

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Selección de líneas de maíz con un probador de reducida base genética

POR:

LEONARDO DARIO SUÁREZ ZEPEDA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Selección de líneas de maíz con un probador de reducida base genética

POR:

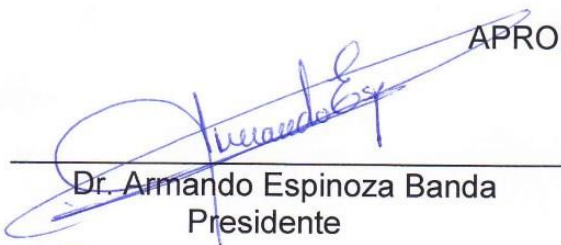
LEONARDO DARIO SUÁREZ ZEPEDA

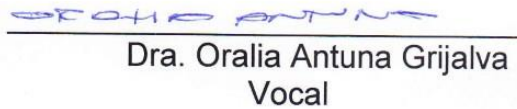
TESIS

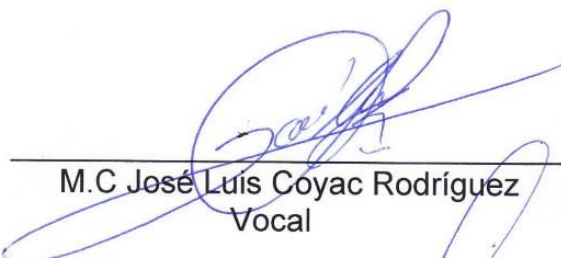
QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

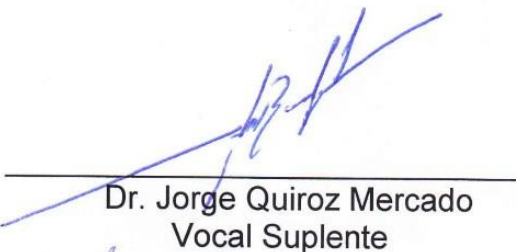
INGENIERO AGRÓNOMO

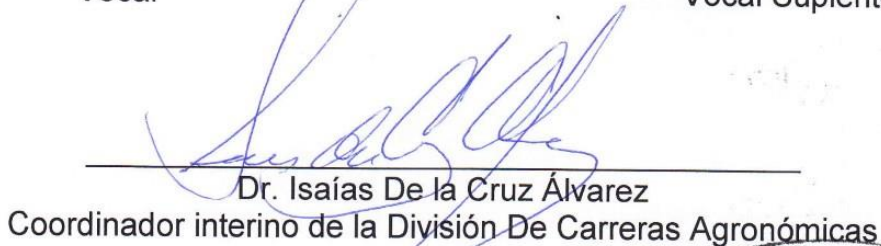
APROBADA POR:


Dr. Armando Espinoza Banda
Presidente


Dra. Oralia Antuna Grijalva
Vocal


M.C. José Luis Coyac Rodríguez
Vocal


Dr. Jorge Quiroz Mercado
Vocal Suplente


Dr. Isaías De la Cruz Álvarez
Coordinador interino de la División De Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Diciembre, 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Selección de líneas de maíz con un probador de reducida base genética

POR:


LEONARDO DARIO SUÁREZ ZEPEDA

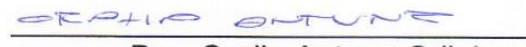
TESIS


PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

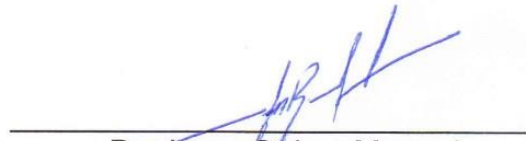
INGENIERO AGRÓNOMO


APROBADA POR:


Dr. Armando Espinoza Banda
Presidente


Dra. Oralía Antuna Grijalva
Vocal


M.C. José Luis Coyac Rodríguez
Vocal


Dr. Jorge Quiroz Mercado
Vocal Suplente


Dr. Isaías De la Cruz Álvarez
Coordinador interino de la División De Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Diciembre, 2019



AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** y al **Sr. de CHALMA**: por darme la oportunidad de llegar a este momento en mi vida y no abandonarme en ningún momento.

A mis **PADRES**: Víctor Manuel Suarez Mirafuentes y Margarita Zepeda Becerril, por haber sacrificado tantas cosas para poder darme estudios y estar apoyándome siempre sobre todas las adversidades.

A mis **HERMANOS**: Andrea Suarez Zepeda y Víctor Manuel Suarez Zepeda, por brindarme su apoyo en todos los aspectos de mi vida

A mis **ABUELOS PTERNOS**: José Guadalupe Suarez García (†), Ana María Mirafuentes González (†), por los consejos y palabras de aliento que me dieron en vida.

A mis **ABUELOS MATERNOS**: Juan Zepeda Duarte y Elvira Becerril Arzate, por el apoyo incondicional y motivación.

A mi **ASESORES**: Dr. Armando Espinoza Banda, Dra. Oralia Antuna Grijalva, M.C. José Luis Coyac Rodríguez y Dr. Jorge Quiroz Mercado por el apoyo y comprensión para poder llevar a cabo este proyecto y cumplirlo.

A la **UAAAN UL** por dejarme ser parte de esta gran institución, que la llevare con cariño y respeto a todos lados.

A mi **NOVIA**: Karla Judith Pérez Guel por brindarme un cariño incondicional y una segunda casa.

A mis **AMIGOS**: Maricela Lira, Jonathan Salazar, Aurelio Martínez, Juan Jesús Castro, Juan Carlos Rodríguez y Jorge Padilla por haberme acompañado en el transcurso de la carrera y ser parte de buenos como malos momentos.

Solo me queda darles las GRACIAS y les demostrare que siempre daré todo de mí para ser mejor cada día.

DEDICATORIA

A mis **PADRES**: Víctor Manuel Suarez Mirafuentes y Margarita Zepeda Becerril, por mostrarme un apoyo incondicional y por poder darles una satisfacción más en su vida.

A mis **HERMANOS**: Andrea Suarez Zepeda y Víctor Manuel Suarez Zepeda, porque nunca me abandonaron y siempre me procuraron en todo momento tanto de la carrera como de mi vida.

A mis **ABUELOS PTERNOS**: José Guadalupe Suarez García (†), Ana María Mirafuentes González (†), por cuidarme desde el cielo y poder cumplir una meta que ellos me encomendaron.

A mis **ABUELOS MATERNOS**: Juan Zepeda Duarte y Elvira Becerril Arzate, por orar todos los días por mí y el saber que les puedo dar una alegría.

A mi **ASESORES**: Dr. Armando Espinoza Banda, Dra. Oralia Antuna Grijalva M.C. José Luis Coyac Rodríguez y Dr. Jorge Quiroz Mercado, por sus atenciones y apoyo.

En especial al Dr. Armando Espinoza Banda por permitirme formar parte de su equipo de trabajo, confiar en mí para poder llevar a cabo este proyecto de investigación, además de ser una gran ejemplo a seguir en todos los aspectos.

