

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Selección de líneas de maíz (*Zea mays* L.) por su aptitud combinatoria

POR:

JULIA SALGADO PATRICIO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Selección de líneas de maíz (*Zea mays* L.) por su aptitud combinatoria.

POR:

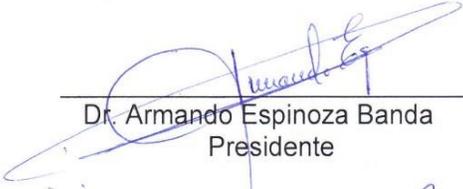
JULIA SALGADO PATRICIO

TESIS

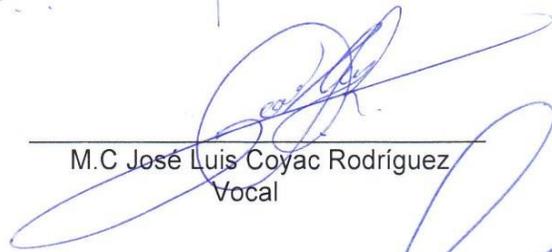
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

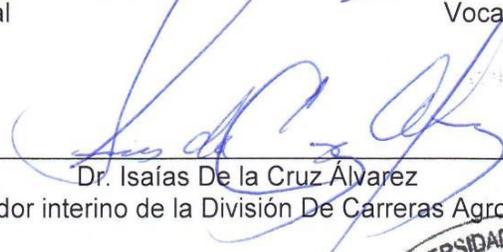
APROBADA POR:


Dr. Armando Espinoza Banda
Presidente


Dra. Oralia Antuna Grijalva
Vocal


M.C. José Luis Coyac Rodríguez
Vocal


Dr. Jorge Quiroz Mercado
Vocal Suplente


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

Torreón, Coahuila, México
Diciembre, 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Selección de líneas de maíz (*Zea mays* L.) por su aptitud combinatoria.

POR:

JULIA SALGADO PATRICIO

TESIS

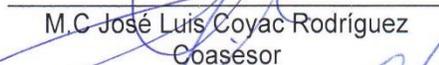
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

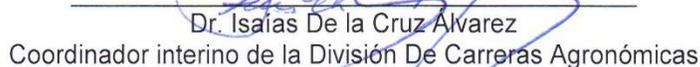
INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Armando Espinoza Banda
Asesor principal


Dra. Oralia Antuna Grijalva
Coasesor


M.C José Luis Coyac Rodríguez
Coasesor


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

Torreón, Coahuila, México
Diciembre, 2019



AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme terminar Mi carrera profesional, me costó mucho esfuerzo y lágrimas, por momentos sentí que ya no podía más y quería dejar las cosas ahí pero fue en esos instantes que sentí como si una mano amiga me tocara el hombro y me dijera yo estoy contigo tu puedes y pienso que ese es mi Dios gracias.

A mis padres: María Sofía Patricio Plata y Pablo Salgado Maximino, Quienes con su inmenso amor, cariño pero sobre todo su esfuerzo me han guiado hasta el escalón más importante que eh avanzado en mi vida, gracias a mis padres por siempre inculcarme los principales valores como la humildad, el respeto, la honestidad, sinceridad y sencillez esto es para ustedes padres, los amo sin límites.

A MI “ALMA TERRA MATER” Por brindarme la oportunidad de prepararme en un área del conocimiento, por recibirme y cobijarme a mis maestros que me acompañaron en el lapso de 4 años y medio de la carrera, brindándome cada uno lo mejor de ellos

Mi más sincero agradecimiento al **DR. Armando Espinoza Banda** por brindarme la oportunidad de realizar el presente trabajo de tesis; por la revisión, sugerencias, comentarios y apoyo. Gracias Doctor por su confianza, amistad, consejos y enseñanzas que han dejado huella indeleble.

A la Doctora Oralia Antuna Grijalva y al **M.C. José Luis Coyac Rodríguez** por formar parte del asesoramiento y apoyo brindado en el trayecto no solo de redacción si no del camino de las enseñanzas.

A los compañeros que formaron parte del equipo de trabajo, gracias por su paciencia, su apoyo incondicional, pero sobre todo por la confianza.

A mis hermanos Guadalupe, Pablo y Leydi Anahí Con quienes he pasado momentos en la vida de alegría, tristezas, altas y bajas. Por todo su cariño, amor, confianza pero sobre todo por apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A mi esposo Jesús Venancio agradezco por sacarme una sonrisa todos los días que estuve a punto de renunciar y por hacerme creer que podía lograrlo. Gracias por confiar en mí. Simplemente, gracias por existir y por estar hoy a mi lado.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer eh estado, por ello con toda humildad que mi corazón puede emanar dedico primeramente mi trabajo a dios.

A mi madre por ser el pilar más importante, por hacerme sentir el cobijo de su rebozo aun en la distancia, porque nunca le faltó una palabra de aliento en los peores momentos, por darme la vida, por seguir luchando como una verdadera guerrera, pero sobre todo por hacer un lado su miedo y permitirme hacer mi sueño realidad por demostrarme siempre su afecto, su amor y apoyo incondicional sin importar las diferencias en opiniones.

Al hombre, al que con orgullo llamo padre, el que siempre estuvo ausente, el que derramaba lágrimas al despedirse por buscar algo mejor para nosotros y no nos faltara nada, infinitamente agradecida por que hoy su ausencia, su esfuerzo se ve reflejado, te amo papá.

A mis hermanas que siempre estuvieron ahí brindándome su apoyo, y muchas de las veces dándome ánimos cuando a punto de vencerme estaba.

A mi hermano que siempre ha estado presente cuando lo eh necesitado muchas de las veces poniéndose en el papel de padre.

A mi sobrina Neylin Arlette Velasco Salgado Por llenar mi vida de felicidad, alegría, cariño y amor, por tus sonrisas y llantos, por ser una luz en mi existir que llego en el preciso momento en el que necesitaría un aliento, un motorcito más.

A mi familia en general por qué me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo los buenos y malos momentos.

A mi Hijo P.V.O.S



Dedico mi trabajo y esfuerzo a mi adorado hijo. Su partida fue inesperada, pero su recuerdo vivirá en nuestro corazón por siempre, ahora sé que un ángel ha subido al cielo para guiarme con su luz, siempre te recordare y no por el cómo te me fuiste si no por la forma en como me cambiaste la vida para siempre, TE AMO besos hasta el cielo mi amor.

IKLAKLHIPAST'AK'A

Ju nima llich'alhkat Iklhipast'ak'a ju xanabi chux ju taxto'ni alin, ju xakixta'ni tachaput aksni xajk'atsan ni jantuch ixlay, ixlakata yuchi ixlhichux ju ki'alhunut p'ulhnan iklhipast'ak'a ju Dios ju nima llich'alhkat .

Ju kinati yuchi ju ba tach xakinmatan'oxaj'ayay, aksni ma'at xakt'ajun, pus jantu tabanan xakinmakajun aksni ix'alin kin'ama'anit, bachu' kixta'nilh ju ki'atsukunti, lay xama'osuy ju ixtalhanti chay kimokomilh ni akteylhi'alh ju ki'atalaninti, ba tach xakima'uksak'atsanich ju ix'amapayninti chay ni ba tach xaki'a'lhteyjuich ju lakima'task'init mas na tam ju ixpast'ak'a.

