

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**“Aptitud combinatoria general y específica en líneas e híbridos de maíz
para grano”**

POR

AXEL DE JESUS GARCIA LUNA

T E S I S

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA MEXICO

DICIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

“Aptitud combinatoria general y específica en líneas e híbridos de maíz
para grano”

PRESENTADA POR:
AXEL DE JESUS GARCIA LUNA

TESIS

QUE SOMETE A CONSIDERACION DE H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

Presidente:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

Vocal:


DRA ORALIA ANTUNA GRIJALVA

Vocal:


M.C. JOSE JAIME LOZANO GARCIA

Vocal suplente:


M.C. JOSE LUIS COYAC RODRIGUEZ


M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO


Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA MEXICO.

DICIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

“Aptitud combinatoria general y específica en líneas e híbridos de maíz
para grano”

PRESENTADA POR:
AXEL DE JESUS GARCIA LUNA

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL COMITÉ DE ASESORIA
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

Asesor principal:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

Asesor:


DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

Asesor:


M.C. JOSE JAIME LOZANO GARCIA

Asesor:


M.C. JOSE LUIS COYAC RODRIGUEZ



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA MEXICO.

DICIEMBRE 2015

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Antes que nada te doy gracias por cuidar y mantener a mi familia siempre a mi lado, en apoyar a mi familia y a mí en momentos malos como también en buenos, muchísimas gracias por seguir apoyándome en mis proyectos de corto y largo plazo.

A mi Universidad ALMA TERRA MATER gracias por creer en mí, desarrollarme como profesionalista y crecer como persona en el ámbito estudiantil y social todo con el objetivo de enfrentarnos a la vida real.

A MIS ASESORES

DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

MC. JOSE JAIME LOZANO GARCIA

M.C. JOSE LUIS COYAC RODRIGUEZ

A todos ellos les doy las gracias por brindarme su apoyo y darme la oportunidad de adquirir conocimientos que me servirá para toda la vida.

“Gracias por apoyarme en una etapa muy valiosa de vida”

A MIS COMPAÑEROS DE CLASE

¡Gracias! a mis compañeros por el tiempo que hemos compartido en aulas, laboratorios o en campo, gracias por cada uno de esos momentos hacerlos agradables, como también me llevo una enseñanza de cada uno de ustedes pero al fin todos con un mismo objetivo llegar a ser todo un “ING. AGRONOMO” gracias y hasta pronto.

A TODOS LOS MAESTROS:

Por enseñarme y comprenderme en mis malos momentos como estudiante o como alumno gracias a todos. A mis asesores por el apoyo brindado para poder logra este proyecto. Al MC. José Jaime Lozano García por su amistad sus consejos, sus regaños y por todos los apoyos brindados. Y a los no mencionados muchas gracias por todo su apoyo durante la estancia en mi “Alma Terra Mater”.

A MIS PADRES:

Ing. Jesús García Rodríguez

Maestra María del Socorro Luna Medina

A mi padre y madre muchas gracias los quiero muchísimo los dos son los mejores padres que dios me pudo haber dado ¡lo mejor de lo mejor!,gracias por todos esos regaños que en ocasiones me los merecía.

Gracias padres por preocuparse de mi bienestar y estar cuando más los he necesitado,por enseñarme a luchar y sobresalir como también hacer de mí una buena persona me siento muy orgullosos de ustedes, gracias por apoyarme en esta etapa valiosa de mi vida.

A MIS HERMANOS:

América y Marisol gracias por todo el apoyo que he recibido de ustedes las quiero mucho, en ocasiones en desacuerdos pero siempre juntos como hermanos y a mi hermano mayor Jesús que con el he aprendido mucho, gracias hermano por todos los momentos juntos, en unas que nos quedan de experiencias y en otras donde nos motiva a ser mejores cada día.

DEDICATORIA

A MIS PADRES Y HERMANOS

Ing. Jesús García Rodríguez

Maestra María del Socorro Luna Medina

América García Luna

Marisol García luna

Jesús García Luna

A ustedes por ser lo más valioso que tengo en mi vida, muchas gracias.

A MIS AMIGOS:

Gracias a todos por su amistad principalmente a Job, Memo, Menona, Marcelo, Godínez, Julio, Bojórquez, Tabo, Tadeo, Jessica, Aldo, Güero, Ing. Edgar, Don Teo, Don Chago, Tony, Don Demetrio y a muchos más gracias por su amistad.

A MIS PRIMOS:

Gracias a todos en especial a Edgar, Lalo, Horacio, Irving, JR, Ramiro, se les aprecia mucho.

INDICE

| | |
|---|----|
| I.INTRODUCCION | 1 |
| II. REVISION DE LITERATURA | 5 |
| 2.1 Híbridos | 5 |
| 2.1.1 Híbridos simples | 5 |
| 2.1.2 Híbridos dobles..... | 6 |
| 2.1.3 Híbrido Triple | 6 |
| 2.2 Diseños genéticos | 7 |
| 2.2.1 Diseño carolina del norte I..... | 8 |
| 2.2.2 Diseño Carolina del Norte II..... | 8 |
| 2.2.3 Diseño Carolina del Norte III | 9 |
| 2.2.4 Diseño de Cruzamiento Dialélico | 10 |
| 2.3 Aptitud Combinatoria | 11 |
| 2.3.1 Aptitud Combinatoria General (ACG) | 11 |
| 2.3.2 Aptitud combinatoria específica (ACE) | 12 |
| III. MATERIALES Y METODOS | 14 |
| 3.1 Localización geográfica | 14 |
| 3.2 Características del sitio experimental | 14 |
| 3.3 Materiales Genéticos | 14 |
| 3.4 Diseño experimental | 15 |
| 3.5 Siembra | 16 |
| 3.6 Manejo del cultivo | 16 |
| 3.6.1 Fertilización | 16 |
| 3.6.2 Control de plagas | 16 |
| 3.6.3 Control de malezas..... | 17 |
| 3.6.4 Riegos..... | 17 |
| 3.7 Variables | 17 |
| 3.7.1 Días a floración femenina (FF) | 17 |
| 3.7.2 Días a floración masculina (FM)..... | 17 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3.7.3 | Altura de la planta (AP) | 18 |
| 3.7.4 | Aspecto de la mazorca (AsMz) | 18 |
| 3.7.5 | Diámetro de la mazorca (DM) | 18 |
| 3.7.6 | Longitud de la mazorca (LM) | 18 |
| 3.7.7 | Número de hileras por mazorca (HMz) | 18 |
| 3.7.8 | Número de granos por hilera (GH)..... | 19 |
| 3.7.9 | Rendimiento (Rend)..... | 19 |
| 3.8 | Cosecha..... | 19 |
| 3.9 | Análisis estadístico..... | 19 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 21 |
| 4.1. | Análisis estadístico..... | 21 |
| V. | CONCLUSIONES..... | 29 |
| VI. | BIBLIOGRAFÍA..... | 30 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 3.1. Genealogía de material genético utilizado como progenitores 2013. | 15 |
| Cuadro 3.2 Sistema de apareamiento entre las líneas, en donde los machos son 1,2,3,4 y hembras 23,25,26, 27 y 28..... | 15 |
| Cuadro 4. 3 Valores medios de diez variables cuantificadas en cinco líneas utilizadas como hembras (HEM) en un Diseño II de Carolina del Norte..... | 24 |
| Cuadro 4.4. Valores medios de 20 cruzas simples en diez variables generadas a partir del Diseño II de Carolina del Norte..... | 25 |
| Cuadro 4. 5. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de cuatro progenitores machos y cinco hembras en 10 variables evaluadas en el ciclo primavera 2014. | 26 |
| Cuadro 4. 6 Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) de 20 cruzas de maíz en 10 variables evaluadas en el ciclo de primavera 2014. | 28 |

