

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



**“Aptitud combinatoria en líneas de maíz con dos probadores contrastantes”**

**POR:**

**ELISABETH ARELLANES JIMÉNEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Torreón, Coahuila, México**

**Septiembre 2020**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

“Aptitud combinatoria en líneas de maíz con  
dos probadores contrastantes”

POR:

ELISABETH ARELLANES JIMÉNEZ

TESIS QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO  
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

  
DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA  
PRESIDENTE

  
DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA  
VOCAL

  
MC. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ  
VOCAL

  
DR. JORGE QUIROZ MERCADO  
VOCAL SUPLENTE

  
DR. ISAIAS DE LA CRUZ ALVAREZ  
COORDINADOR INTERINO DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO

Torreón, Coahuila, México

Septiembre 2020



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD ALGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

“Aptitud combinatoria en líneas de maíz con  
dos probadores contrastantes”

POR:


ELISABETH ARELLANES JIMÉNEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR EL COMITÉ DE ASESORÍA: /

  
DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA  
ASESOR PRINCIPAL

  
DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA  
VOCAL

  
MC. 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

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO

Septiembre 2020



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

## AGRADECIMIENTOS

Mi eterno agradecimiento a mis padres Andres y Beatriz por dejarme volar y darme la confianza. Te amo papá por todos los pasos que das a mi lado. Te amo mami por dejarme irme de tu lado a pesar que me necesitabas.

A mis hermanos quien me acompañaron en mi trayectoria de vida: Emma por darme la protección de pequeña, Ady por ser mi gran apoyo al despegar mis alas, Andy mi nena con la que me divierte pelear y juga y Dam por ser la persona que más me ha hecho cambiar.

Agradezco a mi prima Claudia Janeth y mi tía Julia por su apoyo infinito.

Carlos Arturo Sánchez Reyes te agradezco por tu apoyo y paciencia que me tuviste en el bachiller.

A mi Alma Terra Mater UAAAN por ser mi segundo hogar donde forme mi segunda familia y adopte a mis hermanos Adri, JJ, Maclo, y Uri siempre serán mi familia Buitre.

A mis asesores de tesis el Dr. Armando Espinoza Banda y la Dra. Oralia Antuna Grijalva por permitirme ser parte de su equipo de trabajo.

Agradezco al Dr. Quiroz por ser parte de mi comité de asesores y por sus palabras de aliento.

Agradezco a mi equipo de tesis Nan por hacerme reír en campo cada oportunidad que tenía, a Julia que en su momento fue una gran amiga. A Callo por brindarme su apoyo y ayuda en campo y a todos los chic@s que estuvieron en tesis durante los dos ciclos.

En agradecimiento a todos mis compañeros de generación por ayudarme de forma física o mental a concluir esta etapa.

En gratitud con mi persona por permitirme conocer a nuevas personar y concluir esta nueva etapa.

## DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado para mi mente que fue la mentora principal, mi guía, mi fuente de inspiración, mi mayor fortaleza y mi mejor acompañante de vida.

A mis amados y adorables padres y hermanos quienes con amor me han acompañado en cada etapa de vida y apoyado en las decisiones que he tomado.

A mi querido y amado asesor de tesis Dr. Armando Espinoza Banda, aparte de ser mi asesor de tesis, lo considero un asesor en toma de decisiones personales ya que me ha brindado apoyo en el ámbito educativo, personal y mental.

A mí querida y amada tutora Dra. Oralia Antuna Grijalva, aparte de ser mi tutora y una asesora de tesis se convirtió en una gran amiga, dando mucho apoyo de todas las formas que pudo.

A al Dr. Quiroz y al M.C. Coyac.

En memoria del Dr. Mario Enrique Castro Gil, pues fue el que desarrollo parte de material con el que trabaje en la tesis.

Es dedicado con amor a mi ALMA TERRA MATER por haberme aceptado en su casa de estudio y con orgullo llamarme BUITRE.

A mi familia buitres, a cada maestro que me ayudo en mi formación académica y a las amistades que en su momento me acompañaron.

Dedicada a la Dra. Norma Dimas Rodríguez por su apoyo y ayuda incondicional y al Ing. Eliseo Raygoza Sánchez.

Dedicada a las persona que me brindaron su ayuda escuchándome, compartir su tiempo, su amistad y en el ámbito económico.

## RESUMEN

Con el objeto de cuantificar los efectos de aptitud combinatoria general en 15 líneas de maíz tipo braquitico, se cruzaron con dos probadores contrastantes. La variedad Chojo y una línea del CIMMYT, TL-244. El experimento se realizó en el Campo Experimental de UAAAN-UL durante 2017 y 2018. En 2017, se realizaron las cruzas de los dos probadores y 15 líneas, formándose 30 mestizos. En el ciclo primavera del 2018, se evaluaron en un diseño de bloques al azar, en dos grupos de 15 tratamientos y tres repeticiones. La parcela experimental fue de dos surcos de tres metros de largo y 0.75 m entre hileras. La siembra se realizó el 14 de abril. Se cuantificaron: días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, longitud, diámetro, número de hileras y granos por hilera en la mazorca, y rendimiento de grano. Se realizaron análisis individuales por cada probador y el combinado. El análisis para Chojo fue significativo para ALM, LM y NH, en tanto para la línea TL-244, se observó significancia para FM, FF, ALM, GH y RG. En el análisis combinado, los probadores fueron significativamente diferentes para todas las variables, para el efecto Línea, excepto DMZ, el resto de las variables fueron significativas y, el efecto de la interacción LineaxProbador solo fue significativa para ALP, ALM y GH. Las líneas con mejor ACG para RG fueron EN-08-12 y EN-05-10.

**Palabras clave:** Líneas, ACG, Mestizo, Probadores, Braquitico.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN .....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Objetivos .....	3
Hipótesis.....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Mejoramiento genético.....</b>	<b>4</b>
2.1 Polinización abierta .....	4
2.2 Líneas .....	5
2.3 Gen Braquíptico-2.....	6
2.4 Probador .....	6
2.4.1 Top-Cross (mestizo) .....	8
2.4.2 Test-Cross .....	8
2.5 Aptitud combinatoria.....	9
2.5.1 Aptitud combinatoria general.....	9
2.5.2 Aptitud combinatoria especifica .....	10
<b>III. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>11</b>
3.1 Localización.....	11
3.2 Clima .....	11
3.2.1 Temperatura .....	11
3.2.2 Precipitación .....	11
3.3 Material genético .....	11
3.4 Preparación de terreno .....	12
3.5 El proyecto consto de dos etapas .....	12
3.5.1 Primera Etapa o formato de cruzas.....	12
3.5.2 Segunda Etapa ó evaluación de cruzas. ....	12
3.5.2.1 Diseño Experimental .....	12
3.5.2.2 Siembra .....	12

3.5.2.3 Manejo de cultivo. ....	13
3.5.2.4 Control de malezas. ....	13
3.5.2.5 Aporque. ....	13
3.5.2.6 Fertilización. ....	13
3.5.2.7 Riego.....	13
3.5.2.9 Cosecha. ....	14
3.6 Variables evaluadas.....	14
3.6.1 Floración Masculina (FM) .....	14
3.6.2 Floración Femenina (FF).....	14
3.6.3 Altura de planta (ALP) .....	15
3.6.4 Altura de la mazorca (ALM).....	15
3.6.5 Longitud de mazorca (LM) .....	15
3.6.6 Diámetro de la mazorca (DMZ).....	15
3.6.7 Número de Hileras de la mazorca (NH).....	15
3.6.8 Granos por hilera de la mazorca (GH) .....	15
3.6.9 Rendimiento de Grano .....	15
3.6.10 Constante de la superficie Cosechada (CSC) .....	16
3.6.11 Humedad de Campo (HC).....	16
3.6.12 Factor de humedad (FH).....	16
3.6.13 Peso de Grano (PG) .....	16
3.7 Modelo Estadístico para análisis combinado.....	16
IV. RESULTADOS Y CONCLUSIÓN .....	18
4.1 Análisis de varianza por probador. ....	18
4.1.1 Aptitud combinatoria general (ACG) de análisis individuales .....	19
4.1.2 Análisis combinado línea x Probador.....	20
4.2 Comparación de medias de mestizos.....	21
4.2.1 Aptitud combinatoria general del análisis combinado. ....	22
4.2.2 Interacción Probador x Línea .....	23
V. CONCLUSIONES.....	24
VI. BIBLIOGRAFÍA .....	25



