

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Formación, Evaluación y Selección de híbridos experimentales**

**POR:  
GUADALUPE CRUZ CRUZ**

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

**INGENIERO  
AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAHUILA.**

**DICIEMBRE DE 2017**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Formación, Evaluación y Selección de híbridos experimentales

POR

GUADALUPE CRUZ CRUZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

PRESIDENTE:

  
DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

VOCAL:

  
DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

VOCAL:

  
M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ

VOCAL SUPLENTE:

  
DR. HÉCTOR JAVIER MARTÍNEZ AGUERO

M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**Formación, Evaluación y Selección de híbridos experimentales**

**POR**

**GUADALUPE CRUZ CRUZ**

**TESIS**

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADA POR:**

**ASESOR PRINCIPAL:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. HÉCTOR JAVIER MARTÍNEZ AGUERO**

  
\_\_\_\_\_  
**M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Gracias a mis padres Guadalupe y Reyna por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Pero sobre todo por ser un ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos: Francisco, Norma, Dolores, Elvira y Rubén por ser parte importante en mi vida y representar la unidad familiar, llenar mi vida de alegría y apoyo moral cuando más lo necesite.

Gracias Dr. Armando Espinoza Banda por brindarme la confianza, el cariño, apoyo, y la oportunidad de desarrollar mi tesis profesional, que me permitirá crecer en el ámbito profesional. Igualmente gracias Dra. Oralia Antuna Grijalva por la confianza y las facilidades de poder colaborar con usted. Al Ing. José Luis Coyac Rodríguez por el apoyo durante mi formación académica.

A mi primo José Manuel y amistades que confiaron y creyeron en mí, haciendo de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que jamás olvidare.

A mis abuelos Maternos y a mi Amiga Beatriz que aunque ya no se encuentren conmigo, siempre estarán en mi corazón, ya que creyeron siempre en mí (†).

A mis Abuelitas Hermelindas que a pesar de todo siempre me apoyaron.

Finalmente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por cumplir mi sueño al Lograr concluir con éxito mi Carrera Profesional.

Infinitas Gracias a Todos...

## DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a Dios, quien con su inmenso amor me dio la vida, inteligencia, sabiduría y perseverancia, por permitirme alcanzar mis metas y lograr terminar mis estudios, esfuerzo que al fin dieron frutos. Logrando dar un pequeño paso en la vida y un gran salto en mi vida profesional.

A mis padres que con su paciencia, ternura y apoyo incondicional me han dado las fuerzas emocionales para cumplir mis metas, considerando que cuando se quiere se puede, porque siendo unos pequeños agricultores dieron paso a mis estudios con muchos esfuerzos y sacrificios, siempre me brindaron su apoyo económico y moral que fueron motor de impulso para lograr este triunfo y hoy puedo demostrarles que sus esfuerzos valieron la pena.

A mis hermanos que siempre han estado presentes en mis actividades con los cuales comparto mi alegría y tristezas.

A mi cuñada Andrea Jiménez por apoyarme cuando menos lo esperaba, al entregarme su confianza y cariño.

A mi Primo y amistades que de una u otra manera me apoyaron en mis momentos difíciles y felices brindándome su ayuda incondicional.

Al Dr. Armando Espinoza Banda, Dra. Oralia Antuna Grijalva por ser mis segundos Padres en mi Formación Profesional, y todo el cariño, confianza, consejos que me brindaron, les doy los más sinceros agradecimientos.

A la Sra. Irma Moreno y Familia por confiar en mí y tener su apoyo en todo momento.

Para todas aquellas personas que me brindaron confianza, ayuda, oportunidades, incluso para las personas que siempre quisieron verme derrotada, les agradezco por hacerme más fuerte, con una sonrisa y una satisfacción celebro mi triunfo.

## RESUMEN

Para el desarrollo de nuevos híbridos de maíz (*Zea mays L.*) Con alto rendimiento de grano se requiere identificar progenitores que produzcan mejores híbridos. El presente estudio se realizó con el objetivo de estimar la acción génica de líneas y cruzas de maíz y cuantificar los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE). El trabajo se realizó en el Campo Experimental de la UAAAN-UL. Se utilizaron tres líneas procedentes del CIMMYT y tres líneas de la UAAAN-UL. En el 2016 se realizaron las cruzas posibles bajo un Diseño de apareamiento Dialélico. Las 15 cruzas más las seis líneas se evaluaron el 01 de abril del 2017. El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones, en condiciones de riego por gravedad. La parcela experimental consistió en dos surcos de 3.0 m de largo y 0.75 m de ancho con separación entre plantas de 0.15 m. Se tomaron datos de: Altura mazorca (AM), Altura de planta (AP), Acame Tallo (AT), Floración Femenina (FF) y Masculina (FM), Diámetro de Mazorca (DMz), Numero de Hileras (NH), Longitud de Mazorca (LMz), Granos por Hilera (GH), Numero de Mazorcas por Parcela (NMz), Stay Green (SG), Uniformidad (Unif) y Rendimiento de grano (REN). Con base a los objetivos planteados y de acuerdo a los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo, se puede concluir: Las cruzas fueron estadísticamente diferentes en 12 de las 13 características evaluadas. Los efectos no-aditivos fueron más importantes para FF, DMz, GH, LMz, NH, NMz, Unif y REN, el resto lo fue para los efectos aditivos. Las cruzas 24x26 y 24x25 manifestaron los mayores efectos de ACE y significativamente mayor REN.

**Palabras claves:** *Zea mays L.*, ACG, ACE, Rendimiento, Diseño dialélico, cruzas.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>vi</b>
<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivo.....	3
1.2. Hipótesis .....	3
<b>II. REVISIÓN LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Mejoramiento de Maíz.....	3
2.2 Líneas .....	5
2.3 Genotipo .....	7
2.4 Fenotipo.....	7
2. 5 Hibridación en Maíz .....	7
2.6 Híbridos.....	9
2.7 Heterosis.....	10
2.8 Diseño Genético.....	12
2.9 Diseño Cruzamiento Dialelico .....	14
2.10 Cruzas Dialelicas .....	16
2.11 Prueba Significancia.....	16
2.12 Aptitud combinatoria (AC) .....	17
2.13 Aptitud combinatoria Específica (ACE) .....	18
2.14 Aptitud combinatoria General (ACG).....	20
<b>III. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>22</b>
3.1. Localización geográfica.....	22
3.2. Material genético.....	22
3.3. Evaluación de cruzas y líneas .....	24
3.4. Manejo Agronómico.....	24
3.4.1 Preparación del suelo .....	24

3.4.2 Nivelación y marcado del Terreno .....	25
3.4.3 Siembra.....	25
3.4.4. Fertilización .....	25
3.4.5. Riego .....	25
3.4.6. Control de Malezas .....	26
3.4.7 Control de Plagas.....	26
3.4.8. Aporque .....	28
3.4.9 Cosecha .....	28
3.5 Variables evaluadas .....	28
3.5.1 Altura mazorca (AM).....	29
3.5.2 Altura de planta (AP) .....	29
3.5.3 Acame Tallo (AT) .....	29
3.5.4 Floración Masculina (FM) .....	30
3.5.5 Floración Femenina (FF).....	30
3.5.6 Diámetro de Mazorca (DMz) .....	30
3.5.7 Numero de Hileras (NH).....	30
3.5.8 Longitud de Mazorca (LMz).....	31
3.5.9 Granos por Hilera (GH) .....	31
3.5.10 Numero de Mazorcas por Parcela (NMz).....	31
3.5.11 Stay Green (SG).....	31
3.5.12 Uniformidad (Unif).....	31
3.5.13. Rendimiento .....	32
3.6 Análisis Estadístico .....	32
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>34</b>
4.1. Análisis de varianza.....	34
4.2 Aptitud Combinatoria General (ACG) .....	38
4.3 Aptitud Combinatoria General (ACE).....	40
4.4 Valores Medios de las cruzas .....	43
4.5. Valores Medios de las Líneas .....	43
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>48</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Material genético utilizado. UAAAN – UL. Torreón-Coahuila, Mexico.. .....	23
Cuadro 2. Cruzas posibles entre seis líneas de maíz con el diseño genético II de Griffing (1956), UAAAN - UL. Torreón-Coahuila, México 2016.. .....	24
Cuadro 3. Productos utilizados para el control de plagas. UAAAN – UL. Torreón-Coahuila, Mexico. 2017 .....	27
Cuadro 4. Cuadros medios y nivel de significancia para 13 características evaluadas en seis líneas de maíz y sus 15 cruzas utilizando el Diseño-II propuesto por Griffing (1956). UAAAN – UL. Torreón-Coahuila, Mexico. 2017 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.37</b>
Cuadro 5. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de seis líneas estimados con Diseño-II (Griffing, 1956) en 13 características evaluadas. UAAAN – UL. Torreón- Coahuila, Mexico. 2017.....	39
Cuadro 6. Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) y nivel de significancia para 13 características evaluadas en quince cruzas con el Diseño-II (Griffing, 1956). UAAAN–UL. Torreón-Coahuila, Mexico. 2017.....	43
Cuadro 7. Valores medios para 13 características evaluadas en quince cruzas utilizando el Diseño-II de Griffing (1956). UAAAN–UL. Torreón-Coahuila, Mexico. 2017.....	46
Cuadro 8. Valores medios para las 13 características evaluadas en seis líneas. UAAAN – UL. Torreón-Coahuila, Mexico. 2017.....	<b>¡Error! Marcador no definido.47</b>



## I. INTRODUCCION

El maíz es el cultivo más importante para los mexicanos (Aguirre y García, 2012), un gran porcentaje que se produce o importa se destina al consumo humano, y es un factor de supervivencia para los campesinos, actualmente la caracterización y evaluación se hace necesaria (Serratos, 2012). En el año período octubre 2015–septiembre 2016, la producción fue de 25.7 millones de ton, del cual 22.3 millones fueron de maíz blanco, destinado para consumo humano. Para 2016/17 se estima una producción de 26 millones de ton de maíz, (SAGARPA 2016). En tanto en Coahuila se siembran anualmente 11, 815 ha<sup>-1</sup> de maíz de grano (SAGARPA, 2013), en Primavera y Verano.

El cambio climático ha impuesto nuevos retos en el abasto de maíz en México, se han identificado variedades de maíz como posibles fuentes de germoplasma para generar maíces comerciales adaptadas a las nuevas condiciones climáticas (Ramírez *et al.*, 2015). El mejoramiento genético es la ciencia y el arte de incrementar el rendimiento o productividad, la resistencia o tolerancia, calidad de sus productos, por medio de modificaciones del genotipo de los individuos, esta disciplina gestiona recursos genéticos de especies asegurando la conservación a largo plazo de la variabilidad genética poblacional existente y su biodiversidad (INTA, 2014). La diversidad genética y la heterosis que existe entre el maíz es muy amplia (Ramírez *et al.*, 2015).

La heterosis es el aumento en la expresión de ciertos caracteres que se manifiesta en la cruce respecto de sus líneas parentales (INTA, 2014). El desarrollo de variedades de maíz toma un tiempo considerable y es costoso; por

lo que los Fitomejoradores están continuamente explorando métodos rápidos y baratos para cumplir con este objetivo (Cervantes *et al.*, 2006). En el mejoramiento de plantas, es importante el conocimiento relativo al componente genético de los materiales usados como progenitores, (Gutiérrez *et al.*, 2004). Los propósitos que se persiguen al estimar los parámetros genéticos es conocer la naturaleza de la acción de los genes, e información básica para la utilización de programas de mejoramiento de una población, o para el desarrollo de nuevos enfoques para el mejoramiento genético (Robinson y Cockerham, 1965).

