

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



Top Cross para la selección de líneas braquíticas de maíz

POR:

**IDELFONSO TOVAR CRUZ**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Top Cross para la selección de líneas braquíticas de maíz

POR:

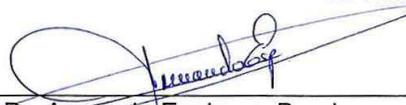
**IDELFONSO TOVAR CRUZ**

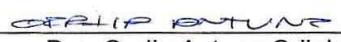
TESIS

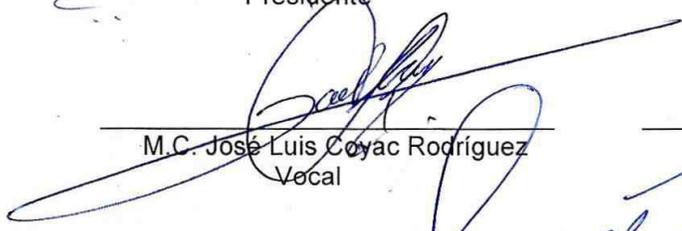
Se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

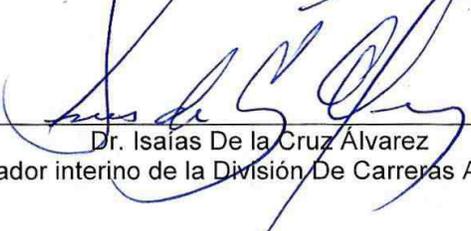
APROBADA POR:

  
Dr. Armando Espinoza Banda  
Presidente

  
Dra. Oralia Antuna Grijalva  
Vocal

  
M.C. José Luis Coyac Rodríguez  
Vocal

  
Dr. Jorge Quiroz Mercado  
Vocal Suplente

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

Torreón, Coahuila, México  
Febrero, 2020



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Top Cross para la selección de líneas braquíticas de maíz

POR:

**IDELFONSO TOVAR CRUZ**

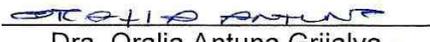
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

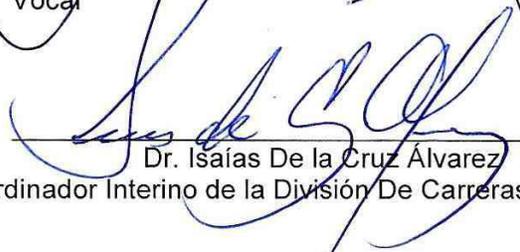
Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
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  
Febrero, 2020



## AGRADECIMIENTOS

*A Dios muy agradecido por haber estado en cada momento de mi formación profesional, por haberme protegido de los peligros de la vida, por cuidar de mi familia y por hacer que hoy pueda cumplir uno de mis más grandes sueños, titularme de la universidad.*

*A nuestra madre Santísima Virgen María de Guadalupe, Virgen de la Asunción, Virgen del Rosario y Virgen Santa Cecilia porque me cubrieron con su divino manto y estuvieron conmigo cada día y en los momentos más difíciles de mi vida.*

*UAAAN-UL. Por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera y por brindarme todos los recursos, medios y docentes para que pudiera ser realidad mi sueño, por vivir miles de experiencias estudiantiles y personales durante el tiempo que permanecí como estudiante y es por eso que por mi Alma Terra Mater hablara el espíritu.*

### **A mis asesores:**

*Dr. Armado Espinoza Banda por la oportunidad y confianza en poder realizar mi investigación de tesis, gracias a sus grandes experiencias le debo parte de mis conocimientos preparado para un futuro mejor como profesionista y una mejor persona.*

*M.C. José Luis Coyac Rodríguez por formar parte en mi investigación por todas sus enseñanzas y consejos.*

*Dra. Oralia Antuna Grijalva por el tiempo que dedica a esta hermosa profesión, en el cual, por su dedicación, por sus esfuerzos, por su paciencia y compromiso una base fundamental en la investigación.*

*Dr. Jorge Quiroz Mercado por disponer de su tiempo y poder compartir parte de sus conocimientos y poder realizar una buena investigación.*

*Mis compañeros Aurelio Martínez Vega, Bryan Omar Martínez Carranza, Maricela Lira Rodríguez, Leonardo Darío Suárez Zepeda y Jonathan Salazar Andrade.*

## DEDICATORIA

**Abuelos (†)** Luis Cruz Martínez, Bonifacia Ángeles Bautista, Alejo Tovar Zapata, Bonifacia Martínez Chávez, son y serán mi ejemplo a seguir, mi gran inspiración. Toda su vida recorriendo caminos pedregosos, siempre luchando por lo que querían, por lo que les gustaba, y siempre con todo su empeño y su cariño.

**A mis padres** Alejandra Cruz Ángeles y Bernabé Tovar Martínez que privilegio tenerlos como padres, gracias por darme tanto de todo y por darme todo de ustedes. A quienes sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. A quienes nunca podré pagar todos sus desvelos, sacrificio, y esfuerzo constante ni aún con las riquezas más grandes del mundo. Deseo expresarles que mis ideales, esfuerzos y logros han sido también suyos y constituye el legado más grande que pudiera recibir y que la fuerza que me ayudo a conseguirlo, fue su incondicional apoyo, su forma de luchar fue mi ideal, su sacrificio mi aliento y su esfuerzo constante, la fuerza de mi voluntad. Con amor, admiración y respeto.

**Hermano(as)** por su apoyo incondicional y fuerza para seguir adelante, por estar siempre cuando los necesité.

**A mi hija e hijo** Leilani Tovar Ángeles, Jonathan Gael Tovar Ángeles porque son el mejor regalo que haya recibido de parte de Dios, son mi mayor tesoro y también la fuente más pura de mi inspiración, por cada momento de felicidad en mi vida, el cual se ve reflejado hoy en día. Por permitirme ser cada día mejor padre a su lado. Por entender que mediante el proceso de formación profesional, fue necesario realizar sacrificios como momentos a su lado, y otras situaciones que demandaban tiempo, tiempo del cual los dueños eran ellos.

**A la mamá de mis hijos** Jessica Ángeles Martínez Ella pues, una motivación en mi vida encaminada al éxito fue el ingrediente perfecto para poder lograr alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida, y poder disfrutar del privilegio de ser grato con esa persona que se preocupó en cada momento y que siempre quiso lo mejor para mi porvenir. Te agradezco por tantas ayudas y tantos aportes no solo para el desarrollo de mi carrera profesional, sino también para mi vida; eres mi inspiración y mi motivación. Por esto y más... Gracias.

## RESUMEN

Con el objeto de cuantificar los efectos de ACG y sus características agronómicas y rendimiento, se evaluaron 16 mestizos durante el ciclo de verano del 2018 en condiciones de riego. La siembra se realizó el 14 de junio, en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Torreón Coahuila. El diseño fue en bloques completos al azar con dieciséis tratamientos y tres repeticiones. La parcela experimental fue de dos surcos de 3.0 m de largo, y 0.75 m entre surcos y 0.15 m entre plantas para una población aproximada de 88 888 plantas por hectárea. Las variables evaluadas fueron: floración masculina (FM), floración femenina (FF), acame de raíz (AR), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), mazorca podrida (MZP), longitud de mazorca (LMZ), diámetro de mazorca (DMZ), número de hileras (NH), número de granos por hilera (GH), y rendimiento (RG). 18 tratamientos para 11 características evaluadas se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para AP y altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) para FM, FF, AR, AM, MZP, LMZ, DMZ, HI, GH y RG. El mestizo EN-06-16-1-2-2-1xChoyo destacó en RG con  $7.51 \text{ t ha}^{-1}$  estadísticamente igual al Híbrido comercial (ABT 7685) y a siete mestizos. Los datos estimados de ACG para RG indican que las líneas EN-06-16-1-2-2-1 y EN-02-16-1-1-1-1 muestran los mayores valores positivos y significativos. El probador chojo resulta ser un buen probador y eficiente para discriminar a las líneas evaluadas.

