

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS VARIETALES DE MAÍZ (*Zea mays* L.)  
FORRAJERO

POR

MATUSALÉN MELO CADENA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

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

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. MATUSALÉN MELO CADENA ELABORADA BAJO LA  
SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADA POR:**

Asesor principal:

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

Asesor:

\_\_\_\_\_  
PhD. Arturo Palomo Gil

Asesor:

\_\_\_\_\_  
M.C. Armando Espinoza Banda

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Ing. Ivar Díaz Cortés

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS**

\_\_\_\_\_  
MC José Jaime Lozano García

Torreón, Coahuila.

Marzo del 2004

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

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**COMITÉ PARTICULAR**

Presidente:

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

Vocal:

\_\_\_\_\_  
MC . Ivar Díaz Cortés

Vocal:

\_\_\_\_\_  
M.C. Armando Espinoza Banda

Vocal suplente:

\_\_\_\_\_  
PhD. Arturo Palomo Gil

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

\_\_\_\_\_  
MC José Jaime Lozano García

Torreón, Coah.

Marzo del 2004

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

*Por permitirme nacer, por la gran bendición de ser lo que soy y darme una gran familia*

### **A MIS ASESORES**

*Dr. Emiliano Gutiérrez Del Río por que es un ejemplo a seguir en su dedicación y amor al trabajo.*

*PhD. Arturo Palomo Gil por su amistad incondicional que me brindo durante toda mi carrera.*

*M.C. Armando Espinoza Banda por ser mas que un profesor un gran amigo.*

*M.C. José Jaime Lozano García por su interés en que nosotros fuéramos mejores cada día.*

*Ing. Ivar Díaz Cortés por su gran apoyo en la elaboración de este trabajo.*

*PhD. Salvador Godoy Ávila por todos los sabios consejos y sugerencias dados en la ultima etapa de mis estudios.*

*M.C. Oralia Antuna Grijalva por su apoyo en la elaboración del presente trabajo.*

### **A mi Alma "Terra Mater"**

*Por ser la mejor Universidad y  
Por brindarme la oportunidad de terminar mi carrera*

### **A MIS COMPAÑEROS DE CLASES**

*Pablo, Miguel Mota, Clemente, Reyna, Ciria, Robert y Miguel Salazar por hacer agradable el tiempo que compartimos en el transcurso de nuestros estudios.*

### **A MIS AMIGOS**

*Ya que con ellos compartí experiencias muy importantes en mi vida, y de estas tome lo mejor*

**A TODOS USTEDES ¡GRACIAS POR ESTAR SIEMPRE AQUI!**

# DEDICATORIAS

## **A MIS PADRES**

*Por su apoyo y comprensión, por que en cada ayuda dieron parte de su corazón. A quienes a pesar de los esfuerzos y dificultades dieron de si lo mejor. A ustedes por que: No importando que vencer, no importando que sufrir me dieron; La oportunidad de aprender y una esperanza para vivir.*

## **A MIS HERMANOS**

**Juan:** *por darme su apoyo incondicional en el tiempo que compartimos la Universidad.*

**Luis:** *por compartir conmigo su alegría y sus momentos difíciles.  
¡Échale ganas!*

**Maria:** *por ser más que una hermana, una gran amiga.*

**José:** *por la confianza y respeto que siempre me ha demostrado.*

**Montserrat:** *por traer felicidad y alegría a mi vida.*

*A mi novia **Vivi** Por su amor y cariño brindados en un momento tan importante en mi vida, por formar parte de mi y compartir momentos felices los cuales me alentaron a seguir adelante y a ser mejor cada día.*

# INDICE

	Página
INDICE DE CUADROS .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis .....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
Forraje .....	5
Híbridos .....	8
Aptitud combinatoria.....	9
Aptitud combinatoria general y específica .....	9
Heredabilidad .....	10
Cruzas dialélicas .....	13
Diseños dialélicos de Griffing .....	14
III. MATERIALES Y METODOS.....	17
Área de trabajo.....	17
Ubicación geográfica del sitio experimental .....	17
Material genético .....	18
Primera etapa.....	18
Formación de las cruzas .....	18
Manejo agronómico .....	19
Riego .....	19
Siembra .....	20
Fertilización .....	20
Control de plagas .....	21
Control de malezas.....	21
Cosecha .....	21

Segunda etapa .....	22
Evaluación de las cruzas .....	22
Diseño y parcela experimental .....	22
Variables evaluadas .....	23
Rendimiento de forraje verde .....	23
Materia seca .....	23
Peso de elote .....	24
Altura de planta .....	25
Altura de mazorca .....	25
Análisis estadístico .....	25
Análisis genético.....	26
Estimación de componentes de varianza .....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	29
Análisis de varianza.....	29
Análisis combinado.....	30
Comparación de medias.....	32
Análisis genético.....	34
Efectos de aptitud combinatoria general y específica.....	35
Componentes de varianza.....	39
Análisis de correlación.....	41
V . CONCLUSIONES .....	42
VI. RESUMEN.....	43
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	45
VIII. APÉNDICE .....	49

## INDICE DE CUADROS

Cuadro N°	Página
3.1 Descripción del material utilizado como progenitores.....	18
3.2 Esquema de los posibles cruzamientos en el dialélico entre 10 progenitores.....	19
3.3 Forma del análisis de varianza para el método IV del diseño dialélico.....	27
4.1 Cuadrados medios de los análisis de varianza individuales para cinco variables evaluadas en tres localidades de la Comarca Lagunera. 2003.....	30
4.2 Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para cinco variables evaluadas en tres localidades en la Comarca Lagunera del 2003.....	32
4.3 Valores promedio de las 10 mejores cruzas para las características agronómicas evaluadas en tres localidades de la comarca lagunera en el 2003. ....	33
4.4 Cuadrados medios del análisis de varianza para el dialélico de Griffing del modelo IV de las cinco variables evaluadas en la Comarca Lagunera. 2003.....	35
4.5 Efecto de aptitud combinatoria general (ACG) para cinco características agronómicas evaluadas en la comarca lagunera en el 2003.....	37



## I. INTRODUCCION

El maíz por su importancia en la alimentación humana y animal es considerado como un cultivo básico, ya que es una de las plantas forrajeras con más rendimiento, calidad nutritiva y adaptabilidad a las regiones temporales del país, por ello representa una de las alternativas más adecuadas para alimentar al ganado bovino.

Cabe señalar que tanto en el sur como en el norte de México la ganadería se practica con mucha intensidad usando en su dieta básica pastos de gramíneas y leguminosas.

La disponibilidad de forraje es la fuente más económica para la alimentación del ganado, ya que la época de sequía tiene una duración mayor de tres meses al año, representando un problema grave al ganadero.

Por lo anterior, es necesario realizar estudios que permitan encontrar una solución, por lo que se ha considerado al maíz como una alternativa forrajera viable, dadas sus características de ser un alto aportador de materia verde y facilidad de ajuste a diversas condiciones ambientales.

