

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO" UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**ESTIMACION DE ACG, ACE Y COMPONENTES  
GENETICOS EN MAIZ PARA GRANO**

**POR**

**JUAN CARLOS ALBORES GOMEZ**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAH., MEXICO**

**MARZO 2007**

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

TESIS DEL C. **JUAN CARLOS ALBORES GOMEZ** ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADA POR:**

**Asesor principal**

  
**Dr. Emiliano Gutiérrez del Río**

**Asesor:**

  
**Dr. Armando Espinosa Banda**

**Asesor:**

  
**Dr. Raúl Wong Roraero**

**Asesor:**

  
**Me. J. Guadalupe Luna Ortega**

**COORDINADOR DE LA DIVISION DE  
CARRERAS AGRONOMICAS**

  
**M.E. VICTOR MARTINEZ CUETO**



Coordinación de la  
de Carreras

Agronómicas **MARZO**

**TORREON COAHILA., MEXICO**

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

## UNIDAD LAGUNA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. **JUAN CARLOS ALBORES GOMEZ** ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

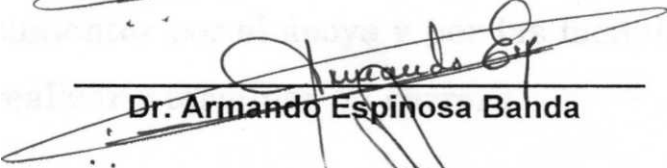
### INGENIERO AGRONOMO

#### COMITÉ PARTICULAR:


Presidente:

  
Dr. Emiliano Gutiérrez del Río

Vocal:

  
Dr. Armando Espinosa Banda

Vocal:

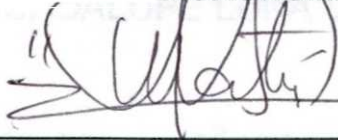
  
Dr. Raúl Wong Rome

Vocal:

J. Gpc O-

Me. J. Guadalupe Luna Ortega

COORDINADO R DE LA DIVISION DE  
CARRERAS AGRONOMICAS





M.E. VICTOR MARTINEZ CUETO

de Carreras Agrario

TORREON COAHILA., MEXICO

MARZO 2007.

Primeramente le doy gracias a Dios nuestro señor por prestarme la vida y permitirme terminar mi carrera que va a ser importante para mi vida ya que con ella ayudare a las personas que me apoyaron en mis estudios.

A mi "alma t erra mater" por darme la oportunidad de estudiar una carrera y concluirla sin problemas gracias a los apoyos brindados.

Al MC. Ricardo Covarruvias castro, así como a los profesores de la academia del departamento de fitomejoramiento, de la unidad laguna, a todos ellos, mis sinceros agradecimientos por el apoyo y por las facilidades otorgadas para realizar y terminar mi carrera.

### **A MIS ASESORES**

DR. EMILIANO GUTIERREZ DEL RIO

DR. RAUL WONG ROMERO DR.

ARMANDO ESPINOSA BANDA MC.

GUADALUPE LUNA ORTEGA

A todos ellos por brindarme se apoyo, asesoría y darme la oportunidad de adquirir conocimientos que me servirían para toda la vida.

## A mis padres<sup>^</sup>

Esteban albores Domínguez

Jovita Gómez Nafate

Por enseñarme el camino del bien, por medio de sus consejos y apoyarme en los momentos que más los necesitaba y darme la oportunidad de haberme permitido concluir satisfactoriamente mis estudios.

La humildad es virtud que tiene la sabiduría para reconocer el verdadero amor y el "sacrificio".

*r*

Agradezco humildemente a mis hermanos por todos los esfuerzos que realizaron, en los momentos más difíciles y más felices a lo largo de mi carrera. Por el amor, cariño y motivación, fuente de inspiración para la realización de mis metas.

<b>INDICE.....</b>	<b>Página</b>
<b>INDICE DE CUADROS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>II. LITERATURA REVISADA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Híbridos .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 cruzas dialélicas .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 diseños dialélicos.....</b>	<b>9</b>
<b>2.4 aptitud combinatoria .....</b>	<b>11</b>
<b>2.4.1 Aptitud combinatoria general .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4.2 Aptitud combinatoria especifica.....</b>	<b>13</b>
<b>2.5 Heredabilidad.....</b>	<b>14</b>
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Ubicación geográfica de Torreón Coah .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Material genético .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3 Manejo agronómico.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.1 siembra.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.2 Fertilización .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3.3 Riego .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3.4 Control de plagas y maleza.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3.5 cosecha .....</b>	<b>21</b>

3.4	Diseño y parcela experimental.....	21
3.5	Análisis estadístico .....	22
3.6	Análisis genético .....	22
3.7	Aptitud combinatoria .....	23
3.8	Componentes de varianza .....	24
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	26
4.1	Análisis estadístico.....	26
	4.2 Comparación de medias de 10 progenitores de las características evaluadas.....	27
4.3	Efectos de aptitud combinatoria general .....	28
4.4	Comparación de medias de las cruzas .....	30
4.5	Efectos de aptitud combinatoria específica .....	31
4.6	Correlaciones .....	32
4.7	Componentes de varianza .....	33
4.8	Correlación de los componentes de varianza .....	34
V.	CONCLUSIONES.....	36
VI.	RESUMEN .....	38
VII.	BILIOGRAFIA.....	40
VIII.	APENDICE .....	46

## INDICE DE CUADROS

Número de cuadro.....	Página.
3.2 Material genético .....	19
4.1.1 Cuadrados medios del análisis de varianza dialélico método 4 de Griffing de seis características de maíz para grano. UAAAN UL. Torreón Coahuila.2004.....	27
4.2.1 Comportamiento promedio de seis características evaluadas de las líneas de maíz para grano. UAAAN UL. Torreón Coahuila.2004.....	28
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 .....	29
4.4.1 Comparación múltiple de medias de rendimiento de grano y características agronómicas evaluadas de cruzas de maíz para forraje. UAAAN UL. Torreón, Coahuila.2004.....	30
4.5.1 Efecto de aptitud combinatoria específica ACE estimados en líneas de maíz para grano, de seis características evaluadas. UAAAN UL. Torreón, Coahuila.2004.....	31
4.6.1 Correlación fenotípica para seis variables agronómicas Evaluadas .....	33
4.7.1 Componentes de varianza de seis variables agronómicas en maíz, evaluadas en el ciclo de verano. UAAAN UL, 2004...34	
4.8.1 Correlación de los componentes de varianza en maíz.....	35



## I INTRODUCCION

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.) es el cereal mas cultivado en muchos países a nivel mundial después del trigo y el arroz, en México tiene una importancia de tipo ancestral y social, ya que es un cultivo de origen mexicano, y por lo tanto el 80 por ciento de sus pobladores basan su dieta alimenticia en este cereal, de tal manera que los agricultores siembran el maíz con el propósito de asegurar el complemento alimenticio de su familia. El maíz se usa principalmente para la alimentación humana en la mayoría de las regiones del mundo. En México se calcula que esta especie cubre alrededor del 51 % del área total que se encuentra bajo cultivo.

La inmensa mayoría de los agricultores que se dedican a este cultivo no se ha beneficiado de la reestructuración económica, la apertura de mercados globales y avances tecnológicos. La pobreza y falta de opciones los obligan a agotar los recursos naturales. En consecuencia, la población rural emigra hacia ciudades en busca de oportunidades, lo que aumenta la pobreza y a la vez agrava los conflictos sociales. Se estima que entre 15 y 18 millones de personas dependen en el país de la producción de esta especie para ganarse la vida. Su cultivo se extiende a lo largo y ancho de todo el territorio nacional, sobre distintos contextos geográficos, ecológicos, técnicos y sociales.