**Palabras clave:** Probador, Mestizos, ACG, Cruzas, Top-Cross.

## INDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>iii</b>
<b>INDICE GENERAL</b> .....	<b>iv</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	<b>vi</b>
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
1.1. Objetivos.....	2
1.2. Hipótesis .....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1 Mestizo .....	3
2.2. Probador .....	3
2.3. Aptitud combinatoria (AC) .....	4
2.4. Aptitud combinatoria general (ACG).....	6
2.5. Aptitud combinatoria específica (ACE) .....	7
2.6. Carácter braquítico .....	7
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>10</b>
3.1 Área de trabajo .....	10
3.2. Localización geográfica .....	10
3.3. Material genético .....	10
3.4. Diseño experimental.....	11
3.5. Parcela experimental .....	11
3.6. Manejo agronómico .....	11
3.6.1. Preparación del terreno .....	11
3.6.2. Siembra .....	11
3.6.3. Aclareo de plantas .....	11
3.6.4. Sistema de riego .....	12
3.6.5. Riegos y fertilización .....	12
3.6.6. Control de plagas .....	12
3.6.7. Control de malezas .....	15
3.6.8. Cosecha .....	15
3.7. Características evaluadas.....	15

3.7.1. Floración masculina (FM).....	15
3.7.2. Floración femenina (FF).....	15
3.7.3. Acame de raíz (AR).....	15
3.7.4. Altura de planta (AP) .....	15
3.7.5. Altura de mazorca (AM) .....	16
3.7.6. Mazorcas podidas (MZP) .....	16
3.7.7. Longitud de mazorca (LMZ) .....	16
3.7.8. Diámetro de mazorca (DMZ) .....	16
3.7.9. Número de hileras (NH).....	16
3.7.10. Número de grano por hilera (GH).....	16
3.7.11. Rendimiento de grano (RG).....	16
3.8. Análisis estadístico .....	17
3.8.1. Estimación de aptitud combinatoria .....	17
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>19</b>
4.1. Análisis de varianza.....	19
4.2. Valores medios. ....	20
4.3. Aptitud combinatoria general (ACG).....	22
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>25</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>26</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 3.1</b> Genealogía de las líneas utilizadas en la formación de mestizos. UAAAN-UL. 2018.....	<b>11</b>
<b>Cuadro 3.2</b> Plagas presentes durante el desarrollo del cultivo y su control.....	<b>13</b>
<b>Cuadro 4.1</b> Niveles de significancia de 11 variables medias en 16 mestizos, probador y un híbrido comercial en el ciclo verano del 2018. UAAAN-UL.....	<b>19</b>
<b>Cuadro 4.2</b> Valores medios de 11 variables medidas en 16 mestizos, el probador y un híbrido comercial. UAAAN-UL. 2018.....	<b>22</b>
<b>Cuadro 4.3</b> Efectos de genéticos de aptitud combinatoria general (ACG) de 16 líneas cruzadas con un probador de amplia base genética evaluados en ciclo verano, UAAAN-UL 2018.....	<b>24</b>

## I. INTRODUCCION

La producción mundial del maíz en el ciclo 2018-2019 se ubicó en 1,123 millones de toneladas. El consumo fue de 1,127 millones de toneladas, el 62.5% forraje y el 37.5% al consumo humano, semilla e industria. El comercio mundial registro de 177.9 millones de toneladas. El precio de maíz de grano en enero-septiembre 2019, en 170 dólares por tonelada. Producción mundial de países principales: Estados Unidos 32.6% (11.1 t ha<sup>-1</sup>), China 22.9% (6.1 t ha<sup>-1</sup>), Brasil 9.0% (5.8 t ha<sup>-1</sup>), Argentina 4.5% (8.4 t ha<sup>-1</sup>), Unión Europea 5.7% (7.8 t ha<sup>-1</sup>) y México 2.5% (3.8 t ha<sup>-1</sup>) quedando en el séptimo lugar (USDA 2019).

A nivel nacional, en México la producción de maíz de grano se ubicó en 27.27 millones de toneladas (MMt) en 2018. La superficie cosechada fue de 7.1 MMt en 2018. El consumo del ciclo 2018/2019 se ubicó en 43.7 MMt: maíz blanco 24.8 MMt y maíz amarillo 18.9 MMt. México importó 16.2 MMt. El rendimiento 8.56 t ha<sup>-1</sup> en riego y temporal fue de 2.46 t ha<sup>-1</sup> en 2018. Los estados más productores: Sinaloa 21.4% (5.8 MMt), Jalisco 14.2% (3.8MMt), Michoacán 7.3% (2.0 MMt), Estado de México 7.1% (1.9 MMt) y Guanajuato 6.2% (1.7 MMt), 43.8% el resto. En el estado de Coahuila su superficie cultivada en el ciclo primavera-verano fue de 30,521 ha y 26,168 toneladas de producción, (FIRA 2019).

México es el centro de origen de maíz como cultivo, pero hoy en día no cuenta con seguridad alimentaria porque no produce suficiente maíz (Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola Pecuaria), además se considera como el centro de diversidad del maíz pues las evidencias arqueológicas más antiguas las ubican en México antes de la llegada de los europeos (Kato y *et al.*, 2009). Empíricamente el hombre fue mejorando el cultivo de maíz en México desde antes del año 1900 (García Muñoz, 1897), y aún desde antes del siglo XV (León P. 1971). Esta diversidad y su variabilidad genética en programas de mejoramiento es aprovechada para desarrollar maíces con vigor híbrido. Los criterios para identificar híbridos de alto rendimiento es la información sobre la estructura genética de los

padres y su capacidad de combinación. Para la selección de líneas en estos programas se puede realizar a través de diferentes métodos de prueba. Discriminar con el uso extensivo de líneas, su evaluación se fue haciendo más problemática, por lo que Davis (1927) y Jenkins y Brunson (1932) sugirieron el uso de un probador para medir la aptitud combinatoria de un gran número de líneas endogámicas. Desde que Sprague y Tatum (1942) introdujeron los conceptos aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) para seleccionar las líneas con el uso de probadores y manifestar su efectividad, surgieron nuevas consideraciones teóricas y empíricas para determinar el valor relativo del probador (Hallauer y Miranda, 1981) y nuevas oportunidades para el uso de pruebas en mestizos (Sprague y Tatum, 1942). Se reconocen dos tipos de probadores: amplia base genética y reducida base genética (Chávez, 1995). En 1968 en el CIMMYT inicio un programa de mejoramiento genético de maíz que desarrollo la Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro (ESAAN), bajo la dirección del Dr. Mario Castro Gil. Este programa culmino con la formación del híbrido súper enano AN-360 en 1972 (Castro, 1973), y fue el inicio de la formación de otros maíces mejorados de la ahora Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)

### **1.1. Objetivos**

Evaluar 16 líneas braquíticas en maíz con base a su comportamiento agronómico en la crusa con un probador de amplia base genética.

Determinar los efectos de ACG, de las características agronómicas y del rendimiento grano.

### **1.2. Hipótesis**

Ho: los mestizos presentan efectos iguales de ACG para rendimiento y características agronómicas.

Ha: los mestizos presentan diferentes efectos de ACG para rendimiento y características agronómicas

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Mestizo

Mac Robert, et al. (2015), un híbrido mestizo resulta de la cruce entre una variedad de polinización libre y una línea endogámica.

Welcker *et al.* (2005), la formación y evaluación de los mestizos es importante para seleccionar los mejores utilizando probadores adecuados y en función de su aptitud combinatoria.

Lorenz *et al.* (2009), el uso de mestizos ha sido el método principal para seleccionar líneas que transmiten características deseables (Bernardo, 2001). Se han utilizado variedades, líneas recicladas, mezclas de variedades o híbridos (Pfarr y Lamkey, 1992).