A toda mi **FAMILIA**: porque todos me brindaron un apoyo y cariño de diferentes maneras pero con el mismo fin el de poder concluir esta etapa en mi vida...también forman parte de esto

A mi **NOVIA**: Karla Judith Pérez Guel por apoyarme en todos los aspectos de mi vida además estar conmigo siempre que lo necesitaba.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar y seleccionar los mejores mestizos con base en rendimiento y características agronómicas se formaron 20 mestizos utilizando como probador la línea TL-244. En el verano del 2018, se evaluaron en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), en Torreón, Coahuila., utilizando un diseño de bloques al azar y tres repeticiones. Como testigos se incluyó al híbrido ABT-8576. La siembra se realizó el 14 de junio del 2018, a surco simple de tres metros de largo y 0.75 m entre hilera a una distancia de 0.15 m entre planta. Se tomaron datos de Floración Femenina (FF), Floración Masculina (FM), Altura de Planta (AP), Altura de Mazorca (AM), Acame de Raíz (ACR), Longitud de Mazorca (LMZ), Diámetro de Mazorca (DMZ), Número de Hilera (NH), Número de Granos por Hilera (NGH), Rendimiento de Grano (RG). Los mestizos fueron significativamente diferentes en siete de las 10 variables evaluadas, el En-06-16xTL-244 fue significativamente de mayor rendimiento. Seis de los mestizos fueron significativamente los de mayor rendimiento. Los mestizos fueron significativamente superiores al híbrido comercial y la línea probadora.

Palabras clave: Maíz, Selección de líneas, Probadores, Mestizos, Híbridos, Aptitud Combinatoria General (ACG).

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA.....	II
RESUMEN.....	III
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	VI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo.....	3
1.2 Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Probador.....	4
2.2 Mestizo.....	5
2.3 Aptitud combinatoria.....	6
2.4 Aptitud combinatoria general.....	7
2.5 Aptitud combinatoria específica.....	9
2.6 Carácter braquítico.....	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
3.1 Localización.....	11
3.2 Material genético.....	11
3.3 Diseño experimental.....	12
3.4 Manejo agronómico.....	12
3.4.1 Preparación del terreno.....	12
3.4.2 Siembra.....	12
3.4.3 Aclareo de plantas.....	12
3.4.4 Fertilización.....	12
3.4.5 Riegos.....	12
3.4.6 Control de plagas.....	13
3.4.7 Control de malezas.....	13
3.4.8 Cosecha.....	13
3.5 Características evaluadas.....	13
3.5.1 Floración masculina (FM).....	13
3.5.2 Floración femenina (FF).....	14
3.5.3 Acame de raíz (ACR).....	14

3.5.4	Altura de planta (AP)	14
3.5.5	Altura de mazorca (AM)	14
3.5.6	Longitud de mazorca (LMZ)	14
3.5.7	Diámetro de mazorca (DMZ).....	14
3.5.8	Numero de hileras (NHI).....	14
3.5.9	Numero de granos por hilera (NGH).....	14
3.5.10	Rendimiento de grano (RG).....	15
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1	Análisis de varianza.....	17
4.2	Valores medios.....	18
4.3	Aptitud combinatoria general.....	21
V.	CONCLUSIONES.....	23
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	24

ÍNDICE DE CUADROS

	Pagina
Cuadro 3.1 Número y genealogía de las líneas que fueron cruzadas con el probador TL.244, UAAAN UL.....	11
Cuadro 4.1 Significancia de cuadrados medios de 10 variables cuantificadas en 20 mestizos evaluados en el verano del 2018. UAAAN UL.....	17
Cuadro 4.2 Valores medios de 20 mestizos y dos híbridos comerciales en 10 variables evaluados en el verano del 2018. UAAAN UL.....	20
Cuadro 4.3 Aptitud Combinatoria General (ACG) en 20 mestizos cruzados con el probador TL-244, en 10 variables evaluados en verano del 2018. UAAAN UL.....	22

I. INTRODUCCIÓN

El maíz, es uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos, a los animales y es una materia prima básica de la industria (ASERCA, 2018). Su relevancia económica y social supera a la de cualquier otro cultivo. Adicionalmente, el cultivo y transformación del maíz es fuente de empleo y alimento para un número importante de personas en el mundo. (FIRA, 2016).

El maíz es un cultivo representativo de México por su importancia económica, social y cultural. Se registran 59 variedades criollas de maíz en México. En 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el acuerdo por el que se determinan centros de origen y centros de diversidad genética del maíz estableciendo como tal a los Estados de Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa y Sonora. México ocupa el 8° lugar en producción mundial de maíz. (ASERCA, 2018).

La producción de maíz para grano en 2018 fue de 27.1 millones de toneladas, mientras que la superficie sembrada en el mismo año fue de 7.3 millones de hectáreas, gran parte del territorio nacional es propicio para la producción por lo que en los 32 estados de la República Mexicana se produce maíz para grano. Los principales Estados productores son Sinaloa (22%), Jalisco (14%), México (8%), Michoacán (7%), Guanajuato (6%), Guerrero (5%), Veracruz (5%), Chiapas (5%), Chihuahua (4%), Puebla (4%) y el resto de los Estados representan el (20%) restante. (SIAP, 2018).

En la comarca lagunera se sembraron 175.60 hectáreas de maíz para grano y 23,039.47 hectáreas de maíz forrajero en verde con una producción de 202.60 toneladas y 980,526.94 toneladas respectivamente (SIAP, 2018).

A pesar de que el maíz es uno de los cultivos más estudiados en la actualidad, resulta de gran importancia conocer su origen y clasificación, así como la clasificación de las razas existentes en el mundo (Acosta, 2009) así como el

mejoramiento y formación de híbridos y variedades para uso comercial teniendo un proceso continuo y constante. (Gutiérrez *et al.*, 2002).

En todo programa de mejoramiento genético, la elección del germoplasma del progenitor es una de las decisiones más importantes que se deben tomar, así que es importante conocer el componente genético de los materiales usados como progenitores. Esto permite seleccionar progenitores con buen comportamiento promedio en una serie de cruzamientos, e identificar combinaciones específicas con un comportamiento superior a lo esperado. (Esquivel *et. al*, 2013).

El uso de probadores en la selección de líneas representa una estrategia metodológica alternativa en la generación de híbridos ya que permite de una manera eficiente dirigir cruzamientos y lograr mejores combinaciones híbridas (Sierra *et al.*, 1991). Así que es necesario discriminar líneas en base a su buena Aptitud Combinatoria General (AGC) y Especifica (ACE) y a su comportamiento per-se desde el punto de vista de su rendimiento, adaptación y producción de su semilla. (Fehr, 1982).

Por lo anterior, en el presente trabajo se utilizó una línea de reducida base genética (Test Cross) como probador de 20 líneas **S₆** tipo braquítico y seleccionar las mejores por sus características agronómicas y su aptitud combinatoria para rendimiento de grano.