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Cuadro 3.5.2.8 Control de plagas en mestizos de maíz. UAAAN-UL 2018. ....</b>	<b>14</b>
<b>Cuadro 4.1 Análisis de varianza individual de la cruce de 15 líneas con el mestizo de amplia base genética (Chojo). UAAAN 2018. ....</b>	<b>18</b>
<b>Cuadro 4.2 Análisis de varianza individual de la cruce de 15 líneas con el mestizo de estrecha base genética (TL-444). UAAAN 2018. ....</b>	<b>19</b>
<b>Cuadro 4.3 Aptitud combinatoria general (ACG) de 15 líneas probadas con el probador de amplia base genética, Chojo. UAAAN 2018. ....</b>	<b>19</b>
<b>Cuadro 4.4 Aptitud combinatoria general (ACG) de 15 líneas probadas con el probador de estrecha base genética, TL-444. UAAAN 2018. ....</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 4.5 Cuadrados medios y significancia estadística del análisis de varianza combinado. UAAAN-UL 2018. ....</b>	<b>21</b>
<b>Cuadro 4.6 Medias entre dos poblaciones de mestizos. UAAAN U-L 2018....</b>	<b>22</b>
<b>Cuadro 4.7 Aptitud combinatoria general de las líneas derivada del análisis combinado de los dos probadores. UAAAN-UL 2018.....</b>	<b>23</b>

## I. INTRODUCCIÓN

En un programa de mejoramiento genético de maíz es un proceso continuo (De la Cruz *et al.*, 2008) en el cual deberán seleccionarse fuentes de germoplasma orientadas a formar genotipos deseados (Vasal *et al.*, 1994).

En la agricultura tradicional se usan las variedades, mientras que en la agricultura comercial se emplean los híbridos. Por tanto, si se desea obtener variedades o mejorar los híbridos se recurre a los métodos de mejoramiento recurrente de poblaciones. Para ambos métodos es necesario desarrollar líneas endocriadas (Pardey, 2015).

La evaluación apropiada para desarrollar líneas puras es un aspecto muy crítico pues deben ser vigorosas, de buenas características agronómicas y alto rendimiento (Kahriman *et al.*, 2016 y Caicedo *et al.*, 2017). Para la elección de las líneas superiores se encuentra la prueba de mestizos (línea x probador), este método propone cual es el mejor probador, (Tosquy *et al.*, 1998).

Un probador deseable se define como aquel que combine la simplicidad en su uso con la máxima información en el comportamiento de las líneas, pero ningún probador puede satisfacer completamente estos requisitos (Matzinger, 1953) La prueba de progenie fue definida por Allard, (De la Cruz *et al.*, 2008), como “una prueba del valor de un genotipo basada en el comportamiento de su progenie producida en algún sistema de apareamiento definido”.

El tipo de materiales como probadores incluyen: poblaciones, sintéticos, híbridos y en los últimos años se han ocupado líneas endocriadas (Montenegro *et al.* 2002) y los efectos de la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) (Lobato *et al.*, 2010). La ACG describe el comportamiento promedio de un progenitor en sus cruzamientos y la ACE evalúa la combinación de cruzamientos entre líneas endogámicas (Caicedo *et al.*, 2017).

La identificación de buenos progenitores es muy importante, es necesario no solo enfatizar en la aptitud combinatoria de las líneas sino también en el comportamiento de las líneas puras *per se*, especialmente su capacidad para producir cantidad suficiente de semilla viable y buena calidad (Caicedo *et al.*, 2017). El progenitor debe tener gran capacidad heterótica y alta habilidad combinatoria en cruzas (Chura *et al.*, 2015).

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 (Matzinger, 1953).

Mediante la evaluación con un probador de amplia base genética (Top-Cross) se identifica con la aptitud combinatoria general de la línea "S" y, con el cruce dialélico se estudia la aptitud combinatoria general y la específica (Pardey, 2015). Donde el mejor probador es el que contiene todos los genes recesivos para el carácter de interés (Lobato, *et al.* 2010).

Desde la adopción de la prueba de mestizos se ha estudiado la elección del mejor probador, pero no hay respuestas satisfactorias a todo al problema de fondo. La probabilidad de que el mejor probador sea una variedad de polinización libre de bajo rendimiento, una línea homocigótica recesiva o en general una población con baja frecuencia de loci importantes, ha recibido importancia práctica y teórica desde su proposición (Lobato, *et al.* 2010).

En la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro U-L., cuenta con 15 líneas tipo braquítico y con alto grado de endogamia, las cuales se cruzaron con dos probadores, uno de amplia base genética y otro de reducida base genética.

### **Objetivos**

Cuantificar los efectos de ACG de 15 líneas de maíz tipo braquítico.

Cuantificar y comparar los efectos de ACG con ambos probadores.

### **Hipótesis**

H0: Las líneas braquíticas muestran igual efecto de ACG.

H1a: Las líneas braquíticas muestran diferente efecto de ACG.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2. Mejoramiento genético

El programa de mejoramiento genético para maíz, tienen el objetivo definido de seleccionar fuentes de germoplasma básico, poblaciones y líneas para obtener buenas hibridaciones y como resultado altos rendimientos deseados (Vasal *et al.*,1994, Tosquy *et al.*,1998, Sierra *et al.*, 2000 y Montenegro *et al.*, 2002).

Al principio el germoplasma utilizado fueron variedades criollas, después mezclas de ellas, de líneas o cruza AxB derivadas de aquellas (Luna *et al.*, 1998). El éxito se logra al valorizar las líneas progenitoras de los híbridos mediante las pruebas de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) logrando con ello determinar la capacidad de las líneas para producir híbridos superiores cuando se cruzan con otras líneas (Fuentes *et al.*,1992).

Los probadores son una estrategia para desarrollar nuevos híbridos más eficientes en un tiempo corto por lo que deben de estar bien definidos para poder separar nuevos materiales y líneas de estas nuevas fuentes (Vasal *et al.*,1994 y Nestares *et al.*, 1999).

#### 2.1 Polinización abierta

La práctica de manejo de maíz para variedades de polinización abierta son similares a aquellas de las razas nativas y criollos (Hernández y Esquivel, 2004). La polinización cruzada es favorecida por el viento y la gravedad son los agentes que transportan el grano de polen de la espiga al estigma (Ortiz *et al.*, 2010)

Las variedades se desarrollan partiendo de un compuesto de amplia base genética, por genotipos deseados con el objetivo de incrementar el rendimiento y adaptación del maíz en las condiciones agroecológicas (Valdez *et al.*, 2012).

Las variedades de polinización abierta están formadas combinando solamente la fracción superior de la población que se está mejorando con un esquema de selección recurrente. Las familias de rendimiento superior, cerca de 10%, uniformes en altura y madurez, con tallos fuertes y tolerantes al vuelco y a otros estreses bióticos y abióticos, son seleccionadas y recombinadas genéticamente para dar lugar a una variedad mejorada (Paliwal *et al.*, 2001).

## 2.2 Líneas

Ha sido el punto de partida para el estudio de la heterosis y la habilidad combinatoria general y específica donde, la primera se asocia con el desempeño potencial de los progenitores y la segunda, con el desempeño de los híbridos (Reyes *et al.*, 2004).

El método clásico para la formación de líneas a partir de una fuente heterogénea, a través de la autopolinización continua, la primera autofecundación se le denomina línea S1 (Fuentes *et al.*, 1992; Márquez, 2009 y Begum *et al.*, 2016); después de dos o tres autofecundaciones, la evaluación de su aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) para obtener híbridos comerciales de alto rendimiento (Lobato *et al.*, 2010).