RESUMEN

El trabajo se realizó en campo experimental de la UAAAN UL, en primavera del 2014. El objetivo fue estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) de líneas de maíz y sus cruzas. Se utilizaron cuatro líneas como macho y cinco como hembras, en un diseño-II de Carolina del Norte, resultando 20 cruzas. En campo se evaluaron en un diseño en bloques al azar con dos repeticiones. Se tomaron datos de: floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de planta (AP) y mazorca (AM), aspecto de mazorca (AsMz), diámetro (DMz), longitud (LMz) y Número de hileras por mazorca (HMz), granos por hilera (GH) y rendimiento de grano (Rend). Las cruzas fueron diferentes estadísticamente para todas las variables evaluadas. La ACE fue estadísticamente más importante que la ACG. El análisis de varianza mostró significancia en Machos y Hembras en siete de las diez variables incluyendo Rendimiento, supone una mayor relevancia en los efectos aditivos. El efecto macho x hembra que representa la varianza no aditiva solo fue significativo en tres de las diez variables (FM, FF y AP). La hembra-28 presentó el valor significativo más alto de ACG para Rend y cuatro variables más (FM, FF, HMz, GH). En los machos no se observaron valores significativos de ACG para Rend. En ACE, las cruzas con efectos positivos y significativos por orden de importancia fueron: 3x25, 2x26, 1x27, 3x23, 2x28 y 3x28 para el carácter Rendimiento de grano. La craza 2x28 fue la de mayor rendimiento de Grano ($10\ 278\ \text{Kg ha}^{-1}$), seguida de las cruzas 2x6, 1x27 y 3x25.

Palabras claves: *Zea mays* L., Híbrido, Línea, Rendimiento de Grano y ACG.

I.INTRODUCCION

México produce el 2.7% del maíz en el mundo (23 millones de toneladas en 2010), siendo el 4º productor a nivel global, detrás de Estados Unidos, China y Brasil.

El rendimiento promedio por hectárea en México es de 3.2 toneladas respecto al mundial de 5.2 tha^{-1} . México es el mercado más grande de maíz en el mundo, representando el 11% del consumo mundial. Cada mexicano consume, en promedio, 123kg de maíz anualmente, cifra muy superior al promedio mundial (16.8 kg per cápita).

En la Comarca Lagunera, ubicada en el norte de México, se siembra anualmente 11,815 ha de maíz de grano y 27,476 ha de maíz forrajero (SAGARPA, 2013) en su mayoría con híbridos comerciales para grano, desarrollados por compañías transnacionales para otras áreas del país.

En la actualidad, parte del mejoramiento genético se aplica hacia la generación de materiales mejorados de maíz de una mayor adaptabilidad por lo que los híbridos varietales participan en un papel muy importante.

El mayor logro de cualquier programa genético con énfasis en el desarrollo de líneas endocriadas para la formación de híbridos, dependerá de la elección del germoplasma base a considerarse dentro del programa de mejoramientos (De León *et al.* 2005). Asimismo, el mejorador requiere de un

conocimiento amplio del tipo de acción génica de los materiales en estudio, de los caracteres de mayor importancia económica tales como el alto potencial de rendimiento, buena aptitud combinatoria, producir buenas cruzas, entre otras (Navarro y Borrego, 1993) .

Cuando se está interesado en el mejoramiento de híbridos se recomienda conocer el comportamiento genético de las características de importancia económica de cada población, para elegir la estrategia de selección que permita obtener híbridos con mayores ventajas agronómicas (Vergara *et al.* 2005). Al estimar los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Aptitud Combinatoria Específica (ACE), nos permiten conocer los tipos de acción génica que controlan a los diferentes caracteres (Hallauer y Miranda, 1988). Los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) están relacionados con los genes de efectos aditivos de los progenitores, mientras que la Aptitud Combinatoria Específica (ACE) con los de dominancia y los epistáticos de las cruzas, confirmando e indicando la contribución genética diferencial en la expresión fenotípica, por lo que el desarrollo de líneas y la identificación de las mejores combinaciones híbridas con base en el potencial de rendimiento, determinan el éxito de un programa de mejoramiento genético (Antuna *et al.*, 2003). El mejoramiento genético por hibridación tendrá éxito si las dos o al menos una de las líneas de un híbrido son de alta Aptitud Combinatoria General (ACG), condición que por sí misma aseguran un alto rendimiento. Si adicionalmente el híbrido presenta un efecto positivo alto de Aptitud Combinatoria Específica (ACE), su capacidad de rendimiento aumentará. En cambio, si las líneas son de baja Aptitud Combinatoria General (ACG) y su efecto de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) es bajo, el rendimiento de la craza será bajo (Reyes *et al.* 2004).

La decisión acerca de qué diseño genético se deba emplear para conocer algunas propiedades genéticas de las poblaciones de interés, estará en función de los objetivos de la investigación. Por norma se debe optar por elegir el más práctico y sencillo, asegurando que proporcione la información requerida (Hallauer y Miranda, 1988). Al respecto existen varias propuestas, entre las que destacan los diseños I, II y III de Carolina del Norte, generados por Comstock y Robinson (1948).

En el presente trabajo se decidió utilizar el diseño II de Carolina del Norte con efectos fijos, propuesto por Comstock y Robinson (1948), que se ha utilizado con éxito en la estimación de los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) de los individuos empleados como progenitores, y los efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de la progenie evaluada.

Objetivo

Estimar los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) de líneas de maíz y Aptitud Combinatoria Específica (ACE) sus cruzas.

Con base en lo anterior, conocer el tipo de acción génica presente en las líneas y sus respectivas F1.

Hipótesis

Ho: Las líneas y sus cruzas, difieren en la magnitud de los efectos de ACG y ACE, respectivamente.

Ha: Líneas y cruzas no difieren en la magnitud de los efectos correspondientes de ACG y ACE.

Metas

1. Detectar al menos un progenitor con alta ACG.

II. REVISIONE DE LITERATURA

2.1 Híbridos

Allard (1980) definió a la hibridación como el mejoramiento en el tamaño o en vigor de este con respecto a sus progenitores.

La hibridación es un técnica de mejoramiento genético con mayor desarrollo en la producción de maíz, ya que resultados reflejan un aumento marcado en la productividad sobre los niveles de rendimiento que las variedades de polinización libre, debido a que se explota directamente el fenómeno del vigor híbrido o heterosis(CIMMYT, 1987).

De la Loma (1954) mencionó que el objetivo de la hibridación es la producción de ejemplares que muestren nuevas combinaciones o agrupaciones de caracteres y generalmente de mayor vigor, por ambas causas constituye un método de gran utilidad cuya aplicación se ha extendido de modo notable.

Chávez (1995) explicaron que el maíz híbrido es la primera generación de una crusa entre líneas autofecundadas. La obtención de líneas autofecundadas es por autopolinización controlada, la utilización de estas líneas autofecundadas puede ser en cruzas positivas y para la obtención de semilla híbrida.

2.1.1 Híbridos simples

Chávez (1995) mencionaron que un híbrido hecho mediante el cruzamiento de dos líneas endogámicas, la semilla de híbridos F_1 de tal manera estas se pone a la venta o a los agricultores para la siembra, tal cual los

híbridos simples, uniformes y tienden a obtener un mayor potencial de rendimiento en entornos ambientales favorables.

2.1.2 Híbridos dobles

Chávez (1995) comentan que el híbrido doble se hace a partir de cuatro líneas autofecundadas, es decir es la progenie híbrida obtenida de una cruce entre dos cruces simples, los híbridos dobles no son muy uniformes como las cruces simples, por lo que se obtiene mayor variabilidad; es importante mencionar que una cruce simple produce mayor rendimiento que una triple y esta a su vez más que una doble.

2.1.3 Híbrido Triple

Chávez (1995) dicen que se genera con tres líneas autofecundadas, es decir son la respuesta de un cruzamiento entre una cruce simple y una línea autofecundada. La cruce simple como hembra y la línea como un macho. Con insistencia se puede obtener mayores rendimientos con una cruce triple que con una doble, aunque las plantas de una cruce triple no son tan uniformes como las de una cruce simple.