### 2.2. Probador

Matzinger (1953), define como “probador deseable” aquel que combina la simplicidad en su uso con la máxima información en el comportamiento de las líneas.

Allison y Curnow (1966) y Márquez (1988), el mejor probador es el que contiene todos los genes recesivos para el carácter de interés.

Rawlings y Thompson (1962), definieron un “buen probador” al que clasifica correctamente el comportamiento de las líneas y discrimina eficientemente entre las líneas bajo prueba.

Hallauer (1975) y Hallauer y Miranda (1988), revisaron los aspectos teóricos y evidencias experimentales para determinar la etapa apropiada para llevar a cabo las pruebas de las líneas y otros aspectos relevantes que definen la elección de los probadores; ellos indican que el tipo de acción génica es una de las variables más importantes para definir el probador apropiado; en general sugieren el uso de líneas puras élite para evaluar aptitud combinatoria.

Russell *et al.* (1992), Menz *et al.* (1999), afirman que un buen probador debe permitir clasificar el mérito de cada línea y maximizar la ganancia genética.

Hernández (2003), para entender la función del probador se deberá partir del principio de que se está usando para cuantificar la aptitud combinatoria general (ACG) de líneas, es decir, solo está siendo utilizado en el cruzamiento, no para ser seleccionado.

Elizarraras (2006), la decisión del tipo de probador a emplear va a depender de los objetivos del mejorador, si este está interesado en conocer la aptitud combinatoria de las líneas y las cruzas, así como la identificación de nuevos híbridos con potencial comercial, la decisión más adecuada es el uso de líneas o cruzas simples; si solo se desea ubicar líneas en el grupo complementario, lo ordinario es emplear los progenitores de materiales que exhiban el máximo de heterosis.

Sierra et al. (2005), 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.

Hernández (2003), menciona que un probador es cualquier material genético (línea, variedad, híbrido, etc.) que permite medir la aptitud combinatoria de un grupo de líneas autofecundadas con el cual se cruza. TOP CROSS cuando el probador usado es un material de amplia base genética (heterocigotos, sintéticos y cruzas dobles) se le conoce como mestizos. TEST CROSS cuando se usa un material de reducida base genética (línea o craza simple) se le conoce como craza de prueba.

### **2.3. Aptitud combinatoria (AC)**

Márquez (1988), es la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros medida a través de su progenie, sin embargo una población la aptitud combinatoria debe determinarse en varios individuos con el objeto de seleccionar los que exhiban la más alta aptitud combinatoria.

Chávez (1995), hace mención que la AC se refiere, en las combinaciones híbridas, al comportamiento promedio de una línea al cruzarlas con otras, o bien al comportamiento de una línea o varias líneas al cruzarlas con una variedad de amplia base genética.

Gutiérrez *et al.* (2002), en una población, la aptitud combinatoria debe determinarse en varios individuos con el objeto de seleccionar progenitores con aceptable aptitud combinatoria.

Sierra (2002), señala que el principal objetivo de un programa de mejoramiento genético es la obtención de variedades mejoradas por medio de una selección cuidadosa de los padres, estas se basan en su aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE). En un programa de hibridación de mejoramiento en maíz es importante la AC del germoplasma y de los patrones heteróticos. Para la elección de progenitores que serán base de un programa de mejoramiento se utilizan dos métodos: a) el comportamiento per se b) comportamiento de las cruzas que intervienen, lo que se conoce como AC.

Elizarraras (2003), menciona que mediante el conocimiento de la aptitud combinatoria de los progenitores se logra mayor eficiencia en programas de mejoramiento que nos permite seleccionar líneas de un comportamiento promedio e identificar combinaciones híbridas específicas con un comportamiento superior a lo esperado en base al promedio de las líneas que intervienen en el cruzamiento.

Gutiérrez *et al.* (2004) y Castañón-Nájera *et al.* (2005), mediante la aptitud combinatoria de los progenitores, el mejorador logra mayor eficiencia en su programa de mejoramiento, pues le permite seleccionar progenitores con un comportamiento promedio aceptable en una serie de cruzamientos e identificar combinaciones específicas con un comportamiento superior a lo esperado, con base en el promedio de los progenitores que intervienen en el cruzamiento.

Okello *et al.* (2006), los estimados de ACG y ACE proporcionan información de los genotipos en base a su capacidad de combinación y el potencial para producir poblaciones segregantes prometedoras.

Guillen de la Cruz *et al.* (2009), un fitomejorador para lograr mayor eficiencia en su programa de mejoramiento le permite seleccionar progenitores con un comportamiento promedio aceptable en una serie de cruzamientos e identificar

combinaciones específicas con un comportamiento superior a lo esperado, con base en el promedio de los progenitores que intervienen en el cruzamiento.

#### **2.4. Aptitud combinatoria general (ACG)**

Sprague y Tatum (1942), definieron la ACG como el comportamiento promedio de un progenitor o una línea en sus combinaciones híbridas. 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.

Para Márquez (1988), significa la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, medida a través de su progenie y, de acuerdo a Chávez (1995), indica que la ACG es el efecto promedio que una línea causa a sus cruzas, medido como desviación de la media, es decir lo que una línea hereda a sus progenies en promedio de muchas cruzas.

Gutiérrez *et al.* (2002), la ACG explica la proporción de la varianza genotípica debida a los efectos aditivos de los genes. 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.

Preciado *et al.* (2005), señala que cuando se detectan efectos mayores de la aptitud combinatoria general, es factible explotar la proporción aditiva de la varianza genética disponible mediante cualquier variante de la selección recurrente.

Camposeco *et al.* (2015), determina la porción aditiva de los efectos genéticos que controlan la expresión de las características fenotípicas de interés, de esta manera, cuando existen mayores efectos de ACG, es viable aprovechar la porción aditiva de la varianza genética disponible, a través de cualquier metodología de selección recurrente.

Caicedo *et al.* (2017), la ACG describe el comportamiento promedio de un progenitor en sus cruzamientos, midiendo el rendimiento medio de una línea en combinaciones híbridas, es decir, el comportamiento de la línea cuando es cruzada con otros genotipos.

## 2.5. Aptitud combinatoria específica (ACE)

Sprague y Tatum (1942), define a la ACE como los casos en los cuales ciertas combinaciones híbridas específicas se expresan favorablemente o no con respecto al comportamiento promedio de sus progenitores, o mejor dicho como la desviación de cada cruzamiento con respecto al comportamiento medio de los progenitores que intervienen en las cruzas y se hace referencia al mejor aprovechamiento tanto en la formación de híbridos como recombinación genética para formar sintéticos. La aptitud combinatoria específica está en función de los efectos no aditivos, como la dominancia y/o epistasis.

Chávez (1995), menciona que la ACE es la desviación o sesgo del comportamiento predicho con base a la aptitud combinatoria general.

Gutiérrez *et al.* (2002), comenta que el término de ACE se empleó para designar a la desviación que presenta la progenie de una crusa específica con respecto al promedio de sus progenitores Y explica la proporción de la varianza genotípica que se debe a las desviaciones de dominancia.

Preciado *et al.*, (2005), la ACE determina la porción de los efectos no aditivos, esto es la acción génica de dominancia y epistasis. La existencia de una mayor ACE, favorece la explotación de la varianza no aditiva, mediante la implementación de un programa de selección recurrente recíproca o de hibridación

Caicedo *et al.* (2017), la ACE evalúa la acción genética no aditiva (dominancia y epistasis) y se utiliza para identificar la combinación de cruzamientos entre líneas endogámicas con rendimiento superior.

## 2.6. Carácter braquítico

Anderson y Chow (1963), las líneas Br2, exhiben una inusual fuerza de tallo y tolerancia al viento, mientras que las hojas son a menudo más oscuras y persisten más en el verde activo. 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 partes principales de la planta.

