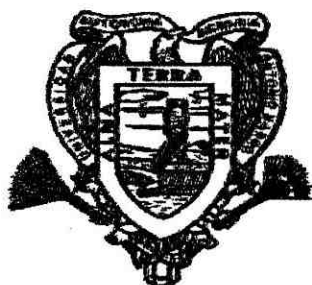


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y APTITUD
COMBINATORIA DE CRUZAS SIMPLES FORMADAS
CON LÍNEAS ÉLITE DE MAÍZ**

POR

EDGAR HOLGUIN BUSTILLOS

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAH., MÉXICO

DICIEMBRE 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. EDGAR HOLGUIN BUSTILLOS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

Asesor Principal:



Dr. Emiliano Gutiérrez del Río.

Asesor:



Dr. Armando Espinoza Banda.

Asesor:

M.C. Raúl Wong Romero.

Asesor:

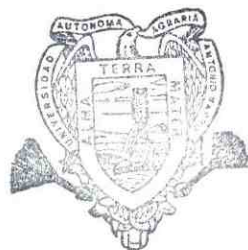


Dr. Salvador Godoy Ávila.

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS.**



M.E. Víctor Martínez Cueto.



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MEXICO.

DICIEMBRE 2006.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. EDGAR HOLGUIN BUSTILLOS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO.

COMITÉ PARTICULAR.

Presidente:


Dr. Emiliano Gutiérrez del Río.

Vocal:


Dr. Armando Espinoza Banda.

Vocal:


M.C. Raúl Wong Romero.

Vocal suplente:


Dr. Salvador Godoy Ávila.

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS


M.E. Víctor Martínez Cueto.



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE 2006.

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por ser una institución muy noble y prestigiosa, gracias por que en ti encontré la esperanza de salir adelante, al departamento de fitomejoramiento, por brindarme la oportunidad de superarme y darme la formación profesional y por el apoyo brindado durante mis estudios.

Muy en especial a mis asesores que me orientaron y ayudaron a terminar la etapa final de mi carrera.

DR. EMILIANO GUTIÉRREZ DEL RÍO.

M.C. RAÚL WONG ROMERO.

DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA.

DR. SALVADOR GODOY ÁVILA.

A todos mis maestros que día a día me instruyeron, lo cual me ha servido para enfrentarme a la vida. Ha habido tantos de ustedes en mi vida que no podría darles gracias uno a uno. Así, les escribo a todos juntos. Recuerdo a cada uno de ustedes que alguna vez me dio palabras alentadoras, desde la escuela de infancia hasta la universidad.

A mis compañeros de la generación de la carrera de Ingeniero Agrónomo con los que compartí experiencias durante mi carrera quienes siempre estarán conmigo dios guié su camino en donde quiera que estén.

A todos mis amigos(as) que contribuyeron de una forma directa e indirecta en la realización de mis estudios.

DEDICATORIA.

Con mucho amor y respeto para todas las personas que amo en esta vida.

A Dios Gracias amigo mío, por que me alentaste en cada caída, para poder enfrentar la vida y por darme la oportunidad de formar parte de una maravillosa familia, por mostrarme tu infinita bondad, aun en los tiempos de dolor, por regalarme todavía tu aliento de vida para disfrutar de tu creación y un rayo de tu sabiduría para reconocer su valor.

Con cariño y respeto a la memoria de mi padre (q.e.p.d). Sr. José Socorro Holguín Hernández, siempre te tengo presente.

Con cariño y admiración a mi madre por darme la vida Sra. Sofía Bustillos Palma, por apoyarme en todos los buenos y malos momentos de mi vida, por los sacrificios, el apoyo y esfuerzo moral que siempre me ha brindado, por haberme impulsado a seguir estudiando.

A mis adorables hermanos y hermanas por compartir tristezas y alegrías gracias por su apoyo y cariño a lo largo de mi existencia, son las personas que más quiero, su presencia en mi vida es el regalo más grande que dios me ha hecho.

A mis cuñadas por brindarme su cariño y amistad incondicional con quienes he convivido y pasado momentos muy agradables.

A mis sobrinos y sobrinas por irradiar alegría hecha inocencia.

INDICE	Página
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. LITERATURA REVISADA	4
2.1 Híbridos.....	4
2.2 Cruzas dialélicas.....	6
2.3 Diseños dialélicos.....	7
2.4 Aptitud combinatoria.....	8
2.4.1 Aptitud combinatoria general.....	9
2.4.2 Aptitud combinatoria específica.....	10
2.5 Heredabilidad.....	11
III. MATERIALES Y METODOS	13
3.1 Ubicación geográfica.....	13
3.2 Material genético.....	13
3.3 Manejo agronómico.....	15
3.3.1 Siembra.....	15
3.3.2 Fertilización.....	15
3.3.3 Riego.....	15
3.3.4 Control de plagas y maleza.....	16
3.4 Diseño y parcela experimental.....	16
3.5 Variables agronómicas evaluadas.....	17
3.6 Análisis estadístico.....	17
3.7 Análisis genético.....	18
3.8 Aptitud combinatoria.....	19
3.9 Componente de varianza.....	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1 Análisis estadístico.....	22

4.2 Comparación de medias de 10 progenitores de las características evaluadas	23
4.3 Efectos de aptitud combinatoria general	25
4.4 Comparación de medias de las cruzas.....	26
4.5 Efectos de aptitud combinatoria específica	28
4.6 Correlaciones.....	30
4.7 Componentes de varianza	32
4.8 Correlación de los componentes de varianza.....	33
V. CONCLUSIONES.....	36
VI. RESUMEN.....	38
VII. BIBLIOGRAFIA.....	40
VIII. APÉNDICE.....	44

INDICE DE CUADROS

Número de cuadro	Página.
4.1.1 Cuadrados medios del análisis de varianza dialéctico método 4 de Griffing de seis características agronómicas de maíz. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004	23
4.2.1 Comportamiento promedio de seis características agronómicas evaluadas de líneas de maíz para grano. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.....	24
4.3.1 Efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) estimados en líneas de maíz para grano, de seis características evaluadas. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004	26
4.4.1 Comparación múltiple de medias de rendimiento de grano y características agronómicas evaluadas de cruza de maíz para grano. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.....	28
4.5.1 Efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) estimados en líneas de maíz para grano, de seis características agronómicas evaluadas. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004	30
4.6.1 Correlación fenotípica para seis variables agronómicas evaluadas...	31

4.7.1 Componentes de varianza de 6 variables agronómicas en maíz..... 33

4.8.1 Correlación de los componentes de varianza en maíz 35

I INTRODUCCION

El maíz es uno de los cereales mas importantes del mundo, ya que suministra elementos nutritivos importantes a seres humanos, animales y es materia prima básica de la industria de la transformación (FAO, 1993). Este cultivo en México tiene una importancia de tipo ancestral y social, ya que es un cultivo de origen mexicano.

La FAO (2001) lo ubica en el primer lugar con 609 millones de toneladas, seguido por el arroz con 592 millones de toneladas y en tercer lugar el trigo con 582 millones de toneladas. El maíz es la base de la seguridad alimentaria de muchos países de Latinoamérica y África. En México solo se produce el 3% de la producción total mundial y los estados con mayor producción son: Chiapas, Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz. (SAGARPA, 2001).

El maíz a nivel mundial, especialmente en los países industrializados, es empleado básicamente como materia prima en muchos procesos industriales, obteniéndose de este no solo productos comestibles sino también una amplia gama de subproductos que van desde almidones hasta ácidos químicos y combustibles. Debido al costo tan alto de la semilla es necesario que en México se cuente con programas de mejoramiento genético que sean capaces de generar materiales mejorados de maíz que

cumplan con las expectativas, de los productores, en cuanto a rendimiento y adaptabilidad.

El maíz es el grano de mayor importancia para México, considerando que uno de sus derivados la tortilla, es el alimento más importante en nuestro país. Ha sido señalado que en las áreas rurales este alimento aporta del 39 al 50 por ciento de las proteínas y del 60 al 70 por ciento de las calorías (Villegas, 1972).