1.1 Objetivo

Seleccionar las mejores líneas con base en las características agronómicas y rendimiento de los mestizos formados con el probador de estrecha base genética.

1.2 Hipótesis

H0: El método de test-cross permitirá identificar las mejores líneas.

Ha: El método de test-cross no será factible identificar las mejores líneas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Los programas de mejoramiento genético de maíz dedican considerable tiempo y recursos económicos en la identificación de líneas progenitoras para la producción de híbridos comerciales. El mejoramiento genético continuo de las líneas no ha sido una práctica común en los programas de hibridación, ya que las líneas que conforman los híbridos fueron seleccionadas con base en su aptitud combinatoria y a su heterosis manifestada. (Navarro *et al.*, 1997)

El aspecto práctico del mejoramiento genético del maíz (*Zea mays* L.) por hibridación está basado en el desarrollo de líneas endogámicas y la evaluación de su aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) para obtener híbridos comerciales de alto rendimiento. El uso de la ACG y ACE como herramientas en el mejoramiento genético es muy común no sólo para rendimiento de grano sino para otros caracteres, como tolerancia a salinidad, tolerancia al frío, digestibilidad en maíz forrajero, cantidad y calidad de proteína. De 1920 a 1930, el procedimiento clásico para evaluar la ACG de líneas autofecundadas de maíz incluía la prueba de las $n(n-1)/2$ cruzas posibles de un grupo de n líneas, procedimiento impráctico cuando n es grande. (Lobato *et al.*, 2010)

2.1 Probador

Davis (1932) y Jenkins y Brunson (1932) sugirieron el uso de un probador común para medir la aptitud combinatoria de un gran número de líneas. Una vez que se puso de manifiesto la efectividad de los probadores para seleccionar líneas, ya fuera por su ACG o ACE, surgieron nuevas consideraciones teóricas y empíricas para determinar el valor relativo del probador (Hallauer y Miranda 1981).

Chávez y López (1987) define un probador como cualquier material genético (línea, variedad, híbrido, etc.) que permite medir la aptitud combinatoria de un grupo de líneas autofecundadas con el cual se cruza.

Línea probadora: es la línea que sirve para probar las características hereditarias de otras, su constitución genética debe ser tal que no encubra los caracteres de prueba.

Test-cross: cuando el probador usado es un material de reducida base genética como una línea, o una cruce simple.

Top-cross: cuando el probador usado es un material de amplia base genética, como poblaciones heterocigotas, sintéticos y cruces dobles.

Russell *et al.* (1992) menciona que un buen probador debe permitir clasificar el mérito de cada línea y maximizar la ganancia genética.

Vencovsky & Barriga (1992) señalan que con respecto a la interacción línea por probador, ésta es indicadora de la existencia de efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) de las líneas con los probadores y que ponen en evidencia la presencia de dominancia y/o efectos epistáticos que involucran dominancia en el control del carácter en cuestión. Por lo tanto el comportamiento de los cruzamientos con probadores divergentes puede servir de criterio de clasificación del material en distintos grupos de heterosis.

Vasal *et al* (1995) comenta que el mejor probador sería el que tenga baja frecuencia de alelos favorables, que facilite la discriminación entre progenies, que reduzca la fase de evaluación y que además ayude a identificar híbridos sobresalientes.

2.2 Mestizo

Davis (1932) propuso la prueba de mestizos (líneas por variedad) para probar ACG de las líneas.

Jenkis y Brunson (1932) presentaron datos más completos sobre el valor del método de mestizos; compararon el comportamiento de líneas puras en cruces con otras líneas (cruces posibles), con el comportamiento de las mismas líneas

cruzadas con una variedad de polinización libre (mestizos). Así las líneas probadas bajo la prueba de mestizos que rindieron poco, reportaron un promedio bajo en cruza, y las líneas cuyo mestizos rindió alto, también dieron un promedio alto en cruza. Concluyendo que la prueba de mestizos da un buen margen de seguridad para evaluar líneas para ACG aclarándose que la efectividad de la prueba depende en mucho por el tipo de probador que se utilice.

Griffing (1956) estableció cuatro métodos de diseños dialélicos para estimar la aptitud combinatoria general y específica de líneas, los cuales son adecuados cuando el número de progenitores es reducido, pero cuando este número se incrementa el procedimiento es más difícil. Para solucionar lo anterior, se propuso el método de mestizos, el cual utiliza una amplia base de genotipos usando un probador para determinar la habilidad combinatoria general de las líneas. Mientras que, el análisis de línea x probador, es una extensión del método anterior, en el cual varios probadores son utilizados, proporcionando información de aptitud combinatoria general y específica, y además estima varios tipos de efectos genéticos (Singh y Chaudhary, 1979).

Welcker *et al.*, (2005) dice que la formación y evaluación de mestizos es importante para seleccionar a los mejores utilizando probadores adecuados y con base en su aptitud combinatoria y este ha sido el método principal para seleccionar líneas que transmiten características deseables.

2.3 Aptitud combinatoria

Davis (1932) propuso por vez primera que la aptitud combinatoria de las líneas endogámicas de maíz podrían estimarse mediante el comportamiento de sus cruza con un probador común y que esta prueba se podría efectuar en cualquier etapa de desarrollo de las líneas

Poehlman (1974) menciona que la capacidad que tiene una línea para transmitir productividad conveniente a su progenie híbrida se conoce con el nombre

de aptitud combinatoria, la cual puede ser general si mantiene su comportamiento medio en una serie de combinaciones híbridas; o específicas cuando se refiere al comportamiento de una combinación de dos líneas específicas en una determinada cruce, la cual se juzga por la relación que existe entre el comportamiento de las líneas en una determinada cruce y el comportamiento medio de las líneas en una serie de cruces.

Márquez (1988) define a la aptitud combinatoria como la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, capacidad que es medida por medio de su progenie. La aptitud combinatoria no debe de determinarse en un solo individuo de la población sino en varios, con la finalidad de poder realizar selección de aquéllos que exhiban mayor aptitud combinatoria.

Nestares *et al.*, (1999) dice que el comportamiento de cruzamientos de prueba depende de la habilidad combinatoria general asociada a efectos aditivos y de la habilidad combinatoria específica que depende de diferencias en frecuencias génicas para alelos con dominancia parcial a completa entre el material probado y los probadores. Cuando se utilizan probadores divergentes en la evaluación de líneas estas diferencias pueden reflejarse en la existencia de interacciones línea por probador

Manjarrez *et al.* (2014) comenta que en una población la aptitud combinatoria debe determinarse en varios individuos con el objeto de seleccionar progenitores con aceptable aptitud combinatoria. Por ello, en su mejoramiento genético es importante el conocimiento del tipo de acción génica que controla los caracteres agronómicos y los de calidad alimenticia del grano.

2.4 Aptitud combinatoria general

Sprague y Tatum (1942) comenta que la aptitud combinatoria general determina el desempeño promedio de una línea en sus combinaciones híbridas. Con relación al tipo de acción génica que determina la aptitud combinatoria de las

líneas, se considera que la ACG indica la porción aditiva de los efectos genéticos (Poehlman y Allen, 2003).

