

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**  
**“ANTONIO NARRO”**  
**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA**  
**ENTRE LINEAS ELITE DE MAIZ**

**POR**

**JORGE GARCIA TOBAR**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAH., MEXICO**

**MAYO 2007**

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

## “ANTONIO NARRO”

### UNIDAD LAGUNA

#### DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. JORGE GARCIA TOBAR ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

#### INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

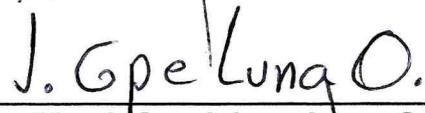
Asesor principal

  
Dr. Emiliano Gutiérrez del Río

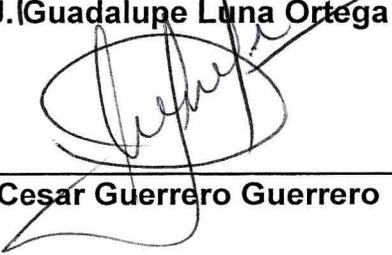
Asesor:

  
Dr. Armando Espinosa Banda

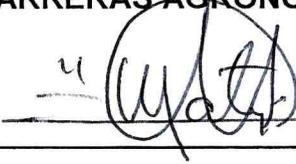
Asesor:

  
Mc. J. Guadalupe Luna Ortega

Asesor:

  
Mc. Cesar Guerrero Guerrero

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS

  
M.E. Víctor Martínez Cueto



TORREON COAHILA., MEXICO

MAYO 2007.  
Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

## UNIDAD LAGUNA

### DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. JORGE GARCIA TOBAR ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

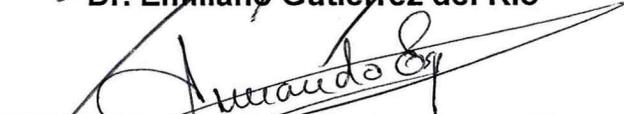
### INGENIERO AGRÓNOMO

#### COMITÉ PARTICULAR.

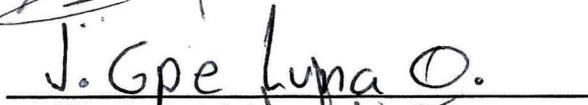
Presidente:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Emiliano Gutiérrez del Río

Vocal:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Armando Espinosa Banda

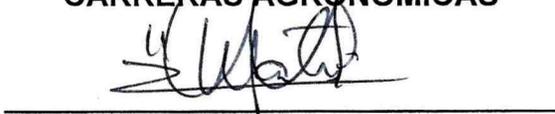
Vocal:

  
\_\_\_\_\_  
Mc. J. Guadalupe Luna Ortega

Vocal:

  
\_\_\_\_\_  
Mc. Cesar Guerrero Guerrero

#### COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

  
\_\_\_\_\_

M.E. Víctor Martínez Cueto

TORREON COAHILA., MEXICO



MAYO 2007.

Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

## AGRADECIMIENTOS

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 terra 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. ARMANDO ESPINOSA BANDA

MC. GUADALUPE LUNA ORTEGA

MC. SESAR GUERRERO GUERRERO

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

## **A mi mama**

**BERTHA TOVAR NAVA.**

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”.

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.

**INDICE.....Página**

**INDICE DE CUADROS.....VIII**

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>LITERATURA REVISADA.....</b>	<b>5</b>
2.1	Híbridos.....	6
2.1.1	Hibrido simple.....	6
2.1.2	Hibrido triple.....	7
2.1.3	Hibrido doble.....	7
2.2	cruzas dialelicas.....	8
2.3	diseños dialélicos.....	9
2.4	aptitud combinatoria.....	10
2.4.1	Aptitud combinatoria general.....	11
2.4.2	Aptitud combinatoria especifica.....	12
2.5	Heredabilidad.....	12
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>16</b>
	Ubicación geográfica de Torreón, Coah.....	17
	Material genético.....	17
	Manejo agronómico.....	17
3.3.1	siembra.....	17
3.3.2	Fertilización.....	18
3.3.3	Riego.....	18
3.3.4	Control de plagas y maleza.....	18
3.3.5	cosecha.....	18

---

3.4	Diseño y parcela experimental.....	19
3.5	Análisis estadístico.....	19
3.6	Análisis genético.....	20
3.7	Aptitud combinatoria.....	20
3.8	Componentes de varianza.....	21
IV.	RESULTADOS Y DISCUCIONES.....	23
4.1	Análisis estadístico.....	23
4.2	Comparación de medias de 10 progenitores de las características evaluadas.....	25
4.3	Efectos de aptitud combinatoria general.....	26
4.4	Comparación de medias de las cruzas.....	27
4.5	Efectos de aptitud combinatoria específica.....	28
4.6	Correlaciones.....	29
4.7	Componentes de varianza.....	31
4.8	Correlación de los componentes de varianza.....	32
V.	CONCLUSIONES.....	35
VI.	RESUMEN.....	37
VII.	BILIOGRAFIA.....	39
VIII.	APENDICE.....	42

## INDICE DE CUADROS

<b>3.2</b>	<b>Material genético.....</b>	<b>19</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Cuadrados medios del análisis de varianza dialelico método 4 de Griffing de seis características de maíz para grano. UAAAN UL. Torreón Coahuila.2004.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Comportamiento promedio de nueve características evaluadas de las líneas de maíz para grano. UAAAN UL. Torreón Coahuila.2004.....</b>	<b>25</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Efectos de aptitud combinatoria general ACG estimados en líneas de maíz para grano, de seis características evaluadas. . UAAAN UL. Torreón, Coahuila. 2004.....</b>	<b>27</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Comparación múltiple de medias de rendimiento de grano y características agronómicas evaluadas de cruzas de maíz para forraje. UAAAN UL. Torreón, Coahuila.2004.....</b>	<b>28</b>
<b>4.5.1</b>	<b>Efecto de aptitud combinatoria específica ACE estimados en líneas de maíz para grano, de seis características evaluadas. UAAAN UL. Torreón, Coahuila.2004.....</b>	<b>29</b>
<b>4.6.1</b>	<b>Correlación fenotífica para seis variables agronómicas Evaluadas.....</b>	<b>30</b>
<b>4.7.1</b>	<b>Componentes de varianza de seis variables agronómicas en maíz, evaluadas en el ciclo de verano. UAAAN UL, 2004...32</b>	
<b>4.8.1</b>	<b>Correlación de los componentes de varianza en maíz.....</b>	<b>34</b>

## I. INTRODUCCIÓN

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. En la comarca lagunera se han sembrado hasta 60 mil hectáreas de maíz para grano y forraje, sin embargo, por la falta de decisión, por el desinterés y la indiferencia entre los productores no se ha aplicado la alta tecnología en este cultivo, porque lo consideran de baja rentabilidad y por lo tanto como de subsistencia. En 1988 se establecieron 26,131 ha de maíz de grano alcanzando rendimientos de 2.05 t ha<sup>-1</sup>.

El rendimiento nacional por unidad de superficie actualmente es de 2.7 t ha<sup>-1</sup> mientras que en algunas regiones de la republica como el Sureste es de 5.0 t ha<sup>-1</sup>, en Jalisco y Valles Altos es de 6.0 t ha<sup>-1</sup>, en Guanajuato e Hidalgo es de 8.0 t ha<sup>-1</sup>, en Sinaloa de 8.9 t ha<sup>-1</sup> y en la Comarca Lagunera es de 3.3 t ha<sup>-1</sup>,

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>.