Por lo anterior la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna ha iniciado un programa de mejoramiento genético en maíz encaminado a solucionar este problema y actualmente se tienen híbridos varietales en proceso de validación que podrían competir con los híbridos introducidos por compañías transnacionales, con la ventaja de estar adaptados a las condiciones ambientales de la región.

En el presente trabajo de investigación del maíz se evaluaron 45 cruces con sus respectivos progenitores, con el fin de conocer sus comportamientos genéticos, a través de la aptitud combinatoria, esto con el propósito de encontrar los híbridos con una mayor propuesta heterótica.

Objetivos

Identificar el comportamiento agronómico de híbridos simples de maíz para grano a partir de las líneas elite del programa de mejoramiento

Determinar los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) de los padres y la Aptitud Combinatoria Específica (ACE) para las mejores cruzas simples, así como su caracterización, considerando la estimación de los componentes genéticos de algunos rasgos agronómicos

Hipótesis.

Ho: Las cruzas simples de maíz presentan igual comportamiento para rendimiento y características evaluadas. $H_{0_1} t_1 = t_2, = t_3 = \dots t_n$.

H1: Las cruzas simples de maíz presentan diferente comportamiento para rendimiento y características evaluadas.

Ho: Las líneas y las cruzas simples de maíz evaluadas, presentan efectos iguales de aptitud combinatoria general ACG y aptitud combinatoria específica ACE.

H1: Las líneas y las cruzas simples de maíz evaluadas, presentan efectos diferentes de ACG y ACE.

II LITERATURA REVISADA

Eastmont y Robert (1992), mencionan que el fitomejoramiento es y seguirá siendo la herramienta más importante para mantener una elevada productividad. Hallauer y Eberthart (1976) consideran muy importante utilizar el método de selección recurrente para mejorar una población original y obtener líneas sobresalientes, híbridos y variedades sintéticas de manera continua.

2.1 Híbridos

De la Loma (1954) menciona que la hibridación es la producción de ejemplares que presentan nuevas combinaciones o agrupaciones de caracteres y generalmente mayor vigor y producción. La hibridación es un método de mejoramiento genético con mayor rendimiento en la producción de maíz, ya que los resultados reflejan un incremento marcado en la producción sobre los niveles de rendimiento en las variedades.

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

Márquez (1988), define a la hibridación como un método genotécnico en las plantas, que es el aprovechamiento de la generación F_1 , proveniente del cruzamiento entre dos poblaciones P_1 y P_2 (poblaciones paternas). Las poblaciones P_1 y P_2 son dos poblaciones cualesquiera 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 F_1 , o bien para su aprovechamiento como paso inicial o intermedio en la relación de algún otro método genotécnico.

López y Chávez (1995), mencionan que el maíz híbrido es la primera generación de una cruce entre líneas autofecundadas involucrando el proceso de híbridos. La obtención de líneas autofecundadas es por autopolinización, la determinación de estas líneas autofecundadas puede cambiarse en cruces positivas y para la producción de semilla. Estos mismos autores, presentan la siguiente clasificación de híbridos:

2.1.1 Híbrido Simple: Es un híbrido creado mediante el cruzamiento de dos líneas endogámicas, la semilla de híbridos F_1 es la que se vende a los agricultores para la siembra, por lo común los híbridos simples son más uniformes y tienden a presentar un mayor potencial de rendimiento en condiciones ambientales favorables.

2.1.2 Híbrido Doble: El híbrido doble se forma 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 tan uniformes como las

cruzas simples, por lo que presentan mayor variabilidad; es importante señalar que una craza simple produce mayor rendimiento que una triple y esta a su vez más que una doble.

2.1.3 Híbrido Triple: Se forma con tres líneas autofecundadas, es decir son el resultado de un cruzamiento entre una craza simple y una línea autofecundada. La craza simple como hembra y la línea como un macho. Con frecuencia se puede obtener mayores rendimientos con una craza triple que con una doble, aunque las plantas de una craza triple no son tan uniformes como las de una craza simple.

2.2 Cruzas dialélicas

Las cruzas dialélicas permiten estimar el tipo de acción génica involucrado en el material de estudio. Se denominan "aptitud combinatoria general (ACG) y específica" (ACE), a los tipos de acción génica y, donde ACE, indica la factibilidad de explotar el fenómeno de vigor híbrido en la producción de híbridos.

Griffing (1956), conceptualiza las cruzas dialélicas como el procedimiento en el cual un grupo de P líneas o progenitores se cruzan entre si tantas veces como sea posible para así un máximo de P^2 cruzamientos, los cuales pueden ser representados en una matriz de $P \times P$ elementos.

Martínez (1975), menciona que las cruzas dialélicas, se componen de las cruzas simples que pueden lograrse entre los elementos de un conjunto básico de líneas progenitoras, constituye un procedimiento estándar de investigación en la genética de plantas y animales. Las cruzas dialélicas se emplean para estimar los componentes genéticos de variación entre los rendimientos de las propias cruzas, así como su capacidad productiva. Su empleo actual tiene su origen en el desarrollo de los conceptos de aptitud combinatoria general y específica.

2.3 Diseños dialélicos

Griffing (1956), abordó los conceptos y la teoría estadística relacionada con los diseños dialélicos. De acuerdo a si participan o no progenitores y las cruzas recíprocas de la F_1 , y las clasificó en cuatro métodos.

1. Participan todas las cruzas posibles, comprende progenitores, las cruzas directas F_1 y la craza recíproca F_1 . Habrá P^2 familias, donde P es el número de progenitores.
2. Incluye sólo progenitores y cruzas directas F_1 esto es, tendremos $p(p+1)/2$ número de familias.
3. Incluye cruzas directas y recíprocas, tendríamos $p(p-1)$ número de familias.

4. Solo participan las cruzas directas o sea $p(p-1)/2$ número de familias.

Estos diseños pueden emplearse en muchos tipos de plantas. Su empleo depende en gran parte la habilidad para realizar los cruzamientos, así como, la cantidad de semilla producida. Una desventaja que presenta este diseño es que son imprácticos de usar, cuando hay más de 10 o 15 progenitores (Hallauer y Miranda, 1988).

Hallauer y Eberhart (1976), indican que en un programa de mejoramiento, cuya finalidad es la formación de híbridos, la aptitud combinatoria específica debe ser más importante, ya que se pueden explotar más a los efectos no aditivos, como dominancia y epistasis, ya que la varianza de la aptitud combinatoria general indica la porción de la varianza genética debida a los efectos aditivos de los genes. Mientras que la varianza de la aptitud combinatoria específica indica la porción de la varianza genética que puede ser debida a desviaciones de dominancia.

2.4 Aptitud combinatoria

La estimación de la aptitud combinatoria de una línea endogamica es fundamental para la formación de híbridos y variedades sintéticas. Inicialmente, la aptitud combinatoria fue un concepto general, utilizada para la clasificación de una línea en relación con su comportamiento en cruzas,

actualmente se estima en familias, variedades, cruzas simples o cualquier material que se use como progenitor (Martínez, 1983).

El análisis de la aptitud combinatoria tiene mayor uso en programas de mejoramiento que son diseñados para explotar heterosis mediante la producción de híbridos F_1 (Meredith, 1984). Estos análisis también proveen información acerca del tipo de acción génica que esta presente en la población base, lo cual ayuda en la selección del material progenitor para ser usado en la producción de cruzas y poblaciones segregantes.

Gutiérrez *et al.* (2002), Comenta que la aptitud combinatoria se refiere a la capacidad de un individuo o de una población de combinarse con otras, la capacidad es medida por medio de su progeñie y debe determinarse por varios individuos de la población no en uno solo, con el fin de poder seleccionar u obtener los cruzamientos más adecuados para poder sustituir los híbridos comerciales.

2.4.1 Aptitud combinatoria general

Sprage y Tatum (1942). Definieron la aptitud combinatoria general (ACG) como el comportamiento promedio o general de una línea en una serie de cruzas.

Matzinger (1963), menciona que la aptitud combinatoria general (ACG) esta relacionada con los genes de efectos aditivos y/o no aditivos.

Jungenheimer (1985), dice 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 pura en algunas combinaciones híbridas. La aptitud combinatoria general proporciona información sobre que líneas puras deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas. Se pueden usar probadores adecuados para determinar que líneas pueden sustituirse en los híbridos actuales o usarse en nuevos híbridos prometedores.