En la actualidad la selección sigue siendo el principio básico del mejoramiento de los cultivos y han incorporado la implementación de nuevas tecnologías, no obstante, los programas de mejoramiento depende de la alta variación genética (Quiroz *et al.*, 2012). El mejoramiento genético por hibridación tendrá éxito si las líneas de un híbrido son de Alta Aptitud Combinatoria General (ACG), condición que aseguran un alto rendimiento, si adicionalmente el híbrido presenta un efecto positivo alto de Alta Aptitud Combinatoria Especificas (ACE), su capacidad de rendimiento aumentara (Reyes *et al.*, 2004). La decisión acerca del diseño genético se debe emplear para conocer algunas propiedades genéticas de las poblaciones de interés, se debe optar por el más práctico asegurando que proporcione la información requerida (Hallauer y Miranda, 1988).

Los diseños dialélicos permiten conocer la acción génica de caracteres cuantitativos y seleccionar los mejores progenitores y las combinaciones superiores (De la cruz *et al.*, 2003), con el objetivo de hacer una mejor selección de las combinaciones híbridas sobresalientes.

La finalidad de esta investigación fue estimar, aptitud combinatoria general y específica para rendimiento de grano en líneas de maíz y sus cruzas, y detectar la mejor combinación híbrida.

### **1.1. Objetivo**

Estimar el tipo de acción génica presente en líneas y cruzas de maíz.

Cuantificar los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE).

### **1.2. Hipótesis**

Es posible conocer la acción génica y los efectos de la Aptitud Combinatoria General y Específica.

## **II. REVISIÓN LITERATURA**

### **2.1 Mejoramiento de Maíz**

En todo programa de mejoramiento genético, la elección de germoplasma es una de las decisiones más importantes que el mejorador debe tomar, ya que

puede ser determinante en el éxito del programa. Hallauer (1993) indica que el mejoramiento de Maíz incluye dos componentes de igual importancia: 1) elección de germoplasma, y 2) desarrollo de líneas para su uso en híbridos.

México tiene una gran diversidad/Variabilidad genética de maíz, debido a que es una especie alógama, constituye un amplio reservorio de genes importantes para la evolución, conservación y mejoramiento de la especie. Los programas de mejoramiento genético comúnmente utilizan sólo una parte de la diversidad genética disponible (Gómez *et al.*, 2015). Normalmente, se cruzan tipos de maíz genéticamente diversos para crear poblaciones de maíz (compuestos, complejos genéticos y generaciones avanzadas de cruza de variedades, etc.), que posteriormente son mejoradas mediante selección recurrente. El mejoramiento convencional ha asistido por marcadores moleculares, una parte de la ganancia genética en el rendimiento se atribuye a una mejor tolerancia al estrés (Castro *et al.*, 2009).

El mejoramiento de poblaciones mediante selección recurrente puede ser inter o intra-poblacional. La selección intra-poblacional involucra el mejoramiento de una población, utilizando el método de selección masal o familiar, medios hermanos paternos/maternos, hermanos completos/ líneas S1 o S2, siendo el método de hermanos completos más eficiente que el masal pero es más caro que los demás (Ramírez *et al.*, 2000).

De acuerdo con Falconer (1989), el mejorador logra el mayor avance en la selección cuando:

- a) Son grandes las diferencias (varianza genética) entre los genotipos.
- b) Es muy intensa la selección (solo una pequeña porción de los Genotipos es seleccionada).
- c) La heredabilidad es alta (se pueden evaluar con precisión, en los genotipos estudiados, aquellas características que son valiosas en el medio ambiente, para luego transmitir las a la progenie de éstos).

Con la semilla de las plantas seleccionadas se procede a mezclarlas y sembrarlas en el próximo ciclo de siembra con el fin de formar una nueva generación con un aumento de individuos en características deseables (Saquimux, 2011). En efecto para crear nuevas combinaciones de genes y variabilidad útil entre los genotipos, el mejorador realiza cruza entre progenitores que poseen características deseables o introduce germoplasma nuevo proveniente de otros programas de mejoramiento. Enseguida reduce la amplitud de esta variabilidad seleccionando los pocos genotipos que muestran un comportamiento óptimo en el medio ambiente (Bänziger *et al.*, 2012). Además de la utilización de los patrones heteróticos ya existentes, es necesario generar patrones heteróticos que sean orientados a formar híbridos de maíz más eficiente.

## **2.2 Líneas**

Las plantas de líneas puras son aquellas que son desarrolladas a través de varios ciclos de autofecundación, y se le clasifica como altamente homocigota. A través de su polen como de sus óvulos estas unidades se transmiten al 100%.

En el mejoramiento de líneas a través de diferentes métodos tales como cruza o retro cruza, selección genética o mejoramiento convergente. La reducción de la mitad del vigor se registra en la primera generación autofecundada, el resto de la pérdida se registra por mitad en cada generación sucesiva (Balderrama *et al.*, 1997). La disminución del vigor por efecto de la endogamia se equilibra después de cinco a siete generaciones de autofecundaciones, a esta disminución de vigor se le denomina depresión endogámica (Chávez, 1995).

Para la formación de líneas auto fecundadas, es necesario partir de poblaciones previamente seleccionadas sobre la base de su amplia variabilidad genética (Jugenheimer, 1985). Las líneas puras generalmente poseen buena ACG cuando son cruza con probadores comerciales que pudieran ofrecer altos beneficios a la industria semillera (Carena, 2005). Las líneas puras después de un proceso de autofecundación ya no pueden diferenciarse fácilmente una de otra, cuando eso sucede se dice que la línea es altamente homocigota, ósea que las mismas de esa línea tienen la misma constitución genética en lo referente a las unidades de herencia (Chávez, 1995). Las líneas puras de plantas autógamias podrían conservarse indefinidamente, generaciones tras generaciones si las siembras se mantuvieran libres de plantas extrañas.

La utilización de diversos tipos de androesterilidad ha abierto nuevos horizontes en la producción comercial de híbridos al permitir emplear líneas androesteriles como progenitores femeninos (Stamp *et al.*, 2000). San Vicente (2007) considera que la evaluación de líneas *per-se* debe adaptarse en los programas de mejoramiento de maíz con el objeto de disponer de una



caracterización completa de las líneas, incluyendo su potencialidad como hembra o macho en la formación de híbridos.

### **2.3 Genotipo**

Es la información genética codificada en el ADN que está presente en el núcleo, los plástidos y la mitocondria (Tiessen, 2012).

### **2.4 Fenotipo**

Conjunto de caracteres que se expresan visiblemente en un individuo o población, lo que se puede observar, medir, cuantificar como los parámetros agronómicos cualitativos y cuantitativos (Tiessen, 2012).

### **2.5 Hibridación en Maíz**

El mejoramiento genético de maíz por hibridación fue iniciado por Shull en 1909, con la obtención de líneas endogámicas poco productivas, y la formación de híbridos de cruce simple de mayor rendimiento que la variedad original. En 1960 se inició la producción comercial de híbridos de cruce simple, por su alto rendimiento, uniformidad y por la obtención de líneas un poco más productivas, pero la semilla aún tenía un alto costo de producción, debido a que la presión por endogamia conduce a las líneas a bajo rendimiento. En sentido inverso a la depresión endogámica existe la heterosis, que es la diferencia del valor de la cruce F1 y el promedio de sus progenitores, (Moll *et al.*, 1965).

La acción génica puede ser aditiva, no aditiva o una combinación de ambas. El grado de dominancia, la epístasis y las interacciones genético-

ambientales se suman a la complejidad del fenómeno de la heterosis. Los híbridos de cruce simple presentan el problema de bajo rendimiento de las líneas endogámicas que los forman lo cual dificulta y encarece la producción de la semilla comercial del híbrido (Hallauer *et al.*, 1988). Según Moll *et al* (1962) y Prasad y Singh (1986) la heterosis es mayor al aumentar la divergencia genética de los progenitores.

La hibridación en maíz es una técnica de mejoramiento genético con mayor producción, en comparación con los rendimientos de las variedades de polinización libre (CIMMYT, 1987), igualmente se considera como un método genotécnico que tiene como objetivo principal el aprovechamiento de la generación F1 (híbrido F1) provenientes del cruzamiento entre dos poblaciones (P1 y P2) con cualquier estructura genotípica, las cuales pueden ser líneas endogámicas, variedades de polinización libre, variedades sintéticas o las poblaciones F1 mismas en el caso de las cruces dobles (Quemé *et al.*,1991), el valor de los progenitores de un híbrido se puede determinar mediante la prueba de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE).

Los métodos de mejoramiento genético para la formación de híbridos tienen como objeto final capitalizar al máximo la heterosis entre los progenitores seleccionados (Ramírez *et al.*, 2007). Velázquez *et al.*, (1983) señalan que la hibridación ha sido uno de los métodos más exitosos para aumentar la capacidad de rendimiento, indicando que ofrecen mejores alternativas en rendimientos superiores en comparación con poblaciones originales, y se realiza con los objetivos de explotar el vigor híbrido (heterosis), formara ideotipos específicos

para determinados ambientes, provocar variabilidad y selección de nuevos materiales, seleccionar los materiales que intervendrán como progenitores en las cruzas, seleccionar la crusa adecuada y deseable de acuerdo con las exigencias del consumidor (Chávez 1995).

## **2.6 Híbridos**

Una de las razones por la que en estos últimos años ha ido aumentando la producción mundial de alimentos es por el desarrollo y la utilización de maíz híbrido (Betancourt *et al.*, 1974). Un híbrido se define como aquel individuo que es producto de una crusa entre padres genéticamente diferentes. Debe mostrar un razonable alto grado de heterosis para que las producciones sean económicamente viables (Paliwal *et al.*, 2001). En las variedades híbridas todos los individuos de la población son idénticos pero heterocigotos, lo cual significa que no pueden reproducirse en individuos iguales a sí mismo, ósea que no es posible conservarla al reproducir su semilla, ya que su descendencia no resulta igual a los progenitores, ofreciendo una gran variabilidad. Los híbridos pueden clasificarse en:

Híbrido simple es creado mediante el cruzamiento de dos líneas endogámicas, siendo más uniformes y tienden a presentar mayor potencial de rendimiento (Jugenheimer, 1985) en entornos ambientales favorables.

Híbridos dobles Chávez (1995) argumenta que se hace a partir de cuatro líneas autofecundadas (Dos líneas heterocigotas), no son tan uniformes en comparación con las cruzas simples, por lo que se obtiene mayor variabilidad.

Hibrido Triple se obtiene a partir de tres líneas auto fecundadas (Cruza simple y una línea autofecundada), logrando obtener mayores rendimientos que una crusa doble (Chávez, 1995).

Los objetivos de estos cruzamientos van encaminados a la obtención de altos rendimientos en producción, por lo que se selecciona aquellas plantas resistentes a condiciones climáticas adversas y plagas o enfermedades. Actualmente se están formando híbridos de competitividad integral total, de dos o tres líneas, con el fin de abaratar el costo de producción de semillas, sin mermar los rendimientos (Mendoza, 1997). No obstante se debe tener en cuenta que la producción de semilla híbrida es más costosa que la multiplicación de la línea pura o cultivares de polinización abierta (Bejarano, 2003).

## **2.7 Heterosis**

Gutiérrez *et al.*, (2002) define la heterosis como el fenómeno en el que la F1, resultante del cruzamiento entre dos genotipos, siendo superior en crecimiento, tamaño, rendimiento y vigor. Shull (1948) explica que si no hay incremento en las cruzas debe tratarse como otro fenómeno, pero no como heterosis; no hay heterosis negativa puesto que el vigor híbrido es resultado de la heterosis, (heterosis es la causa y el vigor híbrido su efecto). La expresión final de la heterosis se debe a la sumatoria de todos los genes que intervienen en todas las variantes de acción de genes interalelicos e intralelicos. (Robles 1986).