Las líneas con efectos altos de ACG pueden emplearse para desarrollar variedades sintéticas, mientras que combinaciones específicas de alto rendimiento se pueden usar en la hibridación (Cervantes *et al.*, 2018).

Se requieren generar constantemente nuevas líneas con alto potencial de rendimiento, buen comportamiento agronómico y excelente aptitud combinatoria; se ha encontrado que las líneas que reúnen estas características presentan resultados satisfactorios en combinaciones híbridas (Luna *et al.*, 2013).

### **2.3 Gen Braquítico-2**

Del Campo Valle (1977), Carmen y Arboleda (1982), Espinoza *et al.*, (1998) y Gilberto (2002) describen el maíz con el gen recesivo braquítico-2 con tallo cuadrado, gruesos, la longitud de los entrenudos es muy reducida, pero el número, longitud y ancho de las hojas no se reduce, tienen problemas de polinización, ya que los estigmas son cubiertos por las hojas, impidiendo de esta manera, que el polen llegue libremente, además de poseer una espiga compacta, las hojas emergen del tallo alineado perfectamente en una sola dirección y no en espiral como emergen en los maíces normales.

Los genes modificados (braquítico-2), reducen la estatura casi a la mitad debido al acortamiento y engrosamiento de los entrenudos por debajo de la mazorca superior, esto favoreciendo a la reducción máxima del acame (Carmen y Arboleda 1982 y Sámano *et al.*, 2008).

La modificación del gen no afecta el rendimiento, las líneas enanas son seleccionadas por su altura y por el rendimiento (Legg and Fleming, 1973).

### **2.4 Probador**

En la evaluación de germoplasma es común el uso de probadores que debido a su constitución genética facilitan la discriminación y selección más eficiente (Montenegro *et al.*, 2002), este método le da origen a las variedades sintéticas e híbridos (Lobato *et al.*, 2010 y Sierra *et al.*, 2016) además, son más económicos al hacer los cruzamientos (Castañón *et al.*, 1998).

El método fue propuesto por Davis (1927), encontró dificultad para calcular la ACG cuando el número de líneas es grande, por lo que propuso el método de la prueba de mestizos, el cual consiste en evaluar las cruces de las líneas endogámicas con una variedad de polinización libre como probador de la ACG de las líneas.

Chávez (1995) lo define como cualquier material genético que permite medir la AC de un grupo de líneas con el cual se cruza.

Mediante el método de líneas Probador, se puede eliminar aproximadamente el 50% de las líneas endogámicas (Singh and Chaudhary, 1979) esto facilita la elección de materiales.

Sierra *et al.*, (2008) reporta un híbrido trilineal (liberado en 2004) donde sus inicios comenzó en 1987 con la prueba de aptitud combinatoria de líneas endogámicas, usando como probadores diferentes variedades y poblaciones, para la elección de material.

Cuando se utilizan probadores divergentes en la evaluación de líneas estas diferencias pueden reflejarse en la existencia de interacciones línea por probador (Nestares *et al.*, 1999). Después de alguna generación de endocria podemos cruzar con probadores de grupo heterótico opuesto en cada una de dos poblaciones para que en base al comportamiento per-se de las líneas y a su habilidad combinatoria, permita seleccionar mejores líneas dentro de cada grupo para hacer una recombinación (Vasal *et al.*, 1994), debido a que las líneas autofecundadas adquieren su individualidad como padres desde generaciones tempranas en las cruces de prueba (Castañón *et al.*, 1998).

Nestares *et al.*, (1999) realizó un estudio al evaluar los cruzamientos de prueba de 48 líneas flint de maíz con cuatro probadores: HP3, P5L2, sB73 y sMo17. Donde los probadores presentaron la capacidad para discriminar las líneas, con ello se refleja la importancia de efectos génicos no aditivos.

Uno de los métodos para evaluar y conocer la acción génica de caracteres cuantitativos es el cruzamiento directo de los genotipos potenciales con el probador de interés (Chura y Huanuqueño, 2014). La probabilidad de que el mejor probador sea una variedad de polinización libre de bajo rendimiento, una línea homocigótica recesiva o en general una población con baja frecuencia de loci importantes, ha



recibido importancia práctica y teórica desde su proposición por Davis (1934) y Hull (1945) (citado por Lobato *et al.*, 2010).

Montenegro *et al.*, (2002) realizó un estudio ocupando cuatro probadores: dos de amplia base genética y dos de estrecha base genética, cruzados con 57 accesiones de maíz procedentes del CIMMYT, en dos ambientes diferentes. Ambos probadores reportaron ser eficientes para identificar el potencial genético y la habilidad combinatoria, la estimación de la ACG y ACE mostraron que los efectos dependen en parte a la de la interacción de los genotipos con el ambiente.

#### **2.4.1 Top-Cross (mestizo)**

Chávez (1995) Es la cruce de prueba se usa un probador de amplia base genética, como son las poblaciones heterocigóticas, sintéticos, cruza dobles u otros materiales.

Tosquy *et al.*, (1998) menciona el método de mestizos (línea x probador) para la elección de las líneas superiores, donde se plantea el problema de cuál es el mejor tipo de probador al realizar un estudio de identificar la ACG y ACE al evaluar cuarenta y cinco líneas endocriadas con un nivel de endogamia S<sub>4</sub>-S<sub>5</sub>, cruzadas con tres híbridos simples (probador) POB21C5HC225xPORRILLO 8073-11, 2) POB21C5HC219xAC7843-15, y 3) POB25C5HC229 x AC7843-16-55-13 provenientes del CIMMYT. Se detectaron líneas con buena aptitud combinatoria por medio de la estimación de la ACG y ACE permitió detectar las mejores líneas y el mejor probador (POB21C5HC225 x PORRILLO8073- 11).

#### **2.4.2 Test-Cross**

Chávez (1995) en la cruce de prueba se usa un probador de reducida base genética como una línea o una cruce simple.

Chura y Huanuqueño (2014) evaluaron ocho cruza las caules se formaron con ocho poblaciones de CIMMYT como hembra y un híbrido simple como

progenitor masculino (probador) y se usaron tres testigos. Los rendimientos fueron similares a las del mejor testigo y dos de las cruzas fueron mas rendidoras, menor altura y más precoces que el probador.

## **2.5 Aptitud combinatoria**

Chávez (1995) en la crusa de prueba se usa un probador de reducida base genética como una línea o una crusa simple.

Chura y Huanuqueño (2014) evaluaron ocho cruzas las caules se formaron con ocho poblaciones de CIMMYT como hembra y un híbrido simple como progenitor masculino (probador) y se usaron tres testigos. Los rendimientos fueron similares a las del mejor testigo y dos de las cruzas fueron mas rendidoras, menor altura y más precoces que el probador.

### **2.5.1 Aptitud combinatoria general**

Sprague and Tatum (1942); Chávez (1995) y (Caicedo *et al*, 2017) lo definen como el efecto promedio que una línea causa a sus cruzas, medido como la desviacion de la media general. La aptitud combinatoria general proporciona información sobre que líneas puras para producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas, así mismo se ha definido como el valor medio F1' s de sus cruzas con otras líneas (Fuentes *et al.*,1992 y Vasal *et al.*,1994). Aquí se puede utilizar como probador una línea o una crusa simple proveniente de dos líneas del mismo germoplasma (Vasal *et al.*,1994).

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 (Reyes *et al.*, 2004).

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 (Nestares *et al.*, 1999).

### **2.5.2 Aptitud combinatoria especifica**

Sprague and Tatum (1942) y Chávez (1995) indican que es la desviación o sesgo del comportamiento predicho con base en la aptitud combinatoria.

Poehlman and Sleper (2003 citado por Santiago *et al.*, 2017) menciona que 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.