Ju jo'at xakixta'ni ju ki'atsukunti, ju na lhi'achat ikjuni kimpay, ju jantu basalh xakint'abi, ju ix'alhun aksni ix'an puxkona ni palaych ox xakinta'ananin ju lakin'atsukunti kijnan chay jantu tu'u' akma'ank'akxbi, ju chabay ikxta'ni la'eyla'ts'iuch, ju chabay ikmacha'xalhch ni lhitapalalh, chux ju tuchi xanabi, ikmapayniyan ji kimpay.

Ju ki'ala'abin atsi'in, pus ba tach xakintat'ajunch xta'ninin ju ix'a'lhteyjunti'an, pus ba tach xakintamatan'oxaj'ayay aksni xaknajun ni jantuch ixlay.

Ju kimp'ise'e ts'alh pus aksni ikma'task'ini ba tach kint'achibinin tachu ba kimpaych.

Ju kimpuxlimti Neylin Arlette Velasco Salgado, pus na ma'an'achay ju ki'atsukunti la'ixts'i'it, ix'amapayninti chay ix'alhut, tach la'atam amapayninti ju laki'atsukunti, pus aksni xaso'chin aksni xakma'task'ini.

Chux ju ta kintalhila'ts'in, bachu' ju yu'unchi kintaxta'nilh ju ix'a'lhteyjunti'an, pus ba tach xakintat'a'alhtananch aksni ox u jantu ox ixjunita ju laki'atsukunti.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el principal objetivo de estimar la aptitud combinatoria general (ACG) de 23 líneas de maíz por el método de formación de mestizos. El trabajo se realizó en el campo experimental de la UAAAN-UL durante primavera de 2017 y 2018. Se utilizaron 23 Líneas tipo braquítico, de porte bajo y la línea TL-244 como probador. En 2017 se realizaron las cruces Línea x Probador. Para el ciclo primavera-verano del 2018 se realizó la evaluación de los mestizos, el probador y los testigos Guepardo y RX 8520. El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones. La parcela fue de dos surcos de 3m de largo y 0.75m entre surco y a una distancia entre plantas de 0.15m. Se tomaron datos de floración masculina y femenina, Altura de planta y de mazorca, acame de raíz y tallo, diámetro y longitud de mazorca, número de hileras, granos por hilera y rendimiento del grano. Los mestizos fueron diferentes tanto en rendimiento de grano como en sus características agronómicas. El análisis de varianza mostró diferencias significativas para todas las variables evaluadas. El mestizo EN-04-4-2-2-1-1 fue el de mayor rendimiento de grano con 14.2 t ha^{-1} , estadísticamente igual a seis mestizos, con rendimientos de 12.6 a 13.6 t ha^{-1} . Las líneas más sobresalientes por su valor de ACG positivo-significativo fueron: EN-04-4-2-2-1-1, EN-04-2-1-2-1-1, EN-08-6-3-1-1-1, EN-03-3-2-1-1-1, EN-07-7-1-1-2-1 y EN-08-12-1-2-2. La línea TL-244, fue un buen probador ya que permitió la discriminación de las líneas.

PALABRAS CLAVE

Zea mays, Líneas, Probador, Mestizos, Rendimiento, ACG.

LAKATS'UNIN

Ni lay palay ox kajunlh ju xasast'i t'in kux (*Zea mays L.*) ni palay lhu kajunlh, task'ini ni palay ka'a'lhteyju aksni na lay ju un ju chunch jantuch katita'a'talh, pus task'ini ni kamispakalh atumpa ju palai ka'a'lhteyju. Ju nima lhich'alhkat.

Ju nima lhich'alhkat xalhinabikan yuchi ni la'ts'intanukan chux ju lay ka'a'alhteyju (ACG) chay mabasalakan tasmalhch (ACE) kux ju lay punabikan ju xanabin ani kajunlh.

Ju nima la'ts'intanukalh ju laka UAAAN-UL. Junta xapuch'alhkatnankan la'ap'uxamt'at'i xalaktsin, la'atam pumalhkakan ju junkan TL-244 (Tlaltizapan) ju yuchi xak'ata 2017 ju xanabikan ju mala'anit, ju la'ap'uxamt'at'i xalaktsin kux lakpumala'anikalh ju pumalhkakan junkan TL-244 (Tlaltizapan). Ju pulakask'un pula'a'olhan 2018 la'ts'ikalh tas tukanch xaxajacha ju t'in junta ba la'ap'uxamt'uy xap'un, la'at'uy xats'an'ay chay na lakats'unin xat'in xataxtuy, ju pula'ts'intayti chay ju xata'ala'ts'inin yuchi ju la'at'uy mala'anit ni lay catamalo'oni ju lhist'at kaba, RX8520 ju nima la'ts'intanut pa't'utu xanabikan chay jantu ba xasakstukan. Ju nima nabikalh ju lakati'abanti ju ba xt'aj. Ju ach'ananti nabikalh ju la'at'utu metro ixlhilhman, t'up'uxamkaukis ixlhipo'ay chay la'akaukis cm ju talamokoni ju elhtamin. Junta xala'ts'istukan yuchi ju nima:

Ju ba ts'alhti task'ini, aksni tsukuych axanana', ixlhitalhman ju ach'ananti, ixlhi'ay ju x'aman, aksni a't'e'ejukan, ixlhima'a'ay ju x'aman, tas puch'achuxchi, tas la'achuxchi t'in ju ch'atamin, ixlhipaj'ay ju x'aman, tas la'achuxchi x'aman ju lakala'atamin ach'ananti chay tas chunchach xaxt'a'a ju ap'asnat.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA.....	ii
IKLAKLHIPAST'AK'A	iii
RESUMEN	iv
PALABRAS CLAVE.....	iv
LAKATS'UNIN.....	v
INDICE DE CONTENIDO	vi
INDICE DE CUADROS.....	ix
INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivo.....	3
1.2 Hipótesis	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Probadores	4
2.2 Tipo de Probadores	5
2.3 Mestizos	6
2.4 Aptitud Combinatoria	7
2.5 Aptitud Combinatoria General.....	8
MATERIALES Y METODOS.....	10
3.1 Localización geográfica	10
3.2 Clima.....	10

3.3 Material empleado.....	10
3.4 Formación de mestizos.....	10
3.5 Evaluación de mestizos.....	11
3.6 Diseño experimental.....	11
3.7 Manejo agronómico.....	11
3.7.1 Preparación de terreno.....	11
3.7.2 Siembra.....	12
3.7.3 Desahijé.....	12
3.7.4 Cultivos.....	12
3.7.5 Fertilización.....	12
3.7.6 Riegos.....	13
3.7.7 Control de malezas.....	13
3.7.8 Control de plagas.....	13
3.7.9 Cosecha.....	14
3.8.1 Floración masculina (FM).....	15
3.8.2 Floración femenina (FF).....	15
3.8.3 Altura de planta (AP).....	15
3.8.4 Altura de mazorca (AM).....	15
3.8.5 Acame del tallo (AT y ACR).....	15
3.8.6 Diámetro de mazorca (DM).....	15
3.8.7 Número de hileras (NH).....	16
3.8.8 Granos por hilera (GH).....	16
3.8.9 Longitud de mazorca (LM).....	16