Nuestro país es considerado como el centro de origen del maíz y el de mayor diversidad de especies. Y a pesar de la gran cantidad de agricultores que existe en nuestro país aun no se ha podido sustentar la demanda de este grano teniendo que importarlo de otros países, como estados unidos entre otros, estos acontecimientos es más notorio en las comunidades rurales ya que no cuentan con tecnología necesaria, semillas mejoradas y el conocimiento básico para manejar este cultivo teniendo rendimientos muy bajos, a tal grado que no les alcanza para satisfacer sus necesidades teniendo que comprarlo, esto como consecuencia los lleva a la escasez económica obligándolos a emigrar a otros países en busca de nuevas alternativas de vida.

En la comarca lagunera se han sembrado hasta 60 mil hectáreas de maíz para grano y forraje, sin embargo existe apatía entre los productores para la aplicación de alta tecnología en este cultivo, debido a su baja rentabilidad ya que se considera como un cultivo de subsistencia alimenticia. En 1988 se establecieron 26,131 ha de maíz de grano alcanzando rendimientos de  $2.05 \text{ t ha}^{-1}$ .

El rendimiento nacional por unidad de superficie actualmente es de  $2.7 \text{ t ha}^{-1}$  mientras que en algunas regiones de la república como el Sureste es de  $5.0 \text{ t ha}^{-1}$ , en Jalisco y Valles Altos es de  $6.0 \text{ t ha}^{-1}$ , en Guanajuato e Hidalgo es de  $8.0 \text{ t ha}^{-1}$ , en Sinaloa de  $8.9 \text{ t ha}^{-1}$  y en la Comarca Lagunera es de  $3.3 \text{ t ha}^{-1}$ , mientras que el rendimiento

potencial a nivel experimental en el Bajío es de 18 t ha<sup>-1</sup>, y en la Comarca Lagunera es de 13 t ha<sup>-1</sup>.

Este cereal es el cultivo nacional número uno en cuanto a producción, área sembrada y área cosechada, a nivel mundial, es el tercer cereal mas cultivado. En los países industrializados es empleado principalmente como materia prima en muchos productos, ya que se obtienen productos comestibles y también subproductos que van desde almidones, aceites hasta ácidos químicos y combustibles que son de gran utilidad.

En nuestro país hay diferentes instituciones que se dedican al mejoramiento genético. Una de las ventajas más importantes con la que cuenta nuestro país es la extensa gama de áreas tanto edáficas como climáticas por lo cual, la meta del fitomejorador es obtener genotipos con alto potencial de rendimiento que se adapten a estas regiones.

En la actualidad, parte del mejoramiento genético se enfoca hacia la generación de materiales mejorados de maíz de amplia adaptabilidad por lo que los híbridos varietales juegan un papel muy importante. El mejoramiento del maíz como en todas las especies cultivadas, es un proceso continuo por lo que surgen nuevos métodos y técnicas para la formación de híbridos para uso comercial.

## Objetivos

- Evaluar híbridos simples y seleccionar los de buen rendimiento de grano a partir de líneas endogámicas sobresalientes.
- Identificar los mejores híbridos simples con base al comportamiento de las cruzas de las líneas.
- Calcular los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores y aptitud combinatoria específica (ACE) para cruzas.

## Hipótesis

H<sub>01</sub>: Las cruzas de maíz presentan igual comportamiento para rendimiento y características evaluadas.

H<sub>02</sub>: Las cruzas de maíz y sus progenitores presentan efectos iguales de ACG y ACE.

## Metas

- > Seleccionar al menos cinco híbridos de maíz con alto rendimiento de grano.
- > Producir híbridos de maíz **de** alta producción.

## II REVISIÓN DE LITERATURA

La producción del maíz se practica bajo las más diferentes condiciones climáticas con diferencias tecnológicas que van desde la producción temporalera más atrasada donde se obtiene rendimientos de  $0.7 \text{ t ha}^{-1}$ , hasta los sistemas de riego donde se siembra con semillas mejoradas, fertilizantes y que pueden llegar a producir de 12 a  $14 \text{ t ha}^{-1}$ .

Eastmont y Robert (1992), mencionan que el fitomejoramiento es y seguirá siendo la herramienta más importante para mantener una elevada productividad.

Hallauer y Eberhart (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.

El objetivo de la hibridación es la producción de materiales que presenten nuevas combinaciones genéticas que obtengan mayor vigor y producción. La hibridación es un método de mejoramiento genético donde los resultados reflejan un incremento marcado en la producción sobre los niveles de rendimiento en las variedades de polinización libre (De la Loma, 1954).

Allard (1980), menciona que un híbrido obtiene un aumento de tamaño o vigor con respecto a sus progenitores. También menciona el término heterosis para denominar el incremento en tamaño y vigor después de los cruzamientos. Todas las líneas endogámicas de maíz son inferiores a las variedades de polinización libre de donde se obtuvieron tanto en vigor como en rendimiento. El uso final de las líneas es la producción de híbridos. La hibridación es un método de mejoramiento genético con mayor eficiencia en la producción de maíz y 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 de vigor híbrido o heterosis.

## **2.1 Híbridos**

El maíz híbrido es la primera generación de una cruce entre líneas puras autofecundadas. La producción del maíz híbrido involucra la obtención de líneas autofecundadas para la producción de semillas a nivel comercial. Todas las líneas puras de maíz son inferiores a las variedades de polinización libre tanto en vigor como en rendimiento. Hasta que no se desarrolla en líneas decididamente más productivas, el uso final de las líneas puras lleva como objetivo la producción de híbridos. Lo cual indica las razones para el cruzamiento de las plantas.

Los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Geiger et al. 1992; Peña *et al.* 2003). El vigor híbrido generalmente se determina para caracteres como tamaño o rendimiento, pero estos son sólo productos finales de los procesos metabólicos, cuyos patrones están en los genes (Crees, 1956).

**Chávez y López (1995), presentan la siguiente clasificación de híbridos**

### **2.1.1 Híbrido Simple**

Es un híbrido creado mediante el cruzamiento de dos líneas endogamias, la semilla de híbridos F1 es la que se vende a los agricultores para la siembra, por lo común los híbridos simples son mas uniformes y tienden a presentar un mayor potencial de rendimiento en condiciones ambientales favorables.

### **2.1.2 Híbrido Triple**

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

### 2.1.3 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 cruces simples, presentan mayor variabilidad; es importante señalar que una cruce simple produce mayor rendimiento que una triple y esta a su vez más que una doble.

## 2.2 Cruces dialélicas

Martínez (1975) menciona que las cruces dialélicas se componen de las cruces 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 cruces dialélicas se emplean para estimar los componentes genéticos de variación entre los rendimientos de las propias cruces, así como su capacidad productiva. Su empleo actual tiene su origen en el desarrollo en los conceptos de aptitud combinatoria general y específica.

Las cruces 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.



### 2.3 Diseños dialélicos

Griffing (1956), dice que las cruas 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.

Este autor propuso cuatro técnicas que son la base para el análisis de cruas dialélicas.

1.- Participan todas las cruas posibles. Comprende los progenitores, cruas directas  $P_i$  y cruas recíprocas de las  $P^2$  familias, donde  $P$  es el número de progenitores.

2.- Incluye sólo autofecundaciones y cruas directas  $P_i$  esto es,  $p(p+1)/2$  familias.

3.- Incluye cruas directas y recíprocas, tendríamos  $p(p-1)$  número de familias.

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

Griffing (1956) propuso cuatro técnicas que son la base para el análisis de cruzas dialélicas fenómeno de vigor híbrido en la producción de híbridos. 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 x P elementos.

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, 1981).

El análisis dialélicos es una forma para determinar los efectos aditivos principales de los progenitores y sus interacciones en los cruzamientos individuales, denominado componente genético aditivo a la aptitud combinatoria general y componente genético no aditivo a la aptitud combinatoria específica.