Si los efectos de aptitud combinatoria específica son los más importantes, la población deberá mejorarse por hibridación (Reyes *et al.*, 2004).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización

Campo experimental de la UAAAN-UL., ubicado geográficamente entre 24° 30' y 27° LN y entre 102° y 105° LO, a 1150 msnm (Guerrero *et al.*, 2012).

#### 3.2 Clima

Muy seco, templado, con lluvia deficiente en todas las estaciones, con vegetación característica de desierto y con invierno benigno.

##### 3.2.1 Temperatura

Se consideran dos períodos bien definidos: el primero comprende cinco meses, de noviembre a marzo, en los cuales la media varía entre 13.5° y 19.5°. El segundo, de mayo a agosto, comprende los meses más calurosos, en los cuales la temperatura media varía de 26.1° a 27.4°. El promedio de temperatura mínima, en el primer período, tiene su valor más bajo en el mes de enero (5.5°); y el segundo, en los meses de julio a agosto (21.4°).

##### 3.2.2 Precipitación

Las cuatro estaciones del año se caracterizan por su extrema sequedad. Durante el invierno y la primavera la precipitación media apenas alcanza en total 43.8 mm, de los cuales corresponden 21.5 al invierno y 22.3 a la primavera. Durante el verano y el otoño, la precipitación es más abundante alcanzando un promedio de 197.2 mm, de los cuales corresponden 110 al verano y 87.2 al otoño.

#### 3.3 Material genético

Se utilizaron 24 líneas tipo braquíticas de maíz y dos probadores. Uno de estrecha base genética TL-244 (S<sub>2</sub>) seleccionada de una población proveniente de Tlaltizapán Morelos y el otro de amplia base genética o polinización libre identificado como "Chojo", proveniente de San Juan de Guadalupe, Durango.

### **3.4 Preparación de terreno**

La preparación del suelo se realizó una semana antes de la siembra de forma mecanizada, y se utilizó el método de labranza convencional para maíz.

### **3.5 El proyecto consto de dos etapas**

#### **3.5.1 Primera Etapa o formato de cruzas.**

Durante el primavera-verano 2017 se sembraron 24 líneas de maíz y dos probadores. Se sembraron dos surcos de tres metros de largo y 0.75m entre surcos por cada línea, con distancia de 0.25m entre planta. Los probadores se sembraron cuatro surcos a tiempo, cuatro a 7 días de la primera siembra, dos a 14 días y dos a 21 días después de la siembra de las líneas. Al momento de la emergencia de los jilotes se cubrieron antes de la emergencia de los estigmas. Las líneas como hembra se polinizaron con los machos probadores, de tres a cuatro plantas y se autofecundó la primera planta de cada línea. De las 24 línea cruzadas con los dos probadores se obtuvo 21 cruzas de líneas x TL-244 y 17 cruzas de líneas x Chojo; de las cuales solo 15 líneas coincidieron con los dos probadores. Se cosecharon el 24 de agosto del 2017.

#### **3.5.2 Segunda Etapa ó evaluación de cruzas.**

Para el Ciclo primavera-verano del 2018, se realizó la evaluación de las 30 cruzas, procedente de las 15 líneas braquíticas con los dos probadores se incluyeron ambos probadores.

##### **3.5.2.1 Diseño Experimental**

Los 30 mestizos y los dos probadores se evaluaron con un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, donde la parcela experimental fue dos surcos de 3m de largo y 0.75m entre surco.

##### **3.5.2.2 Siembra**

Se realizó en seco el 14 de abril, depositándose dos semillas por golpe a una distancia de 0.15 m entre planta, para una densidad de 88,888 plantas ha<sup>-1</sup>.

#### **3.5.2.3 Manejo de cultivo.**

A los 25 días de después de la siembra cada parcela se aclaró, dejando 21 plantas por surco.

#### **3.5.2.4 Control de malezas.**

Para el control de maleza se aplicó un herbicida pre-emergente HARNES (Acetoclor: 2-cloro-N-etiximetil etilacet-o-toluidida al 75.3%), la dosis recomendada por la etiqueta del producto de 2.0-3.0 L/ha a los 5 días posterior a la siembra.

#### **3.5.2.5 Aporque.**

Se realizaron dos aporques, el primero 1 mes después de la siembra con ayuda del tractor y el segundo se hizo 15 días después de manera manual.

#### **3.5.2.6 Fertilización.**

La fertilización se realizó con la fórmula 200-100- 00 (N-P-K), con los fertilizantes Urea y Ácido Ortofosforico, por medio de riego presurizado por goteo con ayuda de Venturi.

#### **3.5.2.7 Riego.**

Se utilizó cintilla calibre 6000, con emisores a 20 cm con un gasto de 1L/h y una presión de 7 Lb. La lámina total de riego fue de 59.74 cm. INIFAP (2017) recomienda una lámina de riego de 65 cm, por lo tanto se encuentra dentro del rango de la lámina.

**Cuadro 3.5.2.8 Control de plagas en mestizos de maíz. UAAAN-UL 2018.**

Nombre de plaga	Insecticida	Dosis/ha	Dosis en 1640 m <sup>2</sup>
	Clorpirifos	0.75 -2 L/ha	123 ml
Cogollero ( <i>Spodoptera frugiperda</i> )	Coragen (Clorantraniliprol)	75-125 mL/ha	12.3 ml
	Kendo (Lambda Cyhalotrina)	0.2-0.3 L/ha	32.8 ml
Gusano trozador ( <i>Agrotis ipsilon</i> )	Clorpirifos	0.75 -2 L/ha	123 ml
Pulga Saltona ( <i>Chaetocnma ectypa</i> )	Coragen (Clorantraniliprol)	75-125 mL/ha	12.3 ml
Araña roja ( <i>Tetranychus urticae</i> )	Abamectina	0.5-1.2 L/ha	82 ml
	Sunfire (Clorfenapir)	250 mL/ha	41 ml

### 3.5.2.9 Cosecha.

Se realizó a la madurez fisiológica, la que se determina a través de la capa negra en el grano situado en el pedicelo y humedad del grano. Se cosecho todas las mazorcas de la parcela.

Los mestizos se cosecharon en diferentes fechas, los del probador de amplia base genética “Chojo” el 24 de Agosto y, los mestizos con TL-244 el 01 de Septiembre del 2018.

### 3.6 Variables evaluadas.

Las variables agronómicas evaluadas en los mestizos de formas cuantitativas y cualitativas.

#### 3.6.1 Floración Masculina (FM)

La floración se evaluó cuando la parcela estaba en un 75% de anteras abiertas liberando polen. Se expresó en días Julianos, iniciando desde la siembra.

#### 3.6.2 Floración Femenina (FF)

Se evaluó cuando la parcela útil estaba en un 75% de los jilotes receptores. Se expresó en días Julianos, iniciando desde la siembra.

### **3.6.3 Altura de planta (ALP)**

Se seleccionaron cinco plantas al azar y se midió desde la base de la planta hasta la inserción de la espiga. Se expresó en metros (m).

### **3.6.4 Altura de la mazorca (ALM)**

Se seleccionaron cinco plantas al azar y se midió desde la base de la planta hasta la inserción de la espiga. Se expresó en metros (m).

### **3.6.5 Longitud de mazorca (LM)**

Se seleccionaron cinco mazorcas al azar de cada parcela y se midió la distancia desde la base al ápice de la mazorca. Se expresó en centímetros (cm).

### **3.6.6 Diámetro de la mazorca (DMZ)**

Se seleccionaron cinco mazorcas al azar de cada parcela y se midió con un vernier digital marca Truper, en la parte media de la mazorca superior. Se expresó en centímetros (cm).

### **3.6.7 Número de Hileras de la mazorca (NH)**

Se seleccionaron cinco mazorcas al aza de cada parcela y se contabilizaron el número de hileras en total de cada mazorca.

### **3.6.8 Granos por hilera de la mazorca (GH)**

Este dato se obtuvo tomando cinco mazorcas de cada muestra, y luego se contabilizaron los granos de la hilera por mazorca.