2.4.2 Aptitud combinatoria específica

(Sprage y Tatum, 1942). La aptitud combinatoria específica es el resultado del efecto de dos líneas en particular. Esta medida no es característica de cada línea en particular, si no de una combinación especial de padres de líneas.

Poehlman (1987) menciona que se pueden obtener información sobre 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 poli-cruzas 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.

2.5 Heredabilidad

Chávez (1995), expresa que la heredabilidad se refiere a la capacidad que tienen los caracteres para transmitirse de generación en generación, es decir, que esta se pueda considerar como el grado de parecido entre los individuos de una generación y la siguiente.

Córdova y Vasal (1996) Comentan que la heredabilidad para rendimiento aumenta conforme cambia de medios hermanos a hermanos completos y a progenies autofecundadas S_1 y S_2 .

Silva (1999), Nos dice que la heredabilidad se utiliza para estimar los parámetros genéticos y las correlaciones fenotípicas además para identificar genotipos con altos rendimientos. La heredabilidad en sentido estricto como el cociente de la varianza aditiva sobre la varianza fenotípica y la función más importante de la heredabilidad es su papel predictivo, que expresa la confiabilidad del valor fenotípico como indicador del valor reproductivo que determina su influencia en la siguiente generación. El éxito en cambiar las características de la población puede predecirse sólo a partir del conocimiento del grado de correspondencia entre los valores genotípicos y los reproductivos que es medido a través de la heredabilidad.

Heredabilidad: Es el término que se ha usado para indicar el grado en que el fenotipo refleja al genotipo para un carácter particular en una población de

plantas; pero lo más importante es la porción de la variación fenotípica observada de planta que es reflejada en la descendencia.

La heredabilidad en el sentido amplio (genotípica, porque incluye los diferentes tipos de acción génica) se define como la relación entre la varianza genotípica y la varianza observada en una población de plantas.

$$\text{Heredabilidad } H^2 = \frac{\text{Varianza genotípica}}{\text{Varianza fenotípica}}$$

La heredabilidad en el sentido estrecho (genética) es la relación de la varianza genética aditiva, expresada en porcentaje, y la variación fenotípica observada.

$$\text{Heredabilidad } h^2 = \frac{\text{Varianza aditiva}}{\text{Varianza fenotípica}}$$

III MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el año del 2004 en el campo experimental de la UAAAN-UL, en Torreón, Coahuila como parte del programa de mejoramiento genético en maíz del departamento de Fitomejoramiento.

3.1 Ubicación geográfica

La comarca lagunera se localiza geográficamente entre los 24^o 30' y 27^o de latitud norte y entre los 102^o y 104^o 40' de longitud oeste, a una altura de 1, 120 msnm. Su clima se clasifica como muy seco con deficiencia de lluvias en todas sus estaciones, además que cuenta con temperaturas semi-calidas con inviernos benignos.

3.2 Material genético

Los materiales utilizados fueron seis líneas sobresalientes del programa de La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-UL), tres líneas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y una línea del programa del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y trigo (CIMMYT). La descripción de las líneas es la siguiente (Antuna et al. 2003, de la Cruz et al. 2003):

- M1; L-AN 123 R. Línea de alta endogamia formada de variedad Criolla del municipio de Concepción, Jalisco con precocidad y tolerancia a sequía.
- M2; L-AN 447. Línea de 8 autofecundaciones, derivada de generaciones avanzadas del Híbrido AN-447 con características de amplia adaptabilidad.
- M3; L-AN 360 PV. Línea obtenida de la población enana denominada Pancho Villa, vigorosa y con hojas anchas.
- M4; L-AN 130. Proviene de la F4 del H-507, cruzada con la población de El Bajío denominada Celaya-2.
- M5; L-AN 123. Obtenida de forma divergente y contrastada de var. Criolla de Jal. de hojas pálidas y onduladas.
- M6; L-AN 388R. Línea enana, con hojas anchas y suculentas generada a partir de la F3 del híbrido AN-388.
- M7; L B-32. La cual esta identificada con la genealogía H-353-245-6-10.
- M8; L B-39. Cuyo origen proviene de INIFAP-B39.
- M9; L B-40. Con origen de formación en INIFAP-B40.
- M10; CML-319. Donde su origen se define en el pedigrí desarrollado por CIMMyT. RecyW89(Cr.Arg/CIM.ShPINPH)6-3-2-4-B-B.

3.3 Manejo agronómico

3.3.1 Siembra

La siembra de la evaluación se llevo acabo el 21 de agosto en el campo experimental de la UAAAN, se realizo de manera manual, en surcos de 3m de largo y 0.70m de ancho depositando 1 semilla cada 5cm aproximadamente el cual después del cultivo a los 30 días se hizo un aclareo dejando 6 plantas por metro para obtener una población aproximada de 85,000 PI/ha⁻¹.

3.3.2 Fertilización

Se fertilizó con la formula 180N-100P-00K aplicando el 50% del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra y el resto del nitrógeno se incorporo en la escarda, antes del primer riego de auxilio.

3.3.3 Riego

La aplicación del riego se realizo con cintilla, procurando mantener un buen nivel de humedad durante el ciclo vegetativo del cultivo.

3.3.4 Control de plagas y maleza

La principal plaga que se presentó en la etapa de desarrollo del cultivo fue el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) el cual se le aplicó Decis con una dosis de 1 L ha^{-1} , además hubo ataque por pulga negra (*Chaetocnema pulicaria*) lo cual se combatió con Lorsban con dosis de 1 L ha^{-1} . Estas aplicaciones se realizaron de forma manual. El control de maleza se llevó a cabo con la aplicación de 1 litro de Primagram (S-Metalaclor + atrazina) herbicida preemergente al momento de realizar el riego de nacencia. Se realizó un control fitosanitario completo durante el desarrollo del cultivo.

3.4 Diseño y parcela experimental

Se realizaron las 45 cruzas posibles directas P $(P-1)2^{-1}$ de las diez líneas de acuerdo al diseño de apareamiento genético dialélico. Griffing (1956) método 4, utilizando 10 plantas de cada línea para obtener la semilla de las cruzas, y en el verano se llevó a cabo la evaluación con un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. La parcela experimental fue de un surco de 3 metros de largo y 0.70 metros de ancho, con seis plantas por metro, para tener una población aproximada de $85,000 \text{ pl/ha}^{-1}$.

3.5 Variables agronómicas evaluadas

Las variables evaluadas fueron: Floración masculina (FM), Floración femenina (FF), en días, desde la siembra hasta la aparición del 50% de las espigas con polen y estigmas receptivos, respectivamente, Altura de planta (AP), Altura de mazorca (AMZ), en centímetros, midiéndose desde la base del suelo hasta la punta de la espiga y hasta la inserción de la mazorca respectivamente, Rendimiento de mazorca (RMZ), Rendimiento de grano (RGR).

3.6 Análisis estadístico

El análisis estadístico para las variables evaluadas, se realizó con el paquete SAS (SAS Institute, Inc.; SAS. B. 1988). El análisis de la aptitud combinatoria del material genético se hizo de acuerdo con el método 4 de los efectos fijos del dialélico de Griffing (1956), los valores estadísticamente superiores de las variables estudiadas fueron los mayores al valor de la media mas dos veces su error estándar ($\mu + 2 \sigma$).

El diseño utilizado en este experimento fue de bloques al azar con dos repeticiones. El modelo estadístico fue el siguiente:

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

$$i = 1, 2, \dots, t; j = 1, 2, \dots, r.$$

Donde:

Y_{ij} = La observación del tratamiento i en la repetición j .

μ = media general, τ_i y β_j = los efectos de tratamientos y repeticiones, ε_{ij} = error experimental para cada observación.

3.7 Análisis genético

Para el análisis de datos se procedió a utilizar el análisis propuesto por Griffing (1956), utilizando el modelo IV que incluye solo cruzas directas usando la formula $p(p-1)2^{-1}$ lo cual da el número total de cruzas entre los progenitores, con base en el modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ijk}$$

$$1 < i, j < p, k = 1, 2, \dots, r,$$

Donde: μ = media poblacional, Y_{ijk} = el valor fenotípico observado de la craza con progenitores i y j , en el bloque k , o un efecto común a todas las observaciones, g_i = efecto de la aptitud combinatoria general del progenitor i , g_j = efecto de la aptitud combinatoria general del progenitor j , s_{ij} = efecto de la aptitud combinatoria específica de la craza (i, j), e_{ijk} = efecto ambiental aleatorio correspondiente a la observación (i, j, k).