3.8.10 Número de mazorcas por parcela (NMP).....	16
3.8.11 Rendimiento del grano (RG).....	16
3.9.0 Porcentaje de humedad %H:.....	16
3.9.1 Rendimiento de RG:	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
CONCLUSIONES.....	24
BIBLIOGRAFIA.....	25

INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1. Líneas de maíz tipo braquítico que participaron como hembras.....	11
Cuadro 3.2. Control de plagas.....	14
Cuadro 4.1. Significancia de cuadrados medios de 12 variables cuantificadas en mestizos, línea probadora y dos testigos comerciales. UAAAN UL, 2018.....	18
Cuadro 4.2. Valores medios de 23 mestizos formados con la línea TL-244, un híbrido comercial y la línea TL-244 como probador evaluada en el Campo Experimental de la UAAAN-UL. 2018.....	20
Cuadro 4.3. Valores de Aptitud Combinatoria General (ACG) en 23 líneas cruzadas con el probador TL- 244 de estrecha base genética.....	23

INTRODUCCION

El maíz tiene gran importancia económica en el mundo, como alimento humano, animal y como materia prima de un gran número de productos industriales (Paliwal, 2001).

Anualmente se siembran alrededor de 8.0 millones de hectáreas de maíz, donde el uso de variedades mejoradas es sólo del 30%; el resto proviene de variedades locales de polinización libre o de generaciones avanzadas de variedades o híbridos (Márquez, 2008).

El Fitomejoramiento, en un sentido amplio, es el arte y la ciencia de alterar o modificar la herencia de las plantas para obtener cultivares (variedades o híbridos) mejorados genéticamente, adaptados a condiciones específicas, de mayores rendimientos económicos y de mejor calidad que las variedades nativas o criollas. En otras palabras, el Fitomejoramiento busca crear plantas cuyo patrimonio hereditario esté de acuerdo con las condiciones, necesidades y recursos de los productores rurales, de la industria y de los consumidores, o sea de todos aquellos que producen, transforman y consumen productos vegetales (Franco *et al.*, 2012).

El mejoramiento del maíz es un proceso continuo y constante en la formación de híbridos y variedades para uso comercial. El conocimiento de la genética que controla los caracteres de interés económico es básico para lograr avances en un programa de mejoramiento genético.

Si un programa de maíz cuenta con un grupo importante de líneas que pueden ser usadas en la formación de nuevos híbridos. Para esto, es necesario discriminar líneas en base a su buena Aptitud Combinatoria General (AGC) y Especifica (ACE) y a su comportamiento per-se desde el punto de vista de su rendimiento, adaptación y producción de su semilla (Fehr, 1982 y Sierra *et al.*, 1991).

Uno de los sistemas propuestos para conocer y evaluar la acción génica de caracteres cuantitativos es el de cruzamientos dialélicos, que permiten determinar las combinaciones superiores y seleccionar los mejores progenitores para diseñar los métodos de mejoramiento más eficientes (Gutiérrez *et al.*, 2002).

La identificación y desarrollo de probadores tiene usos amplios dentro del programa de mejoramiento de poblaciones e híbridos, y tiene utilidad en el desarrollo de líneas (Vasal *et al.*, 1994; Vasal *et al.*, 1997). El mayor compromiso de un probador es seleccionar con éxito líneas no relacionadas a las líneas que están siendo seleccionadas ni al ambiente destino de la producción (Mc Lean *et al.*, 1997).

El uso de probadores en la selección de líneas representa una estrategia metodológica en la generación de híbridos de maíz ya que permite de manera eficiente dirigir los cruzamientos de líneas seleccionadas y lograr las mejores combinaciones híbridas (Fehr, 1982).

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. Por el contrario, en cruzamientos donde se

registra mayor aptitud combinatoria específica, puede implementarse un programa de selección recurrente recíproca, o de hibridación (Preciado *et al.*, 2005).

1.1 Objetivo

Seleccionar las líneas con mayor expresión de la aptitud combinatoria general en Rendimiento de grano y características deseables.

Seleccionar el mejor híbrido simple con base a la Aptitud Combinatoria de los mestizos.

1.2 Hipótesis

H0: Las líneas difieren en su aptitud combinatoria general.

Ha: Las líneas son semejantes en su aptitud combinatoria general.

REVISION DE LITERATURA

2.1 Probadores

Chávez (1995) nos señala que un probador es cualquier material genético que permite medir la Aptitud Combinatoria (AC) de un grupo de líneas con el cual se cruza. Cuando el probador usado es un material de amplia base genética, (Poblaciones heterocigotos, sintéticos, cruza doble) se le conoce como mestizos (Top-Cross), en tanto que si se usa un material de reducida base genética (línea o una cruza simple), se le denomina como cruza de prueba (Test-Cross).

Allard (1980), menciona que el mejor probador es el que proporciona más información sobre el probable comportamiento de las líneas evaluadas, al utilizarlos en otras combinaciones o al combinarlos en otros ambientes. También menciona que el probador de amplia base genética será el adecuado si se desea conseguir un nivel alto del valor agronómico general antes de intentar la valoración de combinaciones híbridas.

Según Allison y Curnow (1966) el mejor probador es el que contiene todos los genes recesivos para el carácter de interés. Al usar líneas de alta y baja ACG y variedades de alto y bajo rendimiento como probadores.

Abel y Pollak (1991) mencionan que los probadores para evaluar germoplasma deben tener varias características en común como son: Un probador efectivo debe ser un buen productor de polen, tiene que poseer buenas características agronómicas y que pueda dar resultados consistentes en diferentes ambientes. Además, señalan que la selección de un probador al ser usado en la evaluación de líneas, aparte de sus atributos agronómicos, debe ser seleccionada por su habilidad para detectar alelos favorables para la producción de grano.

Sierra *et al.* (1991) expresa que el uso de probadores en la selección de líneas representa una estrategia metodológica alternativa en la generación de híbridos ya que permite de una manera eficiente dirigir cruzamientos y lograr mejores combinaciones híbridas.

Hallauer, Russell y Lamkey, (1988) sugieren que una línea probadora endocriada ofrece relativamente más información sobre la aptitud combinatoria general que sobre la aptitud combinatoria específica.

Vasal *et al.* (1997) especifica, que un probador puede ser una línea pura, o un híbrido simple. Un buen probador debe facilitar la discriminación entre genotipos con base en la aptitud combinatoria y otras características deseadas, identificar productos híbridos útiles que se pueden utilizar directamente y ser compatible con un programa de mejoramiento de maíz.

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

Romero (1996) concluyó que el probador de reducida base genética es el más adecuado en la discriminación y clasificación para rendimiento.

2.2 Tipo de Probadores

Hallauer (1975) menciona que la importancia de seleccionar el probador adecuado, es porque se requiere maximizar la información de las líneas que están siendo evaluadas; per-se a que el tipo de probadores a seleccionar para la prueba de mestizos es aún motivo de controversia.