### **3.6.9 Rendimiento de Grano**

El rendimiento de grano se calculó con la siguiente formula y se expresó en  $\text{Kg ha}^{-1}$ .



$$RG = PG * CSC * \frac{FH}{100}$$

Dónde: RG: rendimiento de grano, PG: peso de grano, CSC: constante de la superficie cosechada y FH: factor de humedad.

### **3.6.10 Constante de la superficie Cosechada (CSC)**

La constante de la superficie cosechada fue determinada con la siguiente formula:

$$CSC = \frac{10000}{SC} / 1000$$

Dónde: SC: superficie cosechada.

### **3.6.11 Humedad de Campo (HC)**

Se tomó una muestra de 250 g de grano por parcela y se colocó en un determinador de humedad marca Dickey-John Mini, y se expresó en porcentaje (%).

### **3.6.12 Factor de humedad (FH)**

El factor de humedad se realiza para ajustar la humedad de campo a 14% y fue determinado con la siguiente formula:

$$FH = \frac{(100 - HC)(100)}{85.5}$$

### **3.6.13 Peso de Grano (PG)**

Se determinó después de desgranar cada una de las mazorcas por parcela útil, pesando el grano en una báscula tipo SCIENTECH- Modelo N: SG8000 REV-D, se expresó en kilogramos (Kg).

## **3.7 Modelo Estadístico para análisis combinado**

El modelo estadístico fue el propuesto por Singh y Chaudhary (1977):

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + L_j + R_k + L \times P_{(ij)} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$ = Es el efecto de i-ésimo probador, de la j-ésima línea en la k-ésima repetición.

$U$ = Es el efecto de la media.

$R_k$ = Es el efecto de la k-ésima repetición.

$P_i$ = Es el efecto del i-ésimo probador.

$L_j$ = Es el efecto de la j-ésima Línea.

$L \times P(ij)$ = Es el efecto de la interacción de la j-ésima línea por el i-ésimo probador.

$E_{ijk}$ =Es el efecto del error experimental.

Los datos se analizaron utilizando el software de SAS v. 9.4.

La ACG se estimó aplicando la fórmula propuesta por Griffing (1956). Sobre la base de los efectos de ACG de las cruzas, se clasifican en valores altos, intermedio y bajo, mediante la agrupación de los valores de  $ACG > 1$ , ACG cercanos a 1, y  $ACG < 1$ , respectivamente (Vergara *et al.*, 2005).

## IV. RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

### 4.1 Análisis de varianza por probador.

En los Cuadros 4.1 y 4.2 se presentan los análisis de varianza para el probador Chojo y TL-444 respectivamente. En el primer caso, los mestizos fueron diferentes ( $p \leq 0.01$ ) para ALM, y para LM y NH ( $P \leq 0.05$ ). En contraste, los mestizos cruzados con la línea TL-444, seis de las nueve variables mostraron diferencias significativas. Lo anterior sugiere que la línea de estrecha base genética fue más útil para separar las diferencias entre las líneas. Lo anterior no coincide con el concepto de que el probador de bajo rendimiento es mejor para discriminar las líneas (Lonquist, 1968), (Rawlings and Thompson, 1962), (Thompson and Rawlings, 1960), (Lonquist and Lindsey, 1979) y (Paz *et al.*, 1973). En contraste, Hallauer and López Perez (1979) encontraron que la línea élite no relacionada, fue tan efectiva como el probador de bajo comportamiento.

**Cuadro 4.1 Análisis de varianza individual de la cruce de 15 líneas con el mestizo de amplia base genética (Chojo). UAAAN 2018.**

<b>FV</b>	<b>Rep</b>	<b>Mestizo</b>	<b>EE</b>	<b>C.V.</b>	<b>Media</b>
<b>GL</b>	2	14	28		
FM	3.41	10.08ns	12.5	5.82	60.7
FF	2.53	9.51ns	14.5	6.0	63.1
ALP	0.02	0.029ns	0.022	6.7	2.19
<b>ALM</b>	0.011	<b>0.029**</b>	0.009	7.6	1.25
<b>LM</b>	0.221	<b>2.44*</b>	1.272	7.2	15.6
DMZ	0.009	0.063ns	0.054	5.0	4.6
<b>NH</b>	0.455	<b>1.698*</b>	0.779	6.1	14.6
GH	2.13	9.52ns	8.13	7.4	38.4
RG	0.466	2.42ns	2.81	15.5	10.8

**Cuadro 4.2 Análisis de varianza individual de la cruce de 15 líneas con el mestizo de estrecha base genética (TL-444). UAAAN 2018.**

<b>FV</b>	<b>Rep</b>	<b>Mestizo</b>	<b>EE</b>	<b>C.V.</b>	<b>Media</b>
<b>GL</b>	2	14	28	(%)	
FM	2.15	<b>5.13*</b>	49.02	2.07	63.7
FF	2.02	<b>6.56**</b>	0.87	1.41	66.3
ALP	0.03	0.02ns	0.01	5.09	2.27
ALM	0.007	<b>0.021**</b>	0.005	5.62	1.28
LM	0.16	<b>2.63**</b>	0.53	4.53	16.1
DMZ	0.04	0.03ns	0.06	5.02	4.73
NH	0.32	0.83ns	0.46	4.48	15.08
GH	1.87	<b>19.26**</b>	1.79	3.4	39.1
RG	1.93*	<b>1.99**</b>	0.41	5.36	11.96

#### 4.1.1 Aptitud combinatoria general (ACG) de análisis individuales

En el Cuadro 4.3 se observan las ACG de las líneas, donde EN-4-02 presentó siete valores negativos, por lo que es una línea que aporta precocidad, enanismo, y mazorcas pequeñas. En contraste, la línea EN-6-16 aporta genes para floración más tardía. La línea EN-5-10 es la que aporta genes para rendimiento en base a DM y GH.

**Cuadro 4.3 Aptitud combinatoria general (ACG) de 15 líneas probadas con el probador de amplia base genética, Chojo. UAAAN 2018.**

<b>Línea</b>	<b>FM</b>	<b>FF</b>	<b>ALP</b>	<b>ALM</b>	<b>LM</b>	<b>DMZ</b>	<b>NH</b>	<b>GH</b>	<b>RG</b>
En-2-07	0.62	0.56	0.01	0.02	0.41	0.08	0.48	-0.11	-0.31
En-2-16	1.29	0.56	0.16	0.06	0.62	0.09	0.21	0.15	-0.05
En-3-03	-0.05	0.56	0.04	-0.04	0.16	<b>0.32*</b>	<b>-1.12</b>	0.15	-0.67
En-3-09	-0.38	0.56	-0.10	-0.09	<b>-1.69*</b>	0.05	-0.05	<b>-5.11*</b>	0.47
En-3-13	-1.71	-0.77	-0.04	-0.02	0.67	-0.04	-0.45	0.55	0.32
En-4-02	<b>-4.05*</b>	<b>-3.11*</b>	<b>-0.21*</b>	<b>-0.17*</b>	<b>-1.51*</b>	<b>-0.21*</b>	<b>1.41*</b>	-1.31	<b>-1.16*</b>
En-5-08	-0.38	-0.11	0.14	0.03	<b>1.16*</b>	-0.14	-0.45	<b>3.42*</b>	0.64
En-5-10	1.29	0.23	-0.11	0.02	-0.43	<b>0.13*</b>	0.61	<b>1.35*</b>	<b>2.02*</b>
En-5-12	1.29	0.89	-0.01	-0.01	-0.73	0.00	0.41	-1.65	<b>-1.30*</b>
En-6-16	<b>1.95*</b>	<b>1.89*</b>	-0.00	0.07	-0.05	-0.03	-0.59	0.148	0.24
En-7-07	0.62	-0.11	<b>0.25</b>	<b>0.21*</b>	-0.17	0.11	-0.19	<b>-2.38</b>	0.278
En-7-08	0.62	0.56	0.02	0.10	<b>1.08*</b>	-0.16	0.55	<b>1.95</b>	-0.23
En-7-12	<b>-1.37*</b>	<b>-1.44*</b>	-0.03	-0.07	-0.52	-0.06	-0.19	-0.91	-0.34
En-8-01	-0.38	-0.11	-0.11	-0.04	0.42	-0.18	-0.45	<b>1.69*</b>	-0.76
En-8-12	0.62	-0.11	-0.05	-0.09	0.61	0.01	-0.19	<b>2.09*</b>	0.86

\* ACG > 1, ACG cercanos a 1, y ACG < 1, respectivamente (Vergara *et al.*, 2005).