3.8 Aptitud combinatoria

Las aptitudes combinatorias se estimaron:

Ecuación de ACG

$$acg = \frac{1}{n+2} \left[\sum (y_i + y_{ii})^2 - \frac{1}{2} y_{\dots}^2 \right]$$

Ecuación de ACE

$$ace = Y_{ij} - \frac{1}{n+2} (Y_{i.} + Y_{.i} + Y_{.j} + Y_{j.}) + \frac{2}{(n+1)(n+2)} Y_{\dots}$$

Donde el valor de ACG = $1/2\sigma^2_A$ y el valor de ACE = σ^2_D , correspondiente a la varianza aditiva σ^2_A y varianza de dominancia σ^2_D respectivamente y la suma ambas proporcionan el valor de la varianza genética ($\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D$)

3.9 Componente de varianza

A partir de los cuadrados medios del análisis de varianza se estimaron los componentes de varianza utilizando las siguientes formulas.

a) Varianza aditiva: Es equivalente de dos veces la varianza de aptitud combinatoria general.

$$\sigma^2_{ACG} = \frac{1}{2} \sigma_A^2$$

$$\sigma_A^2 = 2 \sigma_{ACG}^2$$

En donde:

σ_A^2 = varianza aditiva.

σ_{ACG}^2 = varianza de aptitud combinatoria general.

b) Varianza de dominancia: Es el equivalente de la varianza de aptitud combinatoria específica.

$$\sigma_{ACE}^2 = \sigma_D^2$$

En donde:

σ_{ACE}^2 = varianza de aptitud combinatoria específica.

σ_D^2 = varianza de dominancia.

c) Varianza genética.

$$\sigma_G^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2$$

d) Varianza del error.

$$\sigma_e^2 = (CME)$$

e) Varianza fenotípica.

$$\sigma_P^2 = \sigma_e^2 + \sigma_G^2$$

Heredabilidad en sentido estricto (h^2)

$$h^2 = \sigma_A^2 / \sigma_P^2 \times 100$$

Heredabilidad en sentido amplio (H^2)

$$H^2 = \sigma_G^2 / \sigma_P^2 \times 100$$

Grado de dominancia (d).

$$d = \sqrt{2\sigma_D^2 / \sigma_A^2}$$

Diferencia mínima significativa (DMS).

$$DMS = t\alpha \sqrt{\frac{2CME}{rP}}$$

En donde:

$t\alpha$ = Valor estándar de tablas.

CME = Cuadrados Medios del Error.

r = Repeticiones.

P = Progenitores.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis estadístico

Los resultados del análisis de varianza se presentan en el Cuadro 4.1.1, donde se indica que para la fuente de variación repeticiones se presentaron diferencias estadísticas para alguna de las características analizadas, las variables de RMZ y RGR, resultaron altamente significativo, mientras que para FM, FF, AP, AMZ, fue no significativo. Para la fuente de variación cruza se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para las variables FM, AP, AMZ, RMZ y RGR solo para la variable FF se encontró diferencia significativa. En lo que respecta al coeficiente de variación (CV) se puede observar que los valores mas altos los obtuvieron RGR y RMZ con 13.8% y 12.2% por ser estas variables mas complejas, el resto de las variables presentaron valores desde 2.94% hasta 7.1% por ser pocos los genes que intervienen en la manifestación de estas características. La fuente de variación cruza se divide en aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores y aptitud combinatoria especifica (ACE) de sus cruza y encontramos que para aptitud combinatoria general (ACG) se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para todas las variables analizadas, mientras que para aptitud combinatoria especifica (ACE) las variables RGR y RMZ presentaron diferencias altamente significativas en tanto FM, FF, AP y AMZ fueron no significativas.

Cuadro 4.1.1 Cuadrados medios del análisis de varianza dialélico método 4 de Griffing de seis características agronómicas de maíz. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

FV	GL	FM días	FF días	AP cm.	AMZ cm.	RMZ Kg/ha	RGR Kg/ha
Rep.	1	6.4ns	4.9ns	118.0ns	12.7ns	63770624**	45434880**
Cruzas	44	12.7**	10.5*	1771.6**	715.2**	9265711**	5786926**
ACG	9	47.9**	34.8**	7084.5**	2963.0**	28969342**	17167088**
ACE	35	3.6ns	4.3ns	405.4ns	137.2ns	4199062**	2860599**
Error	44	3.3	5.6	387.9	83.1	1672797	1201268
Total	89						
C.V(%)		2.9	3.7	7.0	7.1	12.2	13.8
Media		61.97	62.58	277	128	10544	7902

*, **, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de $p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$ respectivamente, ns = no significativo. FM = Floración masculina, FF = Floración femenina, AP = Altura de planta, AMZ = Altura de mazorca, RMZ = Rendimiento de mazorca, RGR = Rendimiento de grano.

4.2 Comparación de medias de 10 progenitores de características evaluadas.

En el Cuadro 4.2.1, se presentan los valores estimados del comportamiento medio de los progenitores en todas las cruzas que interviene, para todas las características agronómicas evaluadas, observándose que para floración masculina (FM) y femenina (FF) el P1 fue el que resulto más precoz que es un carácter de mayor interés, mientras que el P7 fue el más tardío. Para altura de planta (AP) el padre con mayor altura fue el P9 y el de menor altura fue el padre P6. En cuanto a la altura de

mazorca (AMZ) el valor más alto fue para el padre P7 y el valor mas bajo para el padre P6. Para el rendimiento de mazorca RMZ se tiene al padre P8 como el valor más alto con 12,282 kg ha⁻¹, el más bajo corresponde al padre P1 con 9,016 kg ha⁻¹, este rendimiento también se ve reflejado en el rendimiento de grano (RGR) donde el valor mas alto también corresponde al padre P8 con 9,225 kg ha⁻¹, el valor mas bajo al padre P6 con 6,918 kg ha⁻¹.

Cuadro 4.2.1 Comportamiento promedio de seis características agronómicas evaluadas de líneas de maíz para grano. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

Padre	FM días	FF días	AP cm.	AMZ cm.	RMZ Kg/ha	RGR Kg/ha
P1	58.50	59.44	259.66	114.94	9016.31	6943.43
P2	61.72	62.27	291.61	136.94	12005.70*	9224.98*
P3	61.33	62.55	274.00	128.44	10719.03	7739.02
P4	62.38*	62.50	279.11	126.83	9762.11	7280.00
P5	62.16	62.66	257.77	120.94	9363.27	7118.58
P6	62.33*	63.16*	243.44	107.00	9282.01	6918.09
P7	64.05*	64.50*	296.94*	150.05*	11701.82*	8814.65*
P8	62.66*	63.27*	286.94*	135.22	12282.86*	9225.82*
P9	61.00	62.05	298.88*	134.00	11094.33	8314.17
P10	63.61*	63.44*	289.50*	127.83	10213.71	7443.93

* = valores mayores que ($\mu + 2\sigma$), μ = media general, σ = desviación estándar, FM = Floración masculina, FF = Floración femenina, AP = Altura de planta, AMZ = Altura de mazorca, RMZ = Rendimiento de mazorca, RGR = Rendimiento de grano.

4.3 Efectos de aptitud combinatoria general (ACG)

Con respecto a los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) se presentan en el Cuadro 4.3.1, donde para la variable floración masculina (FM) se encontraron diferencias estadísticas en ambos niveles de probabilidad siendo el P7 ($p \leq 0.01$) y el P10 ($p \leq 0.05$), para la variable floración femenina (FF), solo el P7 mostró diferencia significativa, para altura de planta (AP) se encontraron diferencias estadísticas al ($p \leq 0.01$) para los P7 y P9 formando el grupo estadístico superior, el P2 presento diferencia al ($p \leq 0.05$), para altura de mazorca (AMZ) el P7 fue el único que presento diferencia al ($p \leq 0.01$), mientras que los P2, P8 y P9 mostraron diferencias significativas al ($p \leq 0.05$), en cuanto a las variables rendimiento de mazorca (RMZ) y rendimiento de grano (RGR), los P8 y P2 presentaron diferencia estadística al ($p \leq 0.01$) y el P7 al ($p \leq 0.05$), fueron los que presentaron los valores mas altos de ACG.