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 variedades e híbridos para uso comercial.

El conocimiento de la acción génica que controla los caracteres de interés económico es básico para lograr avances en un programa de mejoramiento genético. Uno de los métodos propuestos para conocer y evaluar la acción génica de los caracteres cuantitativos es el de cruzamientos dialélicos que permiten identificar las combinaciones superiores, seleccionar los mejores progenitores que proporciona la más alta heterosis y diseñar los métodos de mejoramiento más eficaces.

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 variedades e híbridos para uso comercial.

## **Objetivos**

- Estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores y aptitud combinatoria específica (ACE) para cruzas
- Calcular los parámetros genéticos de las variables evaluadas

## **Hipótesis**

- Las cruzas de maíz presentan igual comportamiento para rendimiento y características evaluadas.

$H_0$ : Las cruzas de maíz y sus progenitores presentan efectos iguales de ACG y ACE.

## **Metas**

Formar materiales de maíz para grano de amplia base genética híbrida.

Producir híbridos de maíz de alta producción y venderlos a bajo costo.

## 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 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.

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.

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).

## **2.1 Híbridos**

De la Loma (1954) dice que el objetivo inmediato de la hibridación es la producción de ejemplares que presenten nuevas combinaciones o agrupaciones de caracteres y, generalmente, mayor vigor por ambas causas constituye un m Allard (1980) define a un híbrido como el aumento de tamaño o en vigor de este con respecto a sus progenitores.

También propuso el termino heterosis para denotar el incremento en tamaño y vigor después de los cruzamientos.

Stadler (1949) mencionó que 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 es la producción de híbridos.

Lo cual especifica las razones para el cruzamiento de las plantas.

Shull (1952) inicia una nueva era en el mejoramiento del maíz sugiriendo un método para la producción de semilla híbrida de maíz.

Anteriormente el mismo autor había indicado que en un campo ordinario de maíz está compuesto por muchos híbridos complejos, disminuyéndose su vigor al autofecundarse el método gran interés, cuya aplicación se ha extendido de modo notable.

### **2.1.1 Híbrido Simple.**

Es un híbrido creado mediante el cruzamiento de dos líneas endogamias, 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 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 cruza entre dos cruza simples, los híbridos dobles no son tan uniformes como las cruza simples, presentan mayor variabilidad; es importante señalar que una cruza simple produce mayor rendimiento que una triple y esta a su vez más que una doble.

## **2.2 Cruzas dialélicas.**

Martínez (1975), menciona que las cruza dialélicas, se componen de las cruza 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 cruza 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 en los conceptos de aptitud combinatoria general y específica.

El análisis dialélico 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. La interacción en este caso es usada como indicador de desviación de actividad.

### **2.3 Diseños dialélicos**

Griffing (1956), dice que 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. Este autor propuso cuatro técnicas que son la base para el análisis de cruzas dialélicas.

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).

Los diseños dialélicos son comúnmente usados en fitomejoramiento para obtener información de efectos genéticos cuando los padres no son elegidos al azar, o para estimar aptitud combinatoria general y específica, heterosis y parámetros genéticos, (Burow y Coors 1994).

Los cuatro diseños básicos para analizar los datos obtenidos de experimentos de cruzas dialélicos en los que se ensayaron las cruzas, fueron desarrollados por Griffing (1956). Este autor abordó los conceptos y la teoría estadística relacionada con los diseños dialélicos. De acuerdo si participan o no los padres y las cruzas recíprocas de la  $F_1$ , y las clasifiqué en cuatro métodos.

1. Participan todas las cruzas posibles. Comprende los progenitores, cruzas directas  $F_1$  y cruzas recíprocas de las  $F_1$ . Habrán  $P^2$  familias, donde  $P$  es el número de progenitores.
2. Incluye sólo progenitores y cruzas directas  $F_1$  esto es  $p(p+1)/2$  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.

En ausencia de epistasis, las tablas dialélicas dan información acerca de las propiedades intrínsecas de la población, dejando ver la importancia que

tienen los análisis dialélicos para proporcionar información sobre la población particular.

## **2.4 Aptitud Combinatoria**

Gutiérrez (2002) mencionó que el termino 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.

Márquez (1988) define el término de aptitud combinatoria como la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, dicha capacidad medida por medio de su progenie. Sin embargo, la aptitud combinatoria debe de determinarse no en un solo individuo de la población sino en varios, a fin de poder realizar selección de aquellos que exhiban la más alta.

### **2.4.1 Aptitud combinatoria general.**

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

Aptitud combinatoria específica.

Strague y Tatum (1942) la definen como el comportamiento de las combinaciones específicas de líneas, en relación al comportamiento promedio de las líneas que las forman.

Poehlman (1965) menciona que se pueden obtener información sobre la aptitud combinatoria específica (ACE) de los clones, mediante el ensayo comparativo de las cruza simples entre ellos. Se cruzan 10 o más de los clones originales con progenies de poli cruza sobresalientes, para formar cruza simples en todas las combinaciones posibles (también se llama a este cruzamiento dialelo). Se compara el comportamiento de los progenies de las cruza simples, para determinar la aptitud combinatoria específica (ACE) de los clones.

#### **2.4.2 Aptitud combinatoria especifica**

Poehlman (1987) menciona que se pueden obtener información sobre la aptitud combinatoria específica (ACE) de los clones, mediante el ensayo comparativo de las cruza simples entre ellos. Se cruzan 10 o más de los clones originales con progenies de poli cruza sobresalientes, para formar cruza simples en todas las combinaciones posibles (también se llama a este cruzamiento dialelo). Se compara el comportamiento de los progenies de las cruza simples, para determinar la aptitud combinatoria específica (ACE) de los clones.

Martínez, (1983). Nos dice que la aptitud combinatoria especifica es un termino se emplea para mencionar aquellos casos en las cuales ciertas

combinaciones lo hacen relativamente mejor o peor de lo que se podría esperarse sobre la base comportamientos de las líneas involucradas.

Sprague 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.

## **2.5 Heredabilidad**

Dudley y Moll (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.

Brauer (1983) define la heredabilidad como 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.

Silva, (1999), 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 predicativo, 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.

Córdova y Vasal (1975) comentan que la heredabilidad para rendimiento aumenta conforme cambia de medios hermanos a hermanos completos y a progenies autofecundadas  $S_1$  y  $S_2$ .

Reyes (1985), cita que la porción heredable del total de variación fenotípica se llama "heredabilidad" la cual se puede evaluar considerando el genotipo en donde se consideran los diferentes tipos de acción génica (que incluye aditividad, dominancia, sobre dominancia y epítasis) o considerando únicamente la acción aditiva.

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.

$$(H^2) \text{ Heredabilidad} = \frac{\text{Varianza} \sum \text{ genotípica}}{\text{Varianza} \sum \text{ fenotípica}} \times 100$$

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

$$(h^2) \text{ Heredabilidad} = \frac{\text{Varianza} \sum \text{ aditiva}}{\text{Varianza} \sum \text{ fenotípica}} \times 100$$

El conocimiento de la heredabilidad de un carácter permite predecir el grado de progreso que se espera al seleccionar progenitores en una población mendeliana. La heredabilidad de los caracteres cualitativos es usualmente alta porque son relativamente poco afectados por el medio, de tal manera que es posible predecir el comportamiento de un fenotipo en la siguiente generación. Para la mayoría de los caracteres cuantitativos el valor de la heredabilidad es muy bajo.