Al respecto, Matzinger (1953) definió como probador deseable a aquel que combina la simplicidad en su uso, con la máxima información sobre el comportamiento

que se espera de las líneas de prueba, cuando se usan en otras combinaciones o crecen en otros ambientes. Concluyó a su vez que ningún probador individual puede llegar a satisfacción estos requerimientos.

2.3 Mestizos

Mestizo es una cruce entre líneas autofecundadas y un progenitor común como polinizador (variedad, híbrido simple o línea) se utiliza para determinar la habilidad combinatoria general o específicas de las líneas. Es decir, para detectar los genotipos fijados más sobresalientes en productividad, características agronómicas deseables, etc. (Allard 1980).

Un mestizo, es la progenie de la cruce entre líneas y una población probadora o probador (líneas, variedades, híbridos, etc.). Los mestizos son útiles para evaluar la habilidad combinatoria general, proporcionando un medio para el desarrollo de líneas puras (Márquez 1988).

Primera generación resultante del cruzamiento de una variedad de polinización libre con una línea autofecundada o con un híbrido de cruce simple (SAGARPA-SNICS, 2013).

Los mestizos son utilizados para detectar en forma temprana genotipos superiores entre un grupo de líneas endocriadas, sin embargo, el ensayo correspondiente tiende a tener un marcado efecto sobre el carácter en particular, generalmente en rendimiento y la selección para ese carácter puede estar cubierta por efecto del probador. El fitomejorador busca seleccionar plantas con características genotípicas y fenotípicas que puedan estar asociadas con el carácter deseado, (Galarza *et al.*, 1973).

Jenkins (1940) comparando las distintas generaciones de autofecundación en las que se han hecho pruebas de mestizos, se ha encontrado que la variabilidad en la aptitud combinatoria es máxima cuando se hacen las pruebas con plantas. So es decir, plantas que no han sido autofecundadas ni una sola vez dentro de una variedad de polinización abierta o dentro de un híbrido.

2.4 Aptitud Combinatoria

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

Guillen *et al.* (2009). Alude que 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. Los cruzamientos dialélicos son utilizados para estimar los efectos genéticos de las poblaciones en mejoramiento y la información analizada críticamente es valiosa para definir patrones heteróticos, los cuales constituyen una fuente de germoplasma para la generación de líneas élite de suma utilidad en un programa de mejoramiento dinámico.

Gutiérrez *et al.* (2004) Cita que, mediante el conocimiento de la aptitud combinatoria de los progenitores, el mejorador logra una mayor eficiencia en su programa de mejoramiento, pues le permite seleccionar líneas con un buen comportamiento promedio en una serie de cruzamientos e identificar combinaciones híbridas específicas con un comportamiento superior a lo esperado, con base en el promedio de líneas que intervienen en el cruzamiento. Ante tal circunstancia, se hace necesario implementar a corto plazo programas agresivos de formación y producción de materiales mejorados de maíz (*Zea mays* L.), como la formación de híbridos que cumplan con las expectativas de calidad y producción para la alimentación de la ganadería lechera, pero que impliquen una reducción significativa del costo actual.

2.5 Aptitud Combinatoria General

Sprague y Tatum (1942) emplearon Aptitud combinatoria general como el término para designar al comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas, a través de sus cruzamientos con un conjunto de líneas diferentes.

Jungenheimer (1985) menciona que los probadores deben seleccionarse por su capacidad para combinar las líneas con otras. La aptitud combinatoria general (ACG) es el desempeño promedio de una línea en algunas combinaciones híbridas. La aptitud combinatoria general proporciona información sobre que líneas deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas. Pueden usarse probadores adecuados para determinar que líneas pueden sustituirse en los híbridos actuales o usarse en nuevos híbridos prometedores.

Márquez (1988) menciona que la prueba de ACG permite hacer una preselección de las líneas con el objeto de concentrar la asignación de recursos a la evaluación de la aptitud combinatoria específica (ACE). Estará claro que el principal factor en contra de la prueba temprana es la segregación que tiene lugar en una línea inicial (de ninguna o una sola autofecundación); pues por causa de autofecundación dará lugar en generaciones posteriores a un número de sublíneas, una de las cuales es la que representa cuando se hace de forma normal la ACG. De esta suerte entonces, lo importante es investigar si la ACG de la línea inicial guarda alguna correlación con la de su línea o sub líneas avanzadas.

MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización geográfica.

La evaluación se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL, ubicada en Torreón Coahuila, por parte del departamento de Fitomejoramiento, ubicada entre los paralelos 25° 42' y 24° 48' de latitud norte; los meridianos 103° 31' y 102° 58' de longitud oeste; altitud entre 1 000 y 2 500 m.

3.2 Clima.

Es principalmente seco y semiseco, con una temperatura media anual entre 18° y 22° C, y una precipitación total anual de 400 mm, (INEGI 2016).

3.3 Material empleado.

Se utilizaron 22 líneas tipo braquíticas de porte bajo que fungieron como hembras y como macho probador una línea seleccionada de una población con fuente germoplasmica de TL-244 del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y un híbrido comercial (Guepardo).

3.4 Formación de mestizos.

En el ciclo primavera del 2017 se realizaron las cruzas mediante el método de cruz directa donde las líneas enanas fungen como hembra y el progenitor TL-244 como macho probador formándose veintitres cruzas o mestizos (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Líneas de maíz tipo braquítico que participaron como hembras.

No.	Líneas	No.	Líneas
T01	EN-02-16-1-1-1-1	T12	EN-06-10-2-2-1-1
T02	EN-02-04-2-2-1-1	T13	EN-06-12-2-2-1-1
T03	EN-02-07-1-2-2-1	T14	EN-06-16-1-2-2-1
T04	EN-03-13-1-1-2	T15	EN-06-07-2-1-1-1
T05	EN-03-03-2-1-1-1	T16	EN-07-12-2-2-1-1
T06	EN-03-09-2-2-1-1	T17	EN-07-05-2-2-1-1
T07	EN-04-02-1-2-1-1	T18	EN-07-07-1-1-2-1
T08	EN-04-04-2-2-1-1	T19	EN-07-08-2-1-2-1
T09	EN-05-10-1-1-2-1	T20	EN-08-01-1-2-1-1
T10	EN-05-12-1-1-2-1	T21	EN-08-12-1-2-2-1
T11	EN-05-08-2-21-1	T22	EN-08-06-3-1-1-1

3.5 Evaluación de mestizos.

Las cruza ó mestizos, originadas en el ciclo primavera verano del 2017, se evaluaron en el ciclo de primavera- verano del 2018.

3.6 Diseño experimental.

Los 22 mestizos, el probador y testigo comercial (Guepardo), se evaluaron en un diseño experimental de bloques al azar y tres repeticiones. La parcela utilizada fue de dos surcos de 3.0m de largo y 0.75m entre surcos, con una separación entre planta y planta de 0.15m para lograr una densidad de 88.888 mil plantas por hectárea.

3.7 Manejo agronómico

3.7.1 Preparación de terreno.

Para ambos ciclos, la preparación del terreno consistió en un barbecho, seguido un rastreo realizados el día 26 de marzo con la finalidad de generar en el suelo las condiciones físicas optimas de flujo de agua y aire para el buen desarrollo del sistema radicular de las plantas. El día 13 de abril se marcó el terreno con cal y apoyándose con

una cinta de 30m se marcaron surcos de 3m, dejando pasillo de 1.0m para la toma de datos y 0.5m para la separación de bloques.