Este cultivo se produce en todos los climas, pues es una de las plantas con mayor capacidad de adaptación y se cultiva desde unos metros sobre el nivel del mar, hasta cerca de los tres mil metros.

Asimismo deben considerarse los genotipos que se deben sembrar, de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar, para no fracasar al introducir alguna variedad en una determinada región.

Para elegir un cereal destinado a la producción de forraje, debe basarse en su capacidad de adaptación al medio local, productividad relativa, beneficio para el ganado, posibilidad de rebrote y su valor nutritivo. De ahí que el maíz forrajero sea uno de los materiales vegetativos de fácil acceso con los que se alimenta al ganado, pues este material incluye heno ó ensilado, y para que se convierta en un valor alimenticio para el hombre es necesario que los animales lo transformen en productos como carne y leche.

Este cereal se cultiva en todos los estados de la República Mexicana, porque es una especie vegetal con gran área de cultivo bajo diversas condiciones ecológicas y edáficas, y por constituir el alimento básico de mayor importancia en México y en América Latina.

La investigación en maíz forrajero se ha enfocado a aumentar la producción y el valor energético, además de eficientar la producción de materia

seca por metro cúbico de agua.

A pesar de que este cultivo representa la base de la agricultura nacional no se ha podido lograr la autosuficiencia en su producción, debido a la falta de conocimientos sobre programas de mejora genética en los cuales se puedan formar híbridos con características favorables a el tipo de producción y región en que se va a establecer.

Debido a este tipo de problema es importante implementar programas de formación y producción de híbridos a corto plazo, como una alternativa para este problema la UAAAN-UL, cuenta con esquemas de mejoramiento genético en base a la selección recurrente y endogamia con la finalidad de formar líneas, las cuales serán empleadas para la conformación de híbridos de mas alto rendimiento a un bajo costo y mayor producción por superficie así como también una mayor tolerancia a condiciones adversas del medio ambiente.

#### **Objetivos:**

1.- Identificar y cuantificar la respuesta genética de las cruzas Inter-híbridos como una forma de introducir al mercado genotipos cuyo costo sea más barato.

2.- Comprobar la existencia de efectos heteroticos, resultado de la ACG entre cruza de germoplasma de maíz comercial.

**Hipótesis:**

Ho: No existe diferencia en la respuesta genética y efectos heteroticos de los genotipos evaluados.

Ha: Existe diferencia en la respuesta genética y efectos heteroticos de los genotipos evaluados.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Forraje

Hughes *et al.* (1976), define forraje como el alimento vegetal para los animales domésticos, generalmente este término se refiere a los materiales como pastos, heno, alimentos verdes y ensilaje, así mismo se entiende por ensilaje al forraje conservado en estado succulento, mediante una fermentación parcial.

Forraje también puede ser definido, como aquellos alimentos voluminosos y a la inversa de los concentrados, los forrajes tienen gran cantidad de fibra y su valor nutritivo es bajo. Como representantes de este grupo se pueden mencionar el ensilado, henificado, pastos y rastrojos (Williams 1976).

Núñez *et al.*, (2003), el maíz para forraje debe de tener una alta productividad, bajo contenido de proteína, minerales y un elevado valor energético.

Poehlman (1985) dice que el aumento total de proteínas de un híbrido por métodos genéticos no siempre mejora el valor nutritivo del maíz para ciertas clases de ganado. Las proteínas del maíz se componen de dos fracciones: a) proteínas localizadas en el germen, que están bien equilibradas desde el punto de vista de la nutrición pero que solo representa aproximadamente el 20 por ciento del contenido de proteínas del maíz y b) proteínas que se encuentran en endospermo, llamadas zeína, que contienen cantidades inadecuadas de dos aminoácidos esenciales, la lisina y el triptófano y que por lo tanto son deficientes desde el punto de vista de la nutrición.

Rodríguez et al., (2003), las ventajas del maíz forrajero son las siguientes: una alta producción de materia seca, forraje de alta energía, alimento consistente y apetitoso, reducción de los costos totales del alimento y requiere menos agua que otro forrajes.

El contenido de grano en el maíz forrajero es de primordial importancia (Núñez et al., 1999) ya que es la parte mas digestible en el maíz (Peña et al., 2002) dicha característica de contenido de grano esta dada por el tamaño de la mazorca, y esta a su vez esta influenciada por el numero de hileras por mazorca y por el numero de granos por hilera (Rodríguez et al., 2000).

valor energético, por lo tanto es conveniente considerar esta característica en la elección de híbridos.

## Híbridos

De la Loma (1954) dice que el objetivo inmediato de la hibridación como ya se ha visto, es la producción de ejemplares que presentan nuevas combinaciones o agrupaciones de caracteres y generalmente mayor vigor. Por ambas causas constituye un método de gran interés, cuya aplicación se ha extendido de modo notable.

El mejoramiento de las plantas por medio de la hibridación, intentada con frecuencia en distintas circunstancias de lugar y tiempo, con resultados a veces favorables y en ocasiones adversas no ha podido ser entendido con conocimiento hasta que los trabajos de Mendel descubrieron el mecanismo de la herencia.

Stadler (1944), propuso que todas las líneas puras de maíz desarrolladas hasta ahora son inferiores a las variedades de polinización libre tanto en vigor como en rendimiento. Hasta que no se desarrollan en líneas decididamente más productivas, el uso final de las líneas puras se encuentran la producción de híbridos. Lo cual especifica las razones para el cruzamiento de las plantas.

## **Aptitud combinatoria**

Genéricamente, el término aptitud combinatoria significa la capacidad de un individuo o una población de combinarse con otros, dicha capacidad es medida 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, 2002).

### **Aptitud combinatoria general y específica**

El concepto de aptitud combinatoria es útil para conocer el comportamiento de líneas endocriadas en cruzas y para conocer la importancia relativa de los dos tipos de acción de genes involucrados. La información adicional acerca de los efectos del ambiente de prueba sobre la aptitud combinatoria puede guiar a el mejorador en la utilización apropiada de estos materiales.

Chávez y López (1987) mencionan que la aptitud combinatoria es el comportamiento medio de una línea en combinaciones híbridas con otras líneas.

Márquez (1988) sugirió que la aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros,



midiendo su capacidad basándose en su progenie; este mismo autor menciona que no solo debe determinarse por un solo individuo de la población, pero si en varios, con el fin de realizar selección de aquellos que mejor se expresen.

Sprague y Tatum (1942) definieron la aptitud combinatoria general (ACG) como el comportamiento promedio o general de una línea en una serie de cruza y a la aptitud combinatoria específica (ACE); como el comportamiento de las combinaciones específicas de líneas, en relación al comportamiento promedio de las líneas que la forman.

Poehlman (1965) mencionan que se puede 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 policruza 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.

## **Heredabilidad**

El conocimiento de la heredabilidad es de gran importancia en el mejoramiento de las plantas para determinar que método se debe utilizar.

La estabilidad de una población en cuanto a la expresión de un carácter está determinado por factores genéticos y ambientales; para valorar en qué medida influye cada factor, se recurre al cálculo del parámetro de heredabilidad.