Cuadro 4.3.1 Efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) estimados en líneas de maíz para grano, de seis características evaluadas. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

Líneas	FM días	FF días	AP cm.	AMZ cm.	RMZ Kg/ha	RG Kg/ha
P1	-3.91	-3.53	-20.38	-14.93	-1718.77	-1078.68
P2	-0.28	-0.35	15.55*	9.81*	1644.28**	1488.05**
P3	-0.72	-0.03	-4.26	0.25	196.78	-183.65
P4	0.46	-0.10	1.48	-1.56	-879.76	-700.05
P5	0.21	0.08	-22.51	-8.18	-1328.44	-881.64
P6	0.40	0.65	-38.63	-23.87	-1419.87	-1107.19
P7	2.33**	2.15*	21.55**	24.56**	1302.42*	1026.42*
P8	0.77	0.77	10.30	7.87*	1956.08**	1489.00**
P9	-1.10	-0.60	23.73**	6.50*	618.98	463.38
P10	1.83*	0.96	13.17	-0.43	-371.70	-515.62
DMS.05	1.28	1.67	14.0	6.3	925.1	783.9
DMS.01	1.85	2.4	20.1	9.1	1329.2	1126.4

*, **, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de $p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$ respectivamente, FM = Floración masculina, FF = Floración femenina, AP = Altura de planta, AMZ = Altura de mazorca, RMZ = Rendimiento de mazorca, RGR = Rendimiento de grano, DMS = Diferencia Mínima Significativa

4.4 Comparación de medias de las cruzas

La comparación de medias de las cruzas se presenta en el Cuadro 4.4.1, donde se observan los resultados de las 15 mejores cruzas en base al rendimiento de grano. Encontrándose que para RGR el grupo superior esta formado por 13 cruzas siendo el rendimiento estadísticamente igual entre

ellas pero superior a las demás, los valores mas altos los obtuvieron las cruzas 2x7 y 2x9 con rendimientos de 11,096 kg/ha⁻¹ y 10,857 kg/ha⁻¹ respectivamente. Mientras que para el rendimiento de mazorca son 14 las cruzas que componen este grupo, en general las cruzas más sobresalientes para RMZ, están incluidas en el grupo de RGR destacando las cruzas 2x9, 2x7, 2x3 con valores de 14,050 kg/ha⁻¹, 14,046 kg/ha⁻¹, 14,014 kg/ha⁻¹. En cuanto a la variable altura de mazorca tenemos las cruzas 3x7 con 1.75m y 2x7 con 1.65m las cuales forman el grupo estadístico superior, para la altura de planta ocho cruzas forman el grupo mas sobresaliente destacando las cruzas 7x9, 2x7 con 333.5cm y 324.0cm, para la variable floración femenina tenemos a las cruzas 1x10 y 1x9 como las mas precoces con valores de 57.5 días y 58.5 días al igual que para floración masculina las cruzas más precoces son 1x10 y 1x9 con valores de 57 días para ambas.

Cuadro 4.4.1 Comparación múltiple de medias de rendimiento de grano y características agronómicas evaluadas de cruzas de maíz para grano. UAAAN-UL Torreón, Coahuila. 2004

CRUZA	FM días	FF días	AP cm.	AMZ cm.	RMZ Kg/ha	RGR Kg/ha
2x7	63.0	63.0	324.0*	165.5*	14046.40*	11096.79*
2x9	60.5	62.0	315.0*	151.5	14050.29*	10857.84*
2x8	61.0	61.0	308.0*	151.5	13658.50*	10725.94*
7x8	65.0	64.0	296.5*	153.5	13914.09*	10692.54*
2x3	60.5	62.5	292.5	141.5	14014.55*	10432.15*
7x9	62.0	63.0	333.5*	153.5	13579.30*	10123.29*
1x8	58.5	60.0	266.0	126.0	12489.80*	10094.65*
5x8	63.0	64.0	276.0	129.0	12857.25*	9635.80*
2x4	61.0	61.0	310.5*	133.5	12584.90*	9325.65*
8x9	62.0	63.0	320.5*	151.5	12324.44*	9061.40*
4x8	63.0	64.0	287.0	129.0	11915.00*	9025.25*
3x10	61.5	61.0	289.5	130.0	12759.90*	8978.15*
6x9	61.5	62.5	266.0	109.5	11848.05*	8915.65*
3x8	64.0	64.5*	263.0	125.0	12138.95*	8487.45
2x10	64.5	64.5*	303.5*	135.0	10936.50	8435.29

* = valores mayores que $(\mu + 2\sigma)$, μ = media general, σ = desviación estándar, FM = Floración masculina, FF = Floración femenina, AP = Altura de planta, AMZ = Altura de mazorca, RMZ = Rendimiento de mazorca, RGR = Rendimiento de grano.

4.5 Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE)

En el Cuadro 4.5.1, se muestran los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE), observándose que las variables (AP), (AMZ), (RMZ) y (RGR) son las que obtuvieron diferencias significativas dentro de las mejores 15 cruzas presentadas, la craza 2x4 es la única que presenta una diferencia significativa al $(p \leq 0.05)$ para la variable altura de planta (AP). Para la

característica altura de mazorca (AMZ), la cruza 8x9 es estadísticamente superior al ($p \leq 0.01$), además la cruza 2x9 muestra diferencia significativa al ($p \leq 0.05$). Para la característica rendimiento de grano (RMZ), las cruzas 3x10, 6x9, 1x8, 5x8, 2x3, 2x4 y 2x9 forman el grupo estadístico superior al ($p \leq 0.01$) mientras que la cruza 7x9 presenta diferencia significativa al ($p \leq 0.05$). Para la característica rendimiento de grano (RGR), un grupo formado por las cruzas 1x8, 3x10, 6x9, 2x3, 5x8 y 2x9 son estadísticamente superiores al ($p \leq 0.01$), mientras que la cruza 7x9 presenta significancia al ($p \leq 0.05$).

Cuadro 4.5.1 Efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) estimados en líneas de maíz para grano, de seis características agronómicas evaluadas. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

	FM	FF	AP	AMZ	RMZ	RGR
CRUZA	días	días	cm.	cm.	Kg/ha	Kg/ha
2x7	-1.02	-1.38	9.11	2.90	555.57	680.04
2x9	-0.09	0.36	-2.07	6.96*	1242.90**	1004.13**
2x8	-1.46	-2.01	4.36	5.59	-485.98	-153.38
7x8	-0.09	-1.51	-13.13	-7.15	111.47	274.85
2x3	-0.46	0.29	3.42	3.211	1629.36**	1225.47**
7x9	-1.21	-1.13	10.42	-5.78	1113.76*	731.21*
1x8	-0.34	0.17	-1.70	4.84	1708.37**	1782.06**
5x8	0.03	0.54	10.42	1.09	1685.49**	1126.17**
2x4	-1.15	-1.13	15.67*	-2.97	1276.25**	635.37
8x9	0.34	0.23	8.67	8.90**	-794.74	-793.26
4x8	-0.21	0.73	-2.57	-5.53	294.55	334.03
3x10	-1.59	-2.51	2.79	1.96	2390.69**	1775.15**
6x9	0.22	-0.13	3.11	-1.34	2104.81**	1657.18**
3x8	1.97	1.17	-20.82	-11.34	-558.03	-720.16
2x10	0.97	1.29	-3.01	-2.59	-880.19	-439.40
DMS.05	1.15	1.5	12.5	5.9	831.0	704.2
DMS.01	1.55	2.01	16.9	7.6	1115.3	945.1

*, **, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de $p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$ respectivamente, FM = Floración masculina, FF = Floración femenina, AP = Altura de planta, AMZ = Altura de mazorca, RMZ = Rendimiento de mazorca, RGR = Rendimiento de grano, DMS = Diferencia Mínima Significativa

4.6 Correlaciones

En el Cuadro 4.6.1, se muestran las correlaciones entre las variables agronómicas estudiadas encontrándose que entre floración masculina (FM) y (FF), hay una correlación altamente significativa ($p \leq 0.01$), cabe mencionar

que la significancia es de mucha importancia ya que de esto depende la polinización, y entre mejor concuerde la floración de estos se asegura una mejor polinización, y para (AMZ) fue significativa ($p \leq 0.05$), y finalmente (AP), (RMZ) y (RGR) fue no significativo, floración femenina presenta una correlación no significativa con la mayoría de las variables (AP), (RMZ) y (RGR) excepto para (AMZ) la cual fue significativo ($p \leq 0.05$), altura de planta (AP) tiene una correlación altamente significativa con todas las variables (AMZ), (RMZ) y (RGR) al ($p \leq 0.01$), finalmente altura de mazorca (AMZ) también presenta correlaciones altamente significativas al ($p \leq 0.01$) con (RMZ) y (RGR) al igual que la variable rendimiento de mazorca (RMZ) tiene una correlación altamente significativa con (RGR) al ($p \leq 0.01$).