Chávez (1995), menciona que la heredabilidad se refiere a la capacidad que tienen los caracteres para transmitirse de generación a generación, es

decir, que esta se puede considerar como el grado de parecido entre los individuos de una generación y la siguiente.

Allard (1980), define a la heredabilidad como la proporción de la variabilidad observada debida a los efectos aditivos de los genes.

Dudley y Moll (1969), definen a la heredabilidad como el cociente de la varianza genética entre la varianza fenotípica. La varianza fenotípica es la varianza total entre los fenotipos cuando se cultivan en un ambiente de interés y la varianza genética es la parte de la varianza fenotípica que se atribuye a los diferentes genotipos entre los fenotipos.

Brauer (1981), indica que los estudios de heredabilidad son de utilidad para evaluar que parte de variación total observada en un carácter corresponde a factores genéticos ya que parte a factores ambientales. Oyervides (1979), en su escrito define en el sentido estricto, que la heredabilidad es la proporción de la variación total debido a efectos aditivos.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

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 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 mts. 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.

**3.2 Material genético utilizado en el experimento.** El material se presenta en el Cuadro 3.1.

<b>Numero</b>	<b>LINEAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
H 11	CML-264pob21	Pob21C5F219-3-3-B-##-8-1-3-BBB-f
H 12	CML-316	Pob500P500cOF114-1-1-B*3
H 13	CML-254pob21	TUXSEQ-149-2-BBB-##-1-BB-f
H 14	CML-313	PobSolcOF6-3-3-2-1-B-B
H 15	CML-273pob43	(AC7643*43F7)-2-3-2-1-BB-f
H 16	CML-247pool24	(G24F119*G24F54)-6-4-1-1-BB-f
H 17	CML-271pob29	Pob29STECTHC25-6-4-1-#--BBB-f
H 18	CML-311	Pob500S89500F2-2-2-B*5
H 19	CML-278pob43	DMANTE58043-53-1-1-B-##-1-BBB-f
H 20	CML-315	Pob500P500cOF246-4-1-2-2-B*3

### **3.3 Manejo agronómico**

#### **3.3.1 Siembra**

La siembra se realizó el 21 de agosto del 2004 en el campo experimental de la UAAAN-UL, en Torreón, Coahuila, se llevó a cabo en forma manual depositando una semilla aproximadamente cada 5 cm, la distancia entre surcos fue de 70 cm, una vez emergida las plantas, se realizó un aclareo a los 30 días después de la siembra dejando seis plantas por 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 Decís con una dosis de 1 L / 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  $\text{kg ha}^{-1}$ , diámetro de mazorca (DMZ), diámetro de olote (DOL), y longitud de mazorca (LMZ), en centímetros y finalmente peso de mil granos expresada en gramos.

### 3.4 Diseño y parcela experimental

Se realizaron 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. 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  $\text{ha}^{-1}$ .

### 3.5 Análisis estadístico

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

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

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

Donde:

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

$\mu$  = media general,  $\tau_i$  y  $\beta_j$  = los efectos de tratamientos y repeticiones,  $\varepsilon_{ij}$  = 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 cruzas directas usando la fórmula  $p(p-1)2^{-1}$  lo cual da el número total de cruzas entre los progenitores.

El modelo lineal fue el siguiente:

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

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

Donde:  $\mu$  = 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  $(i, j, k)$ .

### 3.7 Aptitud combinatoria

Las aptitudes combinatorias se estimaron:

a) Ecuación de ACG

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

b) Ecuación de ACE

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

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

### 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.

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

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

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.

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

d) Varianza del error.

$$\sigma_e^2 = (\text{CME})$$

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.

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

Grado de dominancia (d).

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

## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis estadístico.

En el cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza, lo cual muestran diferencia estadística ( $P < 0.01$ ) para las fuentes de variación cruzas en las variables diámetro del olote (DOL), longitud de mazorca (LMZ), numero de hileras por mazorca (NHZ), numero de granos por hilera (NGH) y peso del olote (POL). En rendimiento de grano (RG), diámetro de mazorca (DMZ) y peso de mil granos (PMG) resultaron significativas para una diferencia estadística de ( $P < 0.05$ ) y no significativas para rendimiento de mazorca (RMZ). Para la aptitud combinatoria general (ACG) el rendimiento de mazorca (RMZ) resultó no significativa, rendimiento de grano (RG) y longitud de mazorca (LMZ) solamente significativas con ( $P < 0.05$ ) y diámetro de mazorca (DMZ), diámetro del olote (DOL), número de hileras por mazorca (NHZ), número de granos por hilera (NGH), peso del olote (POL) y peso de cien granos (PMG) resultaron altamente significativas con ( $P < 0.01$ ). La aptitud combinatoria específica ACE para RMZ, RG y DMZ resultaron significativas, ( $P < 0.05$ ) el número de hileras por mazorca (NHMZ) fue altamente significativa. DOL, LMZ, NGH, POL y PMG fueron no significativas. Los coeficientes de variación oscilaron desde 3.69 en diámetro de mazorca hasta 15.3 en rendimiento de mazorca (RMZ). Los efectos de (ACG) fueron mucho más grandes que los efectos de ACE excepto para RMZ 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 Cuadrados medios del análisis de varianza dialélico método 4 de Griffing con nueve características evaluadas en maíz. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.**

FV	REP	CRUZA	ACG	ACE	Error	TOTAL	CV
GL	1	44	9	35	44	89	
RMZ	4901068**	2813242ns	1836719ns	3064348*	1724730		15.3
RGR	41160192**	1840058*	2093078*	1774995*	914199		15.7
DMZ	0.386**	0.063*	0.128**	0.046*	0.025		3.69
DOL	0.018ns	0.07**	0.235**	0.028ns	0.018		5.07
LMZ	6.619**	2.692**	8.992**	1.071**	0.673*		5.5
NHMZ	1.599 ns	3.339**	10.511 **	1.571**	0.6		5.42
NGH	87.61**	22.84**	55.841**	14.356 ns	8.24ns		8.89
POL	184.046**	32.072**	104.589**	13.425ns	10.785		11
PMG	7022.5**	977.82*	2281.99**	642.47ns	525.15ns		11.4

\*, \*\*, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de ( $p \leq 0.05$  y  $p \leq 0.01$ )=respectivamente, ns = no significativo. (RMZ)= Rendimiento de mazorca, (RGR)= Rendimiento de grano, (DMZ)= Rendimiento de mazorca, (DOL)= Diámetro de olote, (LMZ)= Longitud de mazorca, (NHMZ)= Número de hileras por mazorca, (NGH)= Número de granos por hilera, (POL)=peso de olote (P1000G)= Peso de mil granos.

## 4.2 Comparación de medias de 9 progenitores de características evaluadas.

### El cuadro 4.2

Presenta los valores mas altos que se estimaron en las media de las características evaluadas, con respecto al rendimiento de mazorca los padres 18, 20 y 13 resultaron con los valores mas altos presentando diferencias significativas, con 9148.99, 8950.09 y 8714.81 kg/ha<sup>-1</sup>, el valor mas bajo corresponde al padre 14 con 8240.05 kg/ha<sup>-1</sup>. En rendimiento de grano (RG) el valor mas alto corresponde a los padres 20, 12 y 18 con los valores mas altos respectivamente y el valor mas bajo para el padre 11 con 5749.11kg/ha<sup>-1</sup>. Con respecto al diámetro de mazorca (DMZ) donde el valor mas alto corresponde a los padres 18, 16 y 12 con valore de 4.472, 4.461 y 4, en la características diámetro de olote (DOL) los padres 18, 16 y 11 fueron los que obtuvieron mayor valor para esta variables. 2.888 2.772 2.761.