Sierra *et al.* (2005) mencionaron que el análisis combinado para rendimiento de grano de 14 híbridos triples a través de siete ambientes de evaluación, se encontró diferencia altamente significativa. Se obtuvo el rendimiento de híbridos triples sobresalientes a través de siete experimentos (ambientes) donde participaron 14 genotipos comunes, en los que se aplicó el modelo de parámetros de estabilidad. Así también los rendimientos promedios sugieren que los mejores ambientes se registraron en los experimentos conducidos en condiciones de riego.

Chávez (1995) con la idea central de identificar una alternativa que mejore el comportamiento de los híbridos, derivados del cruzamiento entre

líneas pertenecientes a los grupos tropical, subtropical húmedo y del trópico seco de México, en este trabajo, se planeó hacer un diseño genético de apareamiento entre dos grupos de líneas endogámicas, con el objeto de obtener información teórica de los efectos genéticos y tener la posibilidad de elegir los mejores híbridos.

Márquez (1988) dio como resultado que la hibridación como un método geotécnico en las plantas, que es el beneficio de la generación F1 proveniente del cruzamiento entre dos poblaciones P1 y P2 (poblaciones paternas). Las poblaciones P1 y P2 son dos poblaciones de la misma especie y por lo tanto, pueden tener la estructura genotípica a los objetivos que se persigan en la utilización comercial de la generación F1, o bien para su aprovechamiento como paso inicial o intermedio en la relación de algún otro método geotécnico.

Elizondo y Boschini (2002) mencionaron que se ha podido determinar, que al utilizar maíz híbrido y maíz criollo. Evidentemente se puede predecir que el una variedad criolla sembrada a distancias entre plantas inferiores a los 25 cm, permitirá obtener una mayor producción de forraje verde y seco (>30%) por hectárea y en términos relativos, similar aumento de la producción se observará en el híbrido. Sin embargo, cuando se compara el rendimiento por planta, los resultados varían y se observa que a menores densidades de siembra la producción por planta es mayor.

2.2 Diseños genéticos

El maíz generalmente se tiene herencia regular diploide, y los efectos maternos usualmente no son importantes ;el uso de diseños experimentales apropiados y la aleatorización que se da evita la correlación de los efectos ambientales con las progenies; las progenies resultantes del apareamiento entre individuos no emparentados no son endocriados y no guardan relación

con el grado de endocria que pueden tener los progenitores; el equilibrio de ligamento asumido puede no cumplirse realmente, como en el caso de una población F₂₀ de una variedad sintética de reciente formación en base a la línea endocriadas (IICA-BID-PROCIANDINO, 1991).

En los diseños genéticos más utilizados de maíz se tiene el denominado diseño I, diseño II, y diseño III dados a conocer por Comstock y Robinson (1948, 1952) y los diseños dialélicos de Griffing (1956).

2.2.1 Diseño carolina del norte I

En el diseño carolina del norte I las progenies experimentales se obtienen de cada uno de m plantas seleccionadas al azar y tomándolas como progenitores machos, con una serie de f plantas designadas como hembras de manera que las f plantas hembra de una planta macho determinada no son utilizadas para el apareamiento con otra planta macho. El número de progenies obtenidas es igual a mf (IICA-BID-PROCIANDINO, 1991)

La progenie obtenida al cruzarse un macho determinado con una hembra específica constituye una familia de hermanos completos (FS) donde el conjunto de progenies obtenidos al cruzarse un macho determinado con sus f hembras forman una familia de medios hermanos (HS), que también es designado como un grupo macho. Las mf son las que se evalúan en los ensayos de campo.

2.2.2Diseño Carolina del Norte II

En este diseño genético puede emplearse en plantas que producen bastantes flores o utilizando progenies derivadas de una autofecundación de plantas individuales no endocriadas en plantas como el maíz, que produce una dos inflorescencias femeninas por planta. En este diseño se hace todos los cruzamientos posibles entre un grupo de plantas escogidas al azar de la

población, y que servirán de machos, con otro grupo de plantas también escogidas al azar, y que servirán de hembras. A diferencia del Diseño I, el grupo de plantas hembra se tiene que aparear con cada una de las plantas del grupo que sirve de machos. Si se elige m plantas machos y f plantas hembras, se obtendrán mf progenie experimental, las cuales constituyen familias de hermanos completos (IICA-BID-PROCIANDINO, 1991)

Todas las progenes o familias de hermanos completos que tienen como progenitor común a un macho o una planta hembra forman en conjunto una familia de medios hermanos paternos (o maternos) o un grupo de macho (o un grupo de hembra).

Otra gran diferencia que se tiene con respecto al Diseño I es la presencia de dos grupos de familias de medios hermanos, lo cual permitirá dos estimadores de la variancia genética aditiva.

Es recomendable tener un mismo número de plantas machos y plantas hembras, y si se forman sets, ellos deben agrupar al total de progenes de hermanos completos correspondiente a un número igual de plantas machos y hembras. La disposición en el campo es similar a la señalada en el caso del Diseño I.

2.2.3 Diseño Carolina del Norte III

Este diseño de apareamiento fue desarrollado para estimar el nivel del grado promedio de dominancia de los genes afectados al carácter evaluado en la población (IICA-BID-PROCIANDINO, 1991)

La población base o de referencia es una población F_2 desarrollada por cruzamiento de dos líneas endocriadas. Las plantas individuales S_0 de la

población F_2 a ambas líneas parentales de dicha F_2 . Las plantas F_0 deben ser elegidas al azar y funcionan como plantas machos en el retro cruzamiento. Se obtienen pares de progenies para cada planta macho S_0 ; así, si se usan m plantas machos se obtendrán $2m$ progenies.

2.2.4 Diseño de Cruzamiento Dialélico

Griffing (1956) dio a conocer cuatro métodos de cruza dialélicas, estos métodos son:

Método 1: Involucran a P_2 genotipos, de los cuales se tienen p progenitores, P $(p-1)/2$ cruza directas y p $(p-1)/2$ cruza recíprocas.

Método 2: Involucra a p $(p+1)/2$ genotipos, de los cuales se tienen p progenitores y p $(p-1)/2$ cruza directas.

Método 3: Involucra a p $(p-1)$ genotipos, de los cuales $p(p-1)/2$ son cruza directas y $p(p-1)/2$ son cruza recíprocas.

Método 4: Involucra a p $(p-1)/2$ genotipos que corresponden a la p $(p-1)/2$ cruza directas.

En el maíz, los métodos 2 y 4 han sido y son los más utilizados por los fitomejoradores.

Guerrero *et al.* (2011) Comentarón que en los valores de cuadrados medios, para localidades, en el análisis de varianza estimados, usando el diseño II de Carolina del Norte (Comstock y Robinson, 1948) con efectos fijos, no hay diferencias significativas para el rendimiento en forraje verde (RFV), tampoco para los principales componentes del rendimiento, lo que indica, que entre los tres ambientes de prueba no existen condiciones que permitan se diferencie un ambiente de otro. Los probadores macho (M) fueron significativos ($p \leq 0,01$) para todas las variables evaluadas, excepto, para rendimiento en forraje verde (RFV), que solo fue significativo al $p \leq 0,05$, mostrando la gran diversidad genética que existe entre las líneas del grupo de la UAAANUL.

2.3 Aptitud Combinatoria

Márquez (1988) mencionó que el término Aptitud Combinatoria es la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, dicha capacidad medida por medio de su progenie. Sin embargo, la Aptitud Combinatoria debe determinarse no en un solo individuo de la población sino en varios, a fin de poder realizar selección en aquellos que exhiban los valores más altos

Gutiérrez *et al.*, (2002) comentaron que la Aptitud Combinatoria tiene como definición a la capacidad de individuo o de una población de combinarse con otras, la capacidad esta es medida por medio de su progenie y debe determinarse por varios individuos de la población no en uno solo, con el fin de poder seleccionar u obtener los cruzamientos más correctos para poder suplantar los híbridos comerciales.