Cuadro 4.6.1 Correlaciones fenotípicas de seis variables agronómicas evaluadas.

	FM	FF	AP	AMZ	RMZ	RGR
FM	1	0.935**	0.156ns	0.318*	0.168ns	0.108ns
FF		1	0.136ns	0.318*	0.155ns	0.086ns
AP			1	0.839**	0.573**	0.534**
AMZ				1	0.630**	0.605**
RMZ					1	0.982**
RGR						1

*, **= Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, ns = no significativo, FM = floración masculina, FF = floración femenina, AP = altura de planta, AMZ = altura de mazorca, RMZ = rendimiento de mazorca, RGR = rendimiento de grano.

4.7 Componentes de varianza

En el Cuadro 4.7.1, se presenta los componentes de varianza para cada una de las variables evaluadas, donde se observa que la varianza (σ^2_A) es mucho mayor que la varianza (σ^2_D) en todas las variables agronómicas analizadas, lo que nos indica que podemos formar variedades sintéticas con la combinación de las líneas y seguir un esquema de selección recurrente. Los valores altos de la σ^2_G = varianza genética, σ^2_E = varianza de error, σ^2_F varianza fenotípica, se debe a los altos valores obtenidos de la varianza aditiva (σ^2_A). También los valores altos de la heredabilidad en sentido amplio (H^2) y en sentido estricto (h^2), son el resultado de los altos valores de la varianza aditiva (σ^2_A). Los valores de d^2 fueron considerados como no dominantes ya que todas las variables presentaron valores de cero.

Para cada uno de los caracteres evaluados se realizaron estimaciones de heredabilidad en dos sentidos. El porcentaje mas elevado, para heredabilidad sentido estricto (h^2), los obtuvieron las variables (AMZ), (AP) y (FM) con valores de 76.22, 67.78 y 61.41 respectivamente, para la heredabilidad en sentido amplio (H^2) las variables (AMZ), (RMZ) y (RGR) presentaron los valores mas elevados con 82.05, 72.26 y 68.54 respectivamente. El grado de dominancia (d^2) se presentaron valores muy bajos para todas las variables que van desde 0.10 para (AP) el cual fue el mas bajo hasta 0.68 para (RGR) el cual fue el valor mas alto.

Cuadro 4.7.1 Componentes de varianza de seis variables agronómicas, en maíz, evaluadas en el ciclo de verano UAAAN-UL, 2004.

Variables	FM	FF	AP	AMZ	RMZ	RGR
σ_A^2	5.54	3.81	834.88	353.23	3096285	1788311.12
σ_D^2	0.15	0.64	8.72	27.01	1263132.68	829665.43
σ_G^2	5.69	4.45	843.6	380.24	4359417.68	2617976.55
σ_E^2	3.33	5.60	387.98	83.18	1672797.12	1201268.37
σ_P^2	9.02	10.05	1231.58	463.42	6032214.8	3819244.92
h^2	61.41	37.91	67.78	76.22	51.32	46.82
H^2	63.08	44.27	68.49	82.05	72.26	68.54
d^2	0.16	0.40	0.10	0.27	0.63	0.68

σ_A^2 = Varianza aditiva, σ_D^2 = Varianza de dominancia, σ_G^2 = Varianza genética, σ_E^2 = Varianza del error, σ_P^2 = Varianza fenotípica, h^2 = Heredabilidad en sentido estricto, H^2 = Heredabilidad en sentido amplio, d^2 = Grado de dominancia, FM = floración masculina, FF = floración femenina, AP = altura de planta, AMZ = altura de mazorca, RMZ = rendimiento de mazorca, RGR = rendimiento de grano.

4.8 Correlación de los componentes de varianza

En el Cuadro 4.8.1, se presentan las correlaciones de los componentes genéticos donde se encontró que la varianza aditiva (σ_A^2) tubo alta significancia al ($p \leq 0.01$) con las varianzas siguientes σ_D^2 = varianza de dominancia, σ_G^2 = varianza genética, σ_E^2 = varianza de error, σ_P^2 = varianza fenotípica, para d^2 = grado de dominancia, se tuvo significancia al ($p \leq 0.05$), mientras que para H^2 = heredabilidad en sentido amplio, h^2 = heredabilidad en sentido estricto, fue no significativo.

Para la σ_D^2 = varianza de dominancia, se encontró que fue altamente significativo al ($p \leq 0.01$) con las varianzas σ_G^2 = varianza genética, σ_E^2 = varianza de error, σ_P^2 = varianza fenotípica, para d^2 = grado de dominancia,

se tuvo significancia al ($p \leq 0.05$), mientras que para H^2 = heredabilidad en sentido amplio, h^2 = heredabilidad en sentido estricto, fue no significativo.

Para la σ_G^2 = varianza genética, presento alta significancia ($p \leq 0.01$) para las varianzas σ_E^2 = varianza de error, σ_p^2 = varianza fenotípica, mientras que para d^2 = grado de dominancia, se tuvo significancia al ($p \leq 0.05$), y para la H^2 = heredabilidad en sentido amplio, h^2 = heredabilidad en sentido estricto, fue no significativo.

Para la σ_E^2 = varianza de error, presento alta significancia ($p \leq 0.01$) para σ_p^2 = varianza fenotípica, mientras que para d^2 = grado de dominancia, se tuvo significancia al ($p \leq 0.05$), y para la H^2 = heredabilidad en sentido amplio, h^2 = heredabilidad en sentido estricto, fue no significativo.

Para la σ_p^2 = varianza fenotípica, presento significancia al ($p \leq 0.05$) para d^2 = grado de dominancia, mientras que H^2 = heredabilidad en sentido amplio, h^2 = heredabilidad en sentido estricto, fue no significativo.

La heredabilidad en sentido estricto h^2 solo tubo correlación no significativa con H^2 = heredabilidad en sentido amplio y d^2 = grado de dominancia. Al igual que H^2 = heredabilidad en sentido amplio con d^2 = grado de dominancia.

Cuadro 4.8.1 Correlación de los componentes de varianza, en maíz, evaluadas en el ciclo de verano UAAAN-UL, 2004.

Variable	σ_A^2	σ_D^2	σ_G^2	σ_E^2	σ_P^2	h^2	H^2	d^2
σ_A^2	1	0.99**	0.99**	0.99**	0.99**	-0.37ns	0.26ns	0.83*
σ_D^2		1	0.99**	0.99**	0.99**	-0.39ns	0.25ns	0.85*
σ_G^2			1	0.99**	0.99**	-0.38ns	0.26ns	0.84*
σ_E^2				1	0.99**	-0.40ns	0.25ns	0.87*
σ_P^2					1	-0.38ns	0.25ns	0.85*
h^2						1	0.75ns	-0.64ns
H^2							1	0.005ns
d^2								1

*, **= Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, ns = no significativo, σ_A^2 = Varianza aditiva, σ_D^2 = Varianza de dominancia, σ_G^2 = Varianza genética, σ_E^2 = Varianza del error, σ_P^2 = Varianza fenotípica, h^2 = Heredabilidad en sentido estricto, H^2 = Heredabilidad en sentido amplio, d^2 = Grado de dominancia.