### Cuadro 4.2.1 Comportamiento promedio de nueve características evaluadas de las líneas de maíz para grano. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

PADRES	RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	POL	PMG
P 11	8309.6*	5749.1	4.35*	2.76*	14.85	14.00	32*	31.4*	200.5
P 12	8635.4*	6599.8*	4.39*	2.72*	14.53	15.66*	31*	25.9	198.0
P 13	8714.8*	6107.5*	4.32*	2.65*	15.01	13.22	33*	30.1*	225.3*
P 14	8240.0*	5842.5	4.33*	2.61*	16.26*	13.78	33*	29.1	212.3*
P 15	8406.5*	5781.0	4.26*	2.61*	15.43	14.00	32*	31.9*	195.4
P 16	8527.7*	5919.0	4.46*	2.77*	14.43	14.44	32*	31.1*	204.1
P 17	8246.6*	5875.9	4.39*	2.68*	13.87	15.22*	30*	28.9	196.0
P 18	9148.9*	6210.1*	4.47*	2.88*	15.43	14.44	34*	32.4*	192.6
P 19	8619.2	6147.6*	4.35*	2.64*	14.53	14.11	35*	30.7*	188.8
P 20	8950.0*	6641.7*	4.22*	2.5*	14.73	13.78	34*	26.1	201.3

\*Significativo al 0.05 de probabilidad. (RMZ)= Rendimiento de mazorca, (RG)= Rendimiento de grano, (DMZ)= Rendimiento de mazorca, (DOL)= Diámetro de olote, (LMZ)= Longitud de mazorca, (NHMZ)= Número de hileras por mazorca, (NGH)= Número de granos por hiera, (POLT)=peso de olote, (POL)=peso de olote, (PMG)= Peso de mil granos.

En longitud de mazorca los mayores resultados fueron para los padres 14 y 15 y con valores de 16.261, 15.433.

Para la variable número de hilera por mazorca (NHMZ) los padres mas sobresaliente fueron el padre 12,17 y 16 en numero de grano por hileras los progenitores 19 18 y 20 resultaron con los máximos 35 y 34. Para la característica peso de olote los mejores progenitores fueron padre 18, 15 y 11 y en peso de mil grano los mas alto valores fueron para los padres 13, 14 y 16 con 225.33 212.33 y 24.11, respectivamente.

### **4.3 Efectos de aptitud combinatoria general (ACG).**

En la característica rendimiento de mazorca los progenitores 18,20 y13 fueron los que obtuvieron mayor habilidad de combinación para obtener cruzas. En rendimiento de grano el mayor valor lo tubo el padre 20, Le siguieron los padres 12 y 18, en diámetro de mazorca los mas altos valores fueron 0.155 ,0.132y 0.120 de los progenitores 20, 18 y16 respectivamente. En la variable diámetro de olote (DOL) los progenitores con mayor ACG resultaron el 18, 16 y11.

Para longitud de mazorca (LMZ) los mayores valores fueron para los progenitores 18,15 y 14, en numero de hilera por mazorca (NHMZ) los progenitores que obtuvieron mayor valor fueron el padre 12, 17 ,18 y16. Para numero de granos por hileras el progenitor 19 fue el que obtuvo el valor mas alto le siguió el 18 y 20, en la variable peso del elote (POL) encontramos que los padres 18 15 y11 son los que obtuvieron los valores mas alto y por ultimo para el peso de mil granos (PMG), con 26.88, 12.26 y 3.01 fueron los valores de los padres 13,14 y 16 respectivamente

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

P†	RMZ	RGR	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	POL	PMG
P 11	-304.1	-380.6	0.001	0.085	-0.068	-0.3	-1.2	1.889*	-1.1
P 12	62.4	576.4	0.038**	0.047	0.418*	1.5*	-1.4	-4.38	-3.8
P 13	151.7	22.6	-0.036	-0.04	0.112*	-1.2	0.7	0.4	26.8*
P 14	-382.3	-275.5	-0.03	-0.083	1.518	-0.6	0.0	-0.69	12.2
P 15	-195.0	-344.7	-0.105	-0.083	0.587*	-0.3	-0.3	2.381*	-6.7
P 16	-58.7	-189.4	0.12*	0.097*	-0.537	0.2	-0.7	1.454	3.0
P 17	-374.9	-237.9	0.038	0.003	-1.168	1.1*	-3.5	-0.86	-6.1
P 18	640.2	137.9	0.132*	0.228**	0.587*	0.2	2.1*	2.935**	-9.9
P 19	44.2	62.6	-0.005	-0.046	-0.418	-0.2	2.8*	1.023	-14.2
P 20	416.5	623.5	0.155*	-0.208	-0.193	-0.6	1.5	-4.15	-0.2

\*,\*\* Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad.† P= Padres, RMZ = Rendimiento de mazorca, (RGR)= Rendimiento de grano, (DMZ)=Rendimiento de mazorca, (DOL)= Diámetro de olote, (LMZ)= Longitud de mazorca, (NHMZ)= Número de hileras por mazorca, (NGH)= Número de granos por hiera, (POL)=peso de olote, P1000G= Peso de MIL granos.

#### 4.4 Comparación de medias de las cruzas.

La comparación de las medias de las cruzas se presenta en el Cuadro 4.4, observándose que para el rendimiento de mazorca (RMZ) y rendimiento de granos (RG) son 15 las cruzas que componen el grupo más rendidor siendo el rendimiento igual estadísticamente entre ellas pero superior al resto de las cruzas evaluadas, las cruzas 12x20, 15x20, 11x13 fueron las que obtuvieron el mayor rendimiento para estas variables, contribuyendo las demás a la expresión del rendimiento

**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	RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	POL	PMG	
12	20	10856	8919	4.4	2.5	14.1	17	32.8	18	199
15	20	10846	7980	4.15	2.5	15.7	14	37.4	26.5	222
11	13	10579	7214	4.65	3	14.8	13	31.4	31.9	243
16	18	10223	6925	4.65	2.9	15	14	33.7	32.2	225
17	18	10062	6868	4.55	3.15	14.8	16	32.6	32.5	181
11	12	10038	7565	4.5	2.09	15	16	33.5	24.7	189
16	19	9681	6640	4.4	2.75	14.3	14	36.3	32.3	193
18	20	9534	6859	4.1	2.45	14.8	14	37.4	27.7	182
18	20	9391	6693	4.35	2.75	14.3	14	35.2	29	193
17	19	9388	6033	4.5	2.9	14.8	14	36.2	35.7	167
13	19	9300	6523	4.35	2.65	14.6	13	38.3	30.4	199
13	14	9241	6721	4.45	2.7	16.8	14	33.2	26.9	250
14	18	9228	6601	4.55	2.8	17	15	35.3	28.6	296
13	16	9176	6361	4.5	2.8	14.4	15	33.6	30.7	225
14	15	9158	6439	4.3	2.55	18	14	34	29.7	206

\*, \*\*= Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, ns = no significativo, (RMZ)= Rendimiento de mazorca, (RGR)= Rendimiento de grano, (DMZ)= diámetro de mazorca, (DOL)= Diámetro de olote, (LMZ)= Longitud de mazorca, (NHMZ)= Numero de hileras por mazorca, (NGH)= Numero de granos por hilera, (POL)=peso de olote, P1000G= Peso de MIL granos.