3.7.2 Siembra.

Se sembró en seco en el ciclo primavera-verano, el 14 de abril del 2018, de forma manual colocando dos semillas por golpe con el fin de asegurar la población de plantas en el experimento. Las parcelas fueron de 3.0m de largo, 0.75m entre surco y a una distancia entre plantas de 0.15m. Se utilizaron hilos tipo rafias marcadas con las medidas antes mencionadas. Al término de la siembra se colocó la cintilla ya que el sistema de riego utilizado fue por goteo. Una vez establecido el sistema se aplicó el primer riego por un tiempo de 4 horas.

3.7.3 Desahijé.

El desahijé se llevó a cabo a los 23 días después de la siembra para mantener la densidad y obtener un máximo rendimiento. Para facilitar esta tarea se aplicó un riego de ocho horas un día anterior para facilitar la eliminación de plantas restantes.

3.7.4 Cultivos.

El primer aporque ó cultivo, se realizó a los 31 días después de la siembra para mejorar la aireación de las raíces. El segundo aporque se realizó manualmente con azadón.

3.7.5 Fertilización.

Se realizó de acuerdo al análisis de suelo y exigencias nutricionales del cultivo con la fórmula: 200-100-00 (N-P-K) utilizando: Urea Acida $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ como fuente de nitrógeno y ácido fosfórico (H_3PO_4) , como fuente de fósforo.

3.7.6 Riegos.

Se aplicaron por cintilla, para lo cual se utilizó cintilla calibre 6000, con emisores a 20 cm y con un gasto de 1L/h para una presión de 7 Lb. La lámina total de riego fue de 59.74 cm.

3.7.7 Control de malezas.

Para el control de malezas, se aplicó un herbicida selectivo de acción pre-emergente a los cinco días posterior a la siembra, HARNESSE® EC (Acetoclor: 2-cloro-N-(etoximetil)-N-(2-etil-6-metilfenil)-acetamida) para gramíneas anuales y algunas especies de hoja ancha. Posteriormente el control de malezas se realizó de manera manual apoyándose con unos azadones.

3.7.8 Control de plagas.

En las primeras etapas vegetativas, se presentó el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E.Smith). Otra plaga que se presentó fue la araña roja (*Tetranychus urticae* Koch.). El control de ambas plagas se especifica en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Control de plagas.

Producto	I. A.	Dosis	Plaga	Nombre Científico
Cyren 480 CE	Clorpirifos Etil 44.50%. CE » [44.50% en peso equivale a 48% p/v].	0.5-1.5 L/ha	Gusano cogollero	<i>S. frugiperda</i>
Kendo	Lambda cyalotrina: (R)-a-ciano-3-fenoxibencil (IS)-cis-3-[(Z)-2-cloro-3,3,3-trifluoropropenil]2,2-dimetil ciclopropanocarboxilato y (S)-aciano-3-fenoxibencil (1R)-cis-3-[(Z)-2cloro-3,3,3-trifluoropropenil]-2,2-dimetil ciclopropanocarboxilato	0.2-0.3 L/ha	Gusano cogollero	<i>S. frugiperda</i>
Corage N® 20 SC	CLORANTRANILIPROL 18.4%. SC » [18.4% en peso equivale 20% p/v].	75-125 ml/ha	Gusano cogollero	<i>S. frugiperda</i>
Lorsban 480 CE	Clorpirifos Etil 0,0-dietil 0-(3,5,6-tricloro-2-piridinil)fosforotioato	0.75 L/ha	Gusano cogollero	<i>S. frugiperda</i>
Glance	Abamectina	0.3 – 0.5 L/ha	Araña roja	<i>T. urticae</i>

3.7.9 Cosecha.

Se inició cuando los granos de maíz alcanzaron la madurez fisiológica, la cual se reconoció por la presencia de la capa negra en el punto de inserción de la semilla en el ote a los 147 días transcurridos desde la siembra.

3.8 Características Evaluadas.

3.8.1 Floración masculina (FM).

Se realizó como el conteo de días totales transcurridos desde el momento de siembra hasta que las parcelas presentaron el 75% de liberación de polen.

3.8.2 Floración femenina (FF).

Se realizó el conteo de días desde la siembra hasta que el cultivo empezó a presentar el 75% de estigmas por cada parcela.

3.8.3 Altura de planta (AP).

Se realizó en una muestra de cinco plantas y con el apoyo de un estadal se midió desde la base de la planta hasta el término de la última hoja donde comienza la espiga. La medición se expresó en cm.

3.8.4 Altura de mazorca (AM).

Se realizó en la misma muestra de cinco plantas utilizadas para AP, midiéndose de la base del tallo al nudo de inserción de la mazorca superior de la planta en cm.

3.8.5 Acame del tallo (AT y ACR).

Se cuantificó el número de las plantas que presentaron acame de tallo y de raíz.

3.8.6 Diámetro de mazorca (DM).

El dato se cuantificó en cinco mazorcas por cada parcela, con un Vernier con el cual se midió el diámetro ecuatorial de la mazorca.

3.8.7 Número de hileras (NH).

Se realizó en cinco mejores mazorcas por cada parcela, y se contaron las hileras de cada mazorca.

3.8.8 Granos por hilera (GH).

Para realizar el conteo de los granos por hilera, se realizó en cinco mazorcas de cada parcela, seleccionando la hilera más completa se cuantificó comenzando con la base y concluyendo en el ápice de la mazorca.

3.8.9 Longitud de mazorca (LM).

Se cuantificó en cinco mazorcas utilizándose una regla de 30 cm, se midió desde la base hasta la punta de la misma.

3.8.10 Número de mazorcas por parcela (NMP).

Al concluir la cosecha se realizó el conteo de mazorcas cosechadas por cada parcela.

3.8.11 Rendimiento del grano (RG).

Se considera el peso neto de grano, para esto se pesó el grano de todas las mazorcas colectadas en la parcela útil.

3.9.0 Porcentaje de humedad %H:

El factor de humedad se realiza para ajustar la humedad de campo a 14% y fue determinada con la consecuente fórmula:

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

Donde:

FH: Factor de humedad

HC: Humedad de campo.

3.9.1 Rendimiento de RG:

El rendimiento de grano se calculó con la siguiente formula y fue expresada en Kg ha⁻¹.

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

Donde:

RG: rendimiento de grano;

PG: peso de grano;

CSC: constante de la superficie cosechada;

FH: factor de humedad.

Superficie cosechada SC:

La superficie cosechada fue determinada con la presente formula.

SC= Numero de surcos * largo de surcos cosechados * ancho de surcos cosechados.

Constante de la superficie cosechada CSC:

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

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el (cuadro 4.1), las variables FM, FF, NMC, LM, GH, ACT, ACR, RG, fueron altamente significativas ($p < 0.01$) para tratamientos con excepción de las variables ALP, ALM, DM y NH, las cuales fueron significativos ($p < 0.05$). Los coeficientes de variación fueron aceptables (Falconer,) excepto para las variables ACT, ACR, donde los valores de coeficiente de variación son altos puesto que los valores no se transformaron.