Para los mestizos generados con la línea TL-244, se observan dos líneas que sobresalen por la aportación que tienen para rendimiento de grano (RG). La línea EN-5-12 que aporta genes para mayores días a floración, mayor ALP, mayor LM, GH y RG. De igual manera, la línea EN-8-12 aporta precocidad y menor GH pero aporta rendimiento.

Las líneas aportan los efectos aditivos pero además aportan una fracción importante de efectos no-aditivos por efecto de la cruce con el probador. Así que los resultados de los mestizos también muestran un grado de heterosis, Paz *et al.* (1973).

**Cuadro 4.4 Aptitud combinatoria general (ACG) de 15 líneas probadas con el probador de estrecha base genética, TL-444. UAAAN 2018.**

Línea	FM	FF	ALP	ALM	LM	DMZ	NH	GH	RG
En-2-07	<b>1.29*</b>	<b>1.285*</b>	-0.06	-0.05	<b>-1.64*</b>	<b>0.182</b>	-0.16	<b>-5.51*</b>	0.805
En-2-16	<b>1.29*</b>	0.955	0.093	0.079	0.05	0.042	-0.16	<b>1.62*</b>	<b>-1.125*</b>
En-3-03	-0.71	0.625	-0.08	<b>-0.13</b>	<b>1.031*</b>	0.072	<b>-0.83*</b>	<b>2.15*</b>	-0.985
En-3-09	-0.05	0.625	-0.05	0.049	-0.09	0.032	-0.16	<b>1.29*</b>	-0.635
En-3-13	-0.05	0.625	0.053	-0.001	-0.12	-0.13	-0.56	0.22	-0.035
En-4-02	<b>-2.05</b>	<b>-3.05*</b>	-0.087	-0.04	-0.38	-0.03	<b>0.914*</b>	0.49	-0.995
En-5-08	0.62	0.625	-0.067	-0.09	0.97	-0.16	-0.43	-0.58	-0.295
En-5-10	0.29	0.625	<b>0.103*</b>	0.029	<b>-1.2*</b>	-0.09	<b>0.914*</b>	<b>-3.58</b>	0.635
En-5-12	<b>1.95*</b>	0.625	<b>0.113</b>	0.079	<b>1.12*</b>	0.072	-0.29	<b>3.42*</b>	<b>1.125*</b>
En-6-16	<b>2.29*</b>	0.955	0.003	0.059	<b>1.49*</b>	0.102	0.24	<b>3.02*</b>	0.985
En-7-07	-0.05	-0.72	-0.02	<b>0.129*</b>	0.02	0.092	0.11	0.62	-0.865
En-7-08	<b>-1.38</b>	0.625	-0.03	<b>-0.13*</b>	0.31	0.022	0.64	-0.78	-0.175
En-7-12	<b>-1.71</b>	<b>-3.72*</b>	<b>-0.13*</b>	-0.06	0.40	-0.05	-0.49	<b>2.22*</b>	-0.035
En-8-01	-0.71	0.625	<b>0.133*</b>	<b>0.119*</b>	<b>-1.36*</b>	-0.09	-0.16	<b>-2.31*</b>	0.425
En-8-12	<b>-1.05</b>	-0.72	0.013	-0.03	-0.6	-0.08	0.374	<b>-2.25*</b>	<b>1.165*</b>

\* ACG > 1, ACG cercanos a 1, y ACG < 1, respectivamente (Vergara *et al.*, 2005).

#### 4.1.2 Análisis combinado línea x Probador.

En el Cuadro 4.5 se presentan los cuadrados medios de las fuentes de variación del ANOVA de probadores, líneas y mestizos. Puede observarse

diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para probadores en el total de las nueve variables evaluadas, lo cual se observa cuantitativamente en el Cuadro 3. Lo anterior indica que los probadores TL-244 y Chojo son genéticamente diferentes y que difieren en la aportación a sus respectivos mestizos.

Para la fuente de variación de línea, solo la variable DMZ no fue significativa, para el resto de las variables fueron altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ). Esto sugiere que existe un efecto aditivo y significativo para estas variables como lo encontrado por Tosquy *et al.* (1998).

La fuente de variación de LínxProb, fue altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) para las variables AP, AM, LM y GH, en tanto para para las variables (FM, FF, DMZ, NH y RG) no fue significativo. Puesto que esta fuente de variación estima los efectos de ACE, éste efecto no fue de importancia para RG.

**Cuadro 4.5 Cuadrados medios y significancia estadística del análisis de varianza combinado. UAAAN-UL 2018.**

FV	GL	FM	FF	ALP	ALM	LM	DMZ	NH	GH	RG
Rep	2	3.4ns	2.5ns	0.20ns	0.01ns	0.2ns	0.01ns	0.45ns	2.1ns	0.5ns
Prob	1	810**	966.9**	0.46**	0.09**	22.7**	1.40**	24.12**	44.1**	125.6**
Líneas	14	10.1**	9.5**	0.03**	0.02**	2.4**	<b>0.06ns</b>	1.69**	9.5**	2.4**
LínxPob	14	1.9ns	1.1ns	0.03**	0.01**	2.4**	0.02ns	0.29ns	23.0**	1.71ns
E.E	58	1.3	1.4	0.01	0.01	0.6	0.03	0.49	3.9	1.0
Media		60.7	63.1	2.19	1.25	15.6	4.6	14.57	38.4	10.8
C.V.(%)		1.9	1.84	4.95	6.01	5.1	4.2	4.82	5.2	9.1

\*, \*\* Los valores significativos al  $\leq 0.05$  y  $\leq 0.01\%$  de probabilidad. FM= Floración Masculina, FF= Floración Femenina, ALP= Altura de planta, ALM= Altura de mazorca, LM= Longitud de Mazorca, DMZ= Diámetro de Mazorca, NH= Número de Hileras, GH= Grano por Hilera, RG= Rendimiento en Grano.

#### 4.2 Comparación de medias de mestizos.

En el Cuadro 3 se muestran los valores medios de los dos probadores. El probador TL-244 en comparación con Chojo exhibió valores superiores en las nueve variables evaluadas. En resumen, los mestizos de TL-244 fueron más tardíos, de

mayor altura, de mazorca más larga, mayor diámetro, y consecuentemente con más número de granos por hilera, que los mestizos de la variedad Chojo.

**Cuadro 4.6 Medias entre dos poblaciones de mestizos. UAAAN U-L 2018.**

Variables	Probadores	
	TL-244	Chojo
<b>FM</b>	63.71 a	57.71 b
<b>FF</b>	66.37 a	59.82 b
<b>ALP</b>	2.27 a	2.12 b
<b>ALM</b>	1.28 a	1.22 b
<b>LM</b>	16.10 a	15.09 b
<b>DMZ</b>	4.73 a	4.48 b
<b>NH</b>	15.08 a	14.05 b
<b>GH</b>	39.11 a	37.71 b
<b>RG</b>	11.95 a	9.59 b

\*Medias horizontales con la misma letra no son significativamente diferente Tukey 0.05.

#### **4.2.1 Aptitud combinatoria general del análisis combinado.**

El efecto líneas que estima los efectos aditivos, fue significativo para ocho de las variables excepto para DMZ. Para rendimiento de grano, se observan dos líneas con valores de ACG mayores a la unidad que corresponden a las líneas EN-O5-10 con 1.33 y En-8-12 con un valor de 1.01. La línea EN-4-02 muestra ACG negativa para floración masculina, pero también para rendimiento.

