca y así conocer las ventajas o desventajas de esta característica.

Cuadro 4.14 Comparación de medias [†] de la variable “altura de mazorca” entre las mejores 10 líneas de maíz S₃, de la población “B”.

Líneas	Am (cm)
B25	89.5 abc
B13	88.5 abc
B47	69 abcde
B39	66.5 abcde
B23	65 abcde
B48	65 abcde
B50	62.5 abcde
B26	62 abcde
B27	58 abcde
B31	49 bcde
Media de líneas seleccionadas	67.5
Media general del experimento	62.81

[†] Tukey ($\alpha = 0.05$).

La prueba de medias para altura de planta (AP) se muestra en el Cuadro 4.15, donde se presentan las mejores 10 líneas de la población “B”, datos obtenidos por el método de Tukey ($\alpha=0.05$), bajo este criterio, la diferencia mínima significativa utilizada para la formación de los grupos de significancia fue de 62.44 cm de altura respecto a la población total evaluada, de la misma manera que la AM esta variable, a pesar de no ser tomada en cuenta para la

selección de estos genotipos, es de importancia si los mejoradores se proponen tener plantas enanas o inclusive híbridos con altura baja.

Cuadro 4.15 Comparación de medias [†] de la variable “altura de planta” entre las mejores 10 líneas de maíz S₃, de la población “B”.

Líneas	AP (cm)
B13	173.5 ab
B25	164 abcd
B26	152 abcdef
B39	144 abcdefg
B23	138.5 abcdefg
B48	133.5 abcdefgh
B27	132 abcdefgh
B47	131 abcdefgh
B50	126 abcdefgh
B31	102.5 defgh
Media de líneas seleccionadas	139.7
Media general del experimento	130.9

[†] Tukey ($\alpha = 0.05$).

La prueba de medias para el índice de inserción de mazorca se presenta en el Cuadro 4.16. De acuerdo a los datos estadísticos obtenidos con la prueba de medias (Tukey $\alpha=0.05$) la diferencia mínima significativa para la formación de los grupos de significancia fue de 34.16 dicho valor expresado en porcentaje y obtenido de la población total evaluada. la selección con respecto a esta variable, se hizo tomando los genotipos que presentan un valor menor o igual a 55 % de la altura de la mazorca en relación a la altura total de la planta.

Cuadro 4.16 Comparación de medias [‡] de la variable “índice de inserción de mazorca” entre las mejores 10 líneas de maíz S₃, de la población “B”.

Líneas	IDI (%)
B25	54.6 ab
B47	52.7 ab
B13	51 ab
B50	49 ab
B48	48.6 ab
B31	47.8 ab
B23	47.3 ab
B39	46.2 ab
B27	43.9 ab
B26	40.6 ab
Media de líneas seleccionadas	48.1
Media general del experimento	47.6

[‡] Tukey ($\alpha = 0.05$).

En el Cuadro 4.17 se muestran las 10 líneas seleccionadas de la población “B”, en este cuadro están ordenadas de acuerdo a los atributos de cada línea, para esto se tomó en cuenta las variables; RTO, PUDRICION, AM, AP, e IDI, de acuerdo al lugar que ocupó cada línea en la prueba de medias con relación a las 10 líneas seleccionadas, en base a estos datos obtenidos de la prueba de medias, se realizó una operación matemática con sumas y restas, tomando como base un 100%, la sumatoria de todas las variables en conjunto y de acuerdo a esto se le sumó o restó el valor que ocupó en cada variable, asignando una ponderación de datos para darle un valor a cada variable.

Con este proceso se obtuvieron las calificaciones de los atributo en conjunto, de cada línea, y se tomó un rango del 1 al 100 para calificar dichas líneas; por ejemplo con este criterio se observa que la línea B-50 es la que mejor atributos

tiene de las 10 líneas seleccionadas y la B-47 es la línea que menos calificación obtuvo por sus atributos en conjunto.

Cuadro 4.17 ordenamiento de las 10 mejores líneas de la población “B” de acuerdo a sus atributos generales.

LÍNEAS B	RTO	PUDRICION	AM	AP	IDI	ÍNDICE
B50	5	10	7	9	4	92
B25	1	6	1	2	1	91
B13	2	3	2	1	3	88
B23	3	4	5	5	7	88
B27	7	5	9	7	9	86
B39	9	7	4	4	8	85
B48	10	8	6	6	5	84
B26	4	9	8	3	10	81
B31	6	1	10	10	6	81
B47	8	2	3	8	2	81

Datos procesados, obtenidos de la prueba de medias; Tukey ($\alpha = 0.05$). RTO = rendimiento, PUDRICIÓN = pudrición de mazorca, AR = acame de raíz, AM = altura de mazorca, AP = altura de planta, IDI = índice de inserción de mazorca, INDICE = calificación promedio de acuerdo a sus atributos.

Este ordenamiento de datos en el Cuadro 4.17 es con el fin de identificar con facilidad y en base a sus atributos a la mejor de las 10 líneas seleccionadas y a la que menos atributos tiene de la población IMM-UAAAN-BBP.

V. CONCLUSIONES

En base a los objetivos planteados, la hipótesis y la metodología seguida en el proceso de esta investigación se concluye lo siguiente:

El método o forma de selección empleada en la selección de los mejores genotipos, permitió identificar un número de genotipos con muy buenas características, útiles en el seguimiento de este trabajo de investigación hacia la formación de líneas puras.

La presión de selección efectuada en las dos poblaciones evaluadas (IMM-UA-NBP, "A" e IMM-UA-BBP, "B"), permitieron la identificación de una cantidad aceptable de líneas, como las 15 en "A" y las 10 en "B". Los dos conjuntos de líneas tienen, en lo general, buenas características que permiten seguir un programa de mejoramiento y formación de variedades mejoradas.