Ramírez *et al.*, 2007 Indica que en el mejoramiento genético en maíz (*Zea mays* L.) en la síntesis de híbridos se expresa al máximo la heterosis. Esto se

debe a las acciones genéticas aditivas, de dominancia, sobredominancia, epistática; así como las interacciones genético-ambientales que contribuyen a la existencia de heterosis, que a su vez se basa en el cruzamiento de germoplasma con acervos genéticos y orígenes geográficos distintos. Al respecto Gutiérrez *et al.* (2002) y De la Cruz *et al.* (2003) mencionan que en el mejoramiento genético de maíz el nivel deseable para aprovechamiento de la heterosis en una cruce es cuando menos del 20%, esto se logra al emplear germoplasma de mayor divergencia genética para que las cruces proporcionen mayor respuesta de heterosis (Peña *et al.* 1997).

Vasal y Cordoba (1996) hacen referencia a los esquemas de mejoramiento intrapoblacional e interpoblacional para generar nuevas y mejores líneas en maíz, resaltando la importancia que tienen los efectos de ACG Y ACE en este proceso. Además, los híbridos formados entre líneas no emparentadas se comportan mejor que los híbridos formados con líneas relacionadas. La heterosis en maíz aumenta con el incremento en la divergencia genética de las poblaciones progenitoras, a través de una amplia gama de diversidad, pero esta divergencia debe estar dentro de ciertos límites, de lo contrario la expresión heterótica puede ser anulada por combinaciones discordantes en los híbridos F1.

Una forma de estimar la aptitud de las líneas es a través de cruces de prueba utilizando probadores divergentes que permitirán estimar la distancia genética de las líneas involucradas pudiendo ser clasificados en diferentes grupos heteróticos basándose en el comportamiento de las cruces y los probadores (Soengas *et al.*, 2003).

Molina y Lobato (1998) establecen que la heterosis calculada en híbridos de cruza simple en ocasiones es sobreestimada debido a la depresión endogámica que presentan las líneas progenitoras, lo que origina que no siempre los híbridos de mayor heterosis sean las de mayor rendimiento. Asimismo, con el uso de diferentes probadores se obtiene la mayor máxima información de un conjunto de líneas, logrando seleccionar el germoplasma deseado, y formar híbridos comerciales a corto plazo (Mendoza *et al.*, 2000).

## **2.8 Diseño Genético**

Los diseños genéticos/apareamiento son planes de cruzamiento entre individuos de una población, proporcionan un punto de partida esencial en la cuantificación de efectos de las influencias genéticas y ambientales sobre la población estudiada. Suriyagoda y Peiris, (2007) mencionan que para que la selección sea eficiente, es conveniente basarla en la estimación de parámetros genéticos de las características de mayor importancia, mediante el análisis estadístico de datos fenotípicos de las progenie segregante, de los progenitores o de ambos.

Los modelos matemáticos para estimar parámetros genéticos de poblaciones, ignoran epístasis y suponen equilibrio de ligamiento; los más comunes son: Diseños I, II y III de Comstock y Robinson (1948, 1952), mejor conocidos como Diseño de Carolina del Norte, y diseños dialélicos de Griffing (1956), estos diseños se pueden aplicar a caracteres de herencia diploide, dos alelos por locus y bajo los supuestos de equilibrio de ligamentos y ausencia de

epistasis. Con base en estos modelos ha sido posible estimar las varianzas genéticas aditiva y de dominancia de diferentes tipos de poblaciones de maíz de polinización libre.

Para un diseño dialélico, según Layrisse (1981), está constituido por todos los cruzamientos posibles entre un conjunto de padres y que frecuentemente no incluye a los padres, cruzas recíprocas y testigos. Existen varios diseños de análisis dialélico para estimar la aptitud combinatoria general (ACG) y la aptitud combinatoria específica (ACE), pero el más utilizado es el de Griffing (1956) en sus cuatro métodos: 1) Progenitores y sus cruzas F1 directas y recíprocas; 2) Progenitores y cruzas F1 directas; 3) Cruzas F1 directas y recíprocas; y 4) Cruzas F1 directas.

La evaluación de la ACG y ACE mediante cruzamientos dialélicos es eficiente en la clasificación de progenitores, e identifica fuentes de germoplasma útiles en programas de mejoramiento genético (Castañón *et al.*, 2005). Los diseños dos y cuatro de Griffing han sido utilizados para estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) a partir de sus componentes de varianza (Montesinos *et al.*, 2005). Sahagun (1997) encontró que el nivel de endogamia de los progenitores guarda una relación directa con la precisión de los estimadores de los componentes de varianza genéticos en los diseños I y II de Carolina del Norte.

La decisión sobre el diseño genético a emplear para conocer las propiedades genéticas de la población de interés estará en función de los

objetivos de la investigación. Generalmente se opta por elegir el más práctico y sencillo, asegurando que proporcione la información requerida.

## 2.9 Diseño Cruzamiento Dialélico

Los diseños de apareamiento dialélico pueden ser muy útiles si se analizan e interpretan correctamente. Sprague y Tatum (1942) propusieron las cruzas posibles (dialélicas) para determinar la ACE de las líneas, es decir que después de evaluadas las cruzas, muestran cruzas de mayor rendimiento y determinarán cuáles son las líneas con mayor ACE, que es el comportamiento de combinaciones específicas entre líneas genéticas, en relación con el promedio de todas las combinaciones. Las cruzas simples posibles que pueden obtenerse de un conjunto de líneas progenitoras, se denominan cruzas dialélicas, través de las cuales se puede conocer el comportamiento de una línea en combinaciones híbridas (Hyman 1954; Martínez 1988).

Los diseños dialélicos son utilizados para explotar la heterosis, proveen información acerca del tipo de acción génica que esté presente en la población base (Rojas y Sprague. 1952). Griffing (1956) describió un procedimiento por el cual un grupo de  $p$  líneas endogámicas son escogidas y cruzadas entre ellas, así existe un máximo de  $n^2$  de cruzas posibles las cuales pueden dividirse en forma conveniente en tres grupos:

1.  $n$  autofecundaciones
2. grupo de  $n(n-1)/2$  de cruzas F1
3. grupo de  $n(n-1)/2$  de cruzas recíprocas de la F1.



Los métodos experimentales que utilizan cruzas dialélicas pueden variar, dependiendo si los progenitores o cruzas recíprocas F1 se incluyen, con esas bases dio a conocer cuatro métodos de cruzas dialélicas:

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

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

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

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

Los diseños 1 y 3 permiten la estimación de efectos maternos y recíprocos, además de los componentes de varianza, para ACG Y ACE, particulares a los diseños 2 y 4 (Franco, 1979). En el maíz, los métodos 2 y 4 han sido y son los más utilizados por los Fito mejoradores. Kemthorne y Curnov (1961) refieren que las cruzas dialélicas son utilizadas para estimar los componentes genéticos de la variación entre los rendimientos de las cruzas, predicción de las capacidades de rendimiento de varias cruzas y la estimación de ACG de cada una de las líneas, encontrando que es el método más eficiente que otros.

Morata *et al.* (2003) mencionan que la aptitud o habilidad combinatoria de las líneas endocreadas es el factor determinante esencial en la utilidad futura de

las líneas para híbridos, y las cruzas dialélicas constituyen un procedimiento estándar de investigación en la genética de plantas y animales. Sin embargo, consideran que solamente con las cruzas directas del dialélico se pueden obtener estimaciones correctas, debido a que algunas variables evaluadas no existen los efectos maternos, por lo que no espera la ocurrencia de sesgo en las estimaciones de las F1 por no incluir los recíprocos. Los cruzamientos dialélicos pueden ser usados en estudios genéticos para indagar la herencia de rasgos o características de importancia entre un grupo de genotipos. Específicamente las cruzas dialélicas fueron desarrollados para estimar la aptitud combinatoria general de los padres e identificar al padre superior para ser usados en la formación de híbridos o sintéticos.

### **2.10 Cruzas Dialélicas**

Cruzas dialelicas se usa para indicar las cruzas que son posibles, con “p” progenitores (entre variedades, líneas o razas), en todo programa de mejoramiento son necesarios varios pasos, los siguientes son los más relevantes:

- Hacer cruzas
- Evaluar las cruzas en ensayos de rendimiento, en varios ambientes.

### **2.11 Prueba Significancia**

La significancia estadística es la diferencia entre la aptitud combinatoria de los híbridos que se evaluaron mediante la prueba de t o diferencia mínima significativa como lo indican Chaudhary y Singh (1979).

$$DMS \alpha = EE \times t (\alpha/2, gl ee)$$

Dónde:

DMS= Diferencia Mínima Significativa

EE= Error Estándar para la comparación de medias.

T ( $\alpha/2$ , gl ee) = valor de las tablas, apropiado a los grados de libertad del error experimental a una población  $\alpha$ .

## **2.12 Aptitud combinatoria (AC)**

Según De la Cruz (2003), el término aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una población, de combinarse con otros, medida por medio de su progenie. Sin embargo debe determinarse no en un solo individuo de la población sino en varios, a fin de realizar selección en aquellos que exhiban valores más altos (Márquez, 1988). En términos estadísticos Falconer (1990) define la aptitud combinatoria general como los efectos principales de efectos aditivos y la aptitud combinatoria específica como una interacción de los efectos no aditivos (principalmente de dominancia). Jenkins y Bruson (1932) sugirieron el uso de un probador común para medir la AC de un gran número de líneas.

Estudios de aptitud combinatoria demuestran la importancia en cuanto a la identificación de los progenitores potenciales que pueden ser útiles para producción de híbridos o para el desarrollo de poblaciones compuestas o sintéticas (Martínez 1983). Sin embargo, la aptitud combinatoria debe determinarse no solo en un individuo sino en varios (Población), a fin de poder seleccionar los que presenten la más alta aptitud combinatoria. Gutiérrez *et al* (2004) y Castañón-Nájera *et al.* (2005) mencionan que conocer la aptitud combinatoria de los progenitores, mejora la eficiencia de un programa de mejoramiento; esto permite seleccionar progenitores con buen comportamiento promedio en una serie de cruzamientos, e identificar combinaciones específicas con un comportamiento superior a lo esperado.

Ortiz y Mendoza, (1998) Indican que en maíz (*Zea mays*L.) generalmente se identifican líneas con alta Aptitud Combinatoria General (ACG), y que posteriormente son probadas para Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) en cruzamiento entre ellas o cruzamiento con una línea probadora. Con relación al tipo de acción génica que determina la aptitud combinatoria de las líneas, se considera que la ACG indica la porción aditiva de los efectos genéticos, en tanto que la ACE, los efectos no aditivos, esto es, la acción génica de dominancia y epistasis (Poehlman y Allen, 2003). El conocer la heredabilidad de un carácter es de importancia para poder mejorarlo dentro de una población, si la heredabilidad del carácter es alta, el efecto de selección pudiera ser mayor (Mingramm, 2012).

### **2.13 Aptitud combinatoria Específica (ACE)**

En todo programa de Mejoramiento Genético de Maíz es importante contar con los métodos o herramientas que permitan elegir solo los materiales sobresalientes, Sprague y Tatum (1942) señalaron que la aptitud combinatoria específica es el resultado del efecto conjunto de dos líneas específicas, o como la desviación que presenta la progenie de una cruce con respecto al promedio de sus progenitores. Evaluando la acción génica debido a todos los efectos no aditivos, y se usa para designar las cruces que se comportan mucho mejor o peor que lo esperado en virtud del comportamiento de los progenitores. Clure *et al.* (1993); Molina y García (1996) indican que la alta ACE de dos líneas, se deberá a la interacción entre los alelos de una línea con los alelos de otra.