2.3.1 Aptitud Combinatoria General (ACG)

Jungenheimer(1985) indicó 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 corresponden producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas. Pueden usarse probadores para determinar que líneas pueden reemplazar en los híbridos actuales o usarse en nuevos híbridos competentes.

2.3.2 Aptitud combinatoria específica (ACE)

Poehlman (1987) señaló que la Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de los clones, mediante el ensayo comparativo de las cruzas simples entre ellos. Se cruzan 10 o más de los clones originales con progenies de policruzas sobresalientes, para formar cruzas simples en todas las combinaciones posibles (también se llama a este cruzamiento dialelo). Se compara el comportamiento de las progenies de las cruzas simples, para determinar la Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de los clones.

Sprague y Tatum (1942) señalaron que la aptitud combinatoria específica es el resultado del efecto de dos líneas en particular. Esta medida no es característica de cada línea en particular, sino de una combinación especial de padres de las cruzas.

Vergara *et al.* (2005) indicaron que veinte líneas fueron cruzadas con seis líneas usadas como probadores, con el fin de examinar su Aptitud Combinatoria, General (ACG) y Aptitud Combinatoria Específica (ACE), y determinar su utilización en un programa de hibridación.

Guerrero *et al.* (2011) obtuvieron resultados de aptitud combinatoria general (ACG) y Aptitud Combinatoria Específica (ACE) fueron obtenidas utilizando un análisis de Línea x Probador. Estos resultados señalan que es viable estructurar un programa de híbridos utilizando las mejores líneas del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y los mejores probadores de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

De León *et al.* (2005) mencionaron que en el conocimiento y clasificación del germoplasma se encuentran directamente asociados con las probabilidades de éxito en todo programa de mejoramiento genético. Para documentar el comportamiento de las combinaciones entre cinco grupos germoplásmicos contrastantes del área de El Bajío e identificar las de más

potencial en rendimiento y estabilidad, en este trabajo se compararon modelos lineales de efectos fijos y mixtos en tres ambientes de evaluación sorprendentes, durante el verano de 2002.

Navarro y Borrego (1993) mencionan que el objetivo fue estimar los efectos génicos acumulativos (aditivos, dominantes y heteróticos), con el objetivo de justificar un programa de hibridación. Para rendimiento de grano, dominancia intravarietal (dj) explicó 55.54% de las medias generacionales, sugiriendo suficiente variabilidad genética dentro de las poblaciones. Efectos heteróticos contribuyeron con 12,11 % indicando la poca diferencia que existe en la frecuencia génica para rendimiento de grano. Altura de planta alcanzó el mismo patrón que rendimiento, ya que los efectos dominantes fueron los más importantes. No obstante, los loci homocigotes (aj) fueron importantes en explicar variabilidad genética en días a floración y no. de mazorcas. Para rendimiento de grano, la cruce Pob. 32 x Pob. 21 fue la que extendió los efectos heteróticos. La población 21 exhibió mayor heterosis en promedio, de tal suerte que en combinación con Pob. 32 y/o CN(S)-C3, entre otras, podría ser material prometedor para un programa de selección recíproca recurrente.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización geográfica

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el 2014 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN UL), en Torreón, Coahuila, como parte del programa de mejoramiento genético de maíz que realiza el Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad.

3.2 Características del sitio experimental

El campo experimental UAAAN-UL, se localiza geográficamente en los paralelos 24° 30' y 27° latitud norte, y en los meridianos 102° y 104° 40" longitud oeste, con 1150 msnm y un clima seco, caluroso, con temperaturas media anual de 20 a 22°C, precipitaciones escasas, precipitación media anual de 300 mm, con régimen de lluvias en los meses de septiembre, octubre y noviembre, los vientos dominantes son alisios en dirección Sur, con velocidades desde 27 a 44kmh (INEGI, 2008).

3.3 Materiales Genéticos

Se utilizaron nueve líneas endogámicas de maíz, dos provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento Maíz y Trigo (CIMMYT) y siete de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL) (Cuadro 3.1).

Cuadro3.1.Genealogía de material genético utilizado como progenitores 2013.

| Línea | Genealogía | Origen |
|-------|------------|----------|
| 1 | A-30-01 | UAAAN-UL |
| 2 | A-57-02 | UAAAN-UL |
| 3 | A-18-05 | UAAAN-UL |
| 4 | A-39-07 | UAAAN-UL |
| 23 | AN77 | UAAAN-UL |
| 25 | CML508 | *CIMMYT |
| 26 | CML509 | CIMMYT |
| 27 | AN82 | UAAAN-UL |
| 28 | AN78 | UAAAN-UL |

En primavera del 2013 se realizaron las cruzas entre las líneas involucradas. El sistema de cruzamiento fue de Carolina del Norte II, donde se aparean n líneas machos con m número de hembras. De tal manera que tendremos $m \times n$ apareamientos, donde 1, 2, 3,4 son las líneas macho (MAC) y 23, 25, 26, 27,28 las hembras (HEM) (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2 Sistema de apareamiento entre las líneas, en donde los machos son 1,2,3,4 y hembras 23,25,26, 27 y 28.

| ♂♀ | 23 | 25 | 26 | 27 | 28 |
|----|------|------|------|------|------|
| 1 | 1x23 | 1x25 | 1x26 | 1x27 | 1x28 |
| 2 | 2x23 | 2x25 | 2x26 | 2x27 | 2x28 |
| 3 | 3x23 | 3x25 | 3x26 | 3x27 | 3x28 |
| 4 | 4x23 | 4x25 | 4x26 | 4x27 | 4x28 |

3.4Diseño experimental

El diseño experimental fue en bloques al azar con dos repeticiones y veinte cruzas por bloque.

3.5 Siembra

La siembra fue en primavera el 07 de marzo del 2014, en el campo experimental de la UAAAN-UL, se realizó en forma manual depositando dos semillas por golpe. Se aplicó un riego posterior a la siembra y a los 22 días se realizó un aclareo dejando una planta por golpe.

3.6 Manejo del cultivo

3.6.1 Fertilización

En la fertilización, se realizaron aplicaciones de sulfato de amonio, ácido fosfórico y urea acida. Se fertilizo utilizando el tratamiento 200-100-00, aplicando el 50% del nitrógeno al momento de la siembra. El 50 % de fosforo se aplicó en el primer riego posterior a la primera escarda y el resto previo al último cultivo. El resto del nitrógeno se aplicó durante las siguientes etapas del cultivo después de la siembra, se aplicó un 20% después de la primera escarda, otro 20% posterior al último cultivo y el restante 10% previo a la floración.

3.6.2 Control de plagas

En control de plagas, el problema principal que se presentó durante el desarrollo del cultivo fue el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). De tal manera para el control del larvas de gusano cogollero se aplicó Clorpirifosetil (líquido) a una dosis de 65 ml/20L de H₂O. También para controlar el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se aplicó Cipermetrina a una dosis de 50 ml/20L agua, así como la aplicación de Clorpirifos granulado a razón de 10 kg/Ha. Se presentó pulga saltona (*Epitrix* sp) se controló con una aplicación de clorpirifos a dosis de 60 ml en 20L agua. El control de araña roja (*Tetranychus urticae*) se llevó a cabo mediante la aplicación de Ometoato con una dosis de 65 ml/20L H₂O y una aplicación de Abamectina a conocimiento de

50 ml/20L agua. Las aplicaciones de los productos químicos se realizaron de manera manual con mochila de 20 litros.