Singh & Chaudhary (1985) dicen que la ACG explica la proporción de la varianza genotípica debida a los efectos aditivos de los genes.

Hallauer y Miranda (1988) dicen que al estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) nos permiten conocer los tipos de acción génica que controlan a los diferentes caracteres. Los efectos de ACG están relacionados con los genes de efectos aditivos de los progenitores por lo que el desarrollo de líneas y la identificación de las mejores combinaciones híbridas con base en el potencial de rendimiento, determinan el éxito de un programa de mejoramiento genético (Antuna *et al.* 2003)

La aptitud combinatoria general se debe a efectos genéticos aditivos, y es la estimación de la cuantía de los efectos de los genes de acción aditiva.

Chávez y López (1990) concluyeron que la aptitud combinatoria general estima el patrimonio genético de cada línea, es decir, estima la cuantía de los efectos de genes aditivos. Se evalúa mediante el uso de un probador de amplia variabilidad genética, esta prueba es inherente a cada línea en particular

Gutierrez *et al.* (2002) menciona que la aptitud combinatoria general es el término que emplearon para designar al comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas, a través de sus cruzamientos con un conjunto de líneas diferentes.

Reyes *et al.* (2004) comenta que cuando en una población los efectos de aptitud combinatoria general son más importantes que los efectos específicos, es recomendable mejorar a la población por selección recurrente; por el contrario, si los efectos de aptitud combinatoria específica son los más importantes, la población deberá mejorarse por hibridación

2.5 Aptitud combinatoria específica

Sprague y Tatum (1942) señalan que la aptitud combinatoria específica separa las combinaciones híbridas específicas que resulten mejor o peor de lo que se esperaría en relación con la media de la ACG de las dos líneas progenitoras. Con relación al tipo de acción génica que determina la aptitud combinatoria de las líneas, se considera que la ACE indica los efectos no aditivos, esto es, la acción génica de dominancia y epistasis (Poehlman y Allen, 2003).

Singh & Chaudary (1985) mencionan que la aptitud combinatoria específica revela la proporción de la varianza genotípica que puede deberse a las desviaciones de dominancia.

Hallauer y Miranda (1988) dicen que al estimar los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) nos permiten conocer los tipos de acción génica que controlan a los diferentes caracteres. Antuna *et al.* (2003) comenta que los efectos de la ACE están relacionados con los genes de dominancia y los epistáticos de las cruza, confirmando e indicando la contribución genética diferencial en la expresión fenotípica.

Chávez (1995) menciona que la ACE, corresponde a la desviación o sesgo del comportamiento predicho con base en la aptitud combinatoria general. Y mientras la ACG estima el patrimonio genético de cada línea, es decir, la cuantía de los efectos de genes aditivos. La ACE, estima los efectos de genes de acción no aditiva, principalmente de genes de acción de dominancia, epistasis e interacción, etc.

Morales (2001) dice que la aptitud combinatoria específica es el resultado del efecto conjunto de dos líneas en particular, la cual se mide como desviación de la suma de la media general, más las aptitudes combinatorias de los progenitores implicados en la cruza.

Gutierrez *et al.* (2002) comenta que el término de aptitud combinatoria específica se empleó para designar a la desviación que presenta la progenie de una cruce específica con respecto al promedio de sus progenitores.

2.6 Carácter braquítico

Cassani *et al.* (2011) comenta que en el maíz existen tres tipos de mutantes braquíticas (Br₁, Br₂ y Br₃) que proporcionan una estatura baja y un fenotipo insensible a las gibelinas y a las auxinas.

Anderson y Chow (1963) dice que el carácter braquítico en el maíz está controlado por un gen recesivo Br₂, lo que ocasiona el acortamiento de los entrenudos del tallo inferior, sin una reducción en el tamaño de las otras partes principales de la planta.

Las líneas Br₂, exhiben una inusual fuerza de tallo y tolerancia al viento, mientras que las hojas dan a menudo más oscuras y persisten más en el verde activo.

Camacho *et al.* (1995) comenta que el maíz braquítico es un material de porte enano, que produce gran número de hojas y muy anchas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), en Torreón, Coahuila la cual se localiza geográficamente en las coordenadas 25°33'25.71" n de latitud y 103°22'16.26" o de longitud, con 1120 msnm y un clima muy seco semicálido (89%) y seco templado (11%), con un rango de temperatura de 14 - 22°C y precipitaciones de 100 - 400 mm (INEGI 2009).

3.2 Material genético

Se utilizaron como hembras 20 líneas enanas tipo braquítico (br2) que se caracterizan por la reducida longitud de entrenudos, hojas erectas y con doble mazorca y, como macho, un probador de reducida base genética (TL-244), de los cuales se formaron un total de 20 mestizos.

Cuadro 3.1 Número y genealogía de las líneas que fueron cruzadas con el probador TL-244, UAAAN-UL.

No.	Líneas	No.	Líneas
T01	EN-02-16-1-1-1-1	T11	EN-06-10-2-2-1-1
T02	EN-02-04-2-2-1-1	T12	EN-06-12-2-2-1-1
T03	EN-03-13-1-1-2	T13	EN-06-16-1-2-2-1
T04	EN-03-03-2-1-1-1	T14	EN-07-12-2-2-1-1
T05	EN-03-09-2-2-1-1	T15	EN-07-05-2-2-1-1
T06	EN-04-02-1-2-1-1	T16	EN-07-07-1-1-2-1
T07	EN-04-04-2-2-1-1	T17	EN-07-08-2-1-2-1
T18	EN-05-10-1-1-2-1	T18	EN-08-01-1-2-1-1
T19	EN-05-12-1-1-2-1	T19	EN-08-12-1-2-2-1
T10	EN-05-08-2-21-1	T20	EN-08-06-3-1-1-1

3.3 Diseño experimental

El diseño experimental fue en bloques al azar con 20 tratamientos y 3 repeticiones. Las parcelas experimentales consistieron en dos surcos de 2.0 m de largo y 0.75 m de ancho con separación entre plantas de 0.15 m (3.0 m²) con 28 plantas por tratamiento por repetición, para una densidad de 88, 888 plantas por hectárea.

3.4 Manejo agronómico

3.4.1 Preparación del terreno

Consistió en un barbecho, rastreo y surcado.

3.4.2 Siembra

La siembra se realizó en el campo experimental de la UAAAN-UL el día 14 de junio del 2018 de forma manual, colocando dos semillas por golpe, en condiciones de suelo seco.

3.4.3 Aclareo de plantas

El aclareo se realizó a los 20 días después de la siembra dejando una planta por golpe a una separación de 20 cm entre planta y planta.

3.4.4 Fertilización

La fórmula de fertilización que se utilizó para el experimento es de 190-100-00 de N-P-K aplicado en cinco etapas diferentes del cultivo, inyectándose por medio del Venturi al sistema de riego hasta completar la dosis total requerida para el experimento.