De las interacciones entre alelos se da el efecto no aditivo: incluyen los efectos de dominancia que se generan de la interacción entre alelos del mismo locus; los efectos epistáticos, dependen de las combinaciones de alelos en múltiples loci (Falconer y Mackay, 1996). Los efectos no aditivos tienen relación con la significancia de la ACE (Mingramm, 2012). A diferencia de la ACE en las cruces donde se detecta mayor efecto de la ACE, puede implementarse una selección recurrente recíproca o de hibridación (Preciado *et al.*, 2005). Brauer (1969) señala que la ACE es la de mayor frecuencia posible en combinaciones heterocigotas **Aa** y que la presencia de combinaciones dominantes o recesivas homocigotas significa un cierto grado de individuos con las combinaciones indeseables para medir tal aptitud.

Falconer (1970) señala que la ACE de una cruce no puede ser medida sin hacer y sin probar dicha cruce particular, por lo tanto, para lograr una intensidad

de selección razonable alta para la ACE tiene que hacerse un gran número de cruzas.

#### 2.14 Aptitud combinatoria General (ACG)

Robles (1982), Gutiérrez *et al.* (2004) y Sierra *et al.* (2004) definen la Aptitud Combinatoria General (ACG) como el comportamiento de una línea en combinaciones híbridas, desde el punto de vista cuantitativo, la ACG de una línea es el valor medio de más F1's de sus cruzas con otras líneas (Falconer, 1970). Por su parte Clure *et al.* (1993); Molina y García (1996) indican que una línea de alta ACG debe ser aquella que contiene en su genotipo una alta dotación de genes dominantes o parcialmente dominantes al carácter de interés. La ACG se debe a efectos génicos aditivos, y es la estimación de la cuantía de los efectos de los genes de acción aditiva.

Mendoza (1988); Palacios y Ángeles (1990) argumentan que para hacer más eficiente la estimación de ACG, los Fito mejoradores han recurrido a diferentes métodos o procedimientos para su estimación como:

- a) Prueba de Mestizos
- b) Empleo de cruzas Dialélicas
- c) El comportamiento *Per se*

Jenkis (1934) menciona que las progenies endocriadas deben ser cruzadas con alguna población heterogénea, tal como la población original a una variedad sintética; así las líneas menos deseables se eliminan en base al comportamiento de su progenie. Pérez *et al.* (1991) sugiere la estimación de ACG

y ACE mediante cruzamientos Dialélicos, debido a que han sido efectivos para clasificar progenitores y sus cruzas en maíz. Por su parte Sámano y De León (2003) mencionan que los efectos de ACG son de mayor importancia en la formación de híbridos ya que al cruzar dos o al menos un progenitor con valores altos en ACG aseguran híbridos con un alto potencial de rendimiento, mientras que los valores de ACE no muestran tan alta correlación con el rendimiento de los híbridos superiores.

Rojas y Sprague (1952) concluyeron que la aptitud combinatoria general en maíz, es relativamente más estable en localidades, que la aptitud combinatoria específica. Robles (1986) menciona que la prueba de ACG es un medio de hacer selección preliminar de un alto número de líneas, ya que determina en cierta forma el comportamiento promedio de las Líneas S1. Puesto que en esta etapa de autofecundación todavía existe bastante heterogeneidad genética dentro de cada una de ellas.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

El estudio se desarrolló en el campo experimental de la UAAAN-UL, ubicada en Torreón, Coahuila como parte del programa de mejoramiento genético en maíz del Departamento de Fito mejoramiento.

#### **3.1. Localización geográfica**

El campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, (UAAAN-UL) se localiza geográficamente en las coordenadas 25° 33' y 27'' latitud norte, y en los meridianos 103° 22' 14.28'' longitud oeste, con 1120 msnm y El clima es seco, caluroso, con temperaturas media anual de 20 a 22°C, precipitaciones escasas, precipitación media anual de 300 mm, los vientos dominantes son alisios en dirección sur, con velocidades desde 27-44km/h (INEGI, 2010).

#### **3.2. Material genético**

Se utilizaron tres líneas de maíz procedentes del CIMMYT y tres líneas del programa de Mejoramiento Genético de la UAAAN-UL, las cuales conforman el



grupo de las hembras y machos (Cuadro 1), siendo un total de seis líneas parentales.

**Cuadro 1. Material genético utilizado. UAAAN – UL. Torreón-Coahuila, México.**

Líneas	Pedigree	Origen
<b>AN-23</b>	AN-77-185	<b>UAAAN-UL</b>
<b>AN-24</b>	CML-506-41	<b>CIMMYT</b>
<b>AN-25</b>	CML-508-43	<b>CIMMYT</b>
<b>AN-26</b>	CML-509-44	<b>CIMMYT</b>
<b>AN-27</b>	AN-82-190	<b>UAAAN-UL</b>
<b>AN-28</b>	AN-78-186	<b>UAAAN-UL</b>

En el ciclo primavera del 2016 se realizaron las cruzas entre las líneas progenitoras. El sistema de cruzamiento fue de acuerdo al diseño genético II de Griffing (1956) el cual considera las cruzas posibles y sus progenitores, formándose quince cruzas (Cuadro 2). De las quince cruzas obtenidas, dos cruzas se descartaron debido a que no se obtuvo suficiente semilla, para sembrarse.

**Cuadro 2. Cruzas posibles entre seis líneas de maíz con el diseño genético II de Griffing (1956), UAAAN – UL. Torreón-Coahuila, México. 2016.**

♀/♂	23	24	25	26	27	28
23		<b>23x24</b>	<b>23x25</b>	<b>23x26</b>	<b>23x27</b>	<b>23x28</b>
24			<b>24x25</b>	<b>24x26*</b>	<b>24x27</b>	<b>24x28</b>
25				<b>25x26</b>	<b>25x27</b>	<b>25x28*</b>
26					<b>26x27</b>	<b>26x28</b>
27						<b>27x28</b>

---

**\* Estas cruzas no se obtuvieron.**

En el lote de cruzamiento, se sembraron dos surcos (3m<sup>2</sup>) de cada línea progenitora. En el terreno, se dispusieron en forma longitudinal en orden ascendente de la línea 23 a la 28 y, en los dos surcos contiguos, se sembraron en el orden descendente (28 a 23) con el objeto de facilitar la polinización. Además, para asegurar una mejor cobertura del período de la polinización, se sembraron siete días después de la siembra, dos surcos adicionales de las líneas a ambos lados de los anteriores. Al final, en la cosecha, se obtuvieron solo 13 de las 15 cruzas programadas, una originalmente.

**3.3. Evaluación de cruzas y líneas**

Las cruzas generadas en el ciclo primavera-verano del 2016, se evaluaron en el ciclo agrícola primavera-verano de 2017. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con veinte tratamientos y tres repeticiones. La parcela útil consistió en dos surcos de 3.0 m de largo y 0.75 m de ancho con separación entre plantas de 0.15 m, para una población de 88.8 mil plantas por hectárea. Además de las cruzas y sus progenitores se utilizó un testigo comercial.

**3.4. Manejo Agronómico****3.4.1 Preparación del suelo**

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

### **3.4.2 Nivelación y marcado del Terreno**

La nivelación del terreno se realizó el 29 de marzo de forma mecanizada con rayo láser, posteriormente se levantaron bordos de 1.5 m y 20 m de separación para formar la melga. Posteriormente, en la melga se marcaron los surcos a 0.75m de separación, formándose 27 en total. De los 27 surcos de cada melga, 24 se utilizaron para establecer el experimento, los tres restantes se dejaron como bordo de protección.

### **3.4.3 Siembra**

La siembra del experimento se llevó a cabo en el ciclo primavera, el 01 de abril de 2017, en el campo experimental de la UAAAN-UL, en forma manual, depositando dos semillas por golpe a una distancia de 15 cm entre planta. Se realizó un riego posterior a la siembra y se hizo raleo a los 28 días después de germinado, dejando una sola planta por golpe alcanzando una población de 88,88 plantas ha<sup>-1</sup>.

### **3.4.4. Fertilización**

La fertilización se realizó con la formula de 180-100-00 (N-P-K), el 50% del N<sub>2</sub>, y el 100% del P<sub>2</sub> O<sub>5</sub>, se aplicaron en el primer riego a base de Urea Acida (26% N<sub>2</sub>) y Ácido Fosfórico (53% P<sub>2</sub>). El 50% de N<sub>2</sub> se aplicó en el segundo riego o primer auxilio con Sulfato de Amonio (20.5% N<sub>2</sub>).

### **3.4.5. Riego**

Se realizaron tres riegos ligeros con diferentes laminas y tiempo de riego, con intervalos de 7 días entre uno y otro riego dependiendo a la humedad disponible en el suelo durante todo el ciclo de evaluación, el sistema de riego utilizado fue rodado/gravedad.

#### **3.4.6. Control de Malezas**

Para el control de maleza se llevó a cabo la aplicación de un herbicida pre-emergente agrícola, HARNES (concentrado emulsionable preemergente, con ingrediente activo Acetoclor: 2-cloro-N-etoximetil-6 etilacet-o-toluidida al 75.3%, e ingredientes inertes: Protector, solvente, emulsificante, estabilizador y portador al 24.7%), a la dosis recomendada por la etiqueta del producto de 2.0- 3.0 L/Ha posterior a la siembra, y antes de la emergencia de la semilla. De igual manera a lo largo del ciclo del cultivo se realizó control manual (azadón).

#### **3.4.7 Control de Plagas**

El problema principal de plagas fue el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) ocasionando más daños durante todo el ciclo, para la cual se realizaron consecutivas aplicaciones con diferentes insecticidas, con el fin de tener un control adecuado de las plagas presentes durante todo el desarrollo de la planta de maíz.

**Cuadro 3. Productos utilizados para el control de plagas. UAAAN – UL. Torreón-Coahuila, México. 2017.**

<b>Plaga</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosis</b>	<b>Ingred. Activo</b>	<b>Ingred. Inerte</b>
Gusano cogollero (Spodoptera frugiperda)	*CYREN 480 (Concentrado emulsionable)	0.5-1.5 L/Ha	* Clorpirifos etil: O,O-Dietil-O-(3,5,6- tricloro-2-piridinil) fosforotioato. 44.50%	* Solventes y emulsificantes 55.50%
	*CLORVER 480 (Concentrado emulsionable)	0.5-1.5 L/Ha	* Clorpirifos etil: O,O-dietil O-(3,5,6- tricloro-2-piridil) fosforotioato 44.50%	*Emulsificante y Diluyente. 55.50%
	*KARATE ZEAN Microencapsula do	0.300 a 0.500 L/Ha	Lambda cialotrina: Alfa-ciano-3- fenoxibencil 3-( 2- cloro-3,3,3- trifluoroprop-1-enil)- 2,2-dimetil ciclopropano carboxilato, a 1:1 de los isómeros (Z)- (1R,3R), S-éster y (Z)-(1S,3S), R-éster 5.15%	Solvente, dispersante, estabilizante, agentes de suspensión, emulsionantes y compuestos relacionados 94.85%
	CLORVER 3% G Granulado	5.0-10.0 kg/Ha	Clorpirifos etil: 0,0- dietil O-(3,5,6 tricloro-2-piridinil) fosforotioato 3.00%	Diluyente 97%
	CHLORBAN 5% Granulado	25-30 Kg/Ha	Clorpirifos etil: 0,0- dietil O-(3,5,6 tricloro-2-piridinil) fosforotioato 3.00%	Diluyente 97%
	PLATINO 375 Concentrado Emulsionable	0.4-0.5 L/ha	Fenpropatrin: (RS)- alfa-ciano-3- fenoxibencil-2,2,3,3- tetrametilciclopropano carboxilato 38.50%	Solvente y emulsificantes 61.50%.
	ADHERENTE 30 Coadyuvante	40-100 mL/100 L H2O	ALQUIL-ARIL POLIGLICOL ETER Alquilaril	DILUYENTES (Agua) y Estabilizador 70%

			polioxietilen 30%	éter	
ARAÑA ROJA ( <i>Tetranychusurtic ae</i> )	ARQUIA 18 Concentrado Emulsionable	80-100 ml/100 L de Agua	Abamectina (avermectina): Mezcla de avermectinas contenido no del 80% más de Avermectina B1a y no menos del 20% de avermectina B1b 1.80%	de B1 antiespumant es 98.20%.	
	*Bombasil 90 PS Polvo soluble	300-350 gr/Ha	*Metomilo: S- (EZ) (metilcarbamoiloxi) tioacetimidato 90%	metil -N- Diluyente 10%	

\*Las aplicaciones se realizaron de manera manual con mochila de 20 L.