3.6.3 Control de malezas

En el control de maleza se llevó a cabo la aplicación del herbicida pre-emergente HARNES XTRA (acetaclor + atrazina), posterior a la siembra y antes de la emergencia de las plantas a una dosis de 300 ml en 20 L agua. Además se utilizó herbicida post-emergente HIERBAMINA (2,4-D), con una aplicación de 250 ml en 20 L de agua. De tal manera para controlar la maleza se hicieron labores como la utilización de azadón antes del cultivo y también se controló de manera manual.

3.6.4 Riegos

En la aplicación de riego fueron (18) para los tratamientos de riego con diferentes láminas y tiempos de riego con intervalos de 7 días en riego, sujetas a la humedad disponible en el suelo durante todo el ciclo de evaluación.

3.7 Variables

3.7.1 Días a floración femenina (FF)

Se registró como el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50% de las plantas de la parcela tenían estigmas de 2 a 3 cm de largo.

3.7.2 Días a floración masculina (FM)

En la masculina se registraron los días transcurridos desde la siembra hasta que se alcanzó el 50% de la emisión de polen por parte de las espiga.

3.7.3 Altura de la planta (AP)

En la altura de la planta se tomó datos en cinco plantas seleccionadas al azar de la parcela, se midió la distancia desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a ramificarse la espiga. Se expresó en centímetros.

3.7.4 Aspecto de la mazorca (AsMz)

Posteriormente de la cosecha, se extendió la pila de mazorcas frente a cada parcela y se calificaron características de daño por enfermedades, insectos, tamaño de la mazorca, llenado del grano y uniformidad de las mazorcas con una escala de 1 a 5, donde 1 fue óptimo y 5, muy deficiente.

3.7.5 Diámetro de la mazorca (DM)

El diámetro de la mazorca se midió desde la corona de un grano hasta la corona de otro grano en mm, obteniendo esta medida con la ayuda de un vernier.

3.7.6 Longitud de la mazorca (LM)

Para la longitud de mazorca se midió desde la base del pedúnculo hasta su ápice en cm, para lo cual se utilizó una regla de 30 cm.

3.7.7 Número de hileras por mazorca (HMz)

En la variable de número de hileras por mazorca, se contaron las hileras en zonas próximas al centro, debido a que es la zona donde se mantiene la orientación embrionaria central de la mazorca.

3.7.8 Número de granos por hilera (GH)

Se contaron el total de granos de dos hileras de la mazorca y posteriormente se obtuvo un promedio dividiendo el total de granos de las dos hileras entre dos.

3.7.9 Rendimiento (Rend)

El rendimiento se determinó a través de la producción de grano en cada una de la parcela útil, ésta se pesó y se ajustó al 14% de humedad, reflejada en kg ha^{-1} . La fórmula utilizada es la presentada por (Morales, 1993).

$$\frac{\text{kg}}{\text{Ha}} = \frac{(\text{PeCa} \times \text{Kd}) \times (100 - \text{Hc})}{86} \times \frac{10,000}{\text{AU}}$$

donde: PeCa = Peso de campo de las mazorcas cosechadas por parcela útil en Kg; Kd = Índice de desgrane para ajustar el rendimiento de grano; AU = Área de Parcela útil y HC = Humedad de campo u de cosecha.

3.8 Cosecha

La cosecha se realizó entre los 140 y 150 días después de la siembra de forma manual, cosechando todas las mazorcas de cada planta de la parcela útil, y colocando estas al inicio de cada surco para su evaluación.

3.9 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el paquete SAS (SAS 2000-2004). El diseño utilizado en este experimento fue de bloques al azar con dos repeticiones. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t;$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

donde: Y_{ij} = La observación del tratamiento i en la repetición j ; μ = media general, τ y β = los efectos de tratamientos y repeticiones y e_{ij} = error experimental para cada observación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis estadístico

En el Cuadro 4.1 se presenta la significancia de los cuadrados medios del análisis de varianza. Las repeticiones (REP) fueron diferentes para FF ($p < 0.05$) y AP y AM ($p < 0.01$). Para la fuente de variación de machos (MAC), se observaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) para ASI, altamente significativas para FM, FF, AP, AM, DMz, HMz y rendimiento de grano (Rend). Las hembras (HEM), fueron diferentes ($p < 0.01$) para FM, FF, AP, AM, HMz y GH, además de Rend ($p < 0.05$). La interacción MACxHEM, que representan a las cruza, fueron estadísticamente diferentes para FM y FF ($p < 0.01$) y diferentes ($p < 0.05$) para AP; el resto de las variables no fue significativa.

En el Cuadro 4.2, se presentan los valores medios para el efecto macho (Mac) en diez variables cuantificadas. Los machos 1 y 2 fueron estadísticamente más tardíos respecto al 3 y 4 con tres días de diferencia respecto al más precoz (4). Para Altura de planta (AP) los Machos 2 y 3 fueron estadísticamente los de mayor altura, los machos 2, 3 y 4 para Altura de Mazorca (AM). En contraste, el macho 1 fue en promedio 13.7 y 11.3 cm de menor altura para planta (AP) y mazorca (AM). Respecto a las dimensiones de la mazorca, los machos 3 y 2 mostraron el mayor diámetro (DMz), en tanto que para longitud (LMz) no se observan diferencias; para el número de hileras por mazorca (HMz) el Macho 1 muestra el mayor número (15.36) estadísticamente igual a los machos 2 y 4. En rendimiento de grano (Rend), el Macho 2 con 8,318 kg ha⁻¹, presentó el mayor rendimiento, estadísticamente igual a los machos 1 y 4.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza Carolina del Norte II de once variables evaluadas de híbridos de maíz. UAAAN-UL. Torreón, Coah.

| FV | gl | FM (d) | FF (d) | ASI (d) | AP (cm) | AM (cm) | AsMz | DMz (cm) | LMz (cm) | HMz | GH | Rend (kg ha ⁻¹) |
|-----------|----|-----------|-----------|------------|------------|------------|---------|-------------|-------------|---------|---------|--------------------------------|
| REP | 1 | 4.90* | 1.60ns | 0.90ns | 2752** | 1979.64** | 0.006ns | 0.02ns | 0.009ns | 0.004ns | 7.74ns | 1494170.37ns |
| MAC | 3 | 78.90** | 17.36** | 1.40* | 333.29** | 233.85** | 0.08ns | 0.15** | 0.73ns | 3.42** | 4.80ns | 4775325.61** |
| HEM | 4 | 103.40** | 28.72** | 0.08ns | 369.62** | 354.12** | 0.10ns | 0.01ns | 2.48ns | 2.61** | 25.93** | 3560738.79* |
| MAC*HEM | 12 | 130.60** | 9.57** | 0.83ns | 100.73* | 66.12ns | 0.07ns | 0.02ns | 2.63ns | 0.98ns | 9.72ns | 2012778.27ns |
| E.E. | 40 | 0.95 | 1.70 | 0.42 | 36.37 | 35.01 | 0.09 | 0.02 | 1.54 | 0.67 | 5.87 | 1124095.24 |
| C.V (%) | | 1.13 | 1.46 | 22.51 | 2.73 | 4.88 | 15.02 | 3.20 | 7.20 | 5.64 | 6.57 | 14.32 |
| \bar{X} | | 86.05 | 88.95 | 2.90 | 220.75 | 121.04 | 2.08 | 4.90 | 17.24 | 14.59 | 36.85 | 7403.82 |

*,**Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; gl=Grados de libertad, FM=floración masculina, FF=floración femenina, ASI=intervalo antesis-emisión de estigmas, AP=altura de planta, AsMz=aspecto de mazorca, DMz=diámetro de mazorca, LMz=longitud de mazorca, HMz=número de hileras por mazorca, GH=granos por hilera, Rend=rendimiento.