Por lo anterior se deduce que los mestizos (TRA) tienen un comportamiento diferente lo cual se debe a la portación de las líneas y no a la contribución del probador. Esto hace de la línea TL-244 un buen probador con características que describen Allard 1980, Allisson y Curnow (1996) y Vasal *et al.* (1997).

Cuadro 4.1. Significancia de cuadrados medios de 12 variables cuantificadas en mestizos, línea probadora y dos testigos comerciales. UAAAN UL, 2018.

FV	GL	FM	FF	ALP	ALM	NMC	LM
TRA	24	6.73**	7.31**	0.03*	0.02*	15.38**	2.59**
BLOQ	2	6.4	9.21	0.01	0	3.88	0.3
EE	48	1.39	1.24	0.01	0	5.54	2.56
CV(%)		1.9	1.7	4.5	5.5	5.9	9.9

FV	GL	DM	NH	GH	ACT	ACR	RG
TRA	24	0.02*	0.79*	14.08**	7.51**	189.86**	7.12**
BLOQ	2	0.01	0.38	3.04	1.12	13.45	5.73
EE	48	0.06	1.12	20.21	5.09	69.48	0.9
CV(%)		5.2	7.0	11.5	313.4	69.5	8.0

*, **Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad. FV= Fuente de Variación, FM= Floración Masculina, FF= Floración Femenina, ALP= Altura de Planta, ALM= Altura de Mazorca, NMC= Numero de Mazorcas Cosechadas, LM= Longitud de Mazorca, DM= Diámetro de Mazorca, NH= Numero de Hileras, GH= Granos por Hilera, ACT= Acame de Tallo, ACR= Acame de Raíz, RG= Rendimiento Grano.

En el Cuadro 4.2 se presentan los valores medios de 23 mestizos, el probador (TL-244) y el testigo comercial Guepardo, ordenados descendientemente por rendimiento de grano (RG). El mestizo EN-04-4-2-2-1-1, expresa el mayor rendimiento de grano con 14.2 kg ha^{-1} estadísticamente igual a siete mestizos con rendimientos que oscilan de 12.6 a 13.6 kg ha^{-1} . Así mismo se observa que el mestizo EN-04-4-2-2-1-1 supero significativamente al testigo comercial Guepardo con 2.3 t ha^{-1} , es decir, un 16.2 por ciento mayor y, al probador TL-244 con 3.1 t ha^{-1} lo que representa un 21.8 por ciento.

El mejor mestizo se caracteriza además como de ciclo intermedio, con buena altura de planta y mazorca, bajos porcentajes de acame y características de mazorca. De manera similar se observa que cuatro de los siete híbridos sobresalientes en rendimiento comparten características agronómicas deseables.

Las características agronómicas que se observan en los mestizos tienen una clara influencia del probador (TL-244) y puntualmente en la AP, AM, así como también en las características de mazorca. Respecto a la altura de planta y mazorca es un efecto genético de dominancia, puesto que el gen braquítico 2 es un gen recesivo. En las características de mazorca se refleja la influencia de la línea TL-244. En cambio en rendimiento se advierte un efecto de heterosis, el cual no se puede medir por la ausencia de datos de las líneas braquíticas.

Estos datos coinciden con el criterio de Jungenheirmer (1985) y Gutiérrez *et al.* (2004) en el sentido de que estas cruzas se pueden utilizar para la formación de futuros híbridos comerciales. Los candidatos en este trabajo serían: EN-04-4-2-2-1-1, EN-08-6-3-1-1-1, EN-03-3-2-1-1-1, EN-08-12-1-2-2-1 que reúnen rendimiento de grano y características agronómicas.

Cuadro 4.2. Valores medios de 23 mestizos formados con la línea TL-244, un híbrido comercial y la línea TL-244 como probador evaluada en el Campo Experimental de la UAAAN-UL. 2018.

No.	Líneas	FM	FF	AP	AM	NMC	LM	DM	NH	GH	AR	AT	RG
T08	EN-04-4-2-2-1-1	63	66	2.49	1.24	39	17.7	4.7	15	38	2	0	14.2
T07	EN-04-2-1-2-1-1	62	63	2.18	1.15	41	15.6	4.6	15	38	13	0	13.6
T22	EN-08-6-3-1-1-1	63	68	2.48	1.33	41	15.6	4.7	16	39	2	3	13.6
T05	EN-03-3-2-1-1-1	63	66	2.28	1.26	41	15.5	4.7	15	37	2	1	13.1
T18	EN-07-7-1-1-2-1	64	67	2.38	1.37	41	17.2	4.8	15	43	7	1	13.1
T21	EN-08-12-1-2-2-1	63	67	2.27	1.35	41	17.6	4.8	15	42	1	0	12.9
T11	EN-05-8-2-21-1	64	68	2.21	1.24	41	14.5	4.9	15	34	16	8	12.8
T17	EN-07-5-2-2-1-1	63	67	2.37	1.31	40	14.9	4.6	16	36	27	1	12.6
T02	EN-02-4-2-2-1-1	64	66	2.51	1.48	41	17.5	4.7	16	42	13	0	12.5
T04	EN-03-13-1-1-2	64	67	2.41	1.4	40	14.7	4.6	15	37	2	0	12.4
T06	EN-03-9-2-2-1-1	64	64	2.28	1.33	39	16.5	4.8	16	40	23	0	12.2
T12	EN-06-10-2-2-1-1	64	67	2.33	1.28	40	16.0	4.6	15	39	17	0	11.9
T23	Guepardo(T)	61	63	2.14	1.23	43	16.5	4.7	15	41	11	1	11.9
T20	EN-08-01-1-2-1-1	63	67	2.39	1.36	40	15.8	4.7	14	38	20	1	11.9
T10	EN-05-12-1-1-2-1	66	67	2.32	1.37	41	15.3	4.6	15	38	21	0	11.8
T03	EN-02-7-1-2-2-1	65	67	2.24	1.16	38	16.4	4.8	16	38	22	0	11.8
T19	EN-07-8-2-1-2-1	62	67	2.21	1.19	38	17.1	4.6	15	39	13	0	11.7
T14	EN-06-7-1-2-2-1	66	67	2.22	1.33	39	16.0	4.8	15	40	11	0	11.3
T25	TL-244	67	66	2.25	1.42	40	16.1	4.8	15	40	7	0	11.1
T13	EN-06-12-2-2-1-1	63	67	2.20	1.16	40	17.1	4.8	14	41	20	0	11.0
T15	EN-06-7-2-1-1-1	67	63	2.18	1.24	39	15.7	4.7	16	40	14	0	11.0
T24	EN-07-5-1-1-2-1	63	66	2.25	1.29	40	15.3	4.7	15	38	11	0	10.9
T01	EN-02-16-1-1-1-1	65	67	2.36	1.37	39	16.2	4.8	15	41	9	0	10.8
T16	EN-07-12-2-2-1-1	62	67	2.28	1.18	40	15.7	4.7	15	38	22	0	10.6
T09	EN-05-10-1-1-2-1	64	68	2.18	1.26	30	17.6	4.6	15	40	9	1	6.10
	Media	64	66	2.3	1.29	40	16	4.7	15	39	13	0.7	1.2
	DMS (0.05)	3.7	1.8	0.17	0.12	3.9	2.6	0.4	1.7	7.4	14	3.7	1.6

DMS= Diferencia Mínima Significativa al 0.05 de probabilidad.