Falconer (1970) define heredabilidad como el cociente de la varianza aditiva sobre la varianza fenotípica y la función más importante de la heredabilidad es su papel predictivo, que expresa la confiabilidad del valor fenotípico como indicador del valor reproductivo que determina su influencia en la siguiente generación. El éxito en cambiar las características de la población puede predecirse sólo a partir del conocimiento del grado de correspondencia entre los valores genotípicos y los reproductivos que es medido a través de la heredabilidad.

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

La heredabilidad puede definirse como la proporción de la variación total observada en una progenie que esta determinada por factores genéticos y puede ser transmitida. En la progenie, la variación es debida al medio ambiente es considerable con relación a las variaciones hereditarias, la heredabilidad será baja. Si la variación debido al medio ambiente es pequeña con relación a la variación hereditaria, entonces la heredabilidad será alta.

Allard (1980) menciona que la heredabilidad, de las plantas individuales de una población heterogénea, varían 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 efectos de herencia y en parte a efecto del medio ambiente. El grado en el que pueda transmitirse la variabilidad de un carácter cuantitativo a la progenie es lo que se considera como heredabilidad, capacidad de transmisión hereditaria.

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 esta compuesto por muchos híbridos complejos, disminuyéndose su vigor al autofecundarse. Por lo que el fitomejorador como resultado de los estudios de autofecundación y cruzamiento formulo un plan que consiste en: a)

autofecundar para obtener líneas puras, b) cruzar las líneas puras (autofecundadas) para producir híbridos de producción uniforme.

Falconer (1985) menciona que en otras palabras, al escoger algunos individuos como progenitores, por sus valores fenotípicos, el éxito en cambiar las características de la población, puede predecirse únicamente a partir del grado de correspondencia, entre los valores fenotípicos y reproductivos.

### **Cruzas dialélicas**

En el mejoramiento moderno de plantas, es importante el conocimiento relativo de los materiales usados como progenitores en un programa de hibridación, ya que se conoce que algunos progenitores combinan bien con muchos otros en la producción de progenies híbridas de alta producción; otros combinan bien con otros pocos o con ninguna. De acuerdo a esto, al estudiar y conocer la aptitud combinatoria de los progenitores el mejorador logra una mayor eficiencia en su programa de mejoramiento.

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

## Diseños dialélicos de Griffing

Griffing (1956) abordó los conceptos y la teoría estadística relacionada con los diseños dialélicos. De acuerdo a si participan o no las autofecundaciones y las cruzas recíprocas de la F1, y las clasificó en cuatro métodos:

1.- participan todas las cruzas posibles. Comprende las autofecundaciones, cruzas directas F1 y cruzas recíprocas de las F1. Habrán  $p^2$  familias, donde  $p$  es el número de progenitores.

2.- incluye solo autofecundaciones y cruzas directas F1. Esto es, tendremos  $p(p+1)/2$  número de familias.

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

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

Los diseños pueden emplearse en muchas plantas. Su empleo depende en gran parte de la habilidad para realizar los cruzamientos, así como, la cantidad de semilla producida. Su desventaja es que son imprácticos de usar, cuando hay más de 10 a 15 progenitores (Hallauer y Miranda, 1981).

Para cada método su análisis está basado en un modelo fijo o aleatorio, para estimaciones de esperanzas de cuadrados medios, fórmulas

para calcular los efectos de aptitud combinatoria general y específica, así como la varianza de dichos efectos.

Hayman (1960) hace una observación a los conceptos de Griffing y señala que en presencia de aptitud combinatoria específica (ACE) y la aptitud combinatoria general (ACG), pueden ser enmascaradas por dominancia o epístasis, o bien por ambos, pero con los efectos génicos aditivos. Así mismo Hayman (1960) y Jinks (1954) indican que los objetivos básicos en un ensayo de cruza dialélicas son los de seleccionar progenitores, indicando a la vez que la variación entre las medias en términos de componentes de varianza son solamente descriptivas de un conjunto particular de líneas progenitoras.

Kempthorne (1956) en cambio dice que bajo circunstancias especiales, particularmente en ausencia de epístasis, 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.

Gilbert (1958) describe el análisis dialélicos como una forma para determinar los efectos aditivos principales de los progenitores y sus interacciones en los cruzamientos individuales, denominando 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. El mismo autor hace un análisis de todas las evidencias disponible en varias especies, concluyendo que el valor de los cruzamientos dialélicos en mejoramiento no debería ser excesivo, ya que la información ganada en ellos es sólo un poco más que la obtenida de los mismos padres.

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

### III. MATERIALES Y METODOS

#### Área de trabajo

El presente trabajo se llevo a cabo en el año del 2003, en la región agrícola de la Comarca Lagunera, Coahuila, como parte del mejoramiento genético de maíz de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Unidad Laguna.

Este trabajo se realizo en dos etapas: En la primera se formaron las cruzas en el Campo Experimental de la UAAAN-UL y en la segunda se llevo a cabo la evaluación agronómica de los materiales.

#### Ubicación geográfica de el sitio experimental

Esta región geográficamente se localiza 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. Tiene una temperatura media anual de 21°C y una precipitación media anual de 200 mm. (Atlas nacional del medio físico, 1982).



## Material genético

El material genético utilizado en el experimento se obtuvo de las cruzas simples de 8 híbridos comerciales y dos del programa de mejoramiento genético de la UAAAN – UL, en el Cuadro 3.1 se describe su genealogía.

Cuadro 3.1 Descripción del material utilizado como progenitores.

No PADRES	GENOTIPO	ORIGEN
1	C. SIMPLE	ASPROS
2	C. TRIPLE	ASPROS
3	C. TRIPLE	ASPROS
4	C. TRIPLE	ASPROS
5	C. TRIPLE	ASPROS
6	C. TRIPLE	ASPROS
7	C. TRIPLE	NARRO
8	CRIOLLO	GOMEZ
9	C. SIMPLE	PIONEER
10	C. TRIPLE	CARGIL

### Primera etapa

#### Formación de las cruzas

En el ciclo primavera verano del 2003 se llevaron a cabo las cruzas dialélicas, el número de cruzas posibles fue de  $n(n-1)/2$  considerando solo las cruzas directas, en este experimento se obtuvieron un total de 45 cruzas diferentes entre los 10 progenitores, (Cuadro 3.2).

Segundo a los 50-55 dds al inicio de crecimiento de la mazorca, de ocho a diez días antes de que emerjan las espigas.

Tercero a los 65-69 dds, cuando empezó la aparición de los estigmas.

El cuarto se aplicó transcurridos 80 días cuando el grano se encontraba en estado lechoso - masoso.

## **Siembra**

La siembra se llevó a cabo el 18 de Marzo del 2003 en el campo experimental de la U A A A N – U L, y se realizó en tierra venida, y en forma manual, depositando tres semillas por cada punto de siembra. Posteriormente se realizó un aclareo para dejar una planta por mata.