Cuadro 4.2. Valores medios de 10 variables cuantificadas en cuatro líneas utilizadas como Machos (MAC) en un Diseño II de Carolina del Norte.

| Mac | FM (d) | Mac | FF (d) | Mac | AP (cm) | Mac | AM (cm) | Mac | AsMz |
|-----|--------------------|-----|-------------|-----|------------|-----|------------|-----|--------------------------------|
| 2 | 87.4a [†] | 1 | 90.2a | 3 | 227.4a | 2 | 125.5a | 3 | 2.15a |
| 1 | 87.3a | 2 | 89.8ab | 2 | 222.7ab | 4 | 122.3a | 4 | 2.15a |
| 4 | 85.5b | 4 | 88.5bc | 4 | 219.2bc | 3 | 122.1a | 1 | 2.10a |
| 3 | 84.0c | 3 | 87.3c | 1 | 213.7c | 1 | 114.2b | 2 | 1.95a |
| Mac | DMz (cm) | Mac | LMz (cm) | Mac | HMz | Mac | GH | Mac | Rend (kg ha ⁻¹) |
| 3 | 5.08a | 1 | 17.50a | 1 | 15.36a | 3 | 37.68a | 2 | 8318a |
| 2 | 4.91ab | 4 | 17.40a | 2 | 14.64ab | 2 | 37.15a | 1 | 7531ab |
| 1 | 4.84b | 3 | 17.17a | 4 | 14.40ab | 4 | 36.45a | 4 | 7022ab |
| 4 | 4.80c | 2 | 16.89a | 3 | 13.96b | 1 | 36.14a | 3 | 6744b |

[†] Machos con la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad.

En el Cuadro 4.3, se presentan los valores promedio de las líneas hembra (HEM) en diez variables cuantificadas, donde se observó que las hembras 27 y 28 fueron estadísticamente ($p < 0.05$) tres días más tardíos respecto a las hembras 23, 26 y 25. Respecto a altura de planta (AP) más sobresaliente fue el 27 seguida de la hembra 23 y, en AM estadísticamente fueron iguales ($p < 0.05$) a las líneas 28 y 25. Respecto a las características de mazorca, las líneas presentaron un buen aspecto de mazorca (AsMz), igual diámetro (DMz) y longitud de mazorca (LMz) y, diferentes para número de hileras (HMz) y granos por hilera (GH). En rendimiento de grano (Rend) la hembra 28, presento el mayor rendimiento estadísticamente igual ($p < 0.05$) a las líneas hembras 25, 26 y 27.

Cuadro 4. 3 Valores medios de diez variables cuantificadas en cinco líneas utilizadas como hembras (HEM) en un Diseño II de Carolina del Norte.

| HEM | FM (d) | HEM | FF (d) | HEM | AP (cm) | HEM | AM (cm) | HEM | AsMz |
|-----|-----------|-----|-----------|-----|------------|-----|------------|-----|-------|
| 28 | 88.1a | 28 | 91.1a | 27 | 231.07a | 27 | 127.42a | 23 | 2.25a |
| 27 | 87.9a | 27 | 90.9a | 23 | 222.12ba | 23 | 127.15a | 27 | 2.12a |
| 23 | 85.0b | 23 | 87.9b | 25 | 220.67bc | 28 | 120.42a | 26 | 2.06a |
| 26 | 84.9b | 26 | 87.8b | 28 | 217.07bc | 25 | 118.87a | 25 | 2.06a |
| 25 | 84.4b | 25 | 87.1b | 26 | 212.82c | 26 | 111.35b | 28 | 1.93a |

| HEM | DMz (cm) | HEM | LMz (cm) | HEM | HMz | HEM | GH | HEM | Rend (kg ha ⁻¹) |
|-----|-------------|-----|-------------|-----|--------|-----|---------|-----|--------------------------------|
| 23 | 4.96a | 28 | 17.65a | 27 | 15.3a | 28 | 39.87a | 28 | 8493.0a |
| 25 | 4.92a | 25 | 17.50a | 28 | 14.9ba | 26 | 37.05ba | 25 | 7373.1ba |
| 27 | 4.89a | 26 | 17.44a | 23 | 14.7ba | 25 | 36.26ba | 27 | 7316.3ba |
| 26 | 4.88a | 27 | 17.35a | 26 | 14.4ba | 27 | 35.63b | 23 | 7157.1ba |
| 28 | 4.87a | 23 | 16.26a | 25 | 13.8b | 23 | 35.45b | 26 | 6679.6b |

En el Cuadro 4.4 Se presentan los valores medios de cruzas , donde en el análisis muestras que la cruza 2x28 obtuvo un rendimiento Rend(10278kg), un factor principal que promovió un buen rendimiento fue el tiempo en que se llevó a cabo la floración ,donde se muestra que fue el mismo día la (FM) y (FF)dando como origen una excelente polinización , también se determinó, que con la alta cantidad de número de hileras por mazorca (HMz)y de granos por hilera(GH) se produjo un alto rendimiento , acompañado de un excelente aspecto de la mazorca(AsMz).

Cuadro 4.4. Valores medios de 20 cruzas simples en diez variables generadas a partir del Diseño II de Carolina del Norte.

| Cruza | FM (d) | FF (d) | AP (cm) | AM (cm) | AsMz | DMz (cm) | LMz (cm) | HMz | GH | Rend (kg ha⁻¹) |
|--------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------|---------------------|---------------------|------------|-----------|--------------------------------------|
| 2x28 | 90 | 90 | 229 | 130 | 1.8 | 4.9 | 17.4 | 16 | 41 | 10278 |
| 2x26 | 89 | 92 | 220 | 123 | 2.0 | 5.0 | 17.9 | 15 | 40 | 8823 |
| 1x28 | 88 | 91 | 202 | 111 | 2.0 | 4.8 | 17.0 | 15 | 38 | 8777 |
| 1x27 | 90 | 92 | 222 | 118 | 2.3 | 5.0 | 17.4 | 17 | 35 | 8595 |
| 3x25 | 80 | 84 | 224 | 116 | 2.0 | 5.0 | 17.7 | 13 | 35 | 8050 |
| 4x28 | 87 | 91 | 214 | 119 | 2.0 | 4.6 | 18.4 | 14 | 40 | 8027 |
| 2x27 | 87 | 90 | 234 | 132 | 1.8 | 4.7 | 15.6 | 14 | 33 | 7845 |
| 1x23 | 86 | 89 | 223 | 125 | 2.0 | 4.8 | 17.9 | 15 | 36 | 7663 |
| 3x23 | 83 | 87 | 228 | 129 | 2.5 | 5.2 | 14.9 | 14 | 37 | 7413 |
| 4x25 | 85 | 87 | 219 | 121 | 2.0 | 4.8 | 18.4 | 14 | 38 | 7345 |
| 2x23 | 85 | 87 | 212 | 122 | 2.0 | 5.0 | 17.5 | 15 | 38 | 7322 |
| 2x25 | 86 | 88 | 219 | 122 | 2.3 | 5.0 | 16.2 | 13 | 35 | 7322 |
| 4x27 | 85 | 89 | 227 | 124 | 2.3 | 4.9 | 18.0 | 15 | 37 | 7231 |
| 3x28 | 87 | 91 | 223 | 123 | 2.0 | 5.1 | 17.9 | 15 | 41 | 6890 |
| 1x25 | 88 | 90 | 221 | 117 | 2.0 | 5.0 | 17.8 | 15 | 36 | 6776 |
| 4x26 | 85 | 87 | 209 | 115 | 2.0 | 4.8 | 17.5 | 14 | 36 | 6276 |
| 4x23 | 87 | 89 | 226 | 133 | 2.5 | 4.8 | 14.8 | 14 | 31 | 6231 |
| 1x26 | 86 | 90 | 200 | 100 | 2.3 | 4.7 | 17.5 | 15 | 35 | 5844 |
| 3x26 | 81 | 83 | 222 | 107 | 2.0 | 5.1 | 17.0 | 13 | 37 | 5776 |
| 3x27 | 90 | 93 | 241 | 135 | 2.3 | 5.0 | 18.5 | 15 | 38 | 5594 |
| Media | 86 | 89 | 221 | 121 | 2 | 5 | 17 | 15 | 37 | 7404 |

En el Cuadro 4.5 se presentan los valores de ACG de las líneas que participaron como macho con su respectiva significancia para las variables en estudio. En el Macho1 se observan tres valores significativos, uno positivo para FM y dos negativos para AP y AM respectivamente. En el Macho3 se observaron cuatro valores significativos, dos negativos para FM y FF, y dos positivos para AP y DMz respectivamente. El Macho2 presentó solamente un valor significativo para FM y, en el Macho4 no se observó ningún valor significativo. De acuerdo a lo observado, el Macho3 es el que puede tener mayor contribución a su descendencia, aportando mayor precocidad, AP y DMz.