En el cuadro 4.3 se presenta la aptitud combinatoria general y su significancia en 23 líneas en combinación del probador (TL-244), donde para rendimiento de grano se observaron seis líneas con valores altos y significativos de ACG, donde sobresalen las líneas EN-04-4-2-2-1-1, EN-04-2-1-2-1-1, EN-08-6-3-1-1-1, EN-03-3-2-1-1-1, EN-07-7-1-1-2-1 y EN-08-12-1-2-2.

La línea EN-04-4-2-2-1-1 con un valor de 2.25 implica que aportara a su descendencia genes para incremento en rendimiento, además tiene valores de ACG significativos y negativos para AR y ACT dos características agronómicas importantes en un genotipo. Se observa también valores de ACG negativos y significativos para ALP esto favorece el menor porcentaje de los dos tipos de acame.

De los seis más sobresalientes en rendimiento, cinco EN-04-4-2-2-1-1 (-11.33), EN-08-6-3-1-1-1 (-10.67), EN-03-3-2-1-1-1 (-11.33), EN-07-7-1-1-2-1 (-5.67) y EN-08-12-1-2-2 (-11.67) coinciden en valores altos de ACG en acame de raíz (AR), lo cual implica que estas líneas aportaran a sus descendencias altos valores de resistencia al acame.

Lo anterior es importante como lo señalan Sprague y tatum (1942) en el sentido de que la ACG de las líneas es informativa de la capacidad de la línea en combinación con otros progenitores y está relacionada con su valor aditivo.

En resumen, el probador TL-244, facilitó la separación de cuatro grupos de acuerdo al valor de ACG; un grupo formado por seis líneas con valores positivos y significativos, otro de seis líneas con valores positivos no-significativos, otro de cinco líneas con valores negativos no-significativos y por último, un grupo de seis líneas con valores negativo-

significativos. Por lo tanto, se puede inferir que el probador fue útil en la discriminación de las líneas y permitirá seleccionar las mejores (Allard, 1980), en el presente trabajo el probador utilizado (TL-244) es un buen probador tal que permitió seleccionar seis mestizos ó híbridos en función del rendimiento de grano.

Cuadro 4.3. Valores de Aptitud Combinatoria General (ACG) en 23 líneas cruzadas con el probador TL- 244 de estrecha base genética.

No.	Línea	FM	FF	APL	ALM	NMC	LM	DM	NH	GH	AR	ACT	RG
T8	EN-04-4-2-2-1-1	-1.00	-0.50	0.18*	-0.05*	-0.48	1.50	0.03	-0.53	-0.90	-11.33*	-0.37	2.25*
T7	EN-04-2-1-2-1-1	-2.00*	-3.83*	-0.12*	-0.14*	1.85	-0.60	-0.14	-0.13	-0.77	0.00	-0.37	1.71*
T22	EN-08-6-3-1-1-1	-1.00	1.83*	0.17*	0.04*	1.19	-0.53	0.04	0.80	0.10	-10.67*	2.30	1.68*
T5	EN-03-3-2-1-1-1	-0.67	-0.83	-0.02	-0.03*	1.19	-0.65	-0.05	0.27	-2.03	-11.33*	-0.03	1.23*
T18	EN-07-7-1-1-2-1	0.00	0.50	0.08	0.08*	1.19	1.07	0.10	-0.40	3.63	-5.67*	-0.03	1.18*
T21	EN-08-12-1-2-2	-1.00	0.83	-0.04	0.06*	1.85	1.44	0.06	0.13	3.23	-11.67*	-0.37	1.04*
T11	EN-05-8-2-21-1	0.66	1.17*	-0.09	-0.05*	1.85	-1.69*	0.22	-0.27	-5.30*	3.00*	6.97	0.86
T17	EN-07-5-2-2-1-1	-0.67	0.50	0.07	0.02*	0.19	-1.26	-0.05	0.80	-3.37	13.67*	0.63	0.69
T2	EN-02-4-2-2-1-1	0.00	-0.17	0.20*	0.19*	1.19	1.35	-0.02	0.40	3.37	0.00	-0.37	0.63
T4	EN-03-13-1-1-2	0.00	0.50	0.10*	0.11*	0.19	-1.41	-0.06	-0.27	-2.10	-11.00*	-0.37	0.49
T6	EN-03-9-2-2-1-1	0.00	-2.83*	-0.02	0.04*	-0.81	0.36	0.06	0.67	1.57	10.00*	-0.70	0.25
T12	EN-06-10-2-2-1-1	0.66	0.50	0.02	-0.01*	0.85	-0.17	-0.09	-0.67	0.43	4.00*	-0.70	0.02
T20	EN-08-01-1-2-1-1	-0.67	0.50	0.09	0.07*	0.85	-0.31	-0.04	-0.80	-1.17	6.67*	0.30	-0.03
T10	EN-05-12-1-1-2-1	2.00*	0.50	0.01	0.08*	1.52	-0.85	-0.06	-0.13	-0.97	8.00*	-0.70	-0.10
T3	EN-02-7-1-2-2-1	1.33*	0.50	-0.07	-0.13*	-1.81	0.26	0.06	0.53	-0.57	9.00*	-0.37	-0.12
T19	EN-07-8-2-1-2-1	-1.34*	0.50	-0.10*	-0.10*	-1.81	0.93	-0.13	-0.53	-0.37	0.00	-0.70	-0.24
T14	EN-06-7-1-2-2-1	2.33*	0.50	-0.08	0.04*	-0.48	-0.14	0.06	-0.27	1.50	-1.67	-0.70	-0.56
T13	EN-06-12-2-2-1-1	-1.00	0.50	-0.11	-0.13*	0.85	0.98	0.10	-0.93	2.37	6.67*	-0.70	-0.93*
T15	EN-06-7-2-1-1-1	3.00*	-3.17*	-0.12	-0.05*	-0.15	-0.43	0.00	0.80	0.70	1.00	-0.70	-0.93*
T24	EN-07-5-1-1-2-1	-0.67	-0.50	-0.06	0.00	0.52	-0.80	-0.05	-0.27	-0.90	-2.33	-0.70	-1.03*
T1	EN-02-16-1-1-1-1	1.33*	0.83	0.05	0.08*	-0.81	0.00	0.07	-0.27	1.83	-4.33*	-0.70	-1.07*
T16	EN-07-12-2-2-1-1	-1.67*	0.50	-0.03	-0.11*	0.19	-0.44	0.03	0.27	-1.37	9.33*	-0.70	-1.33*
T9	EN-05-10-1-1-2-1	0.33	1.17*	-0.13*	-0.03*	-9.15*	1.40	-0.09	-0.27	1.57	-3.67*	-0.03	-5.79*
	DMS(0.05)	1.14	1.08	0.1	0.00	2.28	1.55	0.24	1.02	4.35	2.185	8.07	0.92

*Valores significativamente diferentes de cero.