V CONCLUSIONES

- Se presentaron diferencias altamente significativas al ($p \leq 0.01$) en el comportamiento cruzas para todas las variables evaluadas.
- Para aptitud combinatoria general se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para todas las variables, mientras que para aptitud combinatoria específica las que resultaron altamente significativas fueron las variables RMZ y RGR.
- Para el coeficiente de variación (CV) se tiene un rango de 2.94 a 13.8. Los valores más altos se obtuvieron en RMZ y RGR por ser estas variables más complejas donde intervienen más cantidad de genes.
- Los padres con los efectos más altos con respecto a las medias para rendimiento de mazorca y rendimiento de grano corresponden al P8 (L-B-39) y el P2 (L-AN 447).
- La craza 2x9 obtuvo el valor mas alto para la variable RMZ, mientras que la craza 2x7 fue la mejor para la variable RGR por lo que es necesario explotar el potencial genético.

- Para la aptitud combinatoria especifica las cruzas 3x10, 5x6 y 6x9 fueron los que tuvieron los valores mas altos para la variable RMZ, mientras que para la variable RGR las cruzas 5x6, 1x8 y 3x10 obtuvieron los valores mas altos.
- Para los efectos de aptitud combinatoria general los mejores padres fueron P7 (L-B-32), P8 (L-B-39) que mostraron los efectos positivos para todas las variables.
- Las variables RMZ y RGR correlacionan positivamente y significativamente con AP, AMZ, mientras que con FM y FF son no significativos.
- La varianza aditiva (σ_A^2) fue más importante que la varianza de dominancia (σ_D^2) para todas las variables.
- Las correlaciones entre las varianzas (σ_A^2), (σ_D^2), (σ_G^2) y (σ_P^2) son altamente significativos y con valores altos, estos a su vez no correlacionaron con la heredabilidad en sentido amplio (H^2), la heredabilidad en sentido estricto (h^2) y con la grado de dominancia (d).

VI RESUMEN

El presente trabajo se llevo acabo en el 2004, en las instalaciones de la UAAAN-UL, en el campo experimental donde se evaluó el comportamiento agronómico de cruza de maíz. Los objetivos de este experimento fue caracterizar, formar y evaluar híbridos de maíz para grano utilizando seis líneas sobresalientes del programa de la UAAAN-UL, tres líneas de reciente incorporación y una línea del programa del CIMMYT. Se realizaron 45 cruza posibles directas $P(P-1)2^{-1}$ de las diez líneas de acuerdo al diseño de apareamiento genético dialélico (Griffing 1956) método 4, utilizando 10 plantas de cada línea para obtener la semilla de las cruza, y en el verano se llevó a cabo la evaluación con un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. La parcela experimental fue de un surco de tres m de largo y 0.75 m de ancho, con seis plantas por metro, para tener una población aproximada de 85,000 pl ha⁻¹.

Las variables evaluadas fueron: Floración masculina (FM), Floración femenina (FF), en días, desde la siembra hasta la aparición del 50% de las espigas con polen y estigmas receptivos, respectivamente, Altura de planta (AP), Altura de mazorca (AMZ), en centímetros, midiéndose desde la base del suelo hasta la punta de la espiga y hasta la punta de la espiga y hasta la inserción de la mazorca respectivamente, Rendimiento de mazorca (RMZ), Rendimiento de grano (RGR).

Posteriormente se realizó un análisis estadístico para las seis variables con el paquete SAS (SAS Institute, Inc.; SAS. B. 1988). Después un análisis genético se hizo de acuerdo con el método 4 de los efectos fijos del dialélico de Griffing (1956), para estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE).

Para cruzas se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para todas las variables analizadas. Para el coeficiente de variación los valores mas altos los obtuvieron RMZ y RGR con 12.2 % y 13.8 % respectivamente. La cruza 2x9 obtuvo el valor mas alto para la variable RMZ, mientras que la cruza 2x7 fue la mejor para la variable RGR. Para los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) los mejores padres fueron P7, P8 que mostraron los efectos positivos para todas las variables.

VII BIBLIOGRAFÍA

- 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 en líneas de maíz. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 26(1): 11-17.
- Chávez A., J. L. y López E. 1995. *Mejoramiento de plantas 1*. UAAAN. México. 158 p.
- 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.
- Córdova, H. S. Y S. K. Vasal, 1996. *Estrategias en el desarrollo y mejoramiento del germoplasma del maíz orientado a la agricultura sustentable*.
- Cruz L. E. de la, E. Gutiérrez del R., A. Palomo G., S. Rodríguez H. 2003. Aptitud combinatoria y heterosis de líneas de maíz en La Comarca Lagunera. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 26 (4): 279-284.

- De la Loma, J. L. 1954. *Genética General Aplicada*. Segunda edición. Editorial UTEHA. México. 427 p.
- Eastmond A. Y M. L. Robert, 1992. *Biotecnología y Agroecología: paradigmas opuestos*. *Agro – ciencia* 3: 7-22.
- Gutiérrez R. E., A. Palomo, A. Banda y E. Lázaro. 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25: 271-277.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel Crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- Hallauer R. A., and Miranda F.O. 1988. *Quantitative Genetics in maize breeding*. The Iowa State University Press Ames, Iowa, 50010. First Edition 468 p.
- Hallauer, A. R. And S.A. Eberhart. 1976. Reciprocal full – sib selection. *Crop Sci.* 10: 315-316.
- Jungenheimer W. R. 1985. *Maíz. Variedades mejoradas, método de cultivo y producción de semillas*. Editorial LIMUSA. México. P. 841.
- López y Chávez A. J. L. 1995. *Mejoramiento de planta I*. Editorial Trillas. México. P. 158-167.

- Martínez, G. A. 1975 diseño y análisis de los experimentos de cruza dialélicas. CEC-CP-ENA. Chapingo, México. 229 p.
- Martínez G. A* 1983 Diseño y análisis de experimentos de cruza dialélicas. Segunda edición. Colegio de postgraduados. *Chapingo, México*. P 250.
- Márquez S. F. 1988. Genotecnia vegetal. Tomo II. Primera edición. Editorial AGTESA. México. P 563.
- Matzinger, D.F. 1963 Experimental estimates of genetics parameters and their applications in self-fertilizing plants. In W. D. Hanso and H. F. Robinson (Eds). *Statistical genetics and plant breeding*. Nas-Nrc. No. 982.
- Meredith, W.R. Jr. 1984 Quantitative genetics. In R. R. J. Kohel and C. F. Lewis (eds). *Cotton Amer. Soc. Agron. Monograph 24* Madison, Wis. USA.
- Poehlman J. M. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas. Primera edición. Editorial LIMUSA. México. P 453.
- Sprague G. F. and L. A. Tatum. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 34: 953-932.

Silva S. R. 1999. Heredabilidad y correlaciones fenotípicas en líneas avanzadas de trigo. XVII Congreso Nacional SOMEFI. Sociedad Mexicana de Fitogenética 2002. P 246.

VIII APENDICE

Cuadro A1. Cuadrados medios del análisis de varianza dialélico método 4 de Griffing de seis características agronómicas de maíz. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

FV	GL	FM	FF	AP	AMZ	RMZ	RGR
		días	días	cm.	cm.	Kg/ha	Kg/ha
Rep.	1	6.4ns	4.9ns	118.0ns	12.7ns	63770624**	45434880**
Cruzas	44	12.7**	10.5*	1771.6**	715.2**	9265711**	5786926**
ACG	9	47.9**	34.8**	7084.5**	2963.0**	28969342**	17167088**
ACE	35	3.6ns	4.3ns	405.4ns	137.2ns	4199062**	2860599**
Error	44	3.3	5.6	387.9	83.1	1672797	1201268
Total	89						
C.V(%)		2.9	3.7	7.0	7.1	12.2	13.8
Media		61.97	62.58	277	128	10544	7902

*, **, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de $p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$ respectivamente, ns = no significativo. FM = Floración masculina, FF = Floración femenina, AP = Altura de planta, AMZ = Altura de mazorca, RMZ = Rendimiento de mazorca, RGR = Rendimiento de grano.