## 2.4 Aptitud combinatoria

El término aptitud combinatoria significa la capacidad de un individuo o de una población de combinarse con otros, dicha capacidad es por medio de su progenie y debe determinarse no sólo en un individuo de la población sino en varios, con la finalidad de poder seleccionar los cruzamientos más adecuados para sustituir los híbridos comerciales. Gutiérrez *et al.* (2002).

Según Márquez (1988), 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, la aptitud combinatoria debe determinarse no sólo en un individuo de la población sino en varios a fin de poder seleccionar aquellos que exhiban la más alta aptitud combinatoria.

Sprague y Tatum (1942) definen el término de capacidad combinatoria general como el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas, y el término capacidad combinatoria específica para designar aquellos casos en que ciertas combinaciones se comportan relativamente mejor o peor de lo que debería esperarse en base al comportamiento promedio de las líneas consideradas.

### 2.4.1 Aptitud combinatoria general

Sprage y Tatum (1942) definen la aptitud combinatoria general (ACG) como el comportamiento promedio o general de una línea en una serie de cruzas. Menciona también 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 cuando para determinar que líneas pueden sustituirse en los híbridos actuales o usarse en nuevos híbridos prometedores

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

Chávez (1994), menciona que la aptitud combinatoria general (ACG) es el efecto promedio que una línea causa a sus cruzas, medido como la desviación de la media general; es decir lo que una línea hereda a sus progenitores en promedio de muchas cruzas.

#### **2.4.2 Aptitud combinatoria específica**

Martínez (1983) menciona que este término se emplea para mencionar aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen relativamente mejor o peor de lo que se podría esperarse sobre la base de los comportamientos de las líneas involucradas.

Poehlman (1965) 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 ó más de los clones originales con progenies de policruzas sobresalientes, para formar cruzas simples en todas las combinaciones posibles.

La aptitud combinatoria específica (ACE) es el desempeño individual de una línea pura en una combinación híbrida específica. Sprague y Tatum (1942), indica el término aptitud combinatoria específica (ACE) como los casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen mejor (o peor) de lo que podía esperarse sobre la base del comportamiento promedio de las líneas involucradas, en resumen, la ACE es el rendimiento relativo de cada cruce específica.

## 2.5 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 más 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.

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

Falconer (1985), define heredabilidad como el cociente de la varianza aditiva sobre la varianza fenotípica.

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

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 conocimiento sobre este término es de vital importancia en el mejoramiento de plantas para determinar el mejor método que se debe utilizar para alcanzar más rápido el objetivo. La estabilidad de una población en cuanto a la expresión de un carácter esta determinado por factores genéticos y ambientales; para saber en que medida influye cada factor, se recurre al cálculo del parámetro de heredabilidad.

Silva (1999), menciona que la heredabilidad se utiliza para estimar los parámetros genéticos y las correlaciones fenotípicas además para identificar genotipos con altos rendimientos. Los estudios de heredabilidad son de utilidad para evaluar como una parte de la variación observada en un carácter, corresponde a factores genéticos y que parte a factores ambientales.

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.

Brauer (1983), indica que la heredabilidad es el coeficiente entre la variación hereditaria y la varianza total. También como la estimación de la influencia que tienen los genes aditivos en la determinación de los caracteres cuantitativos.

La heredabilidad de las plantas individuales de una población heterogénea, varía en rendimiento, en altura, en resistencia a las bajas temperaturas o en otras características de naturaleza cuantitativa. Si se relacionan al azar dos plantas de una población de esta naturaleza y se determina su rendimiento, la diferencia en la producción de las dos plantas, se deberá en gran parte a efecto del medio ambiente (Allard, 1980).

El grado en el que pueda transmitirse la variabilidad de un carácter cuantitativo a la progenie es lo que se considera como heredabilidad o capacidad de transmisión hereditaria.

Becker (1986) define que la heredabilidad es un parámetro que expresa la proporción de varianza total que es atribuible a los efectos promedios de los genes y esto determina en parte del grado de parecido de los parientes. Se define como la transferencia de los rasgos fenotípicos y genotípicos de los padres a los hijos tanto en plantas como en animales.

De La Loma (1954) define que cuanto mayor sea la heredabilidad de un carácter cuantitativo, mayor será el parecido entre el grupo de individuos y sus descendientes.



Dudley y Molí (1969) definieron la heredabilidad en sentido amplio como relación entre la varianza genética total y la varianza fenotípica, y la heredabilidad en sentido estrecho, como relación entre la varianza aditiva y la varianza fenotípica.

### **III MATERIALES Y MÉTODOS**

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

#### **3.1 Ubicación geográfica de torreón**

La Comarca Lagunera se encuentra en una zona árida ubicada geográficamente entre los paralelos 24°, 30' y 27° de latitud norte y entre los 102° y 40 de longitud Oeste, a una altura de 1,120 msnm. Con una temperatura media de 21°C y una precipitación pluvial de 200 mm anuales. Cuenta con un clima clasificado de muy seco con deficiencia de precipitación durante todas las estaciones del año y por lo tanto las temperaturas son muy elevadas. Los datos promedios que se han registrado últimamente sobre la temperatura indican 27°C para el mes más caluroso y para la precipitación pluvial de 190 mm.

terial genético utilizado en el experimento.

<b>INEAS</b>	<b>DESCRIPCION</b>
CML-264pob21	Pob21 C5F219-3-3-B-##-8-1-3-BBB-f
CML-316	Pob500P500cOF114-1-1 -B*3
CML-254pob21	TUXSEQ-149-2-BBB-##-1 -BB-f
CML-313	PobSolcOF6-3-3-2-1-B-B
CML-273pob43	(AC7643*43F7)-2-3-2-1 -BB-f
CML-247pool24	(G24F119*G24F54)-6-4-1 -1 -BB-f
CML-271pob29	Pob29STECTHC25-6-4-1 -#-BBB-f
CML-311	Pob500S89500F2-2-2-B*5
CML-278pob43	DMANTE58043-53-1 -1 -B-##-1 -BBB-f
CML-315	Pob500P500cOF246-4-1 -2-2-B*3

## **MEJO AGRONÓMICO**

### **embra**

La siembra se realizó el 21 de agosto del 2004 en el campo íntal de la UAAAN-UL, en Torreón, Coahuila, se llevó acabo en anual depositando una semilla aproximadamente cada 5 cm, cia entre surcos fue de 70 cm, una vez emergida las plantas, o un aclareo a los 30 días después de la siembra dejando seis >or metro lineal.

### 3.3.2 Fertilización

Se fertilizó con la fórmula 180N-100P-00K aplicando el 50% del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra y el resto del nitrógeno a la hora de realizar la labor de escarda.

### 3.3.3 Riego

El método de riego utilizado fue por cintilla, procurando que la humedad se mantuviera constante y que fuera uniforme durante el ciclo 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 U ha<sup>-1</sup>**, además hubo ataque por pulga negra (*Chaetocnema pulicaria*) lo cual se combatió con Lorsban con dosis de **1 L / ha<sup>-1</sup>**. 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.

### **3.3.5 Cosecha**

La cosecha se realizó cuando se encontraba el grano en estado maduro y seco. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de grano (RG), rendimiento de mazorca (RMZ), estas variables expresadas en Kg. ha<sup>-1</sup>, floración masculina (FM), Floración femenina (FF), en días desde la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas estaban en periodo de antésis, altura de planta (AP), altura de mazorca (AMZ), en centímetros.