Así mismo, se presentan los valores de (ACG) con su respectiva significancia de las líneas que participaron como hembras para las variables evaluadas. En la hembra 23 se encuentran tres valores significativos, dos negativos para FM, FF y uno significativo positivo para AM. En la hembra 25 se presentan tres valores significativos donde FM, FF y HMz resultaron negativos. En la hembra 26 se detectaron cuatro valores significativos y negativos para FM, FF, AP y AM. La hembra 27, presentacinco variables con valores significativos-positivos, para FM FF,AP,AM y HMz. En la hembra 28, se observancinco variables con valores significativos-positivos para FM, FF, HMz, GH y Rend. De acuerdo a los resultados, se puede esperar que la hembra 27 genere cruza donde y contribuya a su descendencia con mayor días a floración (FM, FF) es decir plantas más tardías, con mayor AP y AM, e incremento en HMz; la hembra 28, contribuirá en un incremento en los días a floración (FM y FF) pero además puede generar un incremento en componentes de rendimiento como HMz y GH, además de Rend.

Cuadro 4. 5. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de cuatro progenitores machos y cinco hembras en 10 variables evaluadas en el ciclo primavera 2014.

| Mac | FM | FF | AP | AM | AsMz | DMz | LMz | HMz | GH | Rend |
|-----|---------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|--------------|--------|-----------------|
| 1 | 1.25* | 1.25 | -7.05* | -6.82* | 0.013 | -0.07 | 0.26 | 0.77 | -0.72 | 46.7 |
| 2 | 1.35* | 0.85 | 1.95 | 4.48 | -0.138 | 0.00 | -0.35 | 0.05 | 0.29 | 833.4 |
| 3 | -2.05* | -1.65* | 6.65* | 1.08 | 0.063 | 0.17* | -0.07 | -0.63 | 0.82 | -417.2 |
| 4 | -0.55 | -0.45 | -1.55 | 1.28 | 0.063 | -0.11 | 0.16 | -0.19 | -0.41 | -462.7 |
| DMS | 0.98 | 1.31 | 6.1 | 5.98 | 0.3 | 0.14 | 1.25 | 0.83 | 2.45 | 1071.4 |
| Hem | FM | FF | AP | AM | AsMz | DMz | LMz | HMz | GH | Rend |
| 23 | -1.046* | -1.076* | 1.37 | 6.108* | 0.166 | 0.056 | -0.98 | 0.11 | -1.4 | -327.39 |
| 25 | -1.676* | -1.826* | -0.08 | -2.17 | -0.024 | 0.016 | 0.26 | -0.84* | -0.59 | -111.37 |
| 26 | -1.176* | -1.196* | -7.93* | -9.69* | -0.024 | -0.024 | 0.2 | -0.24 | 0.198 | -804.91 |
| 27 | 1.824* | 1.924* | 10.32* | 6.378* | 0.036 | -0.014 | 0.11 | 0.66* | -1.22 | -168.22* |
| 28 | 2.074* | 2.174* | -3.68 | -0.62 | -0.154 | -0.034 | 0.41 | 0.31* | 3.018* | 1412.14* |
| DMS | 0.89 | 0.69 | 5.47 | 5.36 | 2.7 | 0.12 | 1.11 | 0.26 | 2.18 | 958.26 |

*valores significativamente diferentes de 0 al 5% de probabilidad.

En el Cuadro 4.6, se presentan los valores de los efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de 20 cruzas derivadas de cuatro líneas como machos y cinco líneas como hembras en un esquema de apareamiento del diseño-II de Carolina del Norte.

Se detectaron seis cruzas con valores significativos y positivos para el carácter rendimiento de grano (Rend) de mayor relevancia para el estudio. En orden de importancia las cruzas fueron: 3x25, 2x26, 1x27, 3x23, 2x28 y 3x28.

La craza 3x25, la cual presenta el mayor valor significativo de ACE para Rend, proviene de dos progenitores con valores negativos y no significativos para este carácter (Rend). En contraste, en la craza 2x26, ocho de los diez valores son significativos y positivos, inclusive Rend, donde los padres tienen valores de ACG de la misma magnitud aunque de signo contrario y no significativos; las variables agronómicas contribuyen a que la craza sea más tardía y de mayor altura y, donde el Rend, quizás se atribuya a la contribución de DMz, LMz y GH. En la craza 1x27 se aprecian valores positivos y significativos para DMz y HM y con una probable influencia en la contribución para Rend. Resultados similares obtuvieron Guillen y De La Cruz *et al.* (2009), al cruzar genotipos con ACG con efectos bajos ó negativos con altos rendimientos. En similar circunstancia está la craza 2x28, con un efecto de ACE positivo significativo y que exhibe el mayor rendimiento de grano, proviene de un padre con efectos de ACG no significativo y otro con efectos positivos y significativos. En contraste, la craza 3x23 con efectos negativos no-significativos de ACG, presenta un efecto de ACE significativo pero con bajo rendimiento.

Cuadro 4. 6 Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) de 20 cruzas de maíz en 10 variables evaluadas en el ciclo de primavera 2014.

| Cruza | FM | FF | AP | AM | AsMz | DMz | LMz | HMz | GH | Rend |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|------------|------------|-----------|-------------|
| 1x23 | -0.229 | 0.026 | 7.925* | 4.572* | -0.266* | -0.1065* | 1.3295* | -0.27 | 1.312* | 297.92 |
| 1x25 | 1.901* | 1.776* | 7.675* | 4.952* | -0.076 | 0.0935* | 0.0395 | 0.28 | 0.902 | -804.88* |
| 1x26 | -0.599* | 0.646* | -5.375* | -4.328* | 0.174* | -0.1465* | -0.2505 | 0.28 | -1.238* | -1043.63* |
| 1x27 | 0.401 | 0.026 | -2.125 | -2.398 | 0.114 | 0.1535* | -0.2105 | 0.58* | 0.132 | 1071.02* |
| 1x28 | -1.349* | -1.724* | -8.025* | -2.998* | 0.054 | 0.0135 | -0.9105* | -0.87* | -1.108* | 76.28 |
| 2x23 | -1.829* | -1.574* | -12.375* | -9.928* | -0.116 | 0.0535 | 1.5895* | 0.65* | 1.852* | -830.08* |
| 2x25 | 0.301 | 0.176 | -4.025* | -1.548 | 0.324* | 0.0235 | -1.0005* | -0.4* | -1.358* | -1046.33* |
| 2x26 | 2.801* | 3.046* | 5.325* | 6.772* | 0.074 | 0.0735* | 0.7695* | 0.2 | 2.352* | 1148.17* |
| 2x27 | -2.199* | -2.074* | 0.875 | 0.202 | -0.236* | -0.1965* | -1.4005* | -1.3 | -3.378* | -466.33 |
| 2x28 | 0.551* | -1.824* | 10.275* | 4.602* | -0.046 | 0.0435 | 0.0495 | 0.85* | 0.532 | 790.06* |
| 3x23 | 0.071 | 0.426 | -1.275 | 0.572 | 0.184* | 0.0635* | -1.2905* | -0.27 | 0.572 | 834.82* |
| 3x25 | -2.799* | -1.824* | -3.825* | -3.748* | -0.126 | -0.1265* | 0.2195 | -0.32 | -1.988* | 1255.52* |
| 3x26 | -2.299* | -2.954* | 2.225 | -5.028* | -0.126 | 0.0635* | -0.3705 | -0.52* | -0.728 | -324.88 |
| 3x27 | 4.201* | 3.926* | 3.675* | 6.902* | 0.064 | -0.0565 | 1.1695* | 0.58* | 1.742* | -1143.48* |
| 3x28 | 0.951* | 1.176* | -0.825 | 1.402 | 0.004 | 0.0535 | 0.2695 | 0.53* | 0.402 | 590.41* |
| 4x23 | 2.071* | 1.726* | 5.725* | 4.772* | 0.184* | -0.0165 | -1.6205* | -0.11 | -3.748* | -625.58* |
| 4x25 | 0.701* | 0.476 | 0.175 | 0.352 | -0.126 | 0.0135 | 0.7395* | 0.44* | 2.442* | 272.62 |
| 4x26 | 0.201 | -0.154 | -2.175 | 2.572 | -0.126 | 0.0135 | -0.1505 | 0.04 | -0.398 | -102.58 |
| 4x27 | -2.299* | -1.274* | -2.425 | -4.698* | 0.064 | 0.1135* | 0.4395 | 0.14 | 1.522* | 215.72 |
| 4x28 | -0.549* | -0.024 | -1.425 | -2.998* | 0.004 | -0.1265* | 0.5895* | -0.51* | 0.182 | -165.10 |
| DMS | 0.44 | 0.59 | 2.73 | 2.67 | 0.14 | 0.06 | 0.57 | 0.36 | 1.09 | 479.14 |