## **Fertilización**

La fertilización se realizó en dos aplicaciones:

Primera aplicación: 11 de Abril del 2003 se aplicó directamente a el suelo con fertilizantes granulados con la fórmula 180-100-00.

Segunda aplicación: Esta se realizó el 02 de Mayo del 2003, con la fórmula de 100 – 00 – 00.

## Control de malezas

Para el control de malezas se realizo un deshierbe previo al primer riego de auxilio y después se aplico el herbicida 2-4 D amina para malezas de hoja ancha con una dosis de 0.51 L/ha y para zacate Jonson con AFCENT.

## Control de plagas

Para controlar gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gusano elotero (*Heliothis zea L*) se aplico Decis (1 L/ha) y Folimat 1000 (0.5 L/ha), respectivamente.

## Cosecha

La cosecha se llevo a cabo el día 15 de julio del 2003, esta se realizó manualmente, colocando en bolsas de papel las mazorcas de las cruza correspondientes, obteniendo semilla suficiente para la evaluación.

## **Segunda etapa**

### **Evaluación de las cruzas**

En el verano del 2003 se llevo a cabo la evaluación de las cruzas, la siembra se realizó los días 24, 29 de julio y el 4 de agosto en las localidades de providencia, municipio de Torreón Coahuila; Nuevo León, municipio de Matamoros Coahuila y Cuba municipio de Francisco I. Madero, Coahuila. El paquete tecnológico utilizado fue el que normalmente usan los agricultores de la región.

### **Diseño y parcela experimental**

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con dos repeticiones para cada localidad; la parcela experimental fue de dos surcos de 5 m de largo y 76 cm de ancho, con una distancia entre plantas de 20 cm. La densidad de población para las localidades de Nuevo León y Providencia fue de 62, 225 plantas por hectárea aproximadamente. La parcela útil experimental estuvo constituida por un metro lineal que representa  $0.76\text{m}^2$ .

### Requimiento de forraje verde (RFV)

Esta variable se determinó cortando un metro lineal de cada parcela experimental. Se contó número de plantas cortadas, se pesó la planta completa, después el peso de elote. Estos pesos fueron tomados en kilogramos, los cuales se transformaron a  $t\ ha^{-1}$ . El RFV ( $t\ ha^{-1}$ ) se calculó con la siguiente fórmula:

$$RFV = \frac{PhXD_s}{N_p}$$

donde: Ph = peso húmedo de las plantas muestreadas; D<sub>s</sub> = densidad de siembra y N<sub>p</sub> = número de plantas muestreadas.

### Materia seca (MS)

Se tomó una muestra representativa de tres plantas y tres mazorcas, las cuales fueron trituradas y puestas en bolsas de papel previamente perforadas pesando 400 g de la muestra total. Las muestras se llevaron a la estufa de sacado por un tiempo de 48 horas, a una temperatura de 65°C. Después de sacarlas de la estufa se pesó la materia seca (MS) obtenida.

Posteriormente se calculo el porcentaje de MS con la siguiente formula:

$$MS = \frac{FSX100\%}{400}$$

donde: FS = forraje seco expresado en gramos; 400 = muestra de forraje verde expresada en gramos y 100% = peso total de la muestra expresada en porcentaje.

Posteriormente se determino el rendimiento de MS ha<sup>-1</sup> mediante la siguiente formula

$$MS = \frac{RFVXFS(\%)}{100\%}$$

donde: RFV = rendimiento de forraje verde expresado en toneladas; FS = forraje seco expresado en porcentaje y 100% = peso total de forraje seco expresado en porcentaje.

### **Peso de elote (PE)**

Esta variable se determino cortando los elotes de las plantas del metro lineal y su peso fue tomado en kilogramos, para posteriormente convertirlo a t ha<sup>-1</sup>. El peso de elote (PE) se determino con la siguiente formula:

$$PE = \frac{PEC \times 10,000 m^2}{0.76 m^2}$$

donde: PEC = peso de elote cosechado; 10,000 m<sup>2</sup> = equivalente a una hectárea y 0.76 m<sup>2</sup> = equivalente a parcela útil.

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

Esta se obtuvo midiendo desde la base del tallo hasta el punto superior de la espiga y se expresó en metros. Se realizó un muestreo de cinco plantas representativas por parcela y se calculó el promedio.

### **Altura de mazorca (AM)**

Se tomó la medición desde la base del tallo hasta el nudo de inserción de la mazorca principal y se expresa en metros. Se realizó un muestreo de 5 plantas representativas por parcela y se calculó el promedio.

## **Análisis estadístico**

El análisis utilizado fue de bloques al azar con dos repeticiones, usando el siguiente modelo lineal:

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

donde:  $\mu$  = media general,  $T_i$  y  $B_j$  = efectos de tratamientos y repeticiones,  $E_{ij}$  = error experimental para cada observación (ij).

### Análisis genético

Para el análisis genético se utilizó el análisis propuesto por Griffing (1956) utilizando el modelo IV siendo su modelo lineal el siguiente:

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

donde:  $Y_{ijk}$ , es el valor fenotípico observado de la cruce con progenitores  $i$  y  $j$ , en el bloque  $K$ ;  $\mu$ , media general;  $g_i$ , 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 ( $i, j$ );  $y_k$ , efecto de la  $k$ -ésima repetición;  $E_{ijk}$ , efecto del error experimental. Para lo cual se considera que los valores  $g_i$ ,  $g_j$ ,  $s_{ij}$  y  $E_{ijk}$  son variables aleatorias no-correlacionadas entre y dentro de ellas, todas con media cero y varianzas

$\sigma^2_g$ ,  $\sigma^2_s$ ,  $\sigma^2_r$  y  $\sigma^2_e$  respectivamente, con  $r_{ij} = -r_{ji}$  y  $s_{ij} = s_{ji}$

Para conocer los valores superiores de los caracteres en estudio se tomo como dicho valor a todas aquellas que superaron a la media más dos veces su error estándar ( $\mu + 2\sigma$ ).



**Cuadro 3.3 Forma del análisis de varianza para el método IV del diseño dialélico.**

FV	gl	CM	ECM
Repeticiones	$r-1$		
Cruzas	$\frac{p(p-1)}{2} - 1$	M4	$\sigma^2e + \sigma^2cruzas$
ACG	$P - 1$	M3	$\sigma^2e + r\sigma^2ACE + r(p-2)\sigma^2ACG$
ACE	$\frac{p(p-3)}{2}$	M2	$\sigma^2e + r\sigma^2ACE$
Error	$\left[ (r-1) \left( \frac{n(n-1)}{2} \right) \right] - 1$	M1	$\sigma^2e$
Total	$\frac{rp(p-1)}{2} - 1$		

También se calculo el coeficiente de variación (cv) para determinar la variación relativa del error experimental en el análisis de varianza mediante la siguiente formula:

$$CV = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{X}} \times 100$$

donde: cv = Coeficiente de variación; CMEE = Cuadrado medio del error experimental;  $\bar{X}$ , media general.