3.4.5 Riegos

Los riegos se realizaron en un sistema de riego presurizado por cintilla calibre 6000 con goteros cada 20 cm con un total de 10 riegos con una lámina de 63 mm y un tiempo de riego de 4 horas, con intervalos de 4 días.

3.4.6 Control de plagas

El control de las plagas se realizó conforme se manifestaron en el ciclo. Las plagas que se presentaron fueron:

Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) el cual se controló con Clorpirifos etil 44% con una dosis de 0.75 L/ha y, una segunda aplicación de Metomilo (polvo) a una dosis de 200g/ha mezclado con PLATINO 375 CE a una dosis de 400-600 mL/ha.

Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) (*Aleyrodidae*), pulga saltona (*Epitrix cucumeris* Harris) para lo cual se aplicó Diazinon con una dosis de 1.5 L/ha y una segunda aplicación de Metomilo (polvo) a una dosis de 200g/ha.

El control de diabrotica (*D. virgifera zea*) y chicharrita (*Dalbulus maidis*) se realizó con la aplicación de Metomilo (polvo) a una dosis de 200g/ha. Para el control de la mosca de los estigmas (*Euxesta stigmatias*) se aplicó Imidacloprid a una dosis de 0.6 L/ha mezclado con Clorpirifos a una dosis de 0.75 L/ha.

3.4.7 Control de malezas

Para mantener control se aplicó un herbicida pre-emergente (Primagram 370 atrazina + 290 g metolaclo) con dosis mínima recomendada de 3.5 L/ha. Además del cultivo a los 25 días y posteriormente fue manual control.

3.4.8 Cosecha

La cosecha se realizó el 3 de Noviembre de 2018 a los 142 DDS manualmente cosechando todas las mazorcas de cada parcela, separando las mazorcas de cada parcela para así realizar la toma de datos necesarios.

3.5 Características evaluadas

3.5.1 Floración masculina (FM)

Se tomó con el total de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas por parcela se encontraran tirando polen.

3.5.2 Floración femenina (FF)

Se determinó contabilizando los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas por parcela presentaran jilotes con estigmas aptos para ser fecundados.

3.5.3 Acame de raíz (ACR)

Se registró al final del ciclo antes de la cosecha tomando el número de plantas por parcela cuando el tallo cae más de 30° desde la vertical.

3.5.4 Altura de planta (AP)

Se realizó midiendo desde la base del tallo hasta el último entre nudo en 5 plantas representativas de la parcela

3.5.5 Altura de mazorca (AM)

Se midió la distancia en metros de 5 plantas representativas en la parcela, desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta.

3.5.6 Longitud de mazorca (LMZ)

Se midieron 5 mazorcas al azar de cada parcela, con una regla métrica de 30 cm tomando la distancia de la base al ápice de la mazorca.

3.5.7 Diámetro de mazorca (DMZ)

Se obtuvo midiendo el diámetro ecuatorial de 5 mazorcas seleccionadas al azar de cada parcela con un vernier de 6 pulgadas marca Truper.

3.5.8 Numero de hileras (NHI)

Se contaron el número de hileras de la parte media de 5 mazorcas tomadas al azar de cada parcela,

3.5.9 Numero de granos por hilera (NGH)

Para la obtención de este dato se contabilizo el número de granos que contenía una hilera en 5 mazorcas tomadas al azar por cada parcela

3.5.10 Rendimiento de grano (RG)

Se tomó una muestra aleatoria de 100 g de grano de las mazorcas de cada parcela cosechada para determinar el contenido de humedad al momento de la cosecha con un determinador de humedad de la marca **Dickey-John Mini Gac**®, calculando el por ciento de humedad.

El peso seco se estimó multiplicando el por ciento de materia seca por el peso de campo. Finalmente, el rendimiento en mazorca al 15.5 por ciento de humedad se obtuvo al multiplicar el peso de campo por el factor de conversión a ton ha⁻¹.

$$FC = \frac{10000m^2}{APU \times 0.845 \times 1000}$$

donde: **FC** = Factor de conversión a ton ha⁻¹; **APU** = Área de parcela útil (distancia entre surcos x longitud de surco x número de surcos), **0.845** = Constante para obtener el rendimiento al 15.5 por ciento de humedad, **1 000** = Coeficiente para obtener el rendimiento en ton ha⁻¹ y **100 m²** = Superficie de una hectárea.

Estimación de Aptitud Combinatoria.

Con la finalidad de determinar el comportamiento genético del probador y las cruza, se realizó con las variables descritas, además del rendimiento, utilizando las fórmulas de Sprague y Tatum, (1942).

$$\text{Machos ACG} = (X1 - X2)$$

Donde:

X1 = Media del rendimiento del mestizo

X2 = Media general.

Prueba de t para ACG

$$DMS_{ACG} = t\alpha \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

t α = Valor de tabla al 0.05

CME= Cuadro Medio del Error

r= Repetición

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de varianza

El Cuadro 4.1 muestra el análisis de varianza de 20 mestizos y dos híbridos en 10 características evaluadas, mostrando una diferencia significativa ($p > 0.01$) para FM, FF, ACR, LMZ, DMZ, NHI y RG. En tanto que para AP, AM y NGH no mostro significancia.

Eso quiere decir que el probador fue eficiente para que las líneas mostraran sus diferencias tanto en características agronómicas como en rendimiento. Lo anterior concuerda con Vasal *et al.* (1995) sobre que el mejor probador facilite la discriminación entre progenies, que reduzca la fase de evaluación y que además ayude a identificar híbridos sobresalientes.

Cuadro 4.1 Significancia de cuadrados medios de 10 variables cuantificadas en 20 mestizos evaluados en el verano del 2018. UAAAN UL.

F.V	REP	TRAT	E.E	C.V(%)	MEDIA
G.L	2	21	42		
FM (días)	8.47*	10.73**	1.9	2.2	62.48
FF (días)	11.7**	9.18**	1.7	2.04	63.62
ACR	231.68**	53.64**	23.98	92.88	5.27
AP (m)	0.1 n.s.	0.03 n.s.	0.04	10.89	1.91
AM (m)	0.09*	0.018 n.s.	0.018	12.31	1.09
LMZ (cm)	2.14 n.s.	4.36 **	1.54	8.06	15.42
DMZ (cm)	0.034 n.s.	0.16 **	0.04	4.36	4.67
NHI	0.436 n.s.	2.09 **	0.7	5.73	14.56
NGH	11.45 n.s.	10.7 n.s.	11.7	8.96	38.17
RG (t ha-1)	1.39 n.s.	3.7 **	1.35	13.71	8.48

*, **= Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad. FM= Floración Masculina, FF= Floración Femenina, ACR= Acame de Raíz, AP=Altura de Planta, AM= Altura de la base de la Mazorca, LMZ= Longitud de Mazorca, DMZ= Diámetro de la Mazorca, NHI= Numero de Hileras, NGH= Numero de Granos por Hilera, RG= Rendimiento de Grano.