### 3.4.8. Aporque

Se llevó acabo 18 días después de la germinación con azadón, el aporque consistió en acercar tierra al pie de los tallos de las plantas; después de 15 días de la primera cultivada, las siguientes se realizaron con una mula y manualmente (azadón).

### 3.4.9 Cosecha

Se realizó a los 165 días después de la siembra de forma manual, tomando como indicador de cosecha la capa negra en la madurez fisiológica en el grano, además, se consideró la humedad del grano y secado del follaje de la planta. Se cosecharon los dos surcos de cada parcela por tratamiento por repetición.

## 3.5 Variables evaluadas

Para la determinación del comportamiento de las cruzas se evaluaron las siguientes variables agronómicas:

### **3.5.1 Altura mazorca (AM)**

Esta variable se determinó tres semanas posteriores a la floración que es cuando la planta termina su crecimiento. Se tomó en cinco plantas al azar de cada parcela, midiendo con un estadal esta desde la superficie del suelo hasta el primer nudo de inserción de la mazorca superior, registrando los datos en cm. Posteriormente se obtuvo un promedio sumando todos los valores, dividiéndolos entre cinco.

### **3.5.2 Altura de planta (AP)**

Esta variable se determinó tres semanas posteriores a la floración que es cuando la planta termina su crecimiento. Se tomó en cinco plantas al azar de cada parcela y con un estadal se midió la distancia desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a ramificarse la espiga (panoja), registrando los datos en cm. Posteriormente se obtuvo un promedio sumando todos los valores y dividiéndolos en cinco.

### **3.5.3 Acame Tallo (AT)**

Para evaluar esta variable se realizó a los 135 días después de la siembra, donde un porcentaje de plantas en la parcela presenta el tallo quebrado debajo de la mazorca con relación al número total de plantas por parcela.

#### **3.5.4 Floración Masculina (FM)**

Se consideró como floración masculina en número de días a partir de la fecha de siembra hasta que más de 50% de emisión de polen en las espigas.

#### **3.5.5 Floración Femenina (FF)**

Se consideró como floración femenina en número de días a partir de la fecha de siembra hasta que más de 50% de floración en las plantas tuvieron el estigma de 2 a 3 cm de largo en cada parcela.

#### **3.5.6 Diámetro de Mazorca (DMz)**

Con un vernier digitalizado se tomaron cinco mazorcas al azar de cada parcela y repetición para medir el diámetro, tomado en la parte media de la mazorca, expresado en cm. Posteriormente se obtuvo el promedio de cada parcela.

#### **3.5.7 Numero de Hileras (NH)**

Del total de mazorcas recolectadas por los dos sucos que componen una parcela se tomaron solo cinco mazorcas al azar, se contaron el número de granos en la parte media de la mazorca superior. Posteriormente se obtuvo un promedio sumando todos los valores dividiéndose en cinco.



### **3.5.8 Longitud de Mazorca (LMz)**

Con una regla graduada de 30 cm, se midieron cinco mazorcas tomadas al azar de cada parcela, midiendo la distancia (cm) comprendidas desde la base del ápice de la mazorca. Posteriormente se obtuvo un promedio sumando todos los valores dividiéndose en cinco.

### **3.5.9 Granos por Hilera (GH)**

Es el total de número de granos que se encuentran contenidos dentro de una hilera en una muestra de cinco mazorcas por tratamiento por repetición y, posteriormente se obtuvo un promedio.

### **3.5.10 Numero de Mazorcas por Parcela (NMz)**

Se registró la cantidad total de mazorcas cosechadas por parcela.

### **3.5.11 Stay Green (SG)**

Se calificó como presencia (1) y ausencia (2) en las plantas de cada parcela.

### **3.5.12 Uniformidad (Unif)**

De cada parcela, se calificó la uniformidad de plantas, según una escala de 1 a 5, de la siguiente manera:

1 = 0% de Uniformidad

2 = 25% de Uniformidad

3 = 50% de Uniformidad.

4 = 75% de Uniformidad

5 = 100% de Uniformidad

### 3.5.13. Rendimiento

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<sup>-1</sup>.

### 3.6 Análisis Estadístico

Con base al número de líneas y el tipo de apareamiento (Diseño-II de Griffing, 1956), se programó obtener 15 cruzas simples, sin embargo, no fue posible generar la semilla necesaria de las cruzas **24x26** y **25x28**, por lo tanto, para el análisis de varianza se predijo el comportamiento de las cruzas faltantes a través del “método de imputación múltiple” (PMM), calculando datos diferentes en cada repetición.

El modelo general del método-II de Griffing (1956) es:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + G_j + S_{ij} + e_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Es el comportamiento de cualquier observación.

U = Es la media general,

$G_i$  = Es el efecto de la Aptitud Combinatoria General asociado al progenitor i.

$G_j$  = Es el efecto de la Aptitud Combinatoria General asociado al progenitor j.

$S_{ij}$  = Es el efecto de la Aptitud Combinatoria Específica entre los progenitores i j.

$E_{ij}$  = Error medio aleatorio asociado a tratamientos (P + F<sub>1</sub> directas).

Para el análisis de datos se utilizó el Modelo (PMM) que es un enfoque de imputación semiparamétrica. Es similar al método de regresión, excepto que para cada valor faltante, rellena aleatoriamente un valor entre los valores observados de un donante de una observación cuyos valores de regresión pronosticados están próximos al valor de regresión pronosticado para el valor faltante. El método de PMM asegura que los valores imputados sean plausibles (UCLA, 2017).

Al encontrarse diferencias significativas, con el análisis de varianza se utilizó la prueba de Diferencia Mínima de Significancia (DMS), mediante la siguiente formula:

$$DMS = t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{CMEE}{r}}$$

Dónde:

$t_{\alpha/2}$  = el valor de t a un valor de probabilidad de los grados de libertad del error. CMEE= Cuadrado Medio del Error Experimental

r= número de repeticiones

Los parámetros genéticos de interés son los componentes aditivos y no aditivos de la varianza genotípica de la población original. Se supone que la

varianza fenotípica de la población se divide en componentes genéticos y ambientales.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis de varianza

De acuerdo a los objetivos planteados, así como para la comprobación de hipótesis, en este apartado se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA), para probar diferencias entre los genotipos (Cruzas y progenitores) en las variables agronómicas evaluadas y dar explicación a las interpretaciones biológicas observadas en la investigación.

En el Cuadro 4, se presentan los cuadrados medios de las 13 características evaluadas en el ciclo primavera- verano 2017 usando el diseño Dialélico II De Griffing (1956), y la significancia de las diferencias evidentes de los componentes en cada fuente de variación, que presentaron las variables agronómicas y el rendimiento de mazorca al 14% de humedad.

El análisis genético fue realizado con la información de quince cruzas simples para evitar la confusión de efectos debido a las líneas endogámicas progenitoras (Baker, 1978: Hallauer y Miranda 1988).

En el cuadro 4 se observa que las cruzas y líneas progenitoras (Trat=Tratamientos), fueron estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.01$ ) para nueve de las características, incluyendo rendimiento de grano (REN), en tanto se observan

diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) para GH, NH y SG, en el resto fueron no se observaron diferencias.

La fuente de variación para ACG, presento diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para 10 de las 13 variables evaluadas (AM, AP, AT, FF, FM, GH, NH, NMz, SG y REN, excepto para las tres variables restantes (DMz, LMz y Unif). Lo anterior indica que existen un efecto aditivo importante y significativo, además, las diferencias entre las líneas progenitoras en características agronómicas y de rendimiento, puede sustentarse en el origen diverso de las líneas procedentes del CIMMYT y del programa de mejora de la NARRO-UL.

Para la ACE, que representa los efectos no-aditivos, se observan diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para 10 de variables evaluadas y significativas ( $P \leq 0.05$ ) para los tres restantes. Esto indica que varianza de dominancia es significativamente importante entre las cruzas evaluadas. La proporción relativa de los efectos de ACG y ACE determinada por los cuadrados medios indican el tipo de acción génica en los caracteres (Baker, 1978).

De acuerdo a la relación de los cuadrados medios (ACE/ACG), se observa que los efectos aditivos fueron de mayor importancia para AP, AM, AT, FM y SG, en tanto en el resto de las características los efectos no-aditivos fueron de mayor relevancia, lo que señala la importancia del patrimonio genético de cada línea, es decir la cuantía de los efectos de genes aditivos y los genes de acción de dominancia (Sprague y Tatum, 1942).

El coeficiente de variación (CV) en los diferentes caracteres estudiados en la localidad fueron relativamente bajos y aceptables, con la excepción de AT que presentó un 48.9%.

**Cuadro 4. Cuadrados medios y nivel de significancia para 13 características evaluadas en seis líneas de maíz y sus 15 cruzas utilizando el Diseño-II propuesto por Griffing (1956). UAAAN – UL. Torreón-Coahuila, México. 2017.**

<b>FV</b>	<b>G.</b>	<b>AM</b>	<b>AP</b>	<b>AT</b>	<b>FM</b>	<b>FF</b>	<b>DMz</b>	<b>GH</b>	<b>LMz</b>	<b>NH</b>	<b>NMz</b>	<b>SG</b>	<b>Unif</b>	<b>REN</b>	
	<b>L</b>														
<b>Cruzas</b>		362.6*	1420.0*	29.7*	303.8*		48.3*		19.9*	0.37	122.0*	0.02		27.9*	
	20					9.2**		21.8*					161.1		
		*	*	*	*		*		*	*	*	*		*	
	ACG	5	511.3*	621.1**	50.1*	166.5*	10.2*	7.6	35.6*	1.3	0.8**	22.8**	0.1**	30.1	5.1**
			*		*	*		*							
	ACE	15	313.0*	630.3**	17.5*	38.6**	28.5*	12.9*	60.5*	6.4*	1.0**	27.3**	0.0**	211.3	20.5*
			*		*	*		*						*	*
Error	40	42.7	97.8	5.5	4.8	1.1	4.6	2.7	0.5	0.1	4.3	0.0	86.1	0.8	
C.V (%)		4.8	4.3	48.9	2.9	1.4	4.9	4.8	4.32	2.2	5.59	0	12.24	0.87	
<b>ACE/AC</b>															
<b>G</b>		0.6	1.0	0.3	0.2	2.8	1.7	1.7	4.9	1.3	1.2	0.0	7.0	4.0	

\*, \*\*= Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad; AM: Altura Mazorca, AP: Altura Planta, AT: Acame Tallo, FM: Floración Masculina, FF: Floración Femenina, DMz: Diámetro de mazorca, GH: Granos sobre Hileras, LMz: Longitud de Mazorca, NH: Numero de Hileras, NMz: Numero de Mazorcas, SG: Stay Green, Unif: Uniformidad, REN: Rendimiento

## 4.2 Aptitud Combinatoria General (ACG)

En el cuadro 5, se presenta la estimación de efectos genéticos para ACG de las líneas de maíz utilizadas, donde se observa que la Línea 23 muestra valores positivos y significativos para las variables AT, GH, NH, NMz, en tanto que, AP y FM muestra valores significativos negativos. Esta línea puede aportar a su progenie o cruza mayor número de GH, NH y NMz, en tanto que aportará menor AP y FM, aunque con la tendencia al AT.