**Cuadro 4.7 Aptitud combinatoria general de las líneas derivada del análisis combinado de los dos probadores. UAAAN-UL 2018.**

Líneas	FM	FF	ALP	ALM	LM	DMZ	NH	GH	RG
En-2-07	<b>1.62</b>	0.90	0.02	-0.01	-0.62	0.14	0.16	<b>-2.81</b>	0.25
En-2-16	<b>1.96</b>	0.73	0.13	0.07	0.33	0.07	0.03	0.89	-0.58
En-3-03	0.29	0.56	-0.02	-0.08	0.60	0.20	-0.97	<b>1.15</b>	-0.82
En-3-09	<b>-9.54</b>	0.56	-0.07	-0.02	-0.89	0.04	-0.11	<b>-1.91</b>	-0.08
En-3-13	-0.21	-0.10	0.01	-0.01	0.27	-0.08	-0.51	0.39	0.15
En-4-02	<b>-2.38</b>	<b>-3.10</b>	-0.15	-0.11	-0.95	-0.12	<b>1.16</b>	-0.41	<b>-1.08</b>
En-5-08	<b>1.46</b>	0.23	0.04	-0.03	<b>1.06</b>	-0.15	-0.44	<b>1.42</b>	0.17
En-5-10	<b>1.46</b>	0.73	0.00	0.02	-0.82	0.03	0.76	<b>-1.11</b>	<b>1.33</b>
En-5-12	<b>2.29</b>	0.73	0.06	0.03	0.19	0.04	0.06	0.89	-0.08
En-6-16	<b>2.79</b>	<b>1.40</b>	0.00	0.06	0.72	0.04	-0.17	<b>1.59</b>	0.61
En-7-07	0.96	-0.44	0.12	0.17	-0.08	0.11	-0.04	-0.88	-0.29
En-7-08	0.29	0.56	0.00	-0.01	0.69	-0.06	0.59	0.59	-0.20
En-7-12	-0.88	<b>-2.60</b>	-0.08	-0.06	-0.07	-0.05	-0.34	0.65	-0.19
En-8-01	0.12	0.23	0.02	0.04	-0.48	-0.13	-0.31	-0.31	-0.16
En-8-12	0.46	-0.44	-0.02	-0.06	0.00	-0.03	0.09	-0.08	<b>1.01</b>

#### 4.2.2 Interacción Probador x Línea

Puesto que la interacción no fue significativa para rendimiento de grano, los efectos de ACE no son importantes y, en consecuencia se dice que las líneas se comportan de manera similar con ambos probadores.



## V. CONCLUSIONES

La técnica de línea x probador cumplió el objetivo de cuantificar las 15 líneas cruzadas con los dos probadores.

Ambos probadores fueron estadísticamente diferentes para las variables evaluadas.

El probador de estrecha base genética (TL-244) fue superior en todas las características al probador Chojo.

El probador de estrecha base genética (TL-244) discriminó mejor las líneas con más eficiencia contrario a lo esperado.

La hipótesis nula **fue rechazada**, pues los dos probadores muestran diferentes efectos de ACG por lo que la hipótesis alterna es aceptada.

En el análisis combinado, la interacción Línea x Probador no fue significativa para rendimiento de grano, por lo que los efectos no-aditivos no fueron importante.

Se detectaron dos líneas con valores sobresalientes de ACG, EN-5-10 y EN-8-12.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Begum , S., Amiruzzaman, M., Ahmed , A., Omy, S. H., and Rohman , M. M. (2016). EVALUATION OF INBRED LINES OF MAIZE THROUGH LINE x TESTER ANALYSIS. *J. Expt. Biosci*, 7(1), 37-44.
- Caicedo , M., Luis Villavicencio , Á., & Saltos Ezequiel , P. (2017). APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECÍFICA DE LÍNEAS PURAS DE MAÍZ AMARILLO DURO Y SELECCIÓN DE HÍBRIDOS SIMPLES. *Revista Científica Ecuatoriana*, 4, 36-52.
- Carmen Carrillo , O., & Arboleda Rivera , F. (1982). MODIFICACIONES FENOTÍPICAS POR EFECTO DE SELECCION MASAL ESTRATIFICADA EN DOS POBLACIONES BRAQUÍTICAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.). *Acta Agron.*, 32(1/4), 5-10.
- Castañón , G., Jeffers , D., Hidalgo , H., & Tosquy , H. (1998). PRUEBA DE MESTIZOS DE MAÍZ EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO. *AGRONOMÍA MESOAMERICANA*, 9(2), 89-96.
- Cervantes Ortiz, F., Hernández Esparza , J., García Rodríguez , G. J., Rangel Lucio, J. A., Andrio, E. E., Mendoza Elos, M., Rodríguez Mercado , D. (2018). APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECÍFICA DE CARACTERES AGRONÓMICOS EN LÍNEAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) DE BAJA ENDOGAMIA. *Chil. j. agric. anim. sci.*, 34(1), 33-42.
- Chávez Araujo , J. L. (1995). *Mejoramiento de plantas 2*. México : Trillas .
- Chura Chuquija , J., & Huanuqueño Coca , E. H. (2014). COMPORTAMIENTO DE OCHO POBLACIONES DE MAÍZ AMARILLO (*Zea mays* L.) EN CRUZAS CON UN PROBADOR. *Anales Científicos*, 76(1), 78-86.
- Davis , R. L. (1927). Report of the plant breeder. Puerto Rico. *Agr. Exp. Sta. Ann.*, 14-15.
- De la Cruz Larios , L., Sánchez González, J. J., Ron Parra, J., Santacruz Ruvalcaba, F., Rodríguez Guzmán, E., Ruíz Corra, J. A., & Morales Rivera, M. M. (2008). PROBADORES DE MAÍZ PARA FACTORES DE INCOMPATIBILIDAD GAMETOFÍTICA. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 31, 341 – 349.
- De la Cruz Lázaro, E., Gutiérrez del Río, E., Palomo Gil, A., & Rodríguez Herrera, S. (2003). APTITUD COMBINATORIA Y HETEROSIS DE LÍNEAS DE MAÍZ EN LA COMARCA LAGUNERA. *Rev. Fitotec. Mex.*, 26(4), 279-284.
- Del Campo Valle , S. M. (1977). FORMACION Y EVALUACION DE HIBRIDOS SUPER-ENANOS DE MAÍZ (*Zea mays* L) EN JALISCO Y GUANAJUATO. Tesis , Guadalajara, Jalisco , 14-15.

- Espinoza , J., Vega , M. C., Navarro , E., & Burciaga , G. A. (1998). POLIEMBRIONÍA EN MAICES DE PORTE NORMAL Y ENANO. AGRONOMÍA MESOAMERICANA, 9(2), 83-88.
- Fuentes , M., Quemé, J. L., & Pérez , C. (1992). EFECTOS DE APTITUD COMBINATORIA GENERAL E IDENTIFICACIÓN. AGRONOMÍAMESOAMERICANA, 4(1), 71-76.
- Gilberto, A. M. (2002). UNA MIRADA DIFERENTE A LA REVOLUCIÓN VERDE (1 ed ed.). (P. y. Valdés, Ed.) México .
- Griffing , B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci., 9(4), 463-493.
- Guerrero Guerrero , C., Espinoza Banda , A., Palomo Gil , A., Gutiérrez Del Río, E., Luna Ortega , J. G., & Rodríguez Dimas , N. (2012). COMPORTAMIENTO GENÉTICO Y APTITUD COMBINATORIA EN CRUZAS SIMPLES CON LÍNEAS ÉLITE DE MAÍZ. UNIVERSIDAD Y CIENCIA, 28(1), 65-77.
- Hallauer , A. R., and López Perez, E. ( 1979). Comparisons among testers of evaluating lines of corn. Reprinted from Thirth -Fourth Annual Corn and Sorghum Research Conference. Journal of The Iowa Agriculture and Home Economics Experiment Station, Ames, IA 50011.
- Hernández Casillas , J. M., & Esquivel Esquivel , G. (2004). RENDIMIENTO DE GRANO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS EN GERMOPLASMA DE MAÍZ DE VALLES ALTOS DE MÉXICO. Rev. Fitotec. Mex., 27(1), 27-31.
- Kahriman , F., Ömer Egesel, C., Ebru Orthun, G., Alaca, B., and Avci, F. (2016). Comparison of graphical analyses for maize genetic experiments: Application of biplots and polar plot to line x tester design. Chileno J. Agric. Res., 76(3), 285-293.
- Legg, L., and Fleming , G. (1973). Inheritance of a new brachyism in corn, Zea mays L. Crop Sci., 13, 322-324.
- Lobato Ortiz , R., Molina Galán , J. D., López Reynoso, J. J., Mejía Contreras , J. A., & Reyes López , D. (2010). Criterio para elegir el mejor probador de la aptitud combinatoria general para rendimiento de grano de líneas autofecundadas de maíz. Agrociencia, 44(1), 17-30.
- Lonnquist, J. H. (1968). Further evidence on test-cross versus line performance in maize. Crop Sci., 8(1), 50-53.
- Lonnquist, J. H., and Lindsey, M. F. (1979). Tester performance level for the evaluation of lines for hybrid performance. Crop Sci, 10(5), 602-604.