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

Los resultados de aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruzas (Cuadro 4.5.1) se muestran que las cruzas de mayor efecto en cuanto a rendimiento de mazorca (RMZ) y para rendimiento de grano (RG), las cruzas más sobresaliente son 12x20 15x20 y 11x13 respectivamente, con valores 1631.9 ,1613.7, 1484.7 con diferencias altamente significativas con ( $p \leq 0.01$ ) donde (NGH), (PMG) son las que mas contribuyeron a aumentar en rendimiento y además son las que aumentaron la expresión de este carácter de rendimiento.

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

CRUZA	RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHZ	NGH	POL	PMG
12 20	1797*	1631.9**	0.161*	-0.02	-0.198	1.708*	0.062**	-3.254	1.604*
15 20	2044	1613.7**	0.055	0.106*	0.395	0.583*	3.487	-1.508	27.479*
11 13	2152**	1484.7**	0.33*	0.269*	-0.154	0.208	-0.737	-0.171	15.229
11 12	1700*	1282.2**	0.105*	0.081	0.526*	0.458	3.5**	-2.618	-7.52
14 15	1155*	971.26*	0.08	0.031	0.932*	0.583*	1.6	-1.726	-0.958
16 18	161.4	888.76*	0.043	-0.11	-0.011	-0.666	-0.3	-1.932	30.541**
13 14	891.5*	886.66*	0.161*	0.138*	0.207*	1.458*	-0.162	-2.605	8.916
17 18	1217*	880.23*	0.024	0.231*	0.47	0.458	1.425	0.703	-4.333
11 19	316.6	700.41*	0.249*	0.025	0.376	0.208	0.35	-6.86	31.845**
16 19	1115*	674.28*	-0.069	0.013	0.295*	-0.291	1.55	0.104	2.291
14 18	390.1	650.56*	0.093	-0.03	-0.067	1.083*	0.575	-3.385	-7.708
16 17	572.3	646.02*	0.136*	0.063	0.645*	0.458	3.175*	-2.675	14.666
13 16	502.6	440.01	0.061	0.056	-0.086	1.708*	0.962	-0.936	-6.833
13 19	523.7	345.48	0.036	0.05	-0.004	0.083	2.162*	-0.811	-15.58
15 16	259.2	340.07	0.18*	-0.05	0.788*	-0.166	2.825*	-1.378	15.291*

\*, \*\*= Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, ns = no significativo, (RMZ)= Rendimiento de mazorca, (RGR)= Rendimiento de grano, (DMZ)= diámetro de mazorca, (DOL)= Diámetro de olote, (LMZ)= Longitud de mazorca, (NHMZ)= Numero de hileras por mazorca, (NGH)= Numero de granos por hilera, (POL)=peso de olote, (PMG)= Peso de mil granos

## 4.6 Correlaciones

Los coeficientes de correlación, muestran que las características que se evaluaron no mantienen una relación muy estrecha entre ellas, en la variable rendimiento de mazorca (RMZ), rendimiento de grano (RG) y número de granos por hilera (NGH) resultaron altamente significativas al ( $P < 0.01$ ) con valores de 0.91 y 0.52 respectivamente, esto es debido que estas dos variables están estrechamente correlacionadas con el rendimiento de mazorca (RMZ) como lo mencionan Covarrubias et, al (2004). Para numero de hileras por mazorca

(NHZ), longitud de mazorca (LMZ), diámetro de mazorca (DMZ) y diámetro del olote (DOL) resultaron significativas al ( $P < 0.05$ ) y el peso del olote (POL) fue no significativo con valor de -0.27. Para la variable rendimiento de grano (RG) hubo una correlación altamente significativa al ( $P < 0.01$ ) con el número de granos por hilera (NGH) y peso del olote (POL) esto debido a que están estrechamente relacionadas, con el número de hileras por mazorca (NHMZ) y peso de mil granos (PMG) resulto una correlación significativa al ( $P < 0.05$ ). Con las variables diámetro de mazorca (DMZ), diámetro del olote (DOL) y longitud de mazorca (LMZ) resultó no significativa por lo que no estuvieron relacionadas estas variables con el rendimiento de grano. En la característica diámetro de mazorca (DMZ) todas las variables resultaron no significativas con valores desde 0.23 a -0.48 lo que manifiesta que estas variables no tuvieron una relación directa con el diámetro de mazorca.

**Cuadro 4.6.1 Correlación fenotípica para nueve variables agronómicas evaluadas.**

Variables	RMZ	RGR	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	POL	PMG
RMZ	1	0.90**	0.19	0.19	0.24	0.22	0.52**	-0.27	0.34*
RGR		1	0.22	0.24	0.15	0.33*	0.48**	0.59**	0.32*
DMZ			1	0.06	-0.2	0.17	-0.47	-0.13	0.22
DOL				1	0.01	0.2	0.04	-0.19	-0.08
LMZ					1	-0.27	0.53**	0.09	0.41**
NHZ						1	-0.27	-0.3	-0.26
NGH							1	-0.02	0.25
POLO								1	-0.22
P100G									1

\*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad. † GL= grados de libertad, (RMZ) = rendimiento de mazorca, (RGR)= rendimiento de grano, (DMZ)= diámetro de mazorca, (DOL)= diámetro del olote, (LMZ)= longitud de mazorca, (NHMZ)= número de hileras por mazorca, (NGH)= número de grano por hilera, (POL)= peso del olote, (POLT)= peso de olote, (P1000G)= peso de MIL granos.

Para diámetro del olote (DOL) todas las variables resultaron no significativas mostrando que no hay ninguna correlación entre ellas y el diámetro del olote. En longitud de mazorca (LMZ) el numero de granos por hilera (NGH) y el peso de mil granos (PMG) con valores de 0.54 y 0.41 resultaron altamente significativos indicando que están estrechamente relacionadas con esta variable y por fin el numero de hileras por mazorca (NHZ) y peso del olote (POL) resultaron no significativas con valores de 0.09 y - 0.28.

#### **4.7.1 Componentes de varianza y heredabilidad en sentido amplio y Estricto.**

Los componentes de variación y heredabilidad se presentan en el cuadro 4.7. Para la varianza genética la aditiva fue mas importante en DMZ, LO, NHM, NGH, POL y PMG, en tanto que para la varianza de dominancia lo fue para RMZ, RG y DOL. De acuerdo a estos resultados, se sugiere que las variables donde el efecto aditivo fue el mas importante se trabaje por metodos de selección recurrente, en tanto que el resto por hibridación. Debido al alto valor de la varianza no aditiva, es posible recomendar las cruzas para producción de híbridos comerciales ya que presentan un alto valor de aptitud combinatoria específica (ACE), coincidiendo con De la rosa et, al (2005) quienes reportan diferencias altamente significativas para las dos varianzas la aditiva y la de dominancia. Respecto a la heredabilidad en sentido estrecho

RMZ y RG mostraron los valores más bajos y en consecuencia tuvieron los valores más altos de dominancia (d). En tanto la heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ), a excepción de RMZ que fue el valor mas bajo (27.9), el resto osciló de 33.4 a 99.8.