La línea 24 muestra valores significativos positivos para FM, GH, LMz y SG y significativos negativos en AM, AT; La línea 25 no mostro ningún valor positivo significando, solamente mostro valores negativos significativos en FM, GH, LMz, NH, NMz y REN; La línea 26 en la variable solo mostro un valor significativo para NMz, sin embargo, en AM, AT los valores fueron valores significativos negativos; La línea 27 mostro valores significativos positivos en las variables AM, AP, AT, FF, NH y REN y, un valor significativo negativo para GH; La línea 28 mostro valores significativos positivos en DMz, GH y significativos negativos en AP y FM.

Casi todos los valores son sobredominantes. En esta estimación de ACG en las líneas el mayor valor significativo posible para la variable REN lo apporto la línea 27, donde podría contribuir a un mayor rendimiento, en contraste, la línea 25 mostro un valor significativo negativo.



**Cuadro 5. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de seis líneas estimados con Diseño-II (Griffing, 1956) en 13 características evaluadas. UAAAN – UL. Torreón-Coahuila, México. 2017.**

Líneas	AM	AP	AT	FF	FM	DMz	GH	LMz	NH	NMz	SG	Unif	REN
<b>23</b>	-3.7	<b>-7.1*</b>	<b>2.8*</b>	-0.4	<b>-1.7*</b>	-0.2	<b>1.7*</b>	-0.1	<b>0.3*</b>	<b>1.8*</b>	-0.1	-0.7	-0.1
<b>24</b>	<b>-5.5*</b>	0.6	<b>-1.8*</b>	0.6	<b>8.9*</b>	0.2	<b>1.6*</b>	<b>0.5*</b>	0.0	-0.3	0.2*	3.5	0.3
<b>25</b>	2.9	-2.9	0.9	-0.4	<b>-3.5*</b>	-1.0	<b>-3.7*</b>	<b>-0.6*</b>	<b>-0.5*</b>	<b>-2.9*</b>	-0.1	-1.7	<b>-1.6*</b>
<b>26</b>	<b>-5.3*</b>	-0.2	<b>-2.8*</b>	-1.8	0.3	-0.7	0.5	0.2	-0.2	<b>1.5*</b>	0.1	0.3	0.5
<b>27</b>	<b>15.1*</b>	<b>16.7*</b>	<b>2.8*</b>	1.5*	-1.3	-0.2	-1.3*	-0.2	<b>0.4*</b>	0.0	-0.1	0.3	0.6*
<b>28</b>	-3.5	<b>-7.2*</b>	-1.9	0.4	<b>-2.8*</b>	<b>1.8*</b>	<b>1.3*</b>	0.2	0.1	-0.2	-0.1	-1.7	0.2
<b>DMS</b>	<b>4.4</b>	<b>6.7</b>	<b>1.6</b>	<b>0.7</b>	<b>1.5</b>	<b>1.4</b>	<b>1.1</b>	<b>0.5</b>	<b>0.2</b>	<b>1.4</b>	<b>0.0</b>	<b>6.3</b>	<b>0.6</b>

(\*) Valores Significativamente diferentes de cero al 0.05 de probabilidad: AM: Altura Mazorca, AP: Altura Planta, AT: Acame Tallo, FM: Floración Masculina FF: Floración Femenina, DMz: Diámetro de Mazorca, GH: Granos por Hileras, LMz: Longitud de Mazorca, NH: Numero de Hileras, NMz: Numero de Mazorcas, SG: Stay Green, Unif: Uniformidad, REN: Rendimiento.

### 4.3 Aptitud Combinatoria General (ACE)

En el cuadro 6 se presenta la estimación de los efectos genéticos de ACE de las diferentes cruzas.

Clasificando las cruzas por su valor de ACE positivo para la variable rendimiento (REN), sobresalen 25x27, 24x26, 23x28, 24x25, 24x27, 24x28 y 27x28. Dentro de este grupo los valores de la ACE la cruce 24x26 fueron estimados y, coincide además con el mayor REN. Los mejores atributos que se observan de ésta cruce (24x26), es una contribución de ACE positiva para DMz, GH y LMz que aportan al rendimiento de grano (REN). En este caso, las líneas 24 y 26 ambas provienen del CIMMYT, pero pertenecen a diferente grupo heterótico, lo cual explica su potencial en REN.

La cruce 25x27 presentan valores de ACE positivos y significativos para DMz, GH, LMz y NH que contribuyen con el mayor valor de ACE para REN (5.0), aunque se detectan también valores positivos para AP y AC, donde ésta última característica representa una desventaja para esta cruce. Esta cruce resulta de la combinación de dos líneas con efectos significativos de ACG, la L25 con un valor negativo y L27 positivo. De acuerdo a Falconer (1985), el rendimiento de una cruce puede deberse a la interacción de los alelos dominantes de un progenitor con los alelos recesivos del otro progenitor.

En el híbrido 24x25 también es el resultado de la cruce entre dos líneas con valores de signo contrario, además, esto mismo se observa en ambas líneas para componentes de REN, donde GH y LMz son positivos en L24 y negativos

en L25. De acuerdo a Falconer (1985) el REN se explica por la interacción de alelos dominantes y recesivos de ambas líneas. El potencial de REN se explica también porque ambas líneas pertenecen a diferente grupo heterótico.

Resalta la crucea 23x28 con valores **ACE** positivos para AP, GH, LMz y REN. El rendimiento de esta crucea, se sustenta con mayor importancia en los efectos positivos de GH y LMz, además contribuye para una mayor AP. Aunque son de padres de muy baja ACG, la expresión en REN se explica por complementación de ambos padres, la 23 contribuye con NH y NMz en tanto 28 con GH y LMz.

Otra crucea con rendimiento sobresaliente es la 24x27 proviene de la línea L27 con un efecto de ACG positivo y significativo (0.6) y la L24 con 0.3 y no significativo. De acuerdo a De la Cruz, (2010) cruceas con mayor ACE resulten al cruzar al menos una población con alta ACG.

Se observa que aquellas cruceas que tienen valores negativos, dan valores más altos de ACE que aquellos que tienen valores positivos. Los grupos heteróticos distintos de A, B o AB, sirven para clasificar líneas, en donde puedes combinar A con B, y así poder explotar el fenómeno de heterosis (Mickelson *et al.*, 2001). La asignación de A o B sirve para conocer la estructura genética y sus atribuciones. La teoría de los grupos heteróticos implica que cruceas entre grupo diferente (AxB) dan buenos resultados. Según Fan *et al.* (2004) cuando dos líneas poseen alta ACE en su crucea, éstas pueden ser clasificadas en diferente grupo heterótico. Por otro lado, si la crucea presente una baja ACE, las líneas progenitoras pertenecen al mismo grupo heterótico.

**Cuadro 6. Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) y nivel de significancia para 13 características evaluadas en quince cruzas con el Diseño-II (Griffing, 1956). UAAAN–UL. Torreón-Coahuila, México. 2017.**

<b>Cruzas</b>	<b>AM</b>	<b>AP</b>	<b>AT</b>	<b>FM</b>	<b>FF</b>	<b>DMz</b>	<b>GH</b>	<b>LMz</b>	<b>NH</b>	<b>NMz</b>	<b>SG</b>	<b>Unif</b>	<b>REN</b>	<b>REN</b>
<b>23x24</b>	7.3	12.3	-0.2	-7.9*	0.5	1.5	1.7	0.8	-0.2	1.4	-0.2	13.1	0.9	11.43
<b>23x25</b>	-1.7	7.8	<b>4.0*</b>	0.2	-5.1*	0.8	6.0*	0.9	0.5*	7.3*	0.1	1.6	2.5*	11.12
<b>23x26</b>	8.1	<b>19.4*</b>	-1.3	-0.3	5.2*	2.3	2.1	1.5*	-0.7*	0.2	-0.1	7.9	0.9	11.65
<b>23x27</b>	1.7	<b>19.3*</b>	-9.6*	1.7	-0.8	1.4	0.0	0.1	-0.6*	4.0*	0.1	7.9	1.8*	12.61
<b>23x28</b>	<b>16.4*</b>	0.4	-1.9	2.2	-1.3	0.2	6.7*	2.9*	-0.5*	-4.1*	0.1	18.3*	<b>3.6*</b>	13.98
<b>24x25</b>	<b>17.7*</b>	-16.2	-0.7	-8.1*	-4.1*	3.2	5.2*	1.4*	1.1*	7.1*	-0.2	-2.5	4.7*	13.79
<b>24x26</b>	<b>-12.8*</b>	<b>25.1*</b>	1.6	10.5*	-5.8*	<b>4.2*</b>	<b>8.2*</b>	<b>2.1*</b>	-0.6*	6.7*	0.6	3.7	4.9*	<b>16.10</b>
<b>24x27</b>	<b>17.2*</b>	<b>14.9</b>	<b>2.7</b>	-8.9*	-2.8*	-2.7	5.6*	1.0	0.1	-2.2	-0.2	12.1	2.1*	13.38
<b>24x28</b>	-2.2	6.4	-1.0	-7.4*	-3.3*	2.3	5.0*	1.7*	0.4	2.7	-0.2	5.8	2.4*	13.20
<b>25x26</b>	<b>11.6*</b>	<b>19.9*</b>	-0.3	-2.8	-4.4*	-1.4	5.4*	2.4*	1.8*	2.0	-0.1	8.9	2.3*	11.53
<b>25x27</b>	<b>5.5</b>	<b>16.1*</b>	<b>7.5*</b>	<b>0.1</b>	<b>-3.7*</b>	<b>3.6*</b>	<b>5.1*</b>	<b>1.8*</b>	<b>0.8*</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>8.9</b>	<b>5.0*</b>	<b>14.35</b>
<b>25x28</b>	<b>32.1*</b>	<b>43.6*</b>	<b>-3.7</b>	0.0	<b>10.1*</b>	2.9*	<b>-10.1*</b>	<b>-3.5*</b>	-2.0*	<b>-8.0*</b>	0.1	<b>-22.3</b>	<b>-5.6*</b>	3.26
<b>26x27</b>	11.7*	7.7	-2.3	-2.0	-1.0	2.4	4.4*	1.2*	0.0	-2.3	-0.1	-18.2*	0.2	11.63
<b>26x28</b>	0.0	-5.8	0.8	-2.8	-3.9*	2.8	2.3	0.7	<b>1.3*</b>	-1.8	-0.1	-16.1*	1.5*	12.43
<b>27x28</b>	-9.4	-9.7	-2.3	1.2	-3.9*	1.1	2.8*	1.1	0.4	4.0*	0.1	-7.7	2.0*	13.08
<b>DMS</b>	10.8	<b>16.3</b>	3.9	3.6	1.7	3.5	2.7	1.2	0.5	3.4	0.0	15.5	1.5	1.49

(\*) Valores Significativamente diferentes de cero al 0.05 de probabilidad: AM: Altura Mazorca, AP: Altura Planta, AT: Acame Tallo, FM: Floración Masculina FF: Floración Femenina, DMz: Diámetro de Mazorca, GH: Granos sobre Hileras, LMz: Longitud de Mazorca, NH: Numero de Hileras, NMz: Numero de Mazorcas, SG: Stay Green, Unif: Uniformidad, REN: Rendimiento

#### **4.4 Valores Medios de las cruzas**

La expresión fenotípica de los materiales genéticos determinada por los valores medios de los caracteres en estudios, muestra amplia variación entre ellos (Cuadro 7). Las cruzas con mayor rendimiento fue 24x26, seguidas por 25x27, 23x28, 24x25, 24x27, 24x28, 27x28.