4.2 Valores medios

En el cuadro 4.3 se muestra la relación de los valores medios de 20 mestizos el probador y el híbrido comercial. En rendimiento de grano (RG) el mestizo En-06-16xTL-244 mostro 9.96 ton ha⁻¹ el cual es estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) a la media general (8.46 ton ha⁻¹) y estadísticamente igual ($P \leq 0.05$) a 15 mestizos más. Cabe resaltar que este mestizo fue superior al probador (TL-244) y al híbrido comercial (ABT-8576). Lo anterior sugiere que entre los mestizos existe potencial para generar futuros híbridos que compitan con los comerciales, tal como lo expresa Vasal *et al.* (1995) en el sentido que facilita la discriminación entre progenies, que reduzca la fase de evaluación y que además ayude a identificar híbridos sobresalientes.

Respecto a la floración masculina y femenina, la media se ubicó entre los 62 y 64 días, lo que se puede clasificar como ciclo intermedio. El mestizo con mejor rendimiento (**En-06-16xTL-244**) es estadísticamente igual a la media general (62 y 64 días) y diferente al probador **TL-244** (70 días) y al híbrido comercial (ABT-8576) con 65 días. En general el mestizo con mayor rendimiento fue estadísticamente igual ($P \leq 0.05$) al resto de los mestizos. Cabe señalar que la mayoría de los mestizos tienen un intervalo de floración de dos días, lo cual facilita una mejor polinización y fecundación.

Respecto al acame de raíz ACR, tres de los mejores mestizos en rendimiento muestran un bajo porcentaje de acame, por debajo de la media general. Estos mestizos muestran menor porcentaje de acame que el híbrido comercial.

Con relación a la AP y AM, los mestizos mostraron en general una media que oscila de 1.92 y 1.10 m respectivamente. El mejor mestizo en rendimiento presenta alturas de 1.99 y 1.10 m estadísticamente igual a la media general y a 18 mestizos. El probador registro 1.78 m y 1.08 m en tanto que el híbrido comercial 1.92 m y 1.20 m para AP y AM respectivamente.

La mayor altura que exhiben los mestizos se debe probablemente al efecto probador, lo cual es de esperarse dado que el gen braquítico (Br2) que portan las líneas es de carácter recesivo, manifestándose el carácter del probador.

Respecto a LMZ la media general de mestizos y testigos fue de 15.43 cm. Considerando los resultados, ocho mestizos fueron superiores a la media general dentro de los cuales se encuentran los seis mestizos con mejores rendimientos. El testigo ABT-8576 mostro la mayor LMZ con 18.85 cm y el testigo registro 13.79 cm.

El valor medio para NGH fue de 38, donde 14 mestizos presentan valores iguales y superiores a este valor, incluyendo al testigo (40). El mestizo En-02-4xTL-244, con 42 NGH fue estadísticamente igual ($P \leq 0.05$) a los mestizos En-04-4xTL-244 y En-08-01xTL-244 con rendimientos de 9.10 y 8.71 ton ha⁻¹ respectivamente y estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$) al mestizo de mayor rendimiento. EL híbrido comercial aunque estadísticamente fue igual a los mestizos anteriores en NGH (40), no fue así en rendimiento de grano.

En otros estudios han encontrado una relación positiva entre LMZ y NGH, recientemente Phardey *et al.*, (2016) reportan una correlación de 0.73 en la evaluación de 13 introducciones de maíz en Colombia. En el presente trabajo se encontró una correlación significativa de 0.57 entre ambas variables, semejante a los valores encontrados por Vásquez *et al.*, (2016).

En relación a la DMZ la media de los 20 tratamientos y del testigo fue de 4.68 cm con un valor máximo del testigo ABT-8576 (5.24 cm) seguido por el mestizo En-07-7xTL-244 (4.97 cm) y como mínimo el mestizo En-02-4xTL-244 (4.23 cm). Comparativamente de los 20 mestizos, 14 fueron estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$) al mestizo con mayor DMZ y de estos, 12 o el 60% corresponden a los de mayor rendimiento de grano. Es probable que el diámetro de la mazorca este mas influenciado en los mestizos, por las líneas Braquíticas que por el probador, ya que este exhibió un diámetro de 4.17 cm.

Respecto a la variable NHI, el valor medio de testigos y mestizos fue 15, donde sobresalen tres mestizos con 16 hileras, además del testigo (ABT-8576). La

línea probadora TL-244 registró un valor de 14 NHI. El máximo valor del número de hileras (16) fue estadísticamente igual ($P \leq 0.05$) a 12 mestizos más el testigo (ABT-8576) y de estos nueve o 45% de los mestizos corresponden a los de mayor rendimiento de grano.

La correlación entre DMZ y NHI fue significativo ($r=0.54$), lo cual coincide con Vásquez *et al.* (2016) y Phardey *et al.* (2016) con valores de 0.42 y 0.51 respectivamente.

Cuadro 4.2 Valores medios de 20 mestizos y dos híbridos comerciales en 10 variables evaluados en el verano del 2018. UAAAN UL.

Mestizos	FM (días)	FF (días)	ACR	AP (m)	AM (m)	LMZ (cm)	NGH	DMZ (cm)	NHI	RG (t ha ⁻¹)
En-06-16xTL-244	62	64	3	1.99	1.10	16.12	39	4.67	14	9.96
En-02-4xTL-244	62	63	4	1.88	1.14	17.28	42	4.23	13	9.91
En-03-3xTL-244	62	62	2	1.98	1.02	15.95	37	4.74	15	9.62
En-06-12xTL-244	62	63	5	2.00	1.11	16.49	39	4.71	15	9.14
En-04-4xTL-244	61	63	5	1.93	1.06	15.71	40	4.82	15	9.10
En-08-12xTL-244	63	64	1	1.99	1.10	16.41	39	4.73	14	8.93
En-05-10xTL-244	62	63	10	1.95	1.14	15.87	38	4.69	15	8.86
En-06-10xTL-244	62	63	7	2.01	1.20	14.69	36	4.62	14	8.85
En-07-8xTL-244	62	65	18	1.90	1.09	14.64	39	4.68	16	8.84
En-08-01xTL-244	62	64	0	2.07	1.16	15.20	40	4.75	15	8.79
En-03-9xTL-244	63	64	4	1.91	1.09	14.62	35	4.95	13	8.70
En-05-12xTL-244	63	63	1	1.84	0.96	13.73	38	4.57	14	8.70
En-07-7xTL-244	62	62	10	1.97	1.15	15.19	36	4.97	16	8.62
En-08-6xTL-244	62	63	7	2.01	1.18	14.47	36	4.67	16	8.60
En-05-8xTL-244	62	64	3	1.57	0.86	15.20	38	4.79	15	8.54
En-04-2xTL-244	61	62	4	1.91	1.14	14.80	39	4.57	15	8.37
En-07-12xTL-244	60	62	11	1.85	1.12	13.69	36	4.72	15	8.02
En-03-13xTL-244	62	64	8	1.90	1.04	16.31	39	4.59	14	7.60
En-07-5xTL-244	62	64	2	1.88	1.12	15.17	38	4.64	15	7.59
ABT-8576	65	65	6	1.92	1.20	18.85	40	5.24	16	7.49
En-02-16xTL-244	62	64	6	1.94	1.05	15.09	41	4.35	14	7.21
TL-244	70	70	0	1.78	1.08	13.97	35	4.17	14	4.63
DMS	2.27	2.14	8.06	0.34	0.22	2.04	5.63	0.33	1.37	1.91
Media Gral	62	64	5	1.92	1.10	15.43	38	4.68	15	8.46
r	0.929		0.113	0.70		0.571		0.548		

4.3 Aptitud combinatoria general

En el cuadro 4.3 se muestran los datos de Aptitud Combinatoria General (ACG), donde sobresalen para la variable rendimiento de grano (RG), seis de los 20 mestizos. El genotipo En-02-4xTL-244 con un valor de 1.216 que a su vez es uno de los de mayor RG. Este mestizo es probable que el potencial de rendimiento se atribuya a la LMZ y al NGH cuyos valores también son altos, y significativos para LMZ.