Lambert (1963), verificó que los genes Br1 y Br2 no son alelos, que ambos se localizan en el brazo largo del cromosoma 1, pero separados a 50 unidades de mutación. El gene Br2 ha sido considerado el más favorable por no alterar demasiado el tamaño de la espiga en las plantas de maíz.

Scott y Campbell (1969), citan que, las plantas Br2 desarrollan menos entrenudos debajo de la mazorca y cortos entrenudos el resto de la planta en comparación con la normal.

Arboleda *et al.* (1972), hace mención del uso del gene braquítico-2, para reducir el volcamiento (Acame) de los maíces normales colombianos, el cual reduce la estatura casi a la mitad, debido al acortamiento y engrosamiento de los entrenudos por debajo de la mazorca superior.

Hooley (1994), la reducción en el tamaño de estas variedades es causada por la respuesta anormal a las giberelinas (AGc), que son reguladores endógenos esenciales del crecimiento de las plantas lo que sugiere que esta hormona es fundamental para el control de la estatura de las plantas.

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

Vogler y Kuhlemeier (2003), el alargamiento de los órganos de las plantas es un fenómeno complejo mediado por muchas hormonas vegetales, incluyendo auxinas y las giberelinas.

Sámano *et al.* (2009), describe las líneas endogámicas utilizadas, líneas que fueron derivadas del grupo de maíz enano (grupo A) del programa del instituto mexicano del maíz supervisado por el Dr. Mario E. Castro Gil (IMM), que son de grano blanco semicristalino, plantas con entre nudos cortos debajo de la mazorca, hojas erectas y espiga compacta, de madurez precoz e intermedio. Características que les permiten soportar altas densidades de población y que se adaptan al trópico de México.

Cassani *et al.* (2010), afirma que en el maíz existen tres tipos de mutantes braquíticas (Br1, Br2, y Br3) que proporciona una estatura baja y un fenotipo

insensible a las giberelinas y a las auxinas. Hasta ahora solo se ha clonado el gen braquítico Br2 y codifica para una proteína putativa de la clase de P-glicoproteínas (PGPs) que puede estar implicada en el movimiento polar de auxinas (MDR).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Área de trabajo

El presente trabajo de investigación fue realizado en el campo experimental, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de la Unidad Laguna (UAAAN-UL), en Torreón, Coahuila México, localizado en el predio de San Antonio de los Bravos sobre periférico Raúl López Sánchez y carretera a Santa fe Colonia Valle Verde CP. 27059 Torreón Coahuila México.

#### 3.2. Localización geográfica

Se localiza en la parte central de la porción norte de los Estados Unidos Mexicanos, se encuentra ubicada entre los paralelos 24° 30' y 27° de latitud norte y entre los 102° y 104° 40' longitud oeste, a una altitud de 1120 msnm; su clima se clasifica como muy seco con deficiente lluvia en los meses octubre, noviembre con precipitaciones anuales que oscilan entre 100-400 mm con lluvias, con vientos dominantes alisios en dirección sur, sus velocidades oscilan entre 24-27 km/hora, además de que cuenta con temperaturas semicálidas con inviernos benignos que oscilan entre 14 – 22 °C (INEGI, 2009).

#### 3.3. Material genético

Se utilizaron 16 líneas de maíz tipo braquítico (Cuadro 3.1) provenientes del programa de mejoramiento genético de la UAAAN-UL y como probador una variedad de polinización libre denominado “CHOJO” que proviene de San Juan de Guadalupe Durango. Se generaron 16 mestizos de la cruce líneas x Probador.

**Cuadro 3.1. Genealogía de las líneas utilizadas en la formación de mestizos. UAAAN-UL. 2018.**

No.	Genealogía*	No.	Genealogía
T01	EN-06-16-1-2-2-1	T09	EN-03-09-2-2-1-1
T02	EN-02-16-1-1-1-1	T10	EN-02-07-1-2-2-1
T03	EN-08-12-1-2-2-1	T11	EN-05-08-2-2-1-1
T04	EN-04-04-2-2-1-1	T12	EN-04-02-1-2-1-1
T05	EN-05-15-2-1-1-1	T13	EN-05-12-1-1-2-1
T06	EN-07-12-2-2-1-1	T14	EN-03-13-1-1-2-1
T07	EN-05-10-1-1-2-1	T15	EN-06-12-2-2-1-1
T08	EN-03-03-2-1-1-1	T16	EN-02-04-2-2-1-1

### **3.4. Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con 16 tratamientos y tres repeticiones.

### **3.5. Parcela experimental**

Cada parcela consistió de dos surcos de 3 metros de largo y 0.75 m entre surcos a una distancia entre planta y planta de 0.15 m, con 28 plantas por tratamiento para una población aproximada de 88 888 plantas por hectárea.

### **3.6. Manejo agronómico**

#### **3.6.1. Preparación del terreno**

La preparación del terreno consistió de barbecho, rastra, nivelación y después el trazo de los surcos.

#### **3.6.2. Siembra**

Se llevó a cabo de manera manual el 14 de junio del 2018, depositando dos semillas por golpe en cada mata.

#### **3.6.3. Aclareo de plantas**

El aclareo de plantas se realizó 22 días después de la siembra, dejando solamente una planta (la más vigorosa).

#### **3.6.4. Sistema de riego**

Se instaló un sistema de goteo, con cintilla calibre 6000 y goteros a una distancia de 20 cm, usando tubería de 2 pulgadas de materiales PVC hidráulico.

#### **3.6.5. Riegos y fertilización**

Se aplicaron 15 riegos dentro de los cuales se aplicó el fertilizante, con una lámina final de 63 cm con un tiempo de riego de 4 horas para cada uno, con intervalos de 4 días.

La fórmula aplicada fue de 190-100-00 para Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Repartido en 5 partes durante diferentes etapas fenológicas del cultivo. Por medio de la técnica de fertirriego con el sistema de inyección por aparato Venturi.

#### **3.6.6. Control de plagas**

Se hicieron monitoreos en zig-zag en puntos diferentes de la parcela de para la detección de las plagas. Los insectos-plaga que se presentaron en el lote experimental y su control se muestran en el cuadro 3.2.

**Cuadro 3.2. Plagas presentes durante el desarrollo del cultivo y su control.**

<b>Plaga</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosis</b>	<b>Ingrediente activo</b>	<b>Presentación</b>	<b>Grupo químico</b>
Gusano cogollero ( <i>Spodoptera frugiperda</i> )	Helmolfos 24/06/18	0.5 L/ha	Clorpirifos etil 44%	Líquido	Organofosforado
Gusano cogollero ( <i>Spodoptera frugiperda</i> )	Metomilo 07/07/18	250 g/ha	Metomil	Polvo	Carbamato,
Gusano cogollero ( <i>Spodoptera frugiperda</i> )	Metomilo 21/07/18	300g/ha	Metomil	Polvo	Carbamato,
Gusano cogollero ( <i>Spodoptera frugiperda</i> )	Platino 21/07/18	200 L/ha	Fenpropatrin (RS)-alfa-ciano-3-fenoxibencil-2-2-3-3-tetrametilciclopropano carboxilato	Concentrado emulsionable	Piretroide
Chicharrita ( <i>Dalbulus maidis</i> )	Diazinón 25% 02/07/18	1 L/ha de agua	0,0-Dietil 0-(2isopropil-4-metil-6-pirimidinil)	Líquido	Organofosforado.
Adherente	Destiny adherente	1ml/L agua			
Chicharrita ( <i>Dalbulus maidis</i> )	Malathión 02/07/18	1000 C.E. 1L/ha	0,0 Dimetil fosforoditioato de dietil mercaptosuccinato	Líquido	Organofosforado.
Chicharrita ( <i>Dalbulus maidis</i> )	Metomilo 21/07/18	300gr/ha	Metomil	Polvo	Carbamato,
Pulga saltona ( <i>Epitrix cucumeris harris</i> )	Warrior 600 04/08/18	1l/ha	Metamidofos:0,5-dimetil fosforo amidotioato	Líquido miscible	Organofosforado
Pulga saltona ( <i>Epitrix cucumeris harris</i> )	Metomilo 07/07/18	200 gr/ha	Metomil	Polvo	Carbamato,