## Estimación de los componentes de varianza

Varianza del error

$$\sigma^2_E = (CME)$$

Varianza genética

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D$$

Varianza fenotípica

$$\sigma^2_P = \sigma^2_E + \sigma^2_G$$

Heredabilidad en sentido estricto ( $h^2$ )

$$h^2 = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P} \times 100$$

Heredabilidad en sentido amplio (H)

$$H = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_P}$$

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Análisis de varianza por localidad**

En el Cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para cada una de las tres localidades, observándose que para repeticiones en las características de rendimiento de forraje verde (RFV), peso de elote (PE), materia seca (MS), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM) hubo diferencias altamente significativas en las localidades de Providencia y Cuba.

Para cruzas en la localidad de Nuevo León se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las variables evaluadas. Estos resultados eran de esperarse dada la variabilidad de el material genético

incluido en este trabajo. Estas diferencias estadísticamente detectadas entre tratamientos indican que no existe restricción alguna para realizar el análisis dialélico de los datos.

**Cuadro 4.1 Cuadrados medios de los análisis de varianza individuales para cinco variables evaluadas en tres localidades de la Comarca Lagunera. 2003.**

Nuevo León						
FV	gl	RFV (t ha <sup>-1</sup> )	PE (t ha <sup>-1</sup> )	MS (t ha <sup>-1</sup> )	AP (m)	AM (m)
REP	1	0.17ns	0.51ns	0.03ns	0.01ns	0.010ns
CRUZAS	44	214.02*	31.11*	6.85**	0.03**	0.020**
ERROR	44	141.83	25.39	5.50	0.02	0.0090
cv%		19.2578	24.0898	21.1030	6.2466	8.8575
Providencia						
REP	1	7179.36**	1368.04**	342.14**	0.85**	0.67**
CRUZAS	44	360.89**	68.36*	14.70**	0.03**	0.02**
ERROR	44	104.82	25.71	4.07	0.008	0.007
cv%		12.4874	17.1129	13.2176	3.314	6.6297
Cuba						
REP	1	1556.33**	501.73**	140.37**	0.69**	0.29**
CRUZAS	44	124.5**	22.85*	5.46*	0.03**	0.02**
ERROR	44	27.40	8.03	2.03	0.005	0.003
cv%		10.75185	15.711	14.385	3.146	5.179

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y al 0.01 probabilidad respectivamente, ns = no significativo, RFV = Rendimiento de forraje verde, PE = Peso de elote, MS = Materia seca, AP = Altura de planta y AM = Altura de mazorca.

### Análisis combinado

El análisis combinado de las características evaluadas se presentan en el Cuadro 4.2 donde se observaron diferencias altamente significativas para todas las características en la fuente de variación localidades, lo cual indica que el ambiente por localidades influyo en todas las características evaluadas coincidiendo con los resultados encontrados por Vergara *et al.*, (1998).

se encontraron diferencia altamente significativas en la fuente de variación repeticiones por localidades en todas las variables, debido a que en el terreno donde se establecieron dichos ensayos presentaron condiciones muy diferentes.

En lo que corresponde a los coeficientes de variación, y con excepción de peso de elote (PE) se consideran aceptables, ya que los coeficientes de variación no son tan altos para afectar la confiabilidad de los resultados obtenidos, debido a la diversidad de los genotipos utilizados. Al respecto Rivera (1977) en estudios con cruzas intervarietales de maíz encontró que los coeficientes de variación se incrementan a medida que lo hace la diversidad genética de los progenitores.

Entre las cruzas se presentaron diferencias altamente significativas para las cinco características agronómicas evaluadas ( $P \leq 0.01$ ), lo que era de esperarse dada la variabilidad existente entre los progenitores (Híbridos simples, Triples y criollos.) incluidos en la presente investigación, coincidiendo estos resultados con los reportados por Bosch *et al.* (1994), Torrecillas y Bertoia (2000) y Arguillier *et al.* (2000), quienes reportaron diferencias significativas en la mayoría de los caracteres forrajeros en poblaciones y compuestos raciales.

En la interacción localidad por cruzas, se encontró significancia

estadística ( $P \leq 0.01$ ), para altura de planta (AP), peso de elote (PE) y altura de mazorca (AM). Para las características rendimiento de forraje verde (RFV) y materia seca (MS) se observaron diferencias altamente significativas, lo cual indica que los genotipos responden en forma diferente al cambio de ambiente. Resultados similares fueron reportados por Moreno-González *et al.*, (2000).

**Cuadro 4.2 Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para cinco variables evaluadas en tres localidades en la Comarca Lagunera del 2003.**

FV	gl	PV (t ha <sup>-1</sup> )	PE (t ha <sup>-1</sup> )	MS (t ha <sup>-1</sup> )	AP (m)	AM (m)
Loc	2	25309.81**	3305.15**	688.55**	4.94**	1.57**
Rep(Loc)	3	2911.95**	623.43**	160.85**	0.51**	0.32**
Cruzas	44	310.21**	55.74**	10.78**	0.07**	0.04**
Loc*Cruzas	88	194.63**	33.29*	8.12**	0.01*	0.01*
Error	132	91.35	19.71	3.88	0.01	0.006
Total	269					
cv%		14.8938	19.4383	16.2397	4.3606	7.075

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y al 0.01 probabilidad, respectivamente, ns = no significativo, RFV = Rendimiento de forraje verde, PE = Peso de elote, MS = Materia seca, AP = Altura de planta y AM = Altura de mazorca.

### Comparación de medias

En el Cuadro 4.3 se presentan las medias de las 10 mejores cruzas de los 45 materiales evaluados.

De la prueba de medias destacan las cruzas 1x7 y 3x6 en todas las variables, sobresaliendo por su alto potencial productivo, ya que todos estos valores sobrepasan el valor de la media y presentan los valores más altos en las variables rendimiento de forraje verde (RFV), materia seca (MS) y peso de elote (PE), de lo anterior se puede concluir que estas cruzas pueden utilizarse

como progenitores en experimentos posteriores. Peña *et al.* (2003) menciona que los genotipos con alto porcentaje de elote pueden considerarse como de alta calidad forrajera.

Para altura de planta (AP), las cruzas que obtuvieron mayores valores fueron 3x6 y 6x8 por tener mayor altura. Para altura de mazorca (AM) las cruzas 2x7 y 2x8 fueron las que presentaron valor más alto. Se puede observar que en todas las cruzas se presenta un comportamiento diferente en todas las variables, estos resultados eran los que se esperaban, debido a la gran diversidad de materiales genéticos que fueron utilizados. Hallauer y Miranda (1998) mencionan que la altura de planta influye en la producción de forraje verde y materia seca, pero debe contribuir con el 50 por ciento del peso total, afín de no disminuir la proporción de elote.