La mejor cruz 24x26 es estadísticamente superior al resto de las cruzas y además es de ciclo tardío y sobresale en diámetro mazorca, granos por hileras, longitud de mazorca, número de mazorcas, y además uniforme.

Las cruzas 25x27, 23x28, 24x25, 24x27, 24x28, 27x28 forman un grupo con rendimiento de grano estadísticamente iguales, que oscilan de 14.35 a 13.08 t ha<sup>-1</sup>. Estas cruzas se caracterizan en general por tener mazorcas de mayor dimensión, tanto en DMz, NH, LMz y GH, lo cual puede ser la razón de un potencial de REN.

Además, estas cruzas son de ciclo intermedio, con una AP que oscila de 233 a 264 cm, con Stay Green y con altos porcentajes de uniformidad.

#### **4.5. Valores Medios de las Líneas**

En el Cuadro 8 se encuentran las medias de las líneas o progenitores y se observa que la L28 presentó el mayor rendimiento de grano (REN) estadísticamente superior al resto de las líneas. Adicionalmente presenta mayor diámetro mazorca, granos por hilera, longitud mazorca, número mazorcas, presencia de Stay Green y con buen porcentaje de uniformidad. Así mismo esta

línea es de porte intermedio, tolerante al acame de tallo y además es la más precoz.

La segunda línea que sobresale por rendimiento de grano es la L26 con  $6.5 \text{ t ha}^{-1}$  estadísticamente igual a las L23 y L25, se caracteriza por ser una línea de porte medio, de ciclo intermedio, con resistencia al acame de tallo, de mazorca larga, presencia de Stay Green y alto porcentaje de uniformidad.

Se observa que de las cuatro líneas más sobresalientes en REN, dos pertenecen al programa de mejoramiento de la UAAAN-UL (L28 y L23) y dos al CIMMYT (L25 y L26).

**Cuadro 7. Valores medios para 13 características evaluadas en quince cruzas utilizando el Diseño-II de Griffing (1956). UAAAN–UL. Torreón-Coahuila, México. 2017.**

<b>Cruzas</b>	<b>AM</b>	<b>AP</b>	<b>AT</b>	<b>FM</b>	<b>FF</b>	<b>DMz</b>	<b>GH</b>	<b>LMz</b>	<b>NH</b>	<b>NMz</b>	<b>SG</b>	<b>Unif</b>	<b>REN</b>
<b>23x24</b>	133	238	6	74	76	<b>45</b>	39	17.61	<b>14</b>	40	<b>1</b>	<b>92</b>	11.43
<b>23x25</b>	132	230	<b>13</b>	69	69	43	38	16.57	<b>15</b>	43	<b>1</b>	75	11.12
<b>23x26</b>	134	244	4	73	78	<b>45</b>	38	17.99	<b>14</b>	41	<b>1</b>	<b>83</b>	11.65
<b>23x27</b>	148	<b>261</b>	1	73	75	44	34	16.16	<b>14</b>	<b>43</b>	<b>1</b>	<b>83</b>	12.61
<b>23x28</b>	144	218	4	72	74	<b>45</b>	<b>44</b>	<b>19.39</b>	<b>14</b>	35	<b>1</b>	<b>92</b>	13.98
<b>24x25</b>	150	213	3	72	71	<b>46</b>	37	17.71	<b>15</b>	41	<b>1</b>	75	13.79
<b>24x26</b>	111	257	2	<b>94</b>	68	<b>47</b>	<b>44</b>	<b>19.17</b>	13	<b>45</b>	<b>2</b>	<b>83</b>	<b>16.10</b>
<b>24x27</b>	<b>162</b>	<b>264</b>	9	73	74	41	40	17.61	<b>15</b>	35	<b>1</b>	<b>92</b>	13.38
<b>24x28</b>	124	232	0	73	73	<b>48</b>	<b>42</b>	<b>18.82</b>	<b>15</b>	39	<b>1</b>	<b>83</b>	13.20
<b>25x26</b>	144	<b>249</b>	3	68	68	40	36	<b>18.43</b>	<b>15</b>	38	<b>1</b>	<b>83</b>	11.53
<b>25x27</b>	158	<b>262</b>	<b>16</b>	70	72	<b>46</b>	34	17.35	<b>15</b>	34	<b>1</b>	<b>83</b>	14.35
<b>25x28</b>	<b>166</b>	<b>265</b>	0	68	<b>85</b>	<b>47</b>	22	12.51	12	26	<b>1</b>	50	3.26
<b>26x27</b>	156	<b>256</b>	3	71	74	<b>45</b>	38	17.59	<b>15</b>	36	<b>1</b>	58	11.63
<b>26x28</b>	126	219	1	69	70	<b>47</b>	38	17.56	<b>15</b>	37	<b>1</b>	58	12.43
<b>27x28</b>	137	232	3	71	73	<b>46</b>	37	17.43	<b>15</b>	41	<b>1</b>	67	13.08
<b>DMS(5%)</b>	10.79	16.32	3.86	3.60	1.74	3.54	2.71	1.20	0.62	3.40	0.12	15.32	1.49

AM: Altura Mazorca, AP: Altura Planta, AT: Acame Tallo, FF: Floración Femenina, FM: Floración Masculina, DMz: Diámetro de Mazorca, GH: Granos por Hileras, LMz: Longitud Mazorca, NH: Numero de Hileras, NMz: Numero de Mazorcas, SG: Stay Green, Unif: Uniformidad, REN: Rendimiento.

**Cuadro 8. Valores medios para las 13 características evaluadas en seis líneas. UAAAN – UL. Torreón-Coahuila, México. 2017.**

Líneas	AM	AP	AT	FM	FF	DMz	GH	LMz	NH	NMz	SG	Unif	REN
<b>23</b>	112	188	<b>15</b>	73	75	40	29	13.07	<b>16</b>	36	<b>1</b>	50	5.28
<b>24</b>	110	212	0	<b>103</b>	<b>84</b>	40	24	13.94	14	29	<b>2</b>	67	3.38
<b>25</b>	108	190	3	73	78	37	21	13.64	12	27	<b>1</b>	<b>75</b>	2.80
<b>26</b>	115	198	0	74	76	37	24	<b>12.80</b>	13	<b>38</b>	<b>1</b>	<b>83</b>	6.50
<b>27</b>	<b>152</b>	<b>241</b>	12	76	84	40	23	13.27	15	35	<b>1</b>	<b>75</b>	5.99
<b>28</b>	109	200	5	72	77	<b>42</b>	<b>33</b>	<b>15.37</b>	15	<b>40</b>	<b>1</b>	<b>83</b>	<b>8.65</b>
<b>DMS (5%)</b>	10.79	16.32	3.86	3.60	1.74	3.54	2.71	1.20	0.62	3.0	0.12	15	1.49

AM: Altura Mazorca, AP: Altura Planta, AT: Acame Tallo, FM: Floración Masculina, FF: Floración Femenina, DMz: Diámetro de Mazorca, GH: Granos por Hileras, LMz: Longitud de Mazorca, NH: Numero de Hileras, NMz: Numero de Mazorcas, SG: Stay Green, Unif: Uniformidad, REN: Rendimiento.



## V. CONCLUSIONES

Con base a los objetivos planteados y de acuerdo a los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo, se puede concluir:

- Las cruzas fueron estadísticamente diferentes en 12 de las 13 características evaluadas.
- En diez de las 13 características, los efectos aditivos fueron significativos.
- Las trece características evaluadas, mostraron valores significativos para los efectos no-aditivos.
- Los efectos no-aditivos fueron más importantes para FF, DMz, GH, LMz, NH, NMz, Unif y REN, el resto lo fue para los efectos aditivos.
- Las cruzas 24x26 y 24x25 manifestaron los mayores efectos de ACE y significativamente mayor REN.
- El progenitor con mayor ACG para REN fue la L27 por sus valores positivos y significativos.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Bänziger, M., G. O. Edmeades, D. Beck y M. Bellon. 2012. Mejoramiento para aumentar la tolerancia a sequía y a deficiencia de nitrógeno en el maíz: De la teoría a la práctica. México, D.F.
- Bejarano, A. 2003. Descripción y prueba del híbrido simple de maíz amarillo FONAIAP 1. *Agronomía Trop.* 53 (\$): 501-506.
- Betancourt, V., J. Molina G. A. A. H. H. 1974. Comparación del potencial genético entre variedades de maíz no seleccionadas y mejoradas por selección masal como fuentes de líneas de alta aptitud combinatoria general. *Agrociencia.* pp. 3-19
- Brauer, H. O. 1969. *Fitogenética aplicada.* 1er. Edición. Editorial LIMUSA. México, D.F.
- Castañón, N. G.; Latournerie, M. L. y Mendoza, E. M. 2005. Macro de SAS-IML para analizar los diseños II y IV de Griffing. *Universidad y Ciencia* 21: 27-35.
- Castro, M, I., López P, M, C., González, H. V. A. 2009. Evaluación morfofisiología de brotes de maíz sometidos a selección *In vitro* bajo estrés osmótico. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 32 (4): 281-288.
- 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 pp. 210-223.

- Cervantes, M.C. y Gonzales, A. M. F. 2006. Diagnóstico ambiental de la Comarca Lagunera, Colegio de Geografía.
- Chávez, A. J. L. 1995. Mejoramiento de Plantas I. Editorial Trillas. México. p. 167.
- Chávez, A. J. L. 1995. Mejoramiento de Plantas II. Métodos específicos de plantas Alogamas. Editorial Trillas. Mexico. p. 89.
- CIMMYT. p. 1-5. Moll R, H, W S Salhuana, H F Robinson. 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. *CropSci.* 2:197-198.
- Claure, I. V. T., Molina G.J. D., Vasal K.S Y Martínez G.A. 1993. Aumento del potencial de rendimiento mediante selección e hibridación en maíz (*Zea mays L.*). II. Aptitud combinatoria de líneas autofecundadas. *Agrociencia Serie Fitociencia.* Vol. 4. Núm. 2. pp. 53-63.
- Comstock, R. E; 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
- Comstock, R. E., and H. F. Robinson. 1952. Estimation of average dominance of gene. In: J. W. Gowen (Ed.) *Heterosis.* Hafner Publishing Company. NY. pp.:449-516.
- De la Cruz, L, E., Gutiérrez, D, E., Palomo, G, A., Rodríguez, H, S. 2003. Aptitud combinatoria y heterosis de línea de maíz en la Comarca Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 26(4): 279-284.