Moscas del estigma ( <i>euxesta stigmatias</i> )	Muralla max 25/08/18	0.25 L/ha.	Imidacloprid + betacyfluthrin	líquido	Piretroide+Neonicotinoides
Moscas del estigma ( <i>euxesta stigmatias</i> )	Vonapro 480 CE 27/08/18	1L/ha	Clorpirifos etil 44.44%	Líquido	Organofosforado
Adherente	Bionex gmb	1ml/L agua		Polvo	
Gusano elotero ( <i>Helicoverpa zea</i> )	Muralla max 26/08/18	0.25 L/ha.	Imidacloprid + betacyfluthrin	Líquido	Piretroide+Neonicotinoides
<i>Diabrotica Balteata</i>	Muralla max 26/08/18	0.25 L/ha.	Imidacloprid + betacyfluthrin	Líquido	Piretroide+Neonicotinoides
Mosquita blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ), ( <i>Aleyrodidae</i> )	Muralla max 26/08/18	0.25 L/ha.	Imidacloprid + betacyfluthrin	Líquido	Piretroide+Neonicotinoides
Pulgón amarillo de los cereales ( <i>Metopolophium dirhodum</i> )	Muralla max 26/08/18	0.25 L/ha.	Imidacloprid + betacyfluthrin	Líquido	Piretroide+Neonicotinoides

### **3.6.7. Control de malezas**

A los cuatro días seguido de la siembra se aplicó un herbicida pre-emergente Primagram (IA 370 atrazina + 290 g metolaclor) con dosis mínima recomendada de 3.5 L/ha. Con su adherente bufex 1gr/L con aspersora de 20 litros, con suelo húmedo, posteriormente durante todo el desarrollo del cultivo se hizo de manera manual.

### **3.6.8. Cosecha**

La cosecha se llevó a cabo el 3 de noviembre del 2018 a los 142 días después de la siembra en la etapa de madurez fisiológica, la cual se determina cuando en el grano se torna color negro el pedicelo, así como su humedad óptima. Se cosechó de manera manual el total de mazorcas de cada parcela, separando cada tratamiento, para su posterior toma de datos.

## **3.7. Características evaluadas**

### **3.7.1. Floración masculina (FM)**

Floración masculina se cuantificó el número de días desde el momento de la siembra hasta cuando la floración alcanzó el 50% del total de plantas que liberaron polen.

### **3.7.2. Floración femenina (FF)**

Se cuantificó como el número de días que trascurrieron desde la siembra hasta manifestar el 50% de los estigmas aptos para su fecundación del total de plantas.

### **3.7.3. Acame de raíz (AR)**

Acame de raíz (ACR) se registró (etapa VT) como el porcentaje de plantas acamadas por parcela considerando como tal las que presentaron una inclinación mayor de 30° con respecto a la vertical.

### **3.7.4. Altura de planta (AP)**

Se cuantificó como la longitud tomada entre la base del tallo de la planta y el último nudo donde inicia la espiga. Se midieron 5 plantas representativas de cada parcela para obtener el dato expresado en metros.

### **3.7.5. Altura de mazorca (AM)**

Es la longitud tomada a partir desde la base del tallo y el primer nudo de inserción de la primera mazorca principal (de arriba para abajo). Para obtener este valor se tomó 5 plantas representativas de cada parcela, valor expresado en metros.

### **3.7.6. Mazorcas podidas (MZP)**

Se consideraron podridas, aquellas mazorcas que tuvieron más de un 10 por ciento de granos podridos, expresado en por ciento en función del número total de mazorcas por parcela.

### **3.7.7. Longitud de mazorca (LMZ)**

Se tomaron 5 mazorcas al azar, con una regla métrica de 30 centímetros se midió desde la base hasta el ápice de la mazorca.

### **3.7.8. Diámetro de mazorca (DMZ)**

Para tomar el dato de este parámetro centimétrico, se seleccionaron cinco mazorcas al azar por cada parcela y con un Vernier digital de 6" marca Truper, se midió el diámetro ecuatorial de la mazorca.

### **3.7.9. Número de hileras (NH)**

Se hizo la cuantificación de 5 mazorcas tomadas al azar de cada parcela y se registró como el número absoluto de hileras. Se contaron las hileras en la parte media de la mazorca.

### **3.7.10. Número de grano por hilera (GH)**

Se realizó el conteo de número de granos, se seleccionó una hilera de la mazorca y se contó el número de granos que tuvo desde la base hasta el ápice de la mazorca. Los datos fueron tomados a 5 mazorcas al azar por cada parcela.

### **3.7.11. Rendimiento de grano (RG)**

Se tomó una muestra aleatoria de 100 g de grano de las mazorcas de cada parcela cosechada, para obtener el contenido de humedad al momento de la cosecha fue con un determinador de humedad Dickey-John Mini Gac® digital, expresado en porcentaje. 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 t ha<sup>-1</sup>.

$$FC = \frac{10\ 000m^2}{APU \times 0.845 \times 1000}$$

**Dónde:**

**FC** = Factor de conversión a ton ha<sup>-1</sup> al 15.5 % de humedad.

**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 t ha<sup>-1</sup>.

**10 000 m<sup>2</sup>** = Superficie equivalente a una hectárea.

### 3.8. Análisis estadístico

#### 3.8.1. Estimación de aptitud combinatoria

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

$$Machos\ ACG = (X1 - X2)$$

**Dónde:**

X1 = Media del rendimiento del mestizo.

X2 = Media general.

**Prueba de t para ACG:**

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

**Dónde:**

**$\alpha$** = Valor de tabla al 0.05.

**CME**= Cuadro Medio del Error.

**r**= Repetición.

**ACG**= Aptitud combinatoria general.

**DMS**= proporciona la diferencia mínima significativa.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis de varianza

Los resultados del análisis de varianza (cuadro 3) de 18 tratamientos para 11 características evaluadas se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para AP y altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) para FM, FF, AR, AM, MZP, LMZ, DMZ, NH, GH y RG. Lo anterior significa que los tratamientos, mestizos y probador son diferentes para 10 de las once características evaluadas, lo cual permitirá hacer inferencias de la naturaleza de los tratamientos.

La magnitud de los coeficientes de variación está dentro de los valores establecidos por Falconer (1975) con la excepción de la variable de pudrición de mazorca (MZP) que fue de 54.81 por ciento. Lo anterior es probable que se deba a que es una característica de tipo cualitativo.

**Cuadro 4.1. Niveles de significancia de 11 variables medias en 16 mestizos, probador y un híbrido comercial en el ciclo verano del 2018. UAAAN-UL.**

F.V.	REP	TRAT	ERROR	CV (%)	MEDIA
GL	2	17	34		
FM (Días)	1.24	23.94**	2.67	2.78	58.74
FF(Días)	6.35	21.70**	4.33	3.41	60.98
AR (%)	0.01	0.10**	0.02	4.15	3.77
AP(m)	0.08	0.10*	0.04	11.44	1.74
AM (m)	0.02	0.07**	0.02	14.49	1.05
MZP (%)	4.93	2.05 ns	3.05	54.81	3.18
LMZ (Cm)	0.48	6.14**	1.34	8.09	14.30
DMZ (Cm)	0.04	0.31**	0.09	7.10	4.34
NH	1.26	4.26**	0.77	6.31	13.89
GH	5.75	36.43**	13.25	9.86	36.92
RG (t ha <sup>-1</sup> )	2.72	7.50 **	0.57	13.51	5.58

\*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad. ns= no significativo. FM= Floración Masculina, FF= Floración Femenina, AR= Acame de Raíz, AP=Altura de Planta, AM= Altura de la base de la Mazorca, MZP=Mazorcas podridas, LMZ= Longitud de Mazorca, DMZ= Diámetro de la Mazorca, NH= Número de Hileras, GH= Número de Granos por Hilera, RG= Rendimiento de Grano.