CONCLUSIONES

- ✚ Los mestizos fueron diferentes tanto en rendimiento de grano como en sus características agronómicas.
- ✚ El mestizo EN-04-4-2-2-1-1 fue el de mayor rendimiento de grano con 14.2 t ha⁻¹, estadísticamente igual a seis mestizos, con rendimientos de 12.6 a 13.6 t ha⁻¹.
- ✚ Las líneas más sobresalientes por su valor de ACG positivo-significativo fueron:
 - ✚ EN-04-4-2-2-1-1, EN-04-2-1-2-1-1, EN-08-6-3-1-1-1, EN-03-3-2-1-1-1, EN-07-7-1-1-2-1 y EN-08-12-1-2-2.
- ✚ La línea TL-244, fue un buen probador dado que permitió discriminar las líneas.

BIBLIOGRAFIA

- Abel B. C. and L. M. Pollak, 1991. Rank comparison of unadopted maize populations by testers and per-se evaluation. *Crop Sci.* 31: 650–656.
- Allard R W (1980) Principios de la mejora genética de las plantas. Editorial AGTESA. México. P 563.
- Allison, J. C. S., and R. N. Curnow. 1966. On the choice of tester parent for the breeding of synthetic varieties of maize (*Zea mays* L.).
- Banziger, M., G.O. Edmeades, D. Beck y M. Bellon. 2000. Breeding for Drought and N Stress Tolerance in Maize: From Theory to Practice. México, D.F., CIMMYT.
- Chávez A., J.L. 1995. Mejoramiento de plantas 2: métodos específicos de plantas alógamas. México Trillas p. 51.
- Covarrubias, C.R. 1960. Cruzas intervarietales, una gran posibilidad para los programas de mejoramiento de maíz en Latinoamérica. Managua, Nicaragua. Informe de la VI Reunión Centroamericana del PCCMCA. pp. 11-14.
- Fehr, R.W. 1982. Applied plant breeding. Iowa State University. Ames Iowa University Press. p. 552.
- Franco, A.V., y Edgar Iván E. S. (2002) Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional de Colombia.
- Galarza S M, M H Ángeles A, J D Molina G, (1973). Estudio comparativo entre la prueba de líneas y prueba de mestizo para evaluar aptitud combinatoria general de líneas So de maíz (*Zea maíz* L). *Agrociencia.* 11:127.139. Chapingo, México.
- Guillen-de la Cruz, P. y Cruz-Lázaro, E. de la y Castañon-Najera, G. y Osorio-Osorio, R. y Brito-Manzano, N. P. y Lozano-del Río, A. y López-Noverola, Ulises y (2009), "Aptitud combinatoria general y específica de germoplasma tropical de maíz." *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Vol. 10, núm.1, pp.undefined-

- undefined [Consultado: 26 de Noviembre de 2019]. ISSN: . Disponible en : <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=939/93911243010>
- Gutiérrez Emiliano, Espinoza Armando, Palomo Gil Arturo, Lozano José Jaime, Antuna Oralia, (2004) Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la Comarca Lagunera. Revista Fitotecnia Mexicana, 27 septiembre. (Fecha de consulta 2 de noviembre de 2018).
- Gutiérrez, Emiliano, Palomo Arturo, Espinoza Armando, Cruz Efraín (2002) Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 25 julio-septiembre. (Fecha de consulta 14 de Noviembre de 2018).
- Hallauer, A.R., Russell, W.A. & Lamkey, K.R. 1988. Corn breeding. In G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. *Corn and corn improvement*, p. 463-564. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy. II. Primera ED. GT edit. S. A. México. Pp 144-161.
- INEGI 2016. Información económica y estatal <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/97629/coahuila.pdf> (Fecha de consulta 09-10-2018).
- Jenkins M. T. (1940). The segregation of genes affecting yield of grain in maize. Journal of the American Society of Agronomy 1940 Vol.32 pp.55-63
- Jugenheimer W R (1990) Maíz. Ed. ELSA. México. 841 p.
- Márquez S F (1988) Genotecnia Vegetal. Tomo II. AGTESA. México. 563 p.
- Márquez S. F. 2008. De las variedades criollas del maíz (*Zea mays* L.) a los híbridos transgénicos. I: Recolección de germoplasma y variedades mejoradas. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. Volumen 5, Núm. 2:151-166.
- Matzinger (1953) Comparison of three types of testers for the evaluation of inbred lines of corn. Agron. J. 45:493-495.

- Mc Lean, S.D., S.K. Vasal; S. Pandey and G. Srinivasan. 1997. The use of testers to exploit heterosis in tropical maize at CIMMYT in: Book of Abstracts. The genetics and exploitation of heterosis in crops. An international symposium. México, D. F., pp. 26-27.
- Paliwal R. L. 2001. Introducción al maíz y su importancia. In: El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal N° 28. 1-5 p.
- Paliwal, R.L. 2011. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Coord. J P, Marathée. Roma, IT. FAO. 383 P.
- Preciado, O.R.E., Terrón I., A.D., Gómez M., N.O., Robledo G., E.I. 2005. Componentes genéticos en poblaciones heteróticamente contrastantes de maíz de origen tropical y subtropical. *Agronomía Mesoamericana* 16:145-151.
- Romero C., M.G. 1996. Evaluación de líneas tropicales de maíz en forma *per se* y en cruza con dos probadores para determinar su aptitud combinatoria.
- SAGARPA-SNICS 2013. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Regla para la calificación de semilla de maíz (*Zea mays L.*). Pag: 20.
- Sprague, G.F. and Tatum, L.A. (1942) General vs Combining Ability in Single Crosses of Corn. *Agronomy*, 34, 923-932.
- Sierra, M.M., Preciado, O.R.E, Alcázar, A.J.J., Rodríguez, M.F.A. 1991. Selección de líneas por su rendimiento y adaptación con base en un patrón heterótico conocido. In: Memoria de la XXXVII Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, Panamá. pp. 109-116

Sierra, Mauro, & Márquez, Fidel, & Valdivia, Roberto, & Cano, Octavio, & Rodríguez, Flavio A. (2000). Aptitud combinatoria general y específica de líneas tropicales de maíz usando probadores. *Agronomía Mesoamericana*, 11(1), undefined-undefined. [Fecha de Consulta 10 de Noviembre de 2019]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=437/43711115>

SNICS (Sin Año) Manual Gráfico para la Descripción Varietal del Maíz (*Zea mays* L.). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Colegio de Postgraduados, SAGARPA. México, D. F

Vasal S K, H Córdova (1996) Heterosis en maíz: acelerando la tecnología de híbridos de dos progenitores para el mundo en desarrollo. Curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.pg: 32-54.

Vasal SK., Cordova H., Beck DL., and Edmeades GO. 1997. Choices among breeding procedures and strategic for developing stress tolerant maize germplasm. In Edmeades GO., Banziger M., Mickelson HR., and Pena– Valdiva CB. (Eds.). Developing drought and loon Tolerant Maize proceedings of a symposium, March 25-29, 1996, CIMMYT. EL Ban, Mexico. D. F., CIMMYT, PP.336-347.

Vencovsky, R.; Barriga, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.