### **3.4 Diseño y parcela experimental**

Se realizaron 45 cruces posibles directas  $P(P-1)2^{n-1}$  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 cruces. Esta labor se realizó en la época de primavera del año 2004 y en el verano se llevó a cabo la evaluación con un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, la parcela experimental fue conformada de un surco por tres metros de largo y 0.70 metros de ancho, con una distancia aproximadamente de 16-17 centímetros entre plantas para tener una población aproximada de 85,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

### 3.5 Análisis estadístico

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

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}$$

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

Donde:

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

$\mu$  = media general,  $t$ , y  $S_y$  = los efectos de tratamientos y repeticiones,

$e_{ij}$  = error experimental para cada observación.

### 3.6 Análisis genético

Para el análisis de datos se procedió a utilizar el análisis propuesto por Griffing (1956), utilizando el modelo IV que incluye solo cruza directa usando la fórmula  $p(p-1)2^{r-1}$  lo cual da el número total de cruza entre los progenitores. El modelo lineal fue el siguiente:

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

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

Donde:  $\mu$  = media poblacional,  $Y_{ijk}$  = el valor fenotípico observado de la cruce 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 cruce ( $i, j$ ),  $e_{ijk}$  = efecto ambiental aleatorio correspondiente a la observación ( $i, j, k$ ).

### 3.7 Aptitud combinatoria

Las aptitudes combinatorias se estimaron: •

Ecuación de ACG

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

• Ecuación de ACE

$$ace = Y_{ij} - \frac{1}{n+2} (Y_i + Y_{ii} + Y_j + Y_{jj}) + \frac{1}{(n+1)(n+2)} Y$$

Donde se deduce que el valor de  $ACG = 1/2\sigma_A^2$  y el valor de  $ACE = \sigma^2D$ , correspondiente a la varianza aditiva  $\sigma^2A$  y varianza de dominancia  $\sigma^2D$  respectivamente y la suma ambas proporcionan el valor de la varianza genética ( $\sigma^2 G = \sigma^2A + \sigma^2D$ ).

### 3.8 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.

$$\sigma_{ACG}^2 \sim \frac{1}{2} \sigma_A^2$$

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

En donde:

$\sigma_A^2$  = varianza aditiva.

$\sigma_{ACG}^2$  = 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:

$\sigma_{ACE}^2$  = varianza de aptitud combinatoria específica.  $\sigma_D^2$  = varianza de dominancia.

c).- Varianza genética.  $\sigma_G = \sigma_A +$

$\sigma_D$



d) .- Varianza del error. (CME)

e) .- Varianza fenotípica.

$$\sigma_E + \sigma_G$$

f) .- Heredabilidad en sentido estricto ( $h^2$ ).

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

g) .- Heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ).  $H^2 =$

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

h) .- Grado de dominancia (d).  $d =$

$$A / 2\sigma_D^2 / \sigma_A^2$$

## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis estadístico

Los resultados de los cuadrados medios del análisis de varianza dialélico método 4 (Griffing 1956) se presentan en el cuadro 4.1.1 donde se indica que se encontró diferencias significativas ( $p > 0.01$ ) para la fuente de variación cruza para las variables RMZ, RG. La fuente de variación cruza se divide en aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores y aptitud combinatoria específica (ACE) de sus cruza y encontramos que para aptitud combinatoria general (ACG) se presentan diferencias estadísticas altamente significativas ( $p > 0.01$ ) para las variables FM, FF, AP, AMZ Y significativa ( $p > 0.01$ ) para la variable RG. mientras que para aptitud combinatoria específica (ACE) se tiene a las variables RMZ, RG, que son las que presentaron diferencias significativas ( $p > 0.01$ ) con respecto a FM, FF, AP, AMZ que no fueron significativas (ns). Los efectos de ACG fueron mucho más grandes que los efectos de ACE de acuerdo a las variables estudiadas, lo cual coincide con lo reportado por Hallouer y Miranda (1981). Aunque difiere de lo encontrado por de la Cruz, et al (2003).

**Cuadro 4.1.1 Cuadros medios del análisis de varianza dialélico método 4 (Griffing 1956) de seis características evaluadas de maíz. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>RMZ'</b>	<b>RG</b>	<b>FM</b>	<b>FF</b>	<b>AP</b>	<b>AMZ</b>
<b>REP</b>	1	55092224**	41160960**	13.62	8.09	928	1217
<b>CRUZ</b>	44	2593349*	1840069*	7.26	4.62	449	231
<b>ACG</b>	9	2109478	2093076*	24.03**	14.42**	1662**	643**
<b>ACE</b>	35	2717774*	1775011*	2.95	2.10	136	125
<b>ERROR</b>	44	1465053	914193	4.54	3.82	300	147
<b>TOTAL</b>	89						
<b>CV</b>		14.034	15.706	3.241	2.9389	6.119	9.238
<b>MEDIA</b>		5624.35	6057.46	65.74	66.56	253	131.54

\*, \*\*, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de ( $p < 0.05 > 0.01$ ) y ( $p < 0.01$ ) respectivamente, ns = no significativo, t (RMZ)= rendimiento de mazorca, (RG)=rendimiento de grano, (FM) = Floración masculina, (FF)= Floración femenina, (AP). Altura de planta, (Amz)= Altura de mazorca.

#### 4.2 Comparación de medias de 10 progenitores de características evaluadas

En el cuadro 4.2.1 se presentan los valores estimados de medias de las características evaluadas, en el que tenemos para rendimiento de mazorca (**RMZ**) a los padres 12,13,15,16,18,19, estos son los padres estadísticamente significativos siendo el valor mas alto al padre 18 con  $9,148.99 \text{ kg/ha}^{n1}$ , para rendimiento de grano (**RG**) corresponde a los padres 12,13,18,19,20 los que obtuvieron significancia, teniendo al padre 20 como el valor mas alto con un rendimiento de  $6,641.71 \text{ kg/ha}^{n1}$ , para floración masculina (**FM**) tenemos a los padres 11,13,14,15,16,19 como los mas significativos y al padre 15 como el valor mas alto con 67.05 en días,

Para floración femenina (FF) tenemos a los padres 11,13,14,15,16,17,19 con diferencia significativa y al padre 14 como el valor mas alto con 67.44 también en días, con respecto con la altura de planta (AP) tenemos a los padres 12,13,14,18,19,20 con diferencia significativa y al padre 19 como el mas elevado, para altura de mazorca (AMZ) corresponde a los padres 12,13,15,19,20 con diferencia significativa y al padre 19 como el mas elevado.

#### Cuadro 4.2.1 Comportamiento promedio de seis características evaluadas de

##### UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

	RMZ <sup>t</sup>	RG	FM	FF	AP	AM2
PADRE	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEC
P11	8309.62	5749.11	66.00*	66.27*	268.00	122.
P12	8857.63*	6599.80*	63.55	64.83	283.38*	132.
P13	8714.81*	6107.58*	66.16*	67.05*	283.33*	138.
P14	8240.05	5842.56	66.61*	67.44*	290.61*	131.
P15	8406.53 *	5781.03	67.05*	67.38*	278.11	134.
P16	8527.74 *	5919.09	66.22*	67.05*	271.72	127.i
P17	8246.62	5875.97	65.55	66.55*	278.00	126.
P18	9148.99*	6210.11*	64.33	65.66	290.55*	127.
P19	8841.43*	6147.62*	66.61*	67.22*	294.27*	140.
P20	8950.09*	6641.71*	65.33	66.16	292.77*	134.i

\*, \*\*, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de ( $p < 0.05 > 0.01$ ) y (ns) = no significativo.

<sup>t</sup> (RMZ)= rendimiento de mazorca, (RG)=rendimiento de grano, (FM) = Floración masculina, (FF)= Floración femenina, (AP)= Altura de planta, (Amz)= Altura de mazorca.