## 4.2. Valores medios.

La media promedio general de los 18 genotipos para RG fue de 5.58 t ha<sup>-1</sup>. De los genotipos evaluados, ocho de ellos mostraron un rendimiento significativo mayor, y cuyo rango es de 6.19 a 7.51 t ha<sup>-1</sup> (cuadro 4). Dentro de los genotipos sobresalientes, se encuentra el híbrido comercial (ABT8576), no así el Probador Chojo el cual mostró significativamente el menor RG con 1.66 t ha<sup>-1</sup>.

El mestizo T01 (EN-06-16-1-2-2-1xChojo) destacó en RG con 7.51 t ha<sup>-1</sup> estadísticamente igual al Híbrido comercial (ABT 7685) y a siete mestizos.

En cuanto a la floración el intervalo de floración masculina (FM) y femenina (FF) en promedio oscilan entre 58 y 61 días con intervalo de tres días lo cual es un buen rango para un mejor aprovechamiento del polen y una mejor fecundación. El más precoz es el T12 (EN-04-2-1-2-1-1xChojo) con 55 y 58 días de floración masculina y femenina respectivamente. En contraste el más tardío fue el ABT7685 con 65 días a FM y FF respectivamente. El mestizo con mayor RG presentó 59 y 62 días a FM y FF, el cual se puede clasificar como precoz.

Para acame de raíz (AR) los intervalos de porcentaje que se presentaron fue entre 3.5% y 4.3%. Los mestizos T09 y T15, con 3.5 y el Híbrido ABT7685 con 4.3 diferentes estadísticamente. El mejor mestizo en RG T01, registro un promedio de 3,8 por ciento.

Altura de planta (AP) entre todos los genotipos oscilan 1.13 m y 1.92 m para el mestizo EN-06-12-2-2-1-1xChojo y el híbrido ABT7685, en tanto el valor medio se ubicó en 1.74m. El probador Chojo registró una AP de 1.67m.

Altura de mazorca (AM) promedio fue de 1.05m y, el intervalo ente los tratamientos osciló de 0.61m a 1.34m para los mestizos T15 (EN-06-12-2-2-1-1xChojo) y T01 (EN-06-16-1-2-2-1xChojo) respectivamente. En general, se puede afirmar que las AM fueron aceptables aún con las implícitas diferencias estadísticas.

Aunque no se detectaron diferencias significativas para la variable Mazorca podrida (MZP) quien presento mayor vulnerabilidad a la pudrición fue T11 (EN-05-8-2-21-1xChojo) y T15 (EN-06-12-2-2-1-1xChojo) con 4.7% y 4.1% respectivamente.

Para longitud de mazorca (LMZ), se observó un promedio de 14.3 cm, con un intervalo que osciló de 12.4 a 18.9 cm que corresponden a los tratamientos T15 y el híbrido comercial ABT7685, éste último estadísticamente superior a todos de los tratamientos. El T01 (EN-06-16-1-2-2-1xChojo) que corresponde al mejor RG, presentó una LMZ de 14.1 cm estadísticamente menor y diferente al ABT7685, lo que puede deducirse que el T01 puede tener un mayor peso hectolítrico que el ABT7685.

Respecto al diámetro de mazorca (DMZ), los tratamientos mostraron una media de 4.34 cm y se detectó un intervalo que osciló de 3.87 a 5.24 cm para el T06 y el Híbrido ABT7685 respectivamente. El DMZ del ABT7685 fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos. El T01 con mayor RG presentó un valor medio de DMZ de 4.13 cm, menor y diferente estadísticamente al ABT7685.

Para el número de hileras (NH), la media de los tratamientos fue de 14 con un intervalo de 12 NH para T01, T11, y Cojo y, con 16 hileras para el ABT7685, este último diferente y superior estadísticamente al resto de los tratamientos.

En relación al número de granos por hilera (GH), los tratamientos en promedio registraron un valor medio de 36.9, observándose un intervalo de 28 a 40 GH para el mestizo T15 con 28 y los mestizos T07 y T11 con 41 GH. Los tratamientos T07 y T11 con 41 GH, fueron estadísticamente iguales a 14 mestizos inclusive el ABT7685 y el T01 ambos con los mejores RG.

**Cuadro 4.2. Valores medios de 11 variables medidas en 16 mestizos, el probador y un híbrido comercial. UAAAN-UL. 2018.**

Trat	FM	FF	AR	AP	AM	MZP	LMZ	DMZ	NH	GH	RG
T01	59	62	3.8	1.76	1.34	2.5	14.1	4.13	12	40	7.51
ABT-8576	65	65	4.3	<b>1.92</b>	1.20	2.2	<b>18.9</b>	<b>5.24</b>	<b>16</b>	<b>40</b>	<b>7.49</b>
T02	57	61	3.8	1.89	1.20	3.9	14.3	4.52	14	39	7.41
T03	58	59	3.9	1.75	1.03	3.6	15.1	3.74	14	39	7.07
T04	57	59	3.8	1.79	1.01	3.0	14.4	4.31	13	34	6.48
T05	59	61	3.9	1.81	1.22	3.2	15.0	4.21	14	40	6.45
T06	56	59	3.7	1.85	1.04	3.0	13.8	<b>3.87</b>	<b>15</b>	35	6.34
T07	58	61	3.9	1.63	1.05	2.9	15.2	4.29	14	41	6.19
T08	57	60	3.7	1.84	1.09	4.2	13.9	4.37	13	36	5.90
T09	57	59	3.5	1.76	1.08	2.8	12.5	4.32	13	36	5.82
T10	58	60	3.8	1.92	1.09	3.0	14.2	4.44	14	36	5.56
T11	59	62	3.9	1.84	1.12	4.7	15.0	4.19	12	41	5.52
T12	55	58	3.6	1.68	0.99	3.8	13.3	4.32	16	38	4.92
T13	60	61	3.7	1.60	1.02	2.7	13.4	4.22	14	36	4.85
T14	60	61	3.8	1.69	0.99	2.1	14.1	4.43	13	34	4.14
T15	64	68	3.5	<b>1.13</b>	0.61	<b>4.1</b>	<b>12.4</b>	4.18	16	28	4.05
T16	64	65	3.9	1.82	1.05	1.7	14.9	4.51	14	39	3.12
Chojo	56	58	3.6	1.67	0.82	4.1	12.8	4.74	12	32	<b>1.66</b>
Media	<b>58.7</b>	<b>61</b>	<b>3.8</b>	<b>1.74</b>	<b>1.05</b>	<b>3.2</b>	<b>14.3</b>	<b>4.34</b>	<b>14</b>	<b>36.9</b>	<b>5.58</b>
DMS(0.05)	3.4	4.4	0.33	0.42	0.32	3.65	2.42	0.64	1.8	7.61	1.58

DMS=Diferencia mínima significativa al 0.05 de probabilidad.

### 4.3. Aptitud combinatoria general (ACG)

La ACG describe el comportamiento promedio de un progenitor en sus cruzamientos, midiendo el rendimiento medio de una línea en combinaciones híbridas, es decir, el comportamiento de la línea cuando es cruzada con otros genotipos, (Caicedo *et al.*, 2017).