El mestizo En.06-16xTL-244 mostro un valor alto de ACG (1.259), además de ser el de mayor RG, aunque no significativo. Otros mestizos con valores altos positivos de ACG, son En-03-3xTL-244 (0.926), En-04-4xTL-244 (0.399), En-06-12xTL-244 (0.439), En-08-12xTL-244 (0.229),

Las líneas de los mestizos respectivos, que mostraron mayores valores de ACG de acuerdo a Sprague y Tatum (1942) presentaron mejor desempeño donde el efecto genético aditivo es el más importante. De acuerdo a lo anterior las seis líneas con mejor desempeño en sus mestizos deberán tomarse en cuenta para incluirlas en un programa de selección recurrente y/o de hibridación.

Otro mestizo que muestra valores significativos de ACG para las variables evaluadas es En-07-7xTL-244 cuya línea puede aportar en sus cruzas un incremento en el DM y NHI, aunque en la presente evaluación no necesariamente mostro un incremento en RG.

Otro mestizo a considerar es el En-07-12xTL-244 con valores de ACG significativa negativa en las variables de FM y FF, lo cual indica que esta línea aportaría en sus cruzas en promedio, una mayor precocidad, aunque contribuiría en una disminución en la LMZ.

La prueba anterior de mestizos concuerda con lo comentado por Welcker *et al.* (2005) en el sentido de que la formación y evaluación de mestizos es importante para seleccionar a los mejores utilizando probadores adecuados y con base en su aptitud combinatoria y este ha sido el método principal para seleccionar líneas que transmiten características deseables.

Cuadro 4.3 Aptitud Combinatoria General (ACG) en 20 mestizos cruzados con el probador TL-244, en 10 variables evaluados en verano del 2018. UAAAN UL.

Mestizos	FM (días)	FF (días)	ACR	AP (m)	AM (m)	LMZ (cm)	DMZ (cm)	NHI	NGH	RG (t ha ⁻¹)
En-02-4xTL-244	0.000	-0.233	-1.816	-0.039	0.051	1.949	-0.440	-1.726	3.647	1.216
En-02-16xTL-244	0.333	0.433	0.184	0.013	-0.039	-0.238	-0.327	-0.793	2.580	-1.487
En-03-3xTL-244	-0.333	-0.900	-3.483	0.054	-0.071	0.622	0.067	0.407	-1.153	0.926
En-03-9xTL-244	1.333	1.100	-1.816	-0.016	0.002	-0.711	0.280	-1.326	-3.553	0.006
En-03-13xTL-244	0.337	0.433	2.850	-0.019	-0.056	0.976	-0.087	-0.393	0.713	-1.101
En-04-2xTL-244	-1.333	-1.233	-1.816	-0.010	0.050	-0.531	-0.100	0.007	0.913	-0.324
En-04-4xTL-244	-0.667	-0.567	-0.483	0.003	-0.030	0.382	0.147	0.274	2.113	0.399
En-05-8xTL-244	0.333	1.100	-2.816	-0.352	-0.228	-0.131	0.120	0.807	-0.220	-0.157
En-05-10xTL-244	0.000	-0.567	4.517	0.027	0.049	0.536	0.013	0.140	-0.687	0.166
En-05-12xTL-244	0.667	0.100	-4.816	-0.087	-0.135	-1.604	-0.100	-0.260	0.180	-0.001
En-06-10xTL-244	-0.333	-0.233	1.517	0.083	0.112	-0.644	-0.053	-0.660	-2.220	0.156
En-06-12xTL-244	-0.333	-0.567	-0.483	0.079	0.019	1.156	0.033	0.007	0.313	0.439
En-06-16xTL-244	0.333	1.100	-2.483	0.067	0.007	0.789	0.000	-0.660	0.847	1.259
En-07-5xTL-244	0.333	0.767	-3.483	-0.045	0.030	-0.158	-0.033	0.007	0.047	-1.111
En-07-7xTL-244	0.000	-1.233	4.517	0.049	0.053	-0.138	0.293	1.607	-2.087	-0.074
En-07-8xTL-244	-0.333	1.433	12.184	-0.019	-0.004	-0.691	0.007	1.340	0.713	0.139
En-07-12xTL-244	-1.667	-1.567	5.184	-0.073	0.029	-1.644	0.047	0.074	-2.287	-0.674
En-08-01xTL-244	0.000	0.433	-5.150	0.143	0.065	-0.131	0.080	0.540	1.713	0.096
En-08-6xTL-244	0.333	-0.567	1.850	0.083	0.092	-0.864	0.000	1.007	-1.953	-0.101
En-08-12xTL-244	1.000	0.767	-4.150	0.063	0.004	1.082	0.053	-0.393	0.380	0.229
DMS	1.60	1.51	5.69	0.23	0.15	1.44	0.23	0.96	3.90	1.35