**Cuadro 4.3 Valores promedio de las 10 mejores cruzas para las características agronómicas evaluadas en tres localidades de la comarca lagunera en el 2003**

Cruzas	RFV	Cruzas	PE	Cruzas	MS	Cruzas	AP	Cruzas	AM
1X6	79.22	6X7	28.17	7X10	14.86	3X6	2.76	2X7	1.3
1X7	77.12	2X10	27.74	3X6	14.83	6X8	2.74	2X8	1.29
3X6	75.23	7X10	27.73	1X7	14.79	1X6	2.73	1X7	1.28
2X6	74.72	1X7	27.71	4X10	13.82	1X5	2.72	1X5	1.28
6X7	74.49	6X8	27.7	2X3	13.53	6X7	2.71	1X6	1.27
6X8	74	3X10	26.42	1X8	13.42	3X5	2.69	3X6	1.27
7X10	73.5	1X6	26.42	3X10	13.35	3X8	2.68	7X8	1.26
6X10	71.96	2X3	20.05	1X2	13.27	6X10	2.68	5X8	1.26
3X10	70.89	3X6	25.95	6X7	13.23	3X7	2.67	1X8	1.25
2X10	70.41	8X10	25.18	5X8	13.22	1X7	2.66	4X8	1.24
Media	64.17		22.84		12.14		2.57		1.17
DMS	10.91		5.07		2.25		0.12		0.09

DMS = diferencia mínima de significancia, RFV = Rendimiento de forraje verde, PE = Peso de elote, MS = Materia seca, AP = Altura de planta y AM = Altura de mazorca.

## Análisis genético

Los cuadrados medios del análisis dialélico se presentan en el Cuadro 4.4. Se detectaron efectos altamente significativos de localidades en las variables; rendimiento de forraje verde (RFV), peso de elote (PE), materia seca (MS), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM). Resultados similares fueron encontrados por Sierra y Preciado (1998). Estos resultados indican que el factor ambiente influyo en dichas características.

Para repeticiones dentro de localidades, las diferencias resultaron altamente significativas en todas las variables. Por lo anterior se concluye que los factores localidades y repeticiones ocasionan un alto grado de diferencia en los datos.

En las cruzas se observó que todos los resultados fueron altamente significativos, dicho resultado era de esperarse debido a la gran diversidad de materiales utilizados.

En el factor de variación: localidades por cruzas existió significancia para peso de elote (PE), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM), mientras que para: rendimiento de forraje verde (RFV) y materia seca (MS) fueron altamente significativos.

En la ACG se observaron diferencias altamente significativas para todas las variables y en la ACE todas las variables presentaron diferencias



no significativas excepto para variable altura de planta (AP) que presento diferencia altamente significativa.

Rivera (1997), encontró que a medida que la diversidad genética de los progenitores se incrementa, también aumenta la significancia en ambas aptitudes combinatorias.

**Cuadro 4.4 Cuadrados medios del análisis de varianza para el dialélico de Griffing del modelo IV de las cinco variables evaluadas en la Comarca Lagunera. 2003.**

FV	gl	RFV (t ha <sup>-1</sup> )	PE (t ha <sup>-1</sup> )	MS (t ha <sup>-1</sup> )	AP (m)	AM (m)
Loc.	2	25309.81**	3305.15**	688.55**	4.94**	1.57**
Rep(Loc)	3	2911.95**	623.43**	160.85**	0.51**	0.32**
cruzas	44	310.21**	55.74**	10.78**	0.07**	0.04**
Loc*cruza	88	194.63**	33.29*	8.12**	0.01*	0.01*
ACG	9	8.38**	6.75**	4.51**	17.20**	21.46**
ACE	35	0.80ns	1.05ns	1.16ns	1.88**	1.33ns
Error	132	91.35	19.71	3.88	0.01	0.006
Total	269					
cv%		14.89	19.43	16.23	4.360	7.075

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y al 0.01 probabilidad respectivamente; ns = no significativo, RFV = Rendimiento de forraje verde, PE = Peso de elote, MS = Materia seca, AP = Altura de planta y AM = Altura de mazorca.

### Efectos de aptitud combinatoria general y específica

En los cuadros 4.5 y 4.6 se presentaron los valores estimados para aptitud combinatoria observando que para rendimiento de forraje verde (RFV) seis progenitores presentaron efectos positivos destacando los progenitores 6, 1 y 10 los otros mostraron efectos negativos en ACG. Para esta misma variable 24 cruzas presentaron efectos positivos en ACE y 21 efectos negativos,

notándose que las cruzas 1x6, 1x7 y 2x3 fueron las que presentaron los valores más altos de ACE, en dichas cruzas intervinieron progenitores con ACG positiva.

En peso de elote (PE) siete progenitores presentaron efectos positivos y los otros tuvieron valores negativos en ACG, el progenitor número seis mostró la mayor ACE para esta característica y para rendimiento de forraje verde (RFV). Analizando la ACE se observa que los híbridos que tienen valores más altos están formados por progenitores de mayor ACG.

En la variable materia seca (MS) se observó que los progenitores con valores positivos son los mismos que en las variables RFV y PE observándose así un patrón de comportamiento similar. En la ACE se observó que las cruzas 1x7 y 5x8 tienen los valores más altos. Este resultado es debido a que el aumento de MS en una cruce puede ser ocasionado por la suma de efectos aditivos de los genes de los progenitores, Falconer, (1985).

En altura de planta (AP) cinco progenitores presentaron efectos de ACG positivos y cinco efectos negativos, donde las cruzas 1x5, 3x5 y 7x9 son las que presentan ACE más alta, estas cruces están formadas por un progenitor de ACG positiva y otro con negativa. Respecto a esto Jugenheimer (1990) menciona que a mayor altura de la planta es mayor el rendimiento, cabe señalar que en la actualidad lo que se busca son plantas de porte bajo que resistan el

acame y que toleren altas densidades de población , sin descuidar la relación positiva que existe entre altura de planta y rendimiento de grano, Rincón et al, (2003).

En la variable altura de mazorca (AM) seis progenitores presentaron ACG positiva y son los que influyeron directamente en los híbridos, puesto que las cruzas 1x5 y 3x6 que demuestran efectos mas altos en ACE son las conformadas por al menos un progenitor con buena ACG.

**Cuadro 4.5 Efecto de aptitud combinatoria general (ACG) para cinco características agronómicas evaluadas en la comarca lagunera en el 2003.**

EFECTOS DE ACG						
PADRES	RFV	PE	MS	AP	AM	
1	3.47	0.53	0.62	0.04	0.03	
2	1.1	0.61	0.06	-0.03	0.02	
3	0.84	1	0.84	0.01	-0.01	
4	-6.65	-2.75	-0.65	-0.06	-0.005	
5	-3.15	-1.22	-0.36	-0.003	0.001	
6	7.27	1.79	0.23	0.1	0.05	
7	2.51	1.15	0.47	0.03	0.05	
8	-0.68	0.73	-0.07	0.07	0.06	
9	-8.14	-3.56	-1.65	-0.15	-0.14	
10	3.43	1.7	0.5	-0.01	-0.05	

**Cuadro 4.6 Efecto de aptitud combinatoria específica (ACE), para cinco características agronómicas evaluadas en la comarca lagunera en el 2003.**