Los datos estimados de ACG para RG indican que las líneas EN-06-16-1-2-2-1 y EN-02-16-1-1-1-1 muestran los mayores valores positivos y significativos, contrastando con las líneas EN-06-12-2-2-1-1 y EN-02-04-2-2-1-1 con valores negativos y significativos. Es probable que estas cuatro líneas, dos con ACG positiva y dos negativa para RG, pertenezcan a grupos heteróticos diferentes y que

si se cruzan ambas puedan generar híbridos con altos porcentajes de heterosis, (Melchinger y Gumber, 1998).

Para FM y FF las líneas EN-06-12-2-2-1-1 y EN-02-04-2-2-1-1 muestran valores significativos y positivos de ACG lo cual implica que estarían condicionando a sus descendencias a tener mayor número de días a floración masculina, en contraste con la línea EN-04-02-1-2-1-1, que condicionaría a la precocidad.

La línea EN-06-12-2-2-1-1 presentó el mayor número de valores significativos de ACG, tres positivos (FM, FF y NH) y cuatro negativos (AP, AM, GH y RG) la cual se podría complementar con las dos líneas EN-06-16-1-2-2-1 y EN-02-16-1-1-1-1 con valores positivos significativos de RG.

**Cuadro 4.3. Efectos de genéticos de aptitud combinatoria general (ACG) de 16 líneas cruzadas con un probador de amplia base genética evaluados en ciclo verano, UAAAN-UL 2018.**

Líneas	FM (días)	FF (días)	AR (%)	AP (m)	AM (m)	MZP (%)	LMZ (cm)	DMZ (cm)	NH	GH	RG t ha <sup>-1</sup>
EN-06-16-1-2-2-1	0.44	0.71	0.01	0.026	0.28	-0.7	0.01	-0.12	<b>-1.76</b>	2.88	<b>1.81</b>
EN-02-16-1-1-1-1	-1.56	0.37	0.03	0.152	0.14	0.7	0.19	0.27	-0.03	1.55	<b>1.70</b>
EN-08-12-1-2-2-1	-0.90	-1.63	0.13	0.015	-0.03	0.4	0.98	-0.51	0.24	1.88	1.37
EN-04-04-2-2-1-1	-1.23	-1.63	0.04	0.056	-0.04	-0.2	0.30	0.06	-0.83	-2.65	0.77
EN-05-15-2-1-1-1	0.44	-0.29	0.12	0.072	0.16	0.0	0.93	-0.05	0.10	2.75	0.74
EN-07-12-2-2-1-1	-2.56	-2.29	-0.03	0.116	-0.02	-0.1	-0.27	-0.38	1.17	-1.85	0.63
EN-05-10-1-1-2-1	-0.56	0.04	0.14	-0.100	-0.01	-0.3	1.06	0.04	0.37	3.68	0.48
EN-03-03-2-1-1-1	-1.23	-1.29	-0.01	0.102	0.04	1.0	-0.11	0.11	-0.96	-0.92	0.19
EN-03-09-2-2-1-1	-1.56	-1.96	-0.21	0.022	0.02	-0.4	-1.58	0.07	-0.83	-1.45	0.11
EN-02-07-1-2-2-1	-0.90	-1.29	0.02	0.185	0.03	-0.2	0.10	0.19	0.10	-0.58	-0.15
EN-05-08-2-2-1-1	0.77	0.71	0.12	0.110	0.06	1.5	0.93	-0.07	-1.50	4.42	-0.19
EN-04-02-1-2-1-1	<b>-3.90</b>	-2.96	-0.10	-0.056	-0.06	0.6	-0.80	0.07	<b>2.10</b>	0.95	-0.79
EN-05-12-1-1-2-1	1.10	0.04	-0.10	-0.135	-0.04	-0.5	-0.73	-0.03	0.50	-0.78	-0.86
EN-03-13-1-1-2-1	1.10	0.04	0.00	-0.042	-0.07	-1.1	-0.01	0.17	-0.70	-3.25	-1.57
EN-06-12-2-2-1-1	<b>5.10</b>	<b>7.37</b>	-0.26	<b>-0.608</b>	<b>-0.45</b>	0.9	-1.75	-0.07	<b>1.64</b>	<b>-8.98</b>	<b>-1.65</b>
EN-02-04-2-2-1-1	<b>5.44</b>	4.04	0.10	0.086	0.00	-1.5	0.74	0.26	0.37	2.35	<b>-2.59</b>
DMS(0.05)	<b>3.42</b>	<b>4.35</b>	<b>0.33</b>	<b>0.42</b>	<b>0.32</b>	<b>3.65</b>	<b>2.42</b>	<b>0.64</b>	<b>1.83</b>	<b>7.61</b>	<b>1.58</b>

DMS= valores significativamente diferentes de cero

## V. CONCLUSIONES

- ❖ Los resultados muestran que los tratamientos fueron significativamente diferentes para FM, FF, AR, AM, LMZ, DMZ, NH y AP.
- ❖ Solo MZP no fue significativa.
  
- ❖ De acuerdo a los valores medios, el mestizo EN-06-16-1-2-2-1 reporto mayor rendimiento de grano con  $7.51 \text{ t ha}^{-1}$  estadísticamente igual a los mestizos EN-02-16-1-1-1-1 y EN-08-12-1-2-2-1 con  $7.41$  y  $7.07 \text{ t ha}^{-1}$ .
- ❖ Todas los mestizos superaron al probador Chojo
  
- ❖ El testigo ABT-8576 alcanzó un rendimiento de  $7.49 \text{ t ha}^{-1}$  estadísticamente igual al mejor mestizo.
  
- ❖ En ACG los mestizos: EN-06-16-1-2-2-1, EN-02-16-1-1-1-1, EN-08-12-1-2-2-1 mostraron valores significativos positivos para rendimiento de grano.
  
- ❖ El probador chojo resultó eficiente para discriminar a las líneas evaluadas.

## VI. LITERATURA CITADA

- Aliu S., I. Rusinovci, Sh. Fetahu, L. Rozman (2016): The combining ability of maize (zea mays l.) Inbred lines for grain yield and yield components. Agriculture & Forestry, Vol. 62 Issue 1: 295-303, 2016, Podgorica 295. DOI: 10.17707/Agriculture &Forest.62.1.33
- Allison J C S, R N Curnow (1966) on the choice of tester for the breeding of synthetic varieties of maize (*Zea mays L.*). Crop Sci. 6:541-544.
- Aly R. S. H. (2013) Relationship between Combining Ability of Grain Yield and Yield Components for Some Newly Yellow Maize Inbred Lines Via Line x Tester Analysis. Alex. J. Agric. Res Vol. 58, No.2, pp.115-124.
- Anderson J C and P N Chow (1963) Phenotype and grain yield associated with brachytic-2 gene in simple cross hybrid of dent corn. Crop Sci. 3: 11-113.
- Arboleda R., F., D. Sarria V., y S. Muñoz G. 1973. Resultados preliminares de conversión de maíces normales en braquíticos En: Quinta Reunión de Maiceros de la Zona Andina, Cochabamba, Bolivia. pp. 273- 277.
- Bernardo R. (2001), breeding potential of intra-and inter heterotic group crosses in maize Crop Sci, 41 68-71.
- Caicedo M A L, P Villavicencio, S Ezequiel (2017) Aptitud combinatoria general y especifica de líneas puras de maíz amarillo duro y selección de híbridos simples. Instituto nacional de investigaciones agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Tropical Pichilingue, km. 5 vía Quevedo- El Empalme. Mocache Ecuador.
- Camacho, R.G.; Garrido, O. and Lima, M.G. 1995. Caracterización de nueve genotipos de maíz (*Zea mays L.*) en relación a área foliar y coeficiente de extinción de luz. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)* [online]. vol.52, n.2, pp.294-298. ISSN 1678-992X.