**Cuadro 4.7.1 Componentes de varianza, heredabilidad en sentido amplio y estrecho, y grado de dominancia de nueve variables agronómicas, en maíz.**

	RMZ†	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	POL	PMG
$\sigma_A^2$	153453	39760.3	10.2	2.59	1.0	1.1	5.2	11.4	204.9
$\sigma_D^2$	669808	430398.3	1.1	4.92	0.2	0.5	3.0	1.3	58.7
$\sigma_G^2$	669823	40190694	11.2	7.51	1.2	1.6	8.2	12.7	263.6
$\sigma_E^2$	1724730	914199.3	0.0	0.02	0.7	0.6	8.4	10.8	525.2
$\sigma_F^2$	2394554	4110483.6	11.3	4.53	1.9	16.6	16.6	23.5	788.8
$h^2$	6.4	0.1	90.4	34.43	53.2	50.7	31.3	48.5	26.0
$H^2$	27.9	79.1	99.8	99.75	63.9	72.7	49.2	54.1	33.4
d	2.3	2.6	0.5	1.85	0.6	0.9	1.1	0.5	0.8

†,  $\sigma_A^2$ = Varianza aditiva,  $\sigma_D^2$  = Varianza de dominancia,  $\sigma_G^2$ = Varianza genética,  $\sigma_E^2$ = Varianza del error,  $\sigma_F^2$  = Varianza fenotípica,  $h^2$ = Heredabilidad en sentido estricto,  $H^2$ = Heredabilidad en sentido amplio,  $d^2$ = Grado de dominancia

#### 4.8 Correlación de los componente de varianza

En el cuadro 4.8 se presentan los resultados de las correlaciones entre los parámetros genéticos donde se observa que en la varianza aditiva ( $\sigma_A^2$ ), se encontró una alta significancia ( $p \geq 0.01$ ) con la varianza de dominancia ( $\sigma_D^2$ ) esto debido a que las varianzas aditivas y de dominancia resultaron con valores muy elevados. En las varianzas del error ( $\sigma_E^2$ ) y fenotípica ( $\sigma_F^2$ ) resultaron

altamente significativas con valores de 0.96 y 0.63 respectivamente. En la varianza de dominancia ( $\sigma_D^2$ ), se obtuvieron valores de correlación altamente significativa ( $p \geq 0.01$ ) para la varianza fenotípica ( $\sigma_F^2$ ) 0.86 y para la varianza del error ( $\sigma_E^2$ ) 0.99, esto es debido a que la varianza de dominancia esta incluida en el fenotipo del individuo. Para la varianza genética ( $\sigma_G^2$ ) la que obtuvo mayor valor de correlación con alta significancia ( $p \geq 0.01$ ) fue la varianza fenotípica ( $\sigma_F^2$ ) con valor de 0.85 esto es debido a que la varianza genética es parte o componente de la fenotípica. Y por ultimo en la varianza del error ( $\sigma_E^2$ ) hubo alta significancia ( $p \geq 0.01$ ) para la varianza fenotípica ya que las dos están estrechamente relacionadas. La heredabilidad en sentido estrecho ( $h^2$ ) fue significativa ( $p \geq 0.05$ ), para la varianza aditiva y en las demás varianzas resultó no significativa con valores negativos. La heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ) fue altamente significativa para las varianzas genética ( $\sigma_G^2$ ) y fenotípica ( $\sigma_F^2$ ) con valores de 0.99 y 0.82 respectivamente, esto es debido a que estas dos varianzas están estrechamente relacionadas, las varianzas de dominancia ( $\sigma_D^2$ ) y del error ( $\sigma_E^2$ ) fueron significativas al ( $p \geq 0.05$ ) y la varianza aditiva ( $\sigma_A^2$ ) resulto no significativa.

En los componentes de varianzas los resultados altamente significativos ( $p \geq 0.01$ ) fueron para las varianzas de dominancia, fenotípica y para la heredabilidad en sentido estrecho, en las varianzas solamente resultaron significativas al ( $p \geq 0.01$ ) con valores de 0.67, 0.62 y 0.78 respectivamente.

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

	$\sigma_A^2$	$\sigma_D^2$	$\sigma_G^2$	$\sigma_E^2$	$\sigma_F^2$	$h^2$	$H^2$	$d^2$
$\sigma_A^2$	1	0.94**	0.15	0.96**	0.63	0.57	0.09	0.67
$\sigma_D^2$		1	0.48	0.99**	0.86**	-0.69	0.42	0.81**
$\sigma_G^2$			1	0.39	0.85**	-0.53	0.99**	0.62
$\sigma_E^2$				1	0.81**	-0.69	0.33	0.78
$\sigma_F^2$					1	-0.71	0.82**	0.83**
$h^2$						1	-0.46	0.81**
$H^2$							1	0.6
$d^2$								1

$\sigma_A^2$  = 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 obtuvieron resultados altamente significativos en todas las características evaluadas al ( $p \geq 0.01$ ), solo para rendimiento de grano (RG) y longitud de mazorca (LMZ) fue significativa al ( $p \geq 0.05$ ) y en rendimiento de mazorca (RMZ) resulto no significativo. Sin embargo para aptitud combinatoria específica (ACE) las variables rendimiento de mazorca (RMZ), rendimiento de grano (RG) y diámetro de mazorca (DMZ) fueron significativas al ( $p \geq 0.05$ ) y el resto de las variables relacionadas con estas como son DOL, LMZ, NGH, POL Y PMG resultaron no significativas.
- Las cruzas en rendimiento de mazorca (RMZ) fueron no significativas y en RG solamente al ( $p \geq 0.05$ ) y en el resto de las variables relacionadas a estos dos fueron altamente significativas al ( $p \geq 0.01$ ).
- Los con los efectos mas altos con respecto a la media para rendimiento de mazorca (RMZ) y de grano (RG) fueron el padre 18, 20 y 13. Mientras para la aptitud combinatoria general (ACG) en estas dos características corresponde al padre 20 y 18.
- Las cruzas mas sobresalientes para rendimiento de mazorca (RMZ) y rendimiento de grano (RG) son la 12 x 20, 15 x 20 y 11 x 13, por lo que es muy importante explotar el potencial genético de estas cruzas para la formación de híbridos comerciales.

. Las cruzas que mostraron el mayor efecto de aptitud combinatoria específica (ACE) para RMZ y RG fueron también 12 x 20, 15 x 20 y 11x 13.

. La correlación fenotípica para RMZ estuvo altamente relacionada con Rendimiento de grano (RG) y numero de granos por hilera (NGH), para la característica rendimiento de grano (RG) hubo mas correlación con NHMZ y NGH debido a que estas dos variables resultaron mas relacionadas con el RG.

. La varianza de dominancia ( $\sigma_D^2$ ) resulto mas grande para rendimiento de mazorca (RMZ) y rendimiento de grano (RG) reflejando la heterosis que debe tener todo buen híbrido para rendimiento de grano y de forraje.

. Las varianzas de dominancia ( $\sigma_D^2$ ), genética ( $\sigma_G^2$ ), la fenotípica ( $\sigma_F^2$ ) y la del error ( $\sigma_E^2$ ) resultaron con alto valor de correlación con ( $p \geq 0.01$ ). Tan bien hay un alto valor de correlación para heredabilidad en sentido estricto ( $h^2$ ), amplio ( $H^2$ ) y con el grado de dominancia.

## VI RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la UAAAU-UL, en el campo experimental donde se evaluó el comportamiento agronómico de cruzas de maíz. El objetivo más importante fue estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores y aptitud combinatoria específica (ACE) para cruzas y calcular los parámetros genéticos de las variables evaluadas.