#### las líneas de maíz para grano.

#### 4.3 EFECTOS DE APTITUD COMBINATORIA GENERAL (ACG)

Los resultados de efectos de aptitud combinatoria general (ACG) se presentan en el cuadro 4.3.1 donde se tiene para el rendimiento de mazorca (RMZ) tenemos al padre 18 como el valor mas alto, para

rendimiento de grano tenemos al padre 20 como el mas sobresaliente, con respecto a floración masculina y femenina tenemos a los padres 18 y 14 respectivamente con diferencias significativas, para altura de mazorca y altura de planta el valor más alto de aptitud combinatoria general lo tiene el padre 19 para ambas características con valores de 12.6 para altura de mazorca y 9.51 para altura de mazorca. Los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) son similares a lo reportado por Gutiérrez et, al (2006) cuando estudio y evaluó líneas provenientes de CIMMYT presentados en el congreso internacional de la revista fitotecnia mexicana.

**Cuadro 4.3.1 Efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) estimados en líneas de maíz para grano, de seis características evaluadas.**

**Coahuila. 2004.**

<b>PADRES</b>	<b>RMZ<sup>t</sup></b>	<b>RG</b>	<b>FM</b>	<b>FF</b>	<b>AP</b>	<b>AMZ</b>
<b>P11</b>	-354.07	-380.64	0.2875	-0.325	-16.96	-10.55
<b>P12</b>	262.43	576.38	-2.462	-1.950	0.35	1.325
<b>P13</b>	101.77	22.69	0.475	0.550	0.28	7.95
<b>P14</b>	-432.33	-275.50	0.975	0.987	8.47	.325
<b>P15</b>	-245.04	-344.72	1.475	0.925	-5.58	2.95
<b>P16</b>	-108.68	-189.41	0.5375	0.550	-12.77	-4.362
<b>P17</b>	-424.94	-237.92	-0.2125	-0.012	-5.71	-6.175
<b>P18</b>	590.21	137.98	1.5875*	-1.012	8.41	-4.30
<b>P19</b>	244.21	67.67	0.975	0.737	12.60	9.51 *
<b>P20</b>	360.46	623.53	-0.4625	-0.450	10.92	3.32

\*, \*\*, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de ( $p < 0.05 > 0.01$ ) y ( $p < 0.01$ ) y (ns) = no significativo, **t** (RMZ)= rendimiento de mazorca, (RG)=rendimiento de grano, (FM) = Floración masculina, (FF)= Floración femenina, (AP)= Altura de planta, (Amz)= Altura de mazorca.

**UAAAN-UL. Torreón,**

#### 4.4 Comparación de medias de las cruzas

En el cuadro 4.4.1 se presentaron los resultados de la comparación de las medias donde se observó que para rendimiento de grano (RG) son 15 las cruzas más rendidoras. Las cruzas 12x20 y 15x20 son las que obtuvieron los resultados con diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para el rendimiento de grano (RG) y rendimiento de mazorca (RMZ), contribuyendo las demás características para obtener estos resultados.

**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.**

<b>CRUZAS</b>	<b>RMZ</b>	<b>RG</b>	<b>FM</b>	<b>FF</b>	<b>AMZ</b>	<b>AP</b>
<b>12 x 20</b>	10855.5*	8919.2*	61	63	305	136.5
<b>15 x 20</b>	10845.7*	7980*	66	67	294.5	126
<b>11 x 12</b>	10038.3	7565.4	62	63	276.5	122
<b>11 x 13</b>	10579.2	7214.2	65	65	269	134.5
<b>16 x 18</b>	10222.8	6924.7	64.5	66	289.5	113
<b>17 x 18</b>	10062.2	6867.7	64	65	292.5	124
<b>19 x 20</b>	9534.1	6858.8	66	66	306	153
<b>16 x 20</b>	9010.4	6746.6	66	66	285	134
<b>13 x 14</b>	9240.79	6720.2	67.5	68	294	135.5
<b>18 x 20</b>	9390.5	6693	65	66	296	123
<b>16 x 19</b>	9680.9	6640	66.5	67	297.5	135.5
<b>17 x 20</b>	8820.5	6606.3	65.5	66	283	132.5
<b>14 x 18</b>	9227.6	6600.5	64	65	302	139
<b>13 x 19</b>	9299.5	6523.3	67	68	303	152
<b>11 x 19</b>	8636.6	6474.9	67	67	275	120

\*, \*\*, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de ( $p < 0.05 > 0.01$ ) y (ns) = no significativo

#### 4.5 Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE)

En el cuadro 4.5.1 se presentan los resultados de las cruzas y se observó que para rendimiento de grano (RG) la mayoría de las medias fueron significativas ( $p < 0.05$ ) excepto las cruzas 13x16, 13x19 y 15x16. Mientras que para rendimiento mazorca la mayoría también fue significativa excepto las cruzas 16x19, 14x18, 13x16, 13x19. Siendo las variables RMZ, AP, AMZ las que más contribuyeron a aumentar el rendimiento y además también son las que aumentaron la expresión de estos caracteres de rendimiento.

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

CRUZAS	RMZ	RG	FM	FF	AP	AMZ
12 x 20	1602.2*	1631.8*	-1.81	-1.16	10.65	0.3
15 x 20	2099.9*	1613.7*	-0.75	-0.04	6.09	-11.81
11 x 13	2207.1*	1484.7*	-1.50	-1.79	2.59	5.55
11 x 12	1505.6*	1282.2*	-1.56	-1.29	10.03	-0.31
14 x 15	1210.5*	971.2*	-1.19	-0.47	11.03	-6.31
16 x 18	1116.9*	888.7*	-0.19	0.39	10.78	-9.88
13 x 14	947*	886.6*	0.30	-0.10	2.15	-4.31
17 x 18	1272.5*	880.2*	0.05	-0.54	6.72	2.93
11 x 19	122.1	700.4*	-0.006	0.02	-3.71	-10.5
16 x 19	921	674.2*	-0.75	-0.85	14.59	-1.19
14 x 18	445.6	650.5*	-1.13	-1.54	2.03	11.43
16 x 17	627	646*	-1.06	-0.60	3.4	1.49
13 x 16	558.1	440	-1.25	0.33	-14.59	-6.13
13 x 19	329.2	345.5	-0.19	0.14	7.03	2.99
15 x 16	31478*	340	-0.75	-1.04	2.78	4.36

\*, \*\*, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de ( $p < 0.05 > 0.01$ ) y ( $p < 0.01$ ) y (ns) = no significativo.

## 4.6 Correlaciones

En el cuadro 4.6.1 se presentan los coeficientes de correlación del rendimiento y sus componentes, en el cual tenemos para rendimiento de mazorca (RMZ) que correlaciona significativamente ( $p < 0.01$ ) con rendimiento de grano (RG) y para floración masculina (FM) Y floración femenina (FF) son altamente significativos en forma negativa, para altura de mazorca (AP) tenemos correlación altamente significativa, mientras que para altura de mazorca (AMZ) no hay correlación (ns). Para el rendimiento de grano (RG) tiene correlación altamente significativa en forma negativa únicamente con altura de mazorca (AMZ) y para las demás no tuvo significancia. Para floración masculina (FM) presenta correlación únicamente con floración femenina (FF) siendo esta altamente significativa, mientras que para floración femenina (FM) no tuvo correlación significativa con ninguna variable, la altura de planta (AP) presenta correlación altamente significativa con altura de mazorca (AMZ). Coincidí con lo reportado por covarrubias et, al (2004). En que el rendimiento del grano es significativo con el rendimiento de la mazorca.



**Cuadro 4.6.1 Correlación fenotípica para seis variables agronómicas**

VAR.	RMZ <sup>1</sup>	RG	FM	FF	AP	AMZ
RMZ	1	0.374*	-0.471**	-0.474**	0.436**	0.07ns
RG		1	-0.17ns	-0.120ns	-0.086ns	-0.646**
FM			1	0.919**	-0.199ns	0.004ns
FF				1	-0.133ns	-0.029ns
AP					1	0.456**
AMZ						1

= Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, ns= no significativo.