La variable de mayor interés para los fitomejoradores es el rendimiento, y generalmente se toma a las demás variables como secundarias. Siguiendo este criterio, en las dos poblaciones evaluadas se observó una buena cantidad de genotipos con un rendimiento aceptable o con buen potencial de rendimiento, sin embargo a pesar de ser la variable de mayor interés en el trabajo de investigación no se dejaron de tomar en cuenta las demás variables evaluadas. Se reconoce que para tener éxito en la selección debe tomarse en cuenta otros parámetros y ver ampliamente a futuro, posibles resultados, si no

se hace una buena selección, se puede fracasar en el programa de mejoramiento que se esté llevando a cabo.

La selección *per se* en el mejoramiento genético es de utilidad e importancia para la identificación de individuos superiores, y aunque existen otros métodos que pudieran ser incluso más efectivos que éste, en ocasiones es el recurso más a la mano en algún programa pequeño de selección y formación de líneas. En este método, es relevante tomar en cuenta la apariencia física de la planta y la atracción o no atracción visual de los materiales de interés, con lo que se puede obtener éxito en el mejoramiento.

VI. LITERATURA CITADA

- Allard, R. W. 1975. Principio de la mejora genética de plantas. Trad. J. L. Montoya. 2ª Ed. Omega. Barcelona, España.
- Buckler ES, Stevens NM (2005). Maize origins, domestication, and selection. In Darwins's Harvest (Motley, TJ, Zerega N, Cross H, eds.) pp 67 – 90. Columbia University Press: New York.
- Caballero. D. M. Velásquez. M. A. 2010. Estudio de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo de infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas para el mediano y largo plazo a nivel nacional. Informe SAGARPA.
- Carrera. V. J.A. 2006. Estudio de la diversidad genética y su distribución de los maíces criollos y sus parientes silvestres en Michoacán. Línea de investigación: Recursos genéticos y mejoramiento genético de maíz. Universidad Autónoma Chapingo.
- Chávez, A. J.L. 1995. Mejoramiento de plantas 2, Métodos específicos en plantas alógamas. 2ª. Ed. Trillas. México. 143 p.
- CONAGUA. Normales climatológicas por estación. Saltillo, Coahuila. Mayo 2014. Disponible en; http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75
- CIMMYT. Programa de Maíz. 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta edición. México, D.F.: CIMMYT.
- Espinoza .J., Vega. MC., Navarro. E., Burciaga. G.A., (1998) Poliembrionía en Maíces de porte normal y enano. Agronomía Mesoamericana. 9(2): 83-88
- Espinoza Velázquez, J, J Sánchez Laureano y F Ramírez Godina (2000). Triploides en maíz....

- Espinoza V., J. y M.C. Vega. 2000. Maíces de alta frecuencia poliembriónica. En: Memoria del XVIII Congreso Nacional de SOMEFI. Irapuato, Guanajuato, México. 15 al 20 de octubre, 2000. Pp.106-108.
- FAOSTAT. 2012. (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura). Dirección de estadística. Disponible en; <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/S>
- Hallauer. A. R., and B. Miranda F. 1988. Quantitative Genetics in Maize Breeding. 2nd ed. Iowa State Univ. Press/Ames. 468 p
- Hernández C., J M. De la O. O. M. Y Esquivel E. G. 2008-2009 Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México, segunda etapa.
- INEC. (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2011. Sistema agroalimentario del maíz. Ecuador.
- INIFAP. Paquete tecnológico del maíz de temporal para el sureste del estado de Coahuila. 2012.
- Kato Y., T.A., C. Mapes S., L.M. Mera O., J.A. Serratos H., R.A. Bye B. 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.
- Márquez. S. F. 1985. Genotecnia vegetal. Métodos, Teoría, Resultados. Tomo 1. Primera edición, México.
- Paliwal R. L. 2001. Depósitos de documentos de la FAO. El maíz en los trópicos. Disponible en; <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s03.htm#TopOfPage>
- Pérez B., Jeffers D., Gonzales D, L., Khairallah M., Cortes C.M., Velásquez C.G., Aspiros R. S., Srinivanzan G. (2000) cartografía de QTL de la resistencia a la pudrición de la mazorca (*Fusarium moniliforme*) en maíz de valles altos, México.

- Rebolloza. H. H., Espinoza. V. J., Sámano. G. D., Zamora. V. V. M. 2011. Herencia de la poliembrionia en dos poblaciones experimentales de maíz. Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 34.
- SIAP. 2013. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- SIAP. Galarza Mercado J.M. Director general del SIAP. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012
- SIAP. Artículo. El maíz se extiende al mundo. 2010. Disponible en; <http://www.siap.gob.mx/siaprendes/contenidos/2/03-maiz/contexto-2.html>
- Steel, R.G. y J.H. Torrie. 1998. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2da. Ed. (1ª en español). Mc Graw Hill. M.
- Tiessen, F.A. 2012. Fundamentos de mejoramiento genético vegetal. Primera edición. Departamento de ingeniería genética. CINVESTAV Irapuato.
- UAAAN. 2011. Dirección de Investigación. Subdirección de operación de proyectos. Campos experimentales. Disponible en: <http://www.uaaan.mx/DirInv/comeaa/Campos%20Experimentales2011.pdf>
- USDA. 2013. (United states Department of agriculture). Granit and feed annual.
- USDA. (United states Department of agriculture). 2014. Disponible en; <http://www.produccionmundialmaiz.com/previous-month.asp>
- USDA. (United states Department of agriculture). 2011. Disponible en; <http://www.produccionmundialmaiz.com/previous-month.asp>
- Zuber, M.S., and M.S. Kang. 1978. Corn lodging slowed by sturdier stalks. Crops Soils 30:13–15.