Los materiales utilizados fueron 10 líneas sobresalientes del programa del CIMMYT. Se realizaron 45 cruzas posibles directa  $p(p-1)/2$  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; la parcela experimental fue conformada de un surco por tres metros de largo y 0.75 metros de ancho, con una distancia aproximadamente de 20 centímetros entre plantas para tener una población aproximada de 85,000 plantas  $ha^{-1}$ . El diseño utilizado para su evaluación fue bloques al azar con dos repeticiones.

Los datos que se tomaron en el campo fueron para las siguientes variables: rendimiento de mazorca (RMZ), rendimiento de grano (RG), diámetro de mazorca (DMZ), diámetro de olote (DOL), longitud de mazorca (LMZ), número de hileras por mazorca (NHMZ), número de granos por hilera (NGH), peso de olote (POL) y peso de mil granos (PMG).

Para cruza presentaron diferencias estadísticas altamente significativa ( $P < 0.01$ ) para la variables DOL, LMZ, NHMZ, NGH y POL y resultaron significativa ( $p \leq 0.05$ ) RG, DMZ, PMG, siendo no significativa la variables RMZ. Para ACG todas las variables fueron significativas. Para ACE. Se tiene las variable I rendimiento de mazorca (RMZ) y para rendimiento de grano (RG), Son las que presentaron mayor diferencia significativa.

Las cruzas con mayor rendimiento tanto para rendimiento de mazorca tanto como rendimiento de grano son 12x20 15x20 y 11x12 respectivamente; son las que obtuvieron los resultados con diferencias significativas con diferencias al punto ( $p \leq 0.01$ ) siendo (NGH), (PMG) las que mas contribuyeron aumentar son las que aumentaron en rendimiento, siendo estas la de mayor ACE.

## VII BIBLIOGRAFÍA

Eastmond A. y M. L. Robert, 1992. Biotecnología y Agro ecología: paradigmas opuestos. *Agrociencia* 3: 7-22.

Hallauer, A. R. and S.A. Eberhart. 1976. Reciprocal full sib selection. *Crop Sci.* 10: 315-316.

De la Loma, J. L. 1954. *Genética General Aplicada*. Segunda edición. Editorial UTEHA. México. 427 p.

Allard, R.W. 1980. *Principios de la Mejora Genética de las Plantas*. Editorial EOSA. España. 498 p.

Martínez, G. A. 1975 *diseño y análisis de los experimentos de cruzas dialèlicas*. CEC-CP-ENA. Chapingo, Mexico. 229 p.

Griffing, B. 1956. Concept of General and specific combining ability in relation in diallelic crossing system. *Aust. Jour. Boil. Sci.* 9: 463 – 491.

Hallauer R. A. Nand Miranda F.O. 1981. *Quantitative Genetics in maize breeding*. The Iowa State University Press Ames, Iowa, 50010. First Edition 468 p.

Burow MD, Coors JG (1994) DIALLEL: A Microcomputer program for the simulation and analysis of diallel crosses. *Agronomy J.* 86:154-158.

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 Fitotecnica Mexicana.* 25: 271-277.

- Márquez S. F. 1988. Genotecnia vegetal. Tomo II. Primera edición. Editorial AGTESA. México. P 563.
- 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.
- Poehlman J. M. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas. Primera edición. Editorial LIMUSA. México. P 453.
- Martínez G. A. 1983. Diseños y análisis de experimentos de cruzas dialélicas. Segunda edición. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. P 252.
- Dudley J. W. and R. H. Moll. 1969. Interpretation and Use of Estimates of Habitability and Genetic Variances in Plant Breeding. Crop Science 9:257-262.
- Brauer, H. O. 1983. Fitogenética Aplicada. Editorial ELSA. México. 518 p.
- Silva S. R. 1999. Heredabilidad y correlaciones fenotípicas en líneas avanzadas de trigo. XVII Congreso Nacional somefi. Sociedad Mexicana de Fitogenética 2002. P 246.
- Córdova, O. H. S. 1975. Efecto del número de líneas endocriadas sobre el rendimiento y estabilidad de las variedades sintéticas derivadas del maíz (*Zea mays* L.) Tesis M. C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Reyes Castañeda Pedro. 1985. Diseños de experimentos aplicados. Cuarta reimpresión. Editorial Trillas. México. P 125.

Chávez A., J. L. y López E. 1995. Mejoramiento de plantas 1. UAAAN.  
México. 158 p.

## VII APENDICE

**Cuadro 7.1A. Efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) estimados en líneas de maíz para grano, de nueve características evaluadas. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.**

CRUZA	RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	POLT	PMG
11 12	10038	7565.5	4.5	209	15	16	33.5	24.65	189
11 13	10579	7214.2	4.65	3	14.8	13	31.4	31.88	242.5
11 14	8225	5713.4	4.35	2.7	17.2	12	34.4	30.49	230.5
11 15	6751	4173.6	4.25	2.65	13.5	13	27.8	39.11	194.5
11 16	5256	3420.1	4.05	2.7	13.2	14	24.5	34.91	152
11 17	8463	5675.3	4.45	2.55	13.9	16	28.4	32.95	180
11 18	8917	5985.5	4.4	3.05	15.7	14	36	32.95	198.5
11 19	8637	6474.9	4.6	2.75	14.8	14	34.6	25.81	218
11 20	7921	5516.5	3.95	2.55	15.8	14	33.6	30.2	199.5
12 13	7782	5893.7	4.15	2.45	13.9	13	33.1	24.3	251
12 14	8624	6447.4	4.25	2.6	16.5	14	34	25.24	213.5
12 15	8585	6242.7	4.3	2.65	15.3	16	26.6	27.28	192.5
12 16	8985	6205.6	4.65	3.1	14.1	16	29.1	31.34	214.5
12 17	8119	6293.7	4.35	2.8	13.2	18	27.8	23.5	176.5
12 18	8337	5923.6	4.55	2.85	14.4	16	29.8	28.9	173.5
12 19	6393	5906.8	4.35	2.7	14.6	15	35.5	29.62	172.5
12 20	10856	8919.3	4.4	2.5	14.1	17	32.8	17.97	199
13 14	9241	6721.3	4.45	2.7	16.8	14	33.2	26.86	249.5
13 15	8682	5936	4.1	2.55	16.4	13	36.2	32.83	212.5
13 16	9176	6360.7	4.5	2.8	14.4	15	33.6	30.68	224.5
13 17	8163	5797.8	4.3	2.65	13.5	13	26	29.74	232
13 18	8267	5209.8	4.4	2.75	16.6	13	36.5	37.62	221.5
13 19	9300	6523.3	4.35	2.65	14.6	13	38.3	30.37	198.5
13 20	7244	5311.5	4	2.3	14.3	12	31	26.75	196
14 15	9158	6438.5	4.3	2.55	18	14	34	29.72	206
14 16	7115	4774.5	4.3	2.65	15	14	28.6	32.84	201.5
14 17	6901	4793.7	4.3	2.6	15.2	15	29.2	30.54	201.5
14 18	9228	6600.5	4.55	2.8	17	15	35.3	28.62	296
14 19	8740	5950.8	4.3	2.55	15.7	14	34.4	31.87	204.5
14 20	6929	5143.2	4.15	2.35	15.3	12	30.9	26.11	208
15 16	8585	5893.4	4.55	2.65	15.8	14	34.5	32.22	213
15 17	6798	4655.8	4.15	2.55	13.5	14	27.6	30.92	172