**evaluadas.**

**t** (RMZ)= rendimiento de mazorca, (RG)=rendimiento de grano, (FM) = Floración masculina, (FF)= Floración femenina, (AP)= Altura de planta, (Amz)= Altura de mazorca.

#### **4.7.1 Componentes de varianza y heredabilidad en sentido amplio y estricto**

Los componentes de variación y heredabilidad se presentaron en el cuadro 4.7.1 donde se observó que en general los valores de varianza aditiva ( $\sigma_A^2$ ) son más elevados para todas las variables estudiadas que los valores de la varianza de dominancia ( $\sigma_D^2$ ). Para los caracteres de rendimiento como son rendimiento de grano (RG) y rendimiento de mazorca (RMZ), son aproximadamente 2 veces mayores respectivamente, contrario a lo reportado por De La Cruz, et, al (2005) quien encontró diferencia significativa para ACE, mientras que De La Rosa y colaboradores reportan diferencias significativas para ambas fuentes de variación Aptitud combinatoria general (ACG) Y Aptitud combinatoria específica (ACE).

**Cuadro 4.7.1 Componentes de varianza de 6 variables agronómicas en maíz.**

VAR.	RMZ	RG	FM	FF	AP	AMZ
$a_A^2$	4218956	4186152	48.06	28.84	3324	1286
$o_D^2$	2717774	1775011	2.95	2.10	136	125
$o_G^2$	6936730	5961163	51.01	30.94	3460	1411
$o_E^2$	1465053	914193	4.54	3.82	300	147
$o_P^2$	8401783	6875356	55.55	34.76	3760	1558
$h^2$	844397256	691721752	5603	3504.8	379324	157086
$H^2$	82.56	86.70	91.82	89.01	92.02	90.56
$d^2$	1.135	0.921	0.350	0.381	0.286	0.379

\*, \*\*, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de ( $p < 0.05 > 0.01$ ) y ( $p < 0.01$ ) y (ns) = no significativo.  $o_A^2$  = Varianza aditiva,  $o_D^2$  = Varianza de dominancia,  $o_G^2$  = Varianza genética,  $o_E^2$  = Varianza del error,  $o_P^2$  = Varianza fenotípica,  $h^2$  = Heredabilidad en sentido estricto,  $H^2$  = Heredabilidad en sentido amplio,  $d^2$  = Grado de dominancia.

#### 4.8 Correlación de los componentes de varianza

En el cuadro 4.8.1 se presentan los resultados de las correlaciones entre los parámetros genéticos donde se observa que para varianza aditiva ( $o_A^2$ ) se tiene una correlación altamente significativa ( $p > 0.01$ ) con varianza de dominancia ( $o_D^2$ ) para varianza del error ( $o_E^2$ ) la correlación fue significativa ( $p > 0.05$ ) y para varianza genética ( $o_G^2$ ) y varianza fenotípica ( $o_P^2$ ) no fueron significativos. Para varianza de dominancia ( $o_D^2$ ) se observa que fue altamente significativo ( $p > 0.01$ ) con todas las varianzas. Para varianza genética ( $o_G^2$ ) la correlación fue altamente significativo ( $p > 0.01$ ) para todas las demás varianzas. La correlación de grado de dominancia fue altamente significativo ( $p > 0.01$ ) con varianzas de dominancia ( $o_D^2$ ), varianza genética ( $o_G^2$ ), varianza fenotípica ( $o_P^2$ ) y para varianza aditiva ( $o_A^2$ ) fue significativo ( $p > 0.05$ ).

Con respecto a la varianza fenotípica ( $o_p^2$ ) se tuvo una correlación altamente significativa ( $p > 0.01$ ) para heredabilidad en sentido estricto ( $h^2$ ), para heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ) y para el grado de dominancia ( $d^2$ ). Para heredabilidad en sentido estricto y amplio se tuvo una correlación altamente significativa ( $p > 0.01$ ) con heredabilidad en sentido amplio y con grado de dominancia respectivamente. De acuerdo a lo reportado por (Márquez 1991 y Cruz 2003); por otro lado Stanfield (1978) dice que la teoría de la sobre dominancia supone que un individuo que es heterocigote produce mayor vigor híbrido.

**Cuadro 4.8.1 correlación de los componentes de varianza, en maíz.**

	$\sigma_A^2$	$\sigma_D^2$	$\sigma_G^2$	$\sigma_E^2$	$\sigma_P^2$	$h^2$	$H^2$	$d^2$
$\sigma_A^2$	1	0.86**	0.76	0.87*	0.78	0.78	-0.88*	0.82*
$\sigma_D^2$		1	0.98**	0.99**	0.99**	0.99**	-0.94**	0.99**
$\sigma_G^2$			1	0.98**	0.99**	0.99**	-0.91*	0.99**
$\sigma_E^2$				1	0.98**	0.98**	-0.94**	0.99**
$\sigma_P^2$					1	1.00**	-0.92**	0.99**
$h^2$						1	-0.92**	0.99**
$H^2$							1	-0.95**
$d^2$								1

\*, \*\*, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de ( $p < 0.05 > 0.01$ ) y ( $p < 0.01$ ) y (ns) = no significativa.  $\sigma_A^2$  = Varianza aditiva,  $\sigma_D^2$  = Varianza de dominancia,  $\sigma_G^2$  = Varianza genética,  $\sigma_E^2$  = Varianza del error,  $\sigma_P^2$  = Varianza fenotípica,  $h^2$  = Heredabilidad en sentido estricto,  $H^2$  = Heredabilidad en sentido amplio,  $d^2$  = Grado de dominancia.

## V CONCLUSIONES

Para aptitud combinatoria general (ACG) se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) para rendimiento de mazorca no hubo diferencia, en cambio para aptitud combinatoria específica (ACE) solamente rendimiento de mazorca (RMZ) y rendimiento de grano (RG) resultaron significativos.

Se presentan diferencias estadísticas altamente significativas en el comportamiento de las cruzas para la mayoría de las **vana6íes** analizadas.

Los padres con los efectos más altos con respecto a las medias para rendimiento de grano (RG) corresponden al padre 20,

*mientras que para la aptitud combinatoria general (ACG) tanto para RMZ y RG también corresponde a\ padre 20.*

Las cruzas más sobresalientes son 12x20 Y 15x20 de las variables RG y RMZ respectivamente. Por lo que es necesario explotar el potencial genético de las cruzas mencionadas.

- Las cruzas que mostraron el mayor efecto de aptitud combinatoria específica (ACE) con base a sus cruzamiento, para la variable rendimiento de grano (RG) fueron las cruzas 12x20 y 15x20, mientras que para rendimiento de mazorca (RMZ) son 11x13 y 15x16.
  
- La correlación fenotípica para rendimiento de mazorca (RMZ) fue significativa para la mayoría de las variables, menos para altura de mazorca (AMZ). Para rendimiento de grano (RG) únicamente correlaciono significativamente ( $p < 0.05$ ) con rendimiento de mazorca (RMZ) y altura de mazorca (AMZ).
  
- La varianza aditiva ( $\sigma_A^2$ ) resultó más importante que la varianza de dominancia ( $\sigma_D^2$ ) para todas las características evaluadas.
  
- La varianza de dominancia ( $\sigma_D^2$ ), genética ( $\sigma_G^2$ ) y fenotípica ( $\sigma_P^2$ ) tienen valores altos de correlación siendo altamente significativos estos valores. Estos correlacionan con heredabilidad en sentido estricto ( $h^2$ ), amplio ( $H^2$ ) y con grado de dominancia (d) siendo significativo ( $p < 0.01$ ) sus valores.