V. CONCLUSIONES

Del análisis de varianza realizado con el Diseño-II de Carolina del Norte se concluyó:

- Las diferencias entre Machos y Hembras en siete de las diez variables incluyendo Rendimiento, supone una mayor relevancia en los efectos aditivos.
- El efecto macho x hembra que representa la varianza no aditiva solo fue significativo en tres de las diez variables (FM, FF y AP).
- La hembra-28 presentó el valor significativo más alto de ACG para Rend y cuatro variables más (FM, FF, HMz, GH).
- En los machos no se observaron valores significativos de ACG para Rend.
- En ACE, las cruzas con efectos positivos y significativos por orden de importancia fueron: 3x25, 2x26, 1x27, 3x23, 2x28 y 3x28 para el carácter Rendimiento de grano.
- La craza 2x28 fue la de mayor rendimiento de Grano (10 278 Kg/ha), seguida de las cruzas 2x6, 1x27 y 3x25.

Sugerencia:

Para ratificar los resultados anteriores, se sugiere realizar una segunda evaluación.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Allard, R.W. 1980. Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Editorial EOSA. España. 498 p.
- Antuna, G.O., F. Rincón S., E. Gutiérrez del R., N.A. Ruiz T. y L. Bustamante G. (2003). Componentes Genéticos de Caracteres Agronómicos y de Calidad Fisiológica de Semillas de Líneas de Maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26: 11-17.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) 1987. CIMMYT Hechos y tendencias mundiales relacionadas con el maíz 1986: Aspectos Económicos en la Producción de Semilla de Variedades Comerciales de Maíz en los Países en Desarrollo. México p. 210-223.
- Chávez A. J. L. 1995. Mejoramiento de Plantas I. Editorial Trillas. México.P. 167.
- Comstock, RE; Robinson, HF,1952 Estimation of Average Dominance of Genes, pp. 494-516. In: Heterosis. Edited by J.W.G WEN. Iowa State College Press, Ames, Iowa.
- Comstock, RE; Robinson, HF. 1948. The Components of Genetic Variance in Populations of Biparental Progenies and Their use in Estimating the Average Degree of Dominance. *Biometrics* 4:254-266.
- De la Loma, J. L. 1954. Genética General Aplicada. Segunda Edición, Editorial UTEHA. México.427p.
- De León, CH; Rincón, SF; Reyes, VH; Samano, GD; Martínez, ZG; Cavazos, CR; Figueroa, CJ. 2005. Potencial de Rendimiento y Estabilidad de Combinaciones Germoplásmicas Formadas entre Grupos de Maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(2):135-143.
- Elizondo, Jorge; Boschini, Carlos. (2002). Producción de Forraje con Maíz Criollo y Maíz Híbrido. *Agronomía Mesoamericana*, 13-17.
- Griffing, B.1956. Concept of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing System. *Australia J. Biol. Sci.* g:463-93.
- Guerrero G. C.; EB. A.; Palomo G. A.; Gutiérrez del R., E.; Zermeño G. H.; González C., M. P. (2011). Aptitud Combinatoria del Rendimiento y sus Componentes en Dos Grupos de Líneas de Maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2):257-267.
- Guillen-De la Cruz, P., E. de la Cruz-Lázaro, G. Castañón-Nájera, R. Osorio-Osorio, N. P. Brito-Manzano, A. Lozano-del Río y U. López-

- Noverola(2009). Aptitud Combinatoria General y Específica de Germoplasma Tropical de Maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 101-107.
- Gutiérrez del R. E., A. Palomo G., A. Espinoza B. E. de la Cruz L. 2002. Aptitud Combinatoria y Heterosis Para Rendimiento de Líneas de Maíz en la Comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25 (3): 271-277.
- Hallauer, RA; Miranda, FO. 1988. *Quantitative genetics in maize breeding*. The Iowa State University Press Ames, Iowa, USA. 468 p.
- IICA-BID-PROCIANDINO .1991. XIII Curso Corto Mejoramiento de Maíz. Edición: PROCIANDINO. Quito, Ecuador, 180p.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía y Estadística). 2008. Atlas Nacional Interactivo de México. [En línea]. Estado de Coahuila. <http://www.inegi.org.mx>. [Consultado 14 octubre 2014].
- Jugenheimer, R.W. 1985. *Corn Improvement, Seed Production and Uses*. Malabar, FL, USA, Robert E. Krieger Publishing.
- Márquez S. F. 1988. *Genotecnia vegetal*. Tomo II. Primera edición. Editorial AGTESA. México. P563.
- Morales D., 1993. *Caracterización y Evaluación de 25 Genotipos de Maíz (Zea mays L.) Recolectados en Nicaragua*. Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 55 p.
- Navarro, GE; Borrego, FE. 1993. Efectos Génicos y Heterosis en Poblaciones Parentales y Poblaciones Derivadas de Maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Mesoamericana*. 4:7-10.
- Poehlman J. M. 1987. *Mejoramiento Genético de las Cosechas*. Primera edición. Editorial LIMUSA. México. P 453.
- Reyes, LD., Molina, GJD., Oropeza, RMA., Moreno, PEC. 2004. Cruzas Dialélicas entre Líneas Autofecundadas de Maíz Derivadas de la Raza Tuxpeño. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27(1):49-56.
- SAGARPA. 2013. *Informe de Evaluación de Impacto Proyecto Estratégico de Producción de Maíz*. (<http://www.sagarpa.gob.mx>).
- SAS Institute Inc., SAS 9.1.3 Help and Documentation, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2000-2004.

- Sierra Macías, M., Palafox Caballero, A., Espinosa Calderón, A., Caballero Hernández, F., Rodríguez Montalvo, F., Barrón Freyre, S. & Valdivia Bernal, R. (2005). Adaptabilidad de Híbridos Triples de Maíz y de sus Progenitores Para la Región Tropical del Sureste de México. *Agronomía Mesoamericana*, 16(1) 13-18.
- Sprague, G. E., Tatum A.L. 1942. General vs. Specific Combining Ability in Ingle Crosses of Corn. *J. Am Soc. Agron.* 34: 923-932.
- Vergara, A.N; Rodríguez, H.S; Córdova, O.H.S. 2005. Aptitud Combinatoria General y Específica de Líneas de Maíz (*Zea mays*) tropical y subtropical. *Agronomía Mesoamericana* 16(2):137-143.