- De la Cruz-Lázaro, E. G. Castañón-Nájera, NP Brito-Manzano, A Gómez-Vázquez, V Robledo-Torres, AJ Lozano del Rio. 2010. Heterosis y aptitud combinatoria de poblaciones de maíz tropical. *Phyton* (79) 11-17.
- Falconer, D. S. 1970. *Introducción a la Genética Cuantitativa*. 1° edición. Editorial continental. S.A. México. D.F. p. 335
- Falconer, D. S. 1989. *Introduction to Quantitative Genetics*, 3rd Edition. Londres: Longman.
- Falconer, D. S, T. F. C., Mackay. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4ta. Edición. Longman, Exxex, UK. 464p.
- Fan, X. M., J Tan, J. Y. Yang, and H. M. Chen. 2004. Combining ability and heterotic grouping of ten temperate, subtropical and tropical quality protein maize inbreds. *Maydica* 49:267-272
- Gómez, E. A., Molina G, J., García Z, J., Mendoza C, M., De la Rosa L, A., 2015. Poblaciones exóticas originales y adaptadas de maíz. I: Variedades locales de clima templado x Variedades tropicales. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 38 (1): 57- 66.
- Griffing, B. 1956. Concept of General and Specific Combining Ability in Relación to Diallel Crossing System. *Australia J. Biol. Sci.*g:463-93.
- Gutiérrez, D, E., Palomo, G, A., Espinoza, B, A., De la cruz, L, E. 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25 (3): 271-277.

- Gutiérrez, del R. E.; Espinoza, B. A.; Palomo, G. A.; Lozano, G. J. y Antuna, G. O. 2004. Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la Comarca Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27:7-11. pp.7-10
- Hallauer, A. R; Miranda, FO. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. The Iowa State University Press Ames, Iowa, USA. 468p.
- Hallauer, A. R. 1993 Maize breeding proceeding of the fifth ASIAN Regional maize workshop. 5: 170-178.
- Hayman, B.Y. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics* 39:789-809.
- How do I perform multiple imputation using predictive mean matching in R? UCLA:Statistical consulting Group. From <https://stats.idre.ucla.edu/r/faq/how-do-i-perform-multiple-imputation-using-predictive-mean-matching-in-r>.  
Fecha de consulta 22/11/2017.
- INEGI. (2015) Instituto Nacional de Estadística y Geografía. From <http://www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=10027>.
- Jenkins, M. T. 1932. Methods of testing in breed lines of maize in cross-bred combinations. *J. Am. Soc. Agron.* 24:523-530.
- Jenkins, M. T. 1934. Methods of estimating the performance of double crosses in corn. *J. Am. Soc. Agron.* 26:199-204.
- Jugenheimer, R. W. (1985). MAIZ. MEXICO, DF: LIMUSA.

- Kempthorne, O. And R. N. Curnow. 1961. The partial diallel cross. *Biometrics*. 17: 229-250.
- Márquez, S. F. 1988. *Genotecnia Vegetal*. Tomo II. Primera Edición. Editorial AGTESA. México. p. 563.
- Mendoza, O. L. E. 1988. Formación de híbridos de sorgo para grano. Comportamiento Per se de las líneas y su aptitud combinatoria general. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 11. pp. 34-37.
- Mendoza, R. M. 1997. La producción de semillas de variedades mejoradas de maíz en la mesa central de México. *Transferencia de Tecnología Agropecuaria en México. Críticas y Propuestas*. U A Chapingo y UA Metropolitana Xochimilco. México. pp 71-90.
- Mendoza, E. M., A. Oyervides G., S.A. Rodríguez H. 2000. Efecto de dos probadores en la selección de líneas de maíz tropical. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 23: 79-86.
- Mickelson, R. H., H. Cordova, K. V. Pixley, and M. S. Bjarnason. 2001. Heterotic relationships among nine temperate and subtropical maize populations. *Crop Sci*. 41:1012-1020.
- Mingramm Yarza, G. 2012. Efectos de aptitud Combinatoria y de interacción genotipo x ambiente en maíz para provitamina A y Rendimiento. p.2.
- Molina, G. J. D. Y García Z. J.J 1996. Uso de líneas de alta y baja aptitud combinatoria general (ACG) como probadores de la ACG de líneas

- autofecundadas de Maíz. In: Memoria del XVI. Congreso de Fitogenética. (eds) Saghum, C. J., Ramírez, V.P Y Castillo, G.F. Texcoco, México. P. 230.
- Molina, G. J. D. 1996. La selección Recurrente en el fitomejoramiento. In: López B., A., S.A Rodríguez H. y G. Martínez Z. Memorias del curso internacional de actualización en Fitomejoramiento y Agricultura sustentable. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. pp. 124-142.
- Molina, G., J.D. y R. Lobato O. 1998. La aptitud combinatoria general de líneas autofecundadas de maíz en la estimación de heterosis. In: P. Ramírez, V., F. Zavala G., N.O. Gómez M., F. Rincón S. y A. Mejía C. (eds.). Memorias del XVII Congreso de Fitogenética: Notas científicas. SOMEFI. Chapingo, México. p. 259.
- Moll, R, H, W S. Salhuana, H. F. Robinson. 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. *CropSci.* 2:197-198.
- Montesinos, L. O. A; Martínez, G. A; Mastache, L. A. A y Rendón, S. G. 2005. Mejor predictor lineal e insesgado para aptitud combinatoria específica de los diseños dos y cuatro de Griffing. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28 (4):369–376.
- Palacios V. O. y Ángeles A. H. H. 1990. Comparación de Probadores para evaluar líneas S1 de maíz (*Zea mays L.*). *Agrociencia serie Fitociencia.* Vol. 1. Núm. 1.

- Paliwal, R.L., Granaderos, H. R., Lafitte, A.D., Violic, J.P., Marathee. 2001. Maíz en los trópicos. Mejoramiento y Producción (N°28). Food and Agriculture Org. p.376.
- Pérez, T.R.A., Carballo, Q. A., Castillo, G. F Y Covarrubias, P.J. 1991. Identificación de patrones heteróticos en un grupo de variedades precoces de maíz. Agro ciencia serie Fitociencia. Vol. 2. Núm. 2. pp. 67-79.
- Prasad, S K, T P Singh 1986. Heterosis in relation to genetic divergence in maize (*Zea mays L.*). Euphytica 35:919-924.
- Preciado, O. R.E. I., Terrón, M. Gómez y G., El Robledo. 2005. Componentes genéticos en poblaciones heteróticamente contrastes de maíz de origen tropical y subtropical. Agronomía Mesoamericana. 16(2). pp. 145-151.
- Quemé, D, J, L., Larios, B, L., Pérez, R, C., Soto, L, N. 1991. Aptitud combinatoria y predicción de híbridos de maíz (*Zea mays L.*) de grano amarillo a partir de cruza dialélicas, evaluadas en dos Localidades de la zona baja de Guatemala. Agronomía mesoamericana. 2:24-30.
- Quiroz Chávez, J. García Pérez, L. M. Quiroz Figueroa, F. R. 2012. Mejoramiento vegetal usando genes con funciones conocidas. (En línea). Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable. 8(3), 2012. México, D.F., MX: Red Universidad Autónoma Indígena de México. Consultado 15/09/2017. Disponible en:  
<http://site.ebrary.com/lib/unanicaraguasp/reader.action?docID=10679576>



- Ramírez, D, J, L., Ron, P, J., Sánchez, G, J. D., Chuela, B, M. 2000. Selección recurrente en la población de maíz subtropical PABGT-GE. *Agrociencia*. 34 (1): 33-39.
- Ramírez, D, J, L., Chuela, B, M., Vidal, M, V, A., Ron, P, J., Caballero, H, F. 2007. Propuesta para formar híbridos de maíz combinando patrones heteróticos. *Fitotecnia mexicana*. 30(4): 453-461.
- Ramírez Díaz José, L., Alejandro Ledesma Miramontes, Víctor A. Vidal-Martínez, Noel O. Gómez-Montiel, José A. Ruiz-Corral, Gustavo A. Velázquez Cárdelas, José Ron Parra, Yolanda Salinas Moreno y Luis A. Nájera Calvo. 2015. Selección de maíces nativos como donadores de características agronómicas útiles en híbridos comerciales. *Rev. Fitotecnia. Mexicana*. Vol. 38 (2): 119 – 131
- 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
- Robles, S., R. 1982. Terminología genética y Fitogenética. 2º edición. Editorial Trillas, S.A de C.V. México. D.F. p. 16
- Robles, S. R. 1986. Genética Elemental y Fitomejoramiento Práctico. Primera Edición. Editorial Limusa, S.A México. p. 476
- Robinson, H. F., y C. Cockerham. 1965. Estimación y significado de los parámetros genéticos. Trad. por M. Gutiérrez. *Fitotecnia Latinoamérica*. 2:23-38.

- Rojas, B. And G. F. Sprague. 1952. A comparicision of variance components in corn yield trials. III. General and specific combining ability and their interaction with locations and years. Agron. Journal 44:462-466.
- Sahagún, C., J. 1997. Efecto de la endogamia en la estimación de varianzas genéticas en el Diseño II de Carolina del Norte. Revista Fitotecnica Mexicana. 20: 97-110.
- Sámano, G. D Y De León C. H. (2003). Efectos de Aptitud combinatorial en dos poblaciones de Maíz, adaptadas al bajío. Informe de Resultados de Investigación, UAAAN.
- San Vicente, F. 2007. Desafíos y avances en el desarrollo de híbridos simples de Maíz en Venezuela. In: ASOPORTUGUESA (Ed.). Memorias del XIII Curso sobre producción de Maíz. Araure, estado Portuguesa. Venezuela. S/N.
- Saquimux, C, F, I. 2011. Selección masal en el cultivo de Maíz (*Zea Mays L.*) para pequeños agricultores. Primera Edición. Editorial: PROETTAPA y el ICTA. Quetzaltenango, Guatemala. p.8
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2016. Aumenta producción de maíz 12.7 por ciento en cuatro años. Fecha de consulta 10/11/2017. Disponible en línea: [http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/nayarit/boletines/Paginas/BNSA\\_GDIC042016.aspx](http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/nayarit/boletines/Paginas/BNSA_GDIC042016.aspx).

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. Informe de Evaluación de Impacto Proyecto Estratégico de Producción de Maíz. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx>.

Shull, G. H. 1948. What is the heterosis. *Genetics* 439-446.

Sierra, M. M., Márquez S. F., Valdivia B. R., Córdoba O. H., Lezama G. R. y Pescador R.A. 2004. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de Maíz. *Agricultura Técnica en México*. 30: 169-181.

Sprague, G.E., Tatum A, L, 1942. General vs. Specific Combining Ability in Ingle Crosses of Corn. *J. Am Soc. Agron.* 34: 923-932

Soengas, P., B. Ordas, R. A Malvar, P. Revilla and A. Ordas. 2003. Performance in Flint maize in crosses with testers from different heterotic groups. *Maydica* 48:85-91.

Tiessen, F., A. 2012 Fundamentos del Mejoramiento genético vegetal. Conceptos Básicos de Genética, Biología Molecular, Bioquímica y Fisiología Vegetal. México. Primera Edición EAE. Editorial EAE ISBN: 978-3-8484-68-41-6. pp. 17.

Vasal. S K. y H. Córdoba. 1996. Heterosis en Maíz: acelerando la tecnología de híbridos de dos progenitores para el mundo en desarrollo. In: López B.A., S.A Rodríguez H. y G. Martínez Z. Memorias del curso Internacional de actualización en Fitomejoramiento y agricultura sustentable. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. pp: 32-61.

Velázquez, R. Muñoz, Córdoba, H; Martínez, A. 1983. Híbridos Simples entre Familias de hermanos completos de diferentes poblaciones de maíz (*Zea mays L.*) *Agrociencia (CHILE)*. 53: (39) 109-11