## VI RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la UAAAN-UL, en el campo experimental donde se evaluó el comportamiento agronómico de cruzas de maíz. El objetivo más importante fue la caracterización agronómica y genética de dichas cruzas con propósito de hacer mejora en la producción de gran, ya que es de mucha utilidad en la alimentación de la sociedad.

Los materiales utilizados fueron 10 líneas sobresalientes del programa del CIMMYT. Se realizaron 45 cruzas posibles directas P(P-1)2 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; utilizando 10 plantas de cada línea para obtener la semilla de las cruzas, Esta labor se realizó en la época de primavera del año 2004 y en el verano se llevó a cabo la evaluación con un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, la parcela experimental fue conformada de un surco por tres metros de largo y 0.70 metros de ancho, con una distancia aproximadamente de 16-17 centímetros entre plantas para tener una población aproximada de 85,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Los datos que se tomaron en el campo fueron para las siguientes variables: rendimiento de mazorca (RMZ), rendimiento de

grano (RG), floración masculina (FM), floración femenina (FF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AMZ).

Para cruzas se presentaron diferencias estadísticas significativas para RMZ Y RG, para las demás variables no hay significancia. Para aptitud combinatoria general (ACG) de las cruzas encontramos que se presentan diferencias estadísticas altamente significativas para las variables FM, FF, AP, AMZ Y significativa para la variable RG, mientras que para aptitud combinatoria específica (ACE) se tiene a las variables RMZ, RG, que son las que presentaron diferencias significativas, con respecto a FM, FF, AP, AMZ no fueron significativas.

En las evaluaciones promedios de todas las cruzas se tiene a cruzas mas altas de todas las características evaluadas, donde tenemos para RMZ la cruz mas sobresaliente es 12x20, con  $10,855.5 \text{ Kg./ha}^1$ , para RG se tiene a la cruz 15x20 con  $8919.2 \text{ kg/ha}^1$ , con lo que respecta a la floración masculina el padre 15x19 fue el mas alto, para floración femenina tenemos al padre 14x19. Para altura de planta el padre 14x19 y para altura de mazorca fue el padre 19x20. Mientras que para los efectos de ACE las cruzas que presentaron mayor efecto en RMZ fueron 15x16, 15x20, 11x13, para RG tenemos a las cruzas 12x20, 15x20, 11x13, contribuyendo las variables FM, FF, AP, AMZ para estos rendimientos.

## VII BIBLIOGRAFIA

Allard R W, (1980) Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Editorial EOSA.

España. 498 p.

Amador RAL, Boschini FC (2000) Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana* 11(1) 171-177.

Argillier O, Méchin V, Barriere (2000) Inbred line evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. *Crop Sci.* 40: 1596-1600.

Chávez AJL (1994) Mejoramiento de plantas 2, métodos específicos de plantas alogamas. Editorial trillas, S.A. de C.V. 50 p.

Chávez AJL, López E (1995) Mejoramiento de plantas 1. UAAAN. México. 158 p.

Clark PW, Kelm S, Endres MI (2002) Effect of feeding a corn hybrid selected for leafiness as silage or grain to lactating dairy cattle *J. dairy Sci.* 85: 607-612.



Covarrubias, Gutiérrez del RE, Wong, Espinoza BA, Palomo GA (2004), componentes de rendimiento de grano en cruces simples de maíz en la comarca lagunera. UAAAN-UL. Torreón Coah, México, p. 31.

De la Cruz LE, S Rodríguez H, MA Estrada B, JD Mendoza P (2005) Análisis dialélico de líneas de maíz QPM, para características forrajeras, Univ. y ciencia vol. 21 (41): 19-26.

Dudley JW, RH Moll (1969) Interpretation and use of Estimates of Heritability and Genetic Variances in plant Breeding. Crop Science 257-262 p.

Falconer DS. (1985) Introducción a la Genética Cuantitativa. CECSA. México. 135 p.

Geiger HH, G Seitz, AE Melchinger, GA Schmidt (1992) Genotypic correlations in forage maize I. Relationships among yield and quality traits in hybrids. Maydica 37:95-99.

Griffing B (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9: 463-493.

Gutiérrez del RE, Palomo GA, Espinoza BA y De La Cruz LE (2002) Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en La Comarca Lagunera, México. Rev. Fitotec. Méx. Vol. 25 (3) 271-277

Gutiérrez del RE (2006) componentes forrajeros de cruzas simples formadas con líneas élite de maíz, México. Rev. Fitotec. Méx. Vol. 29.

Hallauer AR, JB Miranda F (1981). Quantitative Genetics in Maize Breeding lowastate University Prees, Ames, Iowa PP. 337-402

Johnson JC, RN Gates, GL Newton, JP Wilson, LD Chandler, PR Utley (1997) composition and in vitro digestibility of températe and tropical corn hybrids grow as silage crops planted in summer J Dairy Sci 80:550-557.

Jungenheimer WR (1985) Maíz. Variedades mejoradas, método de cultivo y producción de semillas. Editorial LIMUSA. México. P. 841.

Márquez SF (1991) Geotecnia vegetal. Métodos y teoría. Tomo III. AGT EDITOR, S.A México pag.7

Márquez SF (1988) Genotecnia vegetal. Métodos, teoría, resultados. Tomo II Primera edición. Editorial AGTESA México pp 563-665.

Martínez GA (1975) diseño y análisis de los experimentos de cruza dialélicas. CEC-CP-ENA. Chapingo, México. 229 p.

Moreno-González J, Martínez I, Brichette I, López A, Castro P (2000) Breeding potential of European flint and U. S. Corn Belt dent maize populations for forage use. Crop Sci. 40: 1588-1595.

Núñez HG, Contreras GFE, Faz CR, Herrera SR (1999) Selección de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético en maíz para ensilaje. INIFAP-CIAN-CAELALA, 52 p.

Núñez HG, EF Contreras G, R Faz C (2003) Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. Tec. ECU. Méx. 41:37-48p

Peña RA, G Núñez H, F González C (2002) Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronomitos con la calidad. Tec. Pecu. Méx. 40:215-228

Poehlman JM (1987) Mejoramiento genético de las cosechas. Primera edición. Editorial LIMUSA. México. P 453.

Ramírez RG, Quintanilla González, JB Aranda J (1997) White-tailed deerfood habits in northeastern México, smoll Rumin. Res., 25:142-148.

Reta SDG, Carrillo AJS, Gaytan MA, Cueto WJA (2001) Sistemas de productividad para incrementar la productividad y sustentabilidad del maíz en la Comarca Lagunera. CELALA- CCIRCO-INIFAP; CENID-RASPA-INIFAP. P 21.

Reyes CP (1985) Diseños de experimentos aplicados. Cuarta reimpression. Editorial Trillas. México. P 125.

Rodríguez HSA, RJ Santana, H Córdova, N Vergara, AJ Lozano, EM Mendoza, J JG Bolaños (2000) Caracteres de importancia para fitomejoramiento del maíz para ensilaje. Memorias del XVIII Congreso Nacional de fitomejoramiento. 148p.

Singh RK, Chaudary BD (1985) Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis. Kalyan Publishers. New Delhi, India. 319pp.

Stanfield DW (1978) teoría y problemas de genética. Libros Me. Grahaw Hill. México, D.F.

Sprague GF, LA Tatum (1942) General vs specific combining ability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. J 44:258-262.

Wang-Yeong, Ch Lee-Maian, L Cheng, Wang Y, C Lee M, Cheng W Effect of planting density and nitrogen application rates on growth Characteristics. Grass yield and quality of forage maize. Journal of Taiwan Livestock Research 28(2): 126-132.