- Luna Flores , M., & Gutierrez Sánchez , J. R. (1998). MEJORAMIENTO GENETICO DE MAIZ EN MEXICO: el largo camino de la obtencion de semillas mejoradas. *Agric. Téc. Méx.*, 24(2), 165-198.
- Luna Ortega , J. G., García Hernández , J. L., Valdez Cepeda , R. D., Gallegos Robles , M. Á., Preciado Rangel , P., Guerrero Guerrero , C., & Espinoza Banda , A. (2013). APTITUD COMBINATORIA Y COMPONENTES GENÉTICOS EN LÍNEAS DE MAÍZ. *UNIVERSIDAD Y CIENCIA*, 29(3), 243-253.
- Márquez S, F. (1992). *Genotecnia vegetal (Vol. Tomo II)*. México: AGT.
- Márquez Sánchez , F. (2009). DE LAS VARIEDADES CRIOLLAS DE MAÍZ A LOS HÍBRIDOS TRANSGÉNICOS. II: LA HIBRIDACIÓN. *AGRICULTURA, SOCIEDAD Y DESARROLLO*, 6(2), 171-176.
- Matzinger , D. F. (1953). Comparison of Three Types of Testers for the Evaluation of Inbred Lines of Corn. *Agronomy Journal*, 45, 493-495.
- Montenegro Torres , H., Rincón Sánchez , F., Ruiz Torres , N. A., de León Castillo , H., & Castañón Nájera , G. (2002). POTENCIAL GENÉTICO Y APTITUD COMBINATORIA DE GERMOPLASMA DE MAÍZ TROPICAL. *Rev. Fitotec. Mex.*, 25(2), 135-142.
- Nestares , A., Frutos , E., & Eyhéabide, G. (1999). EVALUACIÓN DE LÍNEAS DE MAÍZ FLINT COLORADO. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 34(8), 1399-1406.
- Ortiz Torres , E., Carballo Carballo , A., Muños Orozco , A., & González Cossio , F. V. (2010). EFECTO DE LA DISPERSIÓN DE POLEN EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE MAÍZ, EN TEXCOCO, MÉXICO. *AGRONOMÍA MESOAMERICANA*, 21(2), 289-297.
- Paliwal , R. L., Granados , G., Lafitte, H., & Violic , A. D. (2001). EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS: Mejoramiento y producción . produccion de semillas , pág. sn . Obtenido de <http://www.fao.org/3/x7650s00.htm#toc>.
- Paz, J. R., Molina, J. D., & Bucio , L. A. (1973). Variedades de bajo contra variedades de alto rendimiento como probadores para medir la aptitud combinatoria general de líneas autofecundadas de maíz. *Agrociencia*, 11, 43-55.
- Pardey Rodríguez, C. (2015). Producción de semillas y cruzamientos entre accesiones de maíz del departamento del Magdalena, Colombia. *Acta Agronómica*, 64(1).
- Rawlings , J. O., & Thompson. (1962). Performance level as criterion for the choice of maize tester. *Crop Sci.*, 2(3), 217-220.
- Reyes López , D., Molina Galán , J. D., Oropeza Rosas , M. A., & Moreno Pérez , E. C. (2004). CRUZAS DIALÉLICAS ENTRE LÍNEAS AUTOFEUNDADAS DE

- MAÍZ DERIVADAS DE LA RAZA TUXPEÑO. *Rev. Fitotec. Mex* , 27(1), 49-56.
- Sámano Garduño , D., Rincón Sánchez , F., Ruiz Torres , N. A., Espinoza Velázquez , J., & De León Castillo , H. (2008). Efecto genéticos en cruzas directas y reciprocas formandas a partir de líneas de dos grupos germoplásmicos de maíz. *Rev. fitotec. mex*, 32(1), 67-74.
- Santiago López , N., García Zavala , J. J., Mejía Contreras , A., Espinoza Banda , A., Santiago López , U., Esquivel Esquivel , G., & Molina Galán , J. D. (2017). Rendimiento de grano de poblaciones de maíz Tuxpeño adaptado a Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícola*, 8(1), 145-156.
- Sierra , M., Marquez , F., Valdivia , R., Cano , O., & Rodríguez , F. A. (2000). APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA DE LÍNEAS TROPICALES DE MAIZ USANDO PROBADORES. *AGRONOMÍA MESOAMERICANA*, 1, 103-112.
- Sierra Macías , M., Rodríguez Montalvo, F. A., Palafox Caballero , A., Espinosa Calderón , A., Andrés Meza , P., Gómez Montiel , N. O., & Valdivia Bernal , R. (2016). PRODUCTIVIDAD DE SEMILLAS Y ADOPCIÓN DEL HÍBRIDO DE MAÍZ H-520 EN EL TROPICO DE MÉXICO. *AGRICULTURA, SOCIEDAD Y DESARROLLO*, 13, 19-32.
- Sierra Marcías , M., Palafox Caballero , A., Rodríguez Montalvo , F., Espinosa Calderón , A., Gómez Montiel , N., Caballero Hernández , F., Vázquez Carrillo , G. (2008). H-520. HÍBRIDO TRILINEAL DE MAÍZ PARA EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO. *Agricultura Técnica en México*, 34(1), 119-122.
- Singh , R. K., and Chaudhary, B. D. (1979). *Biometrical methods in quantitative genetic analysis*. New Delhi: Kalyani .
- Sprague , G. F., & Tatum , L. A. (1942). *Journal of American Society of Agronomy*, 34, 923-932.
- Thompson, D. L., and Rawlings, J. O. (1960). Evaluation of four tester of different ear heights of corn. *Agron. J*, 52(11), 617-620.
- Tosquy Valle , O. H., Castañón , N. G., Sierra Macías , M., & Rodríguez Montalvo, F. A. (1998). APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA DE LINEAS DE MAIZ USANDO COMO PROBADORES CRUZAS SIMPLES EN EL ESTADO DE VERACRUZ. *Agric. Téc. Méx.*, 24(1), 3-10.
- Valdez Gutiérrez , J., Gómez Montiel , N. O., Preciado Ortiz , R. E., Reyes Méndez , C. A., & Peña Ramos , A. (2012). V460P, VARIEDAD DE PLONIZACIÓN LIBRE DE MAÍZ PALOMERO . Tamahulipas : INIFAP .

- Vasal , S. K., Vergara , N., & Lean , M. (1994). ESTRATEGIAS EN EL DESARROLLO DE HÍBRIDOS TROPICALES DE MAÍZ. AGRONOMÍA MESOAMERICANA, 1(5), 184-189.
- Vergara Avila , N., Rodríguez Herrera , S. A., & Córdova Orellana , H. S. (2005). Aptitud combinatoria general y especifica de líneas de maíz (Zea mays) tropico y subtropical. Agronomía Mesoamericana, 16(2), 137-143.