EFECTOS DE ACE					
CRUZA	RFV	PE	MS	AP	AM
1X2	-2.92	-0.64	0.48	-0.01	-0.02
1X3	-9.86	-5.07	-1.42	-0.14	-0.08
1X4	5.4	2.83	-1.05	0.07	0.009
1X5	-0.86	-0.78	-0.65	0.11	0.07
1X6	4.34	1.27	0.22	0.01	0.02
1X7	7	3.2	1.6	0.02	0.03
1X8	-0.24	-0.97	0.72	-0.04	-0.01
1X9	2.7	1.99	1.16	-0.003	-0.01
1X10	-5.57	-1.83	-1.11	-0.01	-0.01
2X3	3.86	1.61	0.52	0.015	-0.007
2X4	3.24	-0.31	0.82	0.07	0.01
2X5	0.25	1.35	-0.44	-0.01	0.006
2X6	2.21	-0.12	-0.71	-0.01	-0.03
2X7	-7.65	-4.68	-1.46	0.01	0.06
2X8	-4.37	-1.28	0.003	0.01	0.04
2X9	3.62	1.47	0.48	-0.1	-0.04
2X10	1.74	2.6	0.29	-0.02	-0.01
3X4	-0.67	1.37	0.54	-0.006	-0.006
3X5	3.42	1.39	0.52	0.11	0.04
3X6	2.98	0.33	1.48	0.06	0.07
3X7	-0.9	-0.93	-0.68	-0.01	-0.01
3X8	1.48	0.18	0.12	0.02	-0.01
3X9	-2.8	0.2	-1	-0.03	0.005
3X10	2.49	0.89	-0.09	-0.008	0.0006
4X5	-7.14	-2.98	-1.9	-0.17	-0.05
4X6	-5.33	-2.04	-0.31	-0.03	-0.04
4X7	-1.11	-1.07	-0.26	0.03	-0.01
4X8	0.37	1.52	-0.5	0.03	0.02
4X9	1.39	0.34	0.79	-0.01	0.04
4X10	3.85	0.35	1.88	0.03	0.03
5X6	-2.24	-0.62	-0.04	-0.13	-0.04
5X7	-2.27	-0.17	-0.29	0.003	-0.06
5X8	3.76	1.77	1.57	0.01	0.03
5X9	2.29	0.89	0.46	0.01	-0.004
5X10	2.78	-0.85	0.79	0.05	0.01
6X7	0.57	2.4	0.42	0.001	-0.03
6X8	3.28	2.36	0.27	-0.002	-0.04
6X9	-2.96	-2.23	0.55	0.08	0.05
6X10	-2.87	-1.34	-1.89	0.02	0.04
7X8	-1.29	-1.72	-0.6	-0.06	-0.01
7X9	2.22	0.93	-0.51	0.09	0.06
7X10	3.43	2.06	1.79	-0.08	-0.01
8X9	-1.79	-1.8	-0.97	0.008	-0.03
8X10	-1.2	-0.06	-0.67	0.01	-0.02
9X10	-4.67	-1.81	-0.98	-0.04	-0.06

## Componentes de varianza

En el Cuadro 4.6 se presentan los componentes de varianza para cada una de las características evaluadas en el presente trabajo. Observando que para rendimiento de forraje verde (RFV) se obtuvo varianza de dominancia de cero, la cual es mucho menor que la varianza aditiva que tiene un valor de 41.42 y se reflejó en la heredabilidad en sentido amplio con 24 por ciento.

Los menores valores de la heredabilidad en sentido estricto de las variables peso de elote (PE) y materia seca (MS), se debió a un incremento de la varianza de dominancia. (Chávez, 1995). En peso de elote (PE) la varianza aditiva fue positiva con un valor de 5.91, lo que dio como resultado un 19.07 por ciento de heredabilidad en sentido estricto, lo que demuestra que esta característica es de heredabilidad moderada.

Para materia seca (MS) se obtuvo varianza de dominancia menor a la aditiva, y su heredabilidad fue baja de 11.85 por ciento.

En altura de planta (AP) la varianza aditiva fue positiva con un valor muy bajo de 36.92 por ciento de heredabilidad en sentido estricto.

Para altura de mazorca (AM) se obtuvo una varianza aditiva muy alta,

lo cual influyo en la heredabilidad en sentido amplio y estricto que presento un valor de 46 por ciento de heredabilidad en sentido amplio, considerándose como altamente heredable (Chávez, 1995). Estos resultados confirman que los caracteres controlados por pocos genes presentan mayores valores de heredabilidad que los caracteres gobernados por muchos genes, lo que concuerda con Lush, (1945) y Oyervides, (1979), para el caso de PV, AP y AM.

Para los efectos de heredabilidad y de dominancia los valores negativos de las varianzas se tomaron como cero, como lo señala Márquez, 1988.

**Cuadro 4.6 Componentes genéticos de varianza para cinco variables agronómicas evaluadas con el modelo IV de Griffing en tres localidades en la Comarca Lagunera del 2003.**

VAR	ACG	ACE	$\sigma^2 A$	$\sigma^2 D$	$\sigma^2 G$	$\sigma^2 F$	$\sigma^2 E$	$h^2$	$H$
RFV	20.71	-4.32	41.42	-4.32	41.42	172.48	131.06	24	24
PE	2.95	0.21	5.91	0.21	6.12	30.98	24.86	19.07	27
MS	0.40	0.16	0.81	0.16	0.97	6.83	5.86	11.85	29
AP	0.00	0.00	0.0096	0.0022	0.011	0.026	0.015	36.92	54
AM	0.00	0.00	0.0073	0.0004	0.0077	0.016	0.0088	45.62	46

ACG = Aptitud Combinatoria General, ACE = Aptitud Combinatoria Especifica,  $\sigma^2 A$  = Varianza aditiva,  $\sigma^2 D$  = Varianza de dominancia,  $\sigma^2 G$  = Varianza genética,  $\sigma^2 F$  = Varianza fenotípica,  $\sigma^2 E$  = Varianza del error,  $h^2$  = Heredabilidad en sentido estricto,  $H$  = Heredabilidad en sentido amplio,

## Análisis de correlación

En el Cuadro 4.7 se observaron las correlaciones de las varianzas fenotípicas de las características evaluadas, encontrándose correlación altamente significativa en todas las variables. La más alta asociación de caracteres la presentaron rendimiento de forraje verde (RFV) con peso de elote (PE) y altura de planta (AP) con altura de mazorca (AM).

**Cuadro 4.7 Correlaciones fenotípicas para cinco variables agronómicas evaluadas en tres localidades en la Comarca Lagunera. 2003.**

Variable	PE (t ha <sup>-1</sup> )	MS (t ha <sup>-1</sup> )	AP (m)	AM (m)
RFV	0.9101**	0.7525**	0.7083**	0.5236**
PE		0.7447**	0.6438**	0.4759**
MS			0.5328**	0.4639**
AP				0.8118**

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y al 0.01 probabilidad respectivamente, ns = no significativo; RFV = Rendimiento de forraje verde, PE = Peso de elote, MS = Materia seca, AP = Altura de planta y AM = Altura de mazorca.