## VIII APENDICE

**Cuadro A1. Cuadrados medios del análisis de varianza de seis variables agronómicas en un diseño de bloques al azar.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>RMZ</b>	<b>RG</b>	<b>FM</b>	<b>FF</b>	<b>AP</b>	<b>AMZ</b>
<b>REP</b>	45	55089409	41160299	13.61	8.1	928	1217
<b>CRUZ</b>	44	2593302	184048	7.26	4.62	449	231
<b>ERROR</b>		1465111	914179	4.5	3.82	300	147
<b>TOTAL</b>	89						
<b>MEDIA</b>		5624.35	6057.46	65.74	66.56	253	131.54

	NWZ		HWI	FF	AP	AMZ
12x20	10855,54	8919,25	61	63	305	136,5
15x20	10845,7	7980	66	67	294,5	126
11x12	10038,34	7565,45	62	63	276,5	122
11x13	10579,2	7214,2	65	65	269	134,5
16x18	10222,84	6924,79	64,5	66	289,5	113
17x18	10062,2	6867,75	64	65	292,5	124
19x20	9534,15	6858,84	66	66	306	153
16x20	9010,4	6746,6	66	66	285	134
13x14	9240,79	6721,25	67,5	68	294	135,5
18x20	9390,54	6693,04	65	66	296	123
17x20	8820,59	6606,35	65,5	66	283	132,5
16x19	9680,9	6640	66,5	67	297,5	135,5
14x18	9227,64	6600,5	64	65	302	139
13x19	9299,59	6523,35	67	68	303	152
12x14	8624,19	6447,39	65	66	281	134
11x19	8636,65	6474,9	67	67	275	120
14x15	9157,55	6438,5	67	68	297	128,5
13x16	9175,59	6360,7	65,5	68	256	129
12x17	8118,45	6293,65	62	64	277	142,5
16x17	8718,55	6306,14	65	66	268	122,5
12x16	8985,2	6205,59	66	66,5	267	125,5
12x15	8584,9	6242,7	63	64	279,5	146
18x19	9387,75	6033,2	65	66	291,5	138
11x18	8917,25	5985,45	63,5	64	283	124,5
14x19	8739,9	5950,79	68,5	69,5	308	139
12x19	8392,7	5906,84	64	65,5	302	146,5
12x18	8337,7	5923,64	62	65	276	111
13x15	8681,94	5936	67	67	269,5	146,5
17x19	8175,35	5887,25	66,5	67	285,5	124,5
12x13	7782,29	5893,7	67	66,5	286,5	130,5
15x16	8585,4	5893,4	67	67	267,5	134,5
13x17	8163	5797,79	66	67	276,5	130,5
11x14	8225,15	5713,35	68	68	277	114
15x18	8528,7	5652,85	67	67	289	131,5
11x17	8462,95	5675,29	66	67	263	114
11x20	7920,54	5516,54	66	66	271,5	126,5
13x20	7244,14	5311,54	66	68	300	143,5
13x18	8266,75	5209,75	64	66	295,5	145,5
14x20	6929,25	5143,2	66	67	294	135,5
15x19	7725,9	5053,39	69	69	280	151,5
14x17	6900,64	4793,45	66	67,5	287,5	125,5
14x16	7115,14	4774,45	67,5	68	275	135,5
15x17	6797,84	4655,84	69	69	269	118,5
11x15	6750,84	4176,64	68,5	68,5	257	124
11x16	6255,64	3420,14	68	68	240	119

CRUZA	RMZ	RG	FM	FF	AP	AMZ
11x12	1505.63 **	1282.24 **	-1.569	-1.291	10.03	-0.31
11x13	2207.14 **	1484.73 **	-1.506	-1.791	2.59	5.55
11x14	387.2	282.03	0.993	0.77	2.4	-7.31
11x15	-1274.38	-1185.44	0.993	1.333 *	-3.52	0.55
11x16	-2905.94	-2097.25	1.43 *	1.208	-13.34	2.86
11x17	617.61	206.4	0.18	0.77	2.59	-0.81
11x18	56.75	140.65	-0.944	-1.229	8.47	7.8*
11x19	122.15	700.4 *	-0.006	0.02	-3.71	-10.5
11x20	-716.19	-813.79	0.43	0.208	-5.52	2.18
12x13	-1206.26	-792.79	3.243 **	1.333 *	2.78	-10.31
12x14	169.74	59.05	0.743	0.395	-10.9	0.8
12x15	-56.84	-76.42	-1.756	-1.541	1.65	10.18 *
12x16	207.09	-268.83	2.18 **	1.333*	-3.65	-3
12x17	-343.39	-132.27	-1.069	-0.604	-0.71	15.8 **
12x18	-1139.96	-878.17	0.305	1.395*	-15.84	-17.56
12x19	-738.3	-824.67	-0.256	0.145	5.97	4.11
12x20	1602.29**	1631.87 **	-1.819	-1.166	10.65	0.3
13x14	947.01 *	886.65 **	0.305	-0.104	2.15	-4.31
13x15	200.87	170.62	-0.694	-1.041	-8.27	4.05
13x16	558.16	440	-1.256	0.333	-14.59	-6.13
13x17	-138.17	-74.37	-0.006	-0.104	-1.15	-2.81
13x18	-1049.59	-1038.33	-0.631	-0.104	3.72	10.3
13x19	329.26	345.56	-0.194	0.145	7.03	2.99
13x20	-1848.43	-1422.08	-0.743	1.333*	5.72	0.68
14x15	1210.58 **	971.27 **	-1.194	-0.479	11.03	-6.31
14x16	-968.18	-848.09	0.243	-0.104	-3.77	7.99
14x17	-866.41	-780.37	-0.506	-0.041	1.65	-0.19
14x18	445.61	650.56 *	-1.131	-1.541	2.03	11.43 **
14x19	303.66	71.16	0.805	1.208	3.84	-2.38
14x20	-1629.23	-1292.28	-0.256	-0.104	-8.46	0.3
15x16	31478	340.07	-0.756	-1.041	2.78	4.36
15x17	-1156.5	-848.96	1.993 **	1.52 *	-2.77	-9.81
15x18	-440.82	-227.86	1.368	0.52	3.09	1.3
15x19	-897.61	-757.01	0.805	0.77	-10.09	7.49
15x20	2099.92 **	1613.73 **	-0.756	-0.041	6.09	-11.81
16x17	627.83	646.02 *	-1.069	-0.604	3.4	1.49
16x18	1116.96 **	888.77 **	-0.194	0.395	10.78	-9.88
16x19	921.01 *	674.27 *	-0.756	-0.854	14.59 *	-1.19
16x20	128.26	225.02	0.18	-0.666	3.78	3.49
17x18	1272.57 **	880.23 **	0.055	-0.541	6.72	2.93
17x19	-268.26	-29.96	-0.006	-0.291	-4.46	-10.38
17x20	254.72	133.28	0.43	-0.104	-5.27	3.8
18x19	-71.03	-259.92	-0.131	-0.291	-12.59	1.24
18x20	-190.48	-155.92	1.305	1.395*	-6.4	-7.56
19x20	299.11	80.17	-0.256	-0.854	-0.59	8.61



**Cuadro A4. Esquema de las cruzas posibles de 10 líneas, en un diseño dialéctico.**

Progenitores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	0
T~		1x2*	1x2	1x3	1x4	1x5	1x6	1x7	1x8	1x9	1x10
2		2x2*	2x3	2x4	2x5	2x6	2x7		2x8	2x9	2x10
3			3x3*	3x4	3x5	3x6	3x7		3x8	3x9	3x10
4				4x4*	4x5	4x6	4x7		4x8	4x9	4x10
5					5x5*	5x6	5x7		5x8	5x9	5x10
6						6x6*	6x7		6x8	6x9	6x10
7							7x7*	7x8	7x9	7x10	
8								8x8*	8x9	8x10	
9									9x9*	9x10	
10											10x10*