V. CONCLUSIONES

- El análisis de varianza mostro diferencia altamente significativa para las variables FM, FF, ACR, LMZ, DMZ, NHI y RG.
- Seis de los mestizos mostraron características agronómicas deseables y rendimiento de grano.
- El mestizo En-06-16xTL-244 mostro el mayor en rendimiento de grano (RG) 9.96 ton ha⁻¹.
- En general diecinueve de los mestizos superaron al probador (TL-244) y al hibrido comercial (ABT-8576).
- Seis mestizos muestran valores de ACG positivas y corresponden a los de mayor rendimiento de grano.
- Se concluye que el probador fue eficiente para que las líneas pudieran expresar sus caracteres y seleccionarlas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. Cultivos tropicales, 30(2), 00-00.
- Anderson, J. C., & Chow, P. N. (1963). Phenotypes and Grain Yield Associated with Brachytic-2 Gene in Single-Cross Hybrids of Dent Corn 1. Crop Science, 3(2), 111-113.
- Antuna, O., Rincón, F., Gutiérrez, E., Ruiz, N. A., & Bustamante, L. (2003). Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. Revista Fitotecnia Mexicana, 26(1), 11-17.
- ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios) MAÍZ GRANO CULTIVO REPRESENTATIVO DE MÉXICO 2018, <https://www.gob.mx/aserca/es/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es> Revisado el 05-09-2019
- Avila, N. V., Herrera, S. A. R., & Orellana, H. S. C. (2005). Aptitud combinatoria general y específica de líneas de maíz (*Zea mays*) tropical y subtropical. Agronomía Mesoamericana, 16(2), 137-143.
- Camacho, R. G., Garrido, O., & Lima, M. G. (1995). Evaluation of nine corn (*Zea mays* L.) genotypes in relation to leaf area and light extinction coefficient. Scientia Agricola, 52(2), 294-298.
- Cassani, E., Villa, D., Durante, M., Landoni, M., & Pilu, R. (2011). The brachytic 2 and 3 maize double mutant shows alterations in plant growth and embryo development. Plant Growth Regulation, 64(2), 185-192.
- Chávez, A. J. L y López P.E. 1990 Apuntes de Mejoramiento de Plantas II. U.A.A.A.N., Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. p. 99 –104.
- Chávez, A. J. L. y E. López.1995. Mejoramiento de plantas II. Editorial Trillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Chávez, A. J., & López, P. L. (1987). Apuntes de mejoramiento de plantas II. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía, Departamento de Fitomejoramiento. Buena Vista, Saltillo Coahuila. México.
- CIMMYT. 1967-1968. Informe sobre avances hacia el aumento de rendimientos de maíz y trigo. D. F., México. 1-99 pp.
- Davis, R. 4. 1927. Report of the plant breeder. Rep. Puerto Rice Agric. Expt. Sta, 14-50.
- Davis, R. L. (1932). Report of the plant breeder. Report of the Plant Breeder.

- Esquivel E., G., Castillo González, F., Hernández Casillas, J. M., Santacruz Varela, A., García de los Santos, G., & Acosta Gallegos, J. A. (2013). Aptitud Combinatoria en maíz con divergencia genética en el Altiplano Mexicano. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(1), 05-18.
- Fehr, R. W. (1982). *Applied plant breeding*. Iowa state university.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura) 2016 Panorama agroalimentario mexicano: maíz 2016
- Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian journal of biological sciences*, 9(4), 463-493.
- Gutiérrez, E., Palomo, A., Espinoza, A., & de la Cruz, E. (2002). Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(3), 271-277.
- Hallauer, A. R., & Miranda, J. B. (1981). *Fo. 1988. Quantitative genetics in maize breeding*. Iowa State Univ Press, Ames, IA. Jenkins, JN, WL Parrott, JC McCarty Jr & RL Shepherd, 1988a. Registration of three noncommercial germplasm lines of upland cotton tolerant to tobacco budworm. *Crop Sci*, 28, 869.
- Hallauer, A., & Miranda Filho, J. B. (1988). *Quantitative genetics in maize breeding*. Ames. Iowa State University Press, 10, 468.
- Jenkins, M. T., & Brunson, A. M. (1932). Methods of testing inbred lines of maize in crossbred combinations. *Journal of the American society of agronomy*.
- Lobato O., R., Molina-Galán, J. D., López-Reynoso, J. D. J., Mejía-Contreras, J. A., & Reyes-López, D. (2010). Criterios para elegir el mejor probador de la aptitud combinatoria general para rendimiento de grano de líneas autofecundadas de maíz. *Agrociencia*, 44(1), 17-30.
- Manjarrez Salgado, M., Palemón Alberto, F., Gómez Montiel, N. O., Espinosa Calderón, A., Rodríguez Herrera, S. A., Damián Nava, A., ... & Cruz Lagunas, B. (2014). Aptitud combinatoria general y específica de maíces normales y de alta calidad de proteína. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(7), 1261-1273.
- Márquez, S. F. (1985). *Genotecnia vegetal. Métodos, teoría y resultados*, 1.
- Morales I.P. (2001) Comparación de dos diseños genéticos en la estimación de los componentes de varianza en una población de maíz enano. (Tesis de licenciatura), Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Navarro, E., Burciaga, G., González, S., Vega, M. C., Morones, R., & Sandoval, E. (1997). Híbridos dobles de maíz formados con líneas mejoradas por selección gamética y retrocruza. *Agronomía Mesoamericana*, 61-71.
- Nestares, G., Frutos, E., & Eyherabide, G. (1999). Evaluación de líneas de maíz flint colorado por aptitud combinatoria. *Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Pardey-Rodríguez, C., García-Dávila, M. A., & Moreno-Cortés, N. (2016). Caracterización de maíz procedente del departamento del Magdalena, Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(2), 167-190.
- Poehlman, J. M. y Allen, D. 2003. Mejoramiento Genético de las cosechas. Guzmán, O. M.; Hernández, C. M. A. y Serrano, C. L. M. (Trad.). Editorial Limusa. México. 506 p.
- Poehlman, M. J. 1974. Mejoramiento genético de las cosechas. 1ª. Ed. LIMUSA. México. 453 p.
- Reyes, D., Molina, J. D., Oropeza, M. A., & del Carmen Moreno, E. (2004). Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz derivadas de la raza Tuxpeño. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(1), 49-56.
- Russell, W. A., Blackburn, D. J., & Lamkey, K. R. (1992). Evaluation of a modified reciprocal recurrent selection procedure for maize improvement. *Maydica*, 37(1), 61.
- SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera) 2018 ANUARIO ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA, <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Revisado el 05-09-2019
- Sierra, M. M., Preciado, O. R. E., Alcázar, A. J. J., & Rodríguez, M. F. A. (1991). Selección de líneas maíz por su rendimiento y adaptación con base en un patrón heterótico conocido. XXXVII Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, Panamá, 109-116.
- Singh, R. K., & Chaudhary, B. D. (1979). Biometrical methods in quantitative genetic analysis. *Biometrical methods in quantitative genetic analysis*.
- Singh, R. K., & Chaudhary, B. D. (1985). Line x Tester analysis. *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*, Ed, 3, 215-223.
- Sprague, G. F., & Tatum, L. A. (1942). General vs. specific combining ability in single crosses of corn 1. *Agronomy Journal*, 34(10), 923-932.
- Vasal, S. K., Mc Lean, S., San Vicente, F., & Ramanujan, S. K. (1995). Heterotic patterns and the choice testers. Overview. CIMMYT Maize Program Internally Managed External Review of Breeding Strategies and Methodologies, 92-113.

- Vásquez Videa, A. E., Umanzor, B., & David, N. (2016). Variación fenotípica y correlación de rendimiento con características morfo-agronómicas en una población de maíz (*Zea mays* L.) variedad NB-6 en la época de primera, Sábana Grande, Managua, 2014 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria).
- Vencovsky, R., & Barriga, P. (1992). Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética.
- Welcker, C., Andréau, B., De Leon, C., Parentoni, S. N., Bernal, J., Félicité, J., & Horst, W. J. (2005). Heterosis and combining ability for maize adaptation to tropical acid soils. *Crop science*, *45*(6), 2405-2413.