- Camposeco M N, V Robledo T, L A Valdez A, F Ramírez G, R Mendoza V y A Benavides M (2015) Estimación de la aptitud combinatoria en poblaciones de tomate de cáscara. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.6 Núm.3 p. 437-451.
- Cassani, E., M. Durante, M. Landoni, R. Pilu, y D. Villa. 2010. The brachytic 2 and 3 maize double mutant shows alterations in plant growth and embryo development. *Plant Growth Regulation*. 64 (2): 185-192.
- Castañón N G, Dan Jeffers, H Hidalgo, H Tosquy (1998) Prueba de mestizos de maíz en el estado de Veracruz, México. *Campo Experimental Cotaxtla Veracruz México. Agronomía Mesoamericana* 9 (2): 89-96.
- Castañon-Najera, G., Latournerie-Moreno, L., Mendoza-Elos, M. 2005. Macro de SAS-IML para analizar diseños II y IV de Griffing. *Universidad y Ciencia (18) (PDF) Aptitud combinatoria general y específica de germoplasma tropical de maíz / Capacidad combinatoria general y específica del germoplasma de maíz tropical*. 21(41): 27-35.
- Chávez A. J. L. 1995. Mejoramiento de plantas 2. Métodos específicos de plantas alógamas, editorial Trillas. Primera edición. México D. F. 1-99 pp.
- Davis, R. L. 1927. Report of the plant breeder. Puerto Rico. *Agr. Exp. Sta. Ann.* pp: 14–15.
- Elizarrarás Ch M E (2006) Mejoramiento de la expresión heterótica de dos grupos germoplásmicos mediante identificación de probadores adecuados. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- EL-Satar M.A. A, Fadia H.A. Ahmed and E.M.M. Elnenny (2016) Line x tester analysis of yield and it's components for high plant density tolerance in sesame. *Egypt. J. Plant Breed.* 20(6):1009 – 1034.
- Falconer, D S (1975) *Introducción a la genética cuantitativa*. Ed. Continental. 430p.

- FIRA 2019. Panorama agroalimentario del maíz. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. Revista Inforural del Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol.2 Núm.6 1 de noviembre - 31 de diciembre, p. 829-844.
- Guillen-de la Cruz, P.; Cruz-Lázaro, E. de la; Castañon-Najera, G.; Osorio-Osorio, R.; Brito-Manzano, N. P.; Lozano-del Río, A.; López-Noverola, Ulises (2009) Aptitud combinatoria general y específica de germoplasma tropical de maíz Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 10, núm. 1, pp. 101-107.
- 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, vol. 25, núm. pp. 271-277.
- Hallauer, A. R. 1990. Methods used in developing maize inbreds. Maydica 35: 1-16.
- Hallauer, A. R., and J. B. Miranda Fo. 1988. Quantitative Genetics in Maize Breeding. 2nd ed. Iowa State Univ. Press/Ames. pp: 309-315.
- Hallauer, A. R., and J. B. Miranda Fo. 1988. Quantitative Genetics in Maize Breeding. 2nd ed. Iowa State Univ. Press/Ames. pp: 309-315.
- Hernández, P. C. (2003) Potencial de rendimiento de líneas derivadas de dos poblaciones con diferente dosis de germoplasma criollo y mejorado. Tesis Licenciatura. UAAAN, Buenavista Saltillo, Coahuila México.
- Hooley, R. 1994. Gibberellins: perception, transduction and responses. Plant Molecular Biology. 26:1529-1555.
- Jenkins, M. T., Brunson, A.M. (1932). Methods of testing inbreed lines of maize in cross bred combinations. J. Am. Soc. Agron. (24), 523-530.
- Kato Y., T. A., C. Mapes S., L. M. Mera O., J. A. Serratos H. y 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. México, D.F. 116 p.

- Lambert, R. J. 1963. Location of branchytic-2 dwarf. Maize Genetics Coop. Newsl. 37: 41-42.
- Lorenz A. J., J. G. Coors, N. de Leon, E. J. Wolfrum, B. R. Hames, A. D. Sluiter, P. J. Weimer (2009), Characterization, genetic variation, and combining ability of maize traits relevant to the production of cellulosic ethanol Crop Sci, 49: 85-98.
- Mac Robert, J. F., P.S. Setimela, J. Gethi y M. Worku. 2015. Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México, D.F.: CIMMYT.
- Márquez S F (1988) Genotecnia vegetal: métodos, teoría, resultados. AGT Editor. México, 665 p.
- Matzinger (1953) Comparison of three types of testers for the evaluation of inbred lines of corn. Agron. J. 45:493-495.
- Melchinger, A. E. and Gumber, R. K. 1998. Overview of heterosis and heterotic groups in agronomic crops. In: Concepts and breeding of heterosis in crop plants. Lamkey, K. R. and Staub, J. E. (Eds.). Madison, Wisconsin, USA. 29-44 pp.
- Menz M. A., A. R. Hallauer, W. A Russell (1999) Comparative response of two reciprocal recurrent selection methods in BS21 and BS22 maize populations Crop Sci, 39: 89-97.
- Okello D.K., R. Manna, J. Imanywoha, K. Pixley y R. Edema. 2006. Agronomic performance and breeding potential of selected inbred lines for improvement of protein quality of adapted Ugandan maize germplasm. Afr. Crop Sci. J. 14(1): 37-47.
- Pfarr D. G., K. R. Lamkey (1992), comparisons of methods for identifying populations for genetic improvement of maize hybrids. Crop Sci, 32: 670-667.

- Preciado, O. R. E.; Terrón, I. A. D.; Gómez, M. N. O. y Robledo, G. E. I. 2005. Componentes genéticos en poblaciones heteróticamente contrastantes de maíz de origen tropical y subtropical. *Agronomía. Mesoamericana*. 16:145-151.
- Rusell W. A., D.J. Blackburn, K. R. Lamkey (1992), evaluation of modified reciprocal recurrent selection procedure for maize improvement *Maydica*, 37:61-67.
- Sámano G D, F Rincón S, N A Ruíz T, J Espinoza V y H De León C (2009) Efectos genéticos en cruzas directas y recíprocas formadas a partir de dos grupos germoplásmicos de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 32(1): 67-74.
- Scott G E and C M Campbell (1965) internode length in normal and brachytic-2 maize inbreds and single crosses. *Crop Sci.* 9: 239-295.
- Sierra M.; Márquez F.; Valdivia R.; Cano O. Rodríguez F. A. 2000 aptitud combinatoria general y específica de líneas tropicales de maíz usando probadores. *AGRONOMÍA MESOAMERICANA* 11(1): 103-112.
- Sierra Macías, Mauro; Palafox Caballero, Artemio; Espinosa Calderón, Alejandro; Caballero Hernández, Filiberto; Rodríguez Montalvo, Flavio; Barrón Freyre, Sabel; Valdivia Bernal, Roberto (2005) Adaptabilidad de híbridos triples de maíz y de sus progenitores para la región tropical del sureste de México, *Agronomía Mesoamericana*, vol. 16, núm. 1, enero-junio, 2005, pp. 13-18 Universidad de Costa Rica Alajuela, Costa Rica
- Sprague, G.F. and Tatum, L.A. (1942) General vs Combining Ability in Single Crosses of Corn. *Agronomy*, 34, 923-932.
- USDA-FAS (2019) México: Grain and feed annual. Date 3/12/2019. USDA-FAS. Production, Supply and Distribution (PSD) Online Database. USDA-FAS. World Agricultural Supply and Demand Estimates. August 2019.
- Vogler, H., and C. Kuhlemeier. 2003. Simple hormones but complex signalling. *Curr Opin Plant Biol.* 6: 51-56.

Welcker, C. C. Thé, B. Andreau, C. de Leon, S. N. Parentoni, J. Bernal, J. Felicité, C. Zonkeng, F. Salazar, L. Narro, A. Charcosset, W. J. Horst (2005), heterosis and combining ability for maize adaptation to tropical acid soils: implications for future breeding strategies. *Crop Science*, 45: 2405-2413.