Cuadro A2. Comparación múltiple de medias de rendimiento de grano y características agronómicas evaluadas de cruzas de maíz para grano. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

CRUZA	FM	FF	AP	AMZ	RMZ	RGR
	(días)	(días)	(cm.)	(cm.)	(Kg/ha)	(Kg/ha)
2x7	63.0	63.0	324.0*	165.5*	14046.40*	11096.79*
2x9	60.5	62.0	315.0*	151.5	14050.29*	10857.84*
2x8	61.0	61.0	308.0*	151.5	13658.50*	10725.94*
7x8	65.0	64.0	296.5*	153.5	13914.09*	10692.54*
2x3	60.5	62.5	292.5	141.5	14014.55*	10432.15*
7x9	62.0	63.0	333.5*	153.5	13579.30*	10123.29*
1x8	58.5	60.0	266.0	126.0	12489.80*	10094.65*
5x8	63.0	64.0	276.0	129.0	12857.25*	9635.80*
2x4	61.0	61.0	310.5*	133.5	12584.90*	9325.65*

8x9	62.0	63.0	320.5*	151.5	12324.44*	9061.40*
4x8	63.0	64.0	287.0	129.0	11915.00*	9025.25*
3x10	61.5	61.0	289.5	130.0	12759.90*	8978.15*
6x9	61.5	62.5	266.0	109.5	11848.05*	8915.65*
3x8	64.0	64.5*	263.0	125.0	12138.95*	8487.45
2x10	64.5	64.5*	303.5*	135.0	10936.50	8435.29
4x7	65.5*	65.5*	295.0*	150.5	11731.05*	8413.59
8x10	64.0	64.5*	302.5*	138.0	11467.50*	8383.29
4x9	62.0	62.5	276.0	119.5	10602.29	8240.00
5x7	65.0*	65.5*	271.0	141.5	10682.75	8179.89
5x9	60.0	61.0	287.5	129.0	10672.95	8171.69
1x2	61.0	61.0	269.0	120.5	9873.19	8075.35
6x7	64.5	66.5*	264.5	128.0	10338.65	8058.59
1x7	59.0	59.0	282.5	131.0	10388.84	8039.45
5x6	62.0	62.0	190.5	102.0	9901.55	7898.54
9x10	64.0	63.0	311.5*	135.5	10888.79	7854.29
3x7	63.0	65.0*	309.5*	175.5*	11068.15	7812.94
2x5	60.0	60.5	283.0	132.5	9508.84	7442.79
1x4	59.0	59.0	251.5	124.0	9636.54	7433.04
5x10	63.5	63.0	264.0	112.0	9922.75	7340.59
3x9	60.0	63.0	302.5*	134.0	9978.09	7223.64
3x6	61.5	62.0	237.5	102.5	9663.75	7072.20
3x4	60.5	61.0	289.0	131.5	9570.20	7069.35
1x10	57.0	57.5	295.0*	119.5	9560.70	6993.35
6x8	63.5	64.5*	263.0	113.5	9780.20	6926.09
7x10	69.0*	69.0*	296.0*	151.5	9567.19	6914.70
2x6	64.0	65.0*	219.0	101.0	9378.15	6633.04
1x3	58.0	60.0	234.0	106.0	9204.00	6624.10
1x6	58.0	59.0	225.5	85.5	8114.39	6406.50
4x10	65.0	64.0	279.0	114.5	8725.34	6377.34
3x5	63.0	64.0	248.5	110.0	8073.75	5951.20
6x10	64.0	64.5*	264.5	114.5	8094.75	5718.40
4x5	63.5	63.0	263.5	132.5	6675.04	5001.89

4x6	62.0	62.5	260.5	106.5	6418.60	4633.84
1x5	59.0	61.0	236.0	100.0	5974.60	4444.79
1x9	57.0	58.5	277.5	122.0	5904.75	4379.70

* = valores mayores que ($\mu + 2 \sigma$), μ = media general, σ = desviación estándar, FM = Floración masculina, FF = Floración femenina, AP = Altura de planta, AMZ = Altura de mazorca, RMZ = Rendimiento de mazorca, RGR = Rendimiento de grano.

Cuadro A3. Efectos de Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) estimados en líneas de maíz para grano, de seis características agronómicas evaluadas. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

CRUZA	FM ACE	FF ACE	AP ACE	AMZ ACE	RMZ ACE	RGR ACE
1x2	3.22	2.29**	-3.95	-2.597	-596.426	-236.29
1x3	0.65	0.98	-19.13	-7.534	181.873	-15.83
1x4	0.47	0.04	-7.38	12.277**	1690.967**	1309.51**
1x5	0.72	1.86*	1.11	-5.097	-1522.294	-1497.13
1x6	-0.46	-0.70	6.73	-3.909	708.929	690.10
1x7	-1.40	-2.20	3.54	-6.847	261.085	189.43
1x8	-0.34	0.17	-1.70	4.840	1708.374**	1782.06**
1x9	0.03	0.04	-3.63	2.215	-3539.582	-2907.27
1x10	-2.90	-2.51	24.42**	6.65*	1107.06*	685.38
2x3	-0.46	0.29	3.42	3.21	1629.36**	1225.47**
2x4	-1.15	-1.13	15.67*	-2.97	1276.25**	635.37
2x5	-1.90	-1.82	12.17	2.65	-1351.10	-1065.88
2x6	1.90	2.11**	-35.70	-13.15	-1390.38	-1650.08
2x7	-1.02	-1.38	9.11	2.90	555.57	680.04
2x8	-1.46	-2.01	4.36	5.59	-485.98	-153.38
2x9	-0.09	0.36	-2.07	6.96*	1242.90**	1004.13**
2x10	0.97	1.29	-3.01	-2.59	-880.19	-439.40
3x4	-1.21	-1.45	13.98*	4.59	-290.94	50.78
3x5	1.53	1.36	-2.51	-10.28	-1338.70	-885.76
3x6	-0.15	-1.20	2.61	-2.09	342.71	460.77
3x7	-0.59	0.29	14.42*	22.46**	-975.17	-932.09

3x8	1.97	1.17	-20.82	-11.34	-558.03	-720.16
3x9	-0.15	1.04	5.23	-0.97	-1381.79	-958.35
3x10	-1.59	-2.51	2.79	1.96	2390.69**	1775.15**
4x5	0.84	0.42	6.73	14.02**	-1660.86	-1318.66
4x6	-0.84	-0.63	19.86**	3.71	-1825.88	-1461.17
4x7	0.72	0.86	-5.82	-0.72	764.26	184.95
4x8	-0.21	0.73	-2.57	-5.53	294.55	334.03
4x9	0.65	0.61	-27.01	-13.65	318.94	574.39
4x10	0.72	0.54	-13.45	-11.72	-567.30	-309.24
5x6	-0.59	-1.32	-26.13	5.84*	2105.75**	1985.11**
5x7	0.79	0.67	-5.82	-3.09	164.65	132.84
5x8	0.03	0.54	10.42	1.09	1685.49**	1126.17**
5x9	-1.09	-1.07	8.48	2.46	838.28	687.87
5x10	-0.52	-0.63	-4.45	-7.59	1078.78	835.60*
6x7	-0.21	1.11	3.79	-0.90	-88.01	237.09
6x8	0.34	0.48	13.54*	1.27	-1300.13	-1357.98
6x9	0.22	-0.13	3.11	-1.34	2104.81**	1657.18**
6x10	-0.21	0.29	12.17	10.59**	-657.79	-561.05
7x8	-0.09	-1.51	-13.13	-7.15	111.47	274.85
7x9	-1.21	-1.13	10.42	-5.78	1113.76*	731.21*
7x10	2.84	3.29**	-16.51	-0.84	-1907.63	-1498.37
8x9	0.34	0.23	8.67	8.90**	-794.74	-793.26
8x10	-0.59	0.17	1.23	2.34	-661.00	-492.34
9x10	1.28	0.04	-3.20	1.21	97.39	4.26

*, **, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de $p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$ respectivamente, FM = Floración masculina, FF = Floración femenina, AP = Altura de planta, AMZ = Altura de mazorca, RMZ = Rendimiento de mazorca, RGR = Rendimiento de grano,