15	18	8529	5652.9	1.3	2.85	16.5	14	34.9	33.74	178
15	19	7726	5053.4	4.25	2.55	14.5	14	32.6	34.58	168.5
15	20	10846	7980	4.15	2.5	15.7	14	37.4	26.48	222
16	17	8719	6306.1	4.65	2.85	13.9	16	31.6	27.68	213
16	18	10223	6924.8	4.65	2.9	15	14	33.7	32.22	225
16	19	9681	6640	4.4	2.75	14.3	14	36.3	32.34	192.5
16	20	9010	6746.6	4.4	2.55	14.5	13	36.3	25.25	201
17	18	10062	6867.8	4.55	3.15	14.8	16	32.6	32.54	181
17	19	8175	5887.3	4.3	2.5	13	15	30.9	27.97	196
17	20	8821	6606.4	4.45	2.55	14.1	14	31.5	25.11	212
17	19	9388	6033.2	4.5	2.9	14.8	14	36.2	35.74	167
18	20	9391	6693	4.35	2.75	14.3	14	35.2	29	192.5
18	20	9534	6858.8	4.1	2.45	14.8	14	37.4	27.72	181.5

\*,\*\* Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad.† P= Padres, RMZ = Rendimiento de mazorca, (RGR)= Rendimiento de grano, (DMZ)=Rendimiento de mazorca, (DOL)= Diámetro de olote, (LMZ)= Longitud de mazorca, (NHMZ)= Número de hileras por mazorca, (NGH)= Número de granos por hila, (POL)=peso de olote, P1000G= Peso de MIL granos.

**CUADRO 7.2A. Efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) estimados en líneas de maíz para grano, de nueve características evaluadas. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.**

CRUZA	RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	POLT	PMG
11 12	1700*	1282.2**	0.105*	0.081	0.526*	0.458*	3.5*	-2.618	-7.52
11 13	2152**	1484.7**	0.33*	0.269*	-0.154	0.208*	-0.737	-0.171	15.229*
11 14	331.7	282.03	0.024	0.013**	0.788*	-1.416	2.925*	-0.464	17.854*
11 15	-1330	-1185.4	-6.04	-0.04	-1.979	-0.666	-3.375	5.081**	0.854
11 16	-2961	-2097.3	-0.425	-0.17	-1.154	-0.166	-6.25	1.808	-51.4
11 17	562	206.4	0.055	-0.22	0.226*	0.958*	0.475	2.159*	-14.27
11 18	1.2	140.64	-0.088	0.05	0.27	-0.166	2.5*	-1.637	8.104
11 19	316.6	700.41*	0.249*	0.025*	0.376*	0.208*	0.35	-6.86	31.845**
11 20	-771.7	-813.8	-0.25	-0.01	1.101*	0.583*	0.612	2.703*	-0.708
12 13	-1012	-792.78	-0.206	-0.24	-0.754	-1.666	1.212*	-1.484	26.541**
12 14	364.2	59.05	-0.113	-0.05	0.488*	-1.291	2.775*	0.553	3.666
12 15	137.6	-76.42	0.011	6.04	0.17	0.458*	-4.325	-0.48	1.666
12 16	401.5	-268.83	0.136*	0.269*	0.095	-0.041	-1.4	4.501**	13.916
12 17	-148.9	-132.27	-0.081	0.063*	-0.173	1.083*	0.125	-1.018	-14.96
12 18	-945.5	-878.18	0.024	-0.11	-0.679	-0.041	-3.45	0.585	-14.08
12 19	-2294	-824.66	-0.038	0.013*	0.526*	-0.666	1.5	3.216*	-10.83
12 20	1797**	1631.9**	0.161*	-0.02	-0.198	1.708*	0.062	-3.254	1.604
13 14	891.5*	886.66*	0.161*	0.138*	0.207*	1.458*	-0.162	-2.605	8.916
13 15	145.3*	170.63	-0.113	-0.01	0.738*	0.208*	3.137*	0.291	-9.083
13 16	502.6	440.01	0.061	0.056*	-0.086	1.708*	0.962	-0.936	-6.833
13 17	-193.7	-74.36	-0.056	6.04	-0.404	-1.166	-3.812	0.443	9.791
13 18	-1105	-1038.3	-0.05	-0.12	0.988*	-0.291	1.112*	4.526**	3.166
13 19	523.7	345.48	0.036	0.05	-0.004	0.083	2.162*	-0.811	-15.58
13 20	-1904	-1422.1	-0.163	-0.14	-0.529	-0.541	-3.874	0.747	-32.15
14 15	1155*	971.26*	0.08	0.031*	0.932*	0.583*	1.6	-1.726	-0.958
14 16	-1024	-848.09	-0.144	-0.05	-0.892	0.083	-3.375	2.315*	-15.21
14 17	-922	-780.38	-0.063	-0.01	-0.111	0.208*	0.05	2.331*	-6.083
14 18	390.1	650.56*	0.093	-0.03	-0.067	1.083*	0.575	-3.385	-7.708
14 19	498.1	71.17	-0.019	-0.01	-0.361	0.458*	-1.074	1.781	5.041
14 20	-1685	-1292.3	-0.019	-0.04	-0.986	-1.166	-3.312	1.2	-5.52
15 16	259.2	340.07	0.18*	-0.05	0.788*	-0.166	2.825*	-1.378	15.291*
15 17	-1212	-848.96	-0.138	-0.06	-0.829	-1.041	-1.25	-0.357	-16.58
15 18	-496.4	-227.86	-0.081	0.019*	0.413	-0.166	0.475	-1.334	-6.708
15 19	-703.2	-757	0.005	-0.01	-0.629	0.208*	-2.575	1.412	-11.96
15 20	2044*	1613.7**	0.055	0.106*	0.395*	0.583*	3.487*	-1.508	27.479**

16	17	572.3*	646.02**	0.136*	0.063*	0.645**	0.458*	3.175*	-2.675	14.666
16	18	161.4	888.76**	0.043	-0.11	-0.011	-0.666	-0.3	-1.932	30.541**
16	19	1115*	674.28**	-0.069	0.013*	0.295*	-0.291	1.55	0.104	2.291
16	20	72.71	225.01	0.08	-0.02	0.32	-0.916	2.812*	-1.806	-3.27
17	18	1217	880.23*	0.024	0.231*	0.47	0.458*	1.425	0.703	-4.333
17	19	-73.82	-29.95	-0.088	-0.14	-0.323	-0.166	-1.024	-1.954	14.916*
17	20	199.2	133.28	0.211*	0.069*	0.501*	-0.791	0.837	0.368	16.864*
17	19	123.4	259.91	0.018	0.031*	-0.329	-0.291	-1.299	2.018*	-10.21
18	20	-246	-155.92	0.018	0.044	-1.054	0.083	-1.037	0.456	1.229
18	20	493.6	80.18	-0.094	0.019	0.451	0.458	0.412	1.093	-5.52

\*, \*\*= Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, ns = no significativo, (RMZ)= Rendimiento de mazorca, (RGR)= Rendimiento de grano, (DMZ)= diámetro de mazorca, (DOL)= Diámetro de olote, (LMZ)= Longitud de mazorca, (NHMZ)= Numero de hileras por mazorca, (NGH)= Numero de granos por hilera, (POL)=peso de olote, (PMG)= Peso de mil granos