## V. CONCLUSIONES

- ✓ Los análisis estadísticos combinados mostraron efectos altamente significativos en todas las variables y en las fuentes de variación; Localidades, Repetición por Localidades y Cruzas, excepto en la fuente de variación Localidades por Cruza en donde peso de elote (PE), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM) presentaron efectos significativos.
- ✓ En las características evaluadas todas las cruzas demostraron una reacción diferente a el cambio de ambiente.
- ✓ Las Cruzas 1x4 y 1x7 presentaron valores mas altos para los efectos de ACE en rendimiento de forraje verde (RFV) y peso de elote (PE), la mejor Cruza en altura de planta y altura de mazorca fue la 1x5.
- ✓ La varianza aditiva fue mayor que la varianza de dominancia en todas las variables evaluadas.
- ✓ Se presento una alta correlación en rendimiento de forraje verde (RFV) con peso de elote (PE) y altura de planta (AP) con altura de mazorca (AM) indicando una asociación genética entre estas variables.



## VI. RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna y en los siguientes ejidos; Cuba, municipio de Francisco I. Madero, Nuevo León, Municipio de Matamoros y en la pequeña propiedad Providencia municipio de Torreón Coahuila. Los objetivos en este estudio fueron formar y evaluar híbridos con alto potencial productivo.

El trabajo se realizo en dos etapas, en la primera se formaron las cruzas y en la segunda se llevo a cabo la evaluación de las mismas, las cuales se llevaron a cabo en primavera del 2002 y 2003. Las evaluaciones se realizaron en un ensayo uniforme en bloques al azar con dos repeticiones.

En este estudio se evaluó el comportamiento agronómico de 45 cruzas de maíz derivadas de 10 híbridos comerciales. En las localidades se tomaron las siguientes variables de campo: rendimiento de forraje verde (RFV), peso de elote (PE), materia seca (MS), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM).

De acuerdo con los resultados obtenidos, la cruza 1x7 presento valores de ACE más altos en las variables rendimiento de forraje verde, peso de elote y materia seca. Para altura de planta y altura de mazorca la cruza 1x5 fue la que obtuvo valores más altos de ACE, mientras que la cruza 4x5 fue la más baja en las variables rendimiento de forraje verde, materia seca y altura de planta.

Los resultados de análisis de varianza indican que los genotipos son diferentes entre si. La varianza aditiva fue mayor que la varianza de dominancia en todas las variables, por lo tanto la heredabilidad fue mayor.

Los análisis de correlación fenotípica nos demuestran que solo existió una alta asociación de rendimiento de forraje verde con peso de elote y de altura de planta con altura de mazorca.

Los resultados demuestran que existen híbridos que pueden ser utilizados en un programa de mejoramiento dependiendo de las características que se busquen.

## VII BIBLIOGRAFIA

- Allard, R. W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Editorial EOSA. España 498p.
- Amador R. A. L. y F. C. Boschini. 2000. Fenología productiva y nutricional del maíz para la producción de forraje. Agronomía Mesoamericana. 11: 171-177.
- Brauer, H. O. 1983 Fitogenética aplicada. Editorial ELSA. México. 518p.
- Chavez A., J. L. y López E. 1995. Mejoramiento de plantas I. UAAAN. México 158p.
- De la Loma, J.L. 1954. Genética general aplicada. Segunda edición. Editorial UTEHA. México. 427p.
- Dudley, J.W. and R.H. Moll. 1969. Interpretation and Use of Estimates of Heritability and Genetic Variances in plant Breeding. Crop Science 257-262 p.

- Eastmond A. Y M. L. Robert, 1992. Biotecnología y agroecología: ¿Paradigmas opuestos?. *Agrociencia* 3: 7-22.
- Falconer, D.S. 1985. *Introducción a la genética cuantitativa*. Decimotercera Impresión. CECSA. México. 135p.
- Griffing, B. 1995a. A generalized treatment of the use diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity*, 10: 31- 50.
- Griffing, B. 1956b. Concept of general and specific combining ability in relation in diallelic crossing system. *Aust. Jour. Boil. Sci.* 9: 463-491.
- Hayman, B.I. 1960. The theory and a analysis of diallel crosses III. *Genetics* 155-172.
- Hallauer R.A., and Miranda FO. 1981 *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. The Iowa State University Press Ames, Iowa, 50010. First Edition 468 p.
- Márquez, S., F. 1988. *genotecnia vegetal*. Tomo II AGTESA. México. 563 p.
- Núñez, H. G., Contreras G. F. E., Faz C. R. y Herrera S. R. 1999. selección de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético en maíz para ensilaje. INIFAP-CIAN-CAELALA, 52 p.
- Núñez, H. G., E. F. Contreras G y R. Faz C. 2003. características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Tec. Pecu. Méx.* 41: 37-48 p.

Oyervides G., M. 1979. Estimación de parámetros genéticos, heterosis e índice de selección en variedades tropicales de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 118 p.

Peña R.A, G.H Núñez Y C.F. Gonzáles 2003 Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. Tec. Pecu. México 41:63-74 p.

Poehlman, J.M. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas. Primera edición . edotpriar LIMUSA., México 453 p.

Rivera F., C.H. 1977. Efecto de la diversidad genética en la heterosis de cruas intervarietales de maíz. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo México 98 p.

Sprague, G. E. y Tatum A. L. 1942. General vs Specific combining ability in single crosses of corn. J. Am Soc. Agron. 34: 923-932.

Vergara, A. N. H. S. A. Rodríguez S. K. Vasal, y S. D. McLean, 1996. Aptitud combinatoria de líneas de maíz generadas en el CIMMYT . Curso internacional de actualización en fitomejoramiento y agricultura

sustentable. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coah. 286-287p.

Vergara A. N., H. S. Rodríguez, C. H. León, S. McLean y V. S. Kumar. 2001.

Aptitud Combinatoria de líneas de maíz tropical con diferente tipo de mazorca. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 2: 203-212.

Vergara N., A. Ramírez, M. Sierra y H. Córdoba. 2002. Comportamientos de

cruzas simples y aptitud combinatoria de líneas tropicales de maíz de grano blanco. In: Memoria de la XLVIII reunión anual del programa cooperativo centroamericano para el mejoramiento de cultivos y animales. República Dominicana. 52 p.

## VIII. APÉNDICE

**Cuadro A.1 promedio de las 10 caracteres agronómicas de los 10 genotipos evaluados.**

Cruza	Rend (ha-1)	PE (ha-1)	MS (ha-1)	AP (m)	AM (m)
1X2	65.78	23.32	13.27	2.56	1.19
1X3	58.57	19.27	12.13	2.48	1.1
1X4	66.35	23.44	11.006	2.61	1.2
1X5	63.58	21.33	11.69	2.71	1.28
1X6	79.22	26.41	13.18	2.72	1.27
1X7	77.12	27.71	14.79	2.66	1.28
1X8	66.67	23.1	13.42	2.64	1.24
1X9	62.15	21.77	12.22	2.46	1.04
1X10	65.46	23.2	12.1	2.57	1.12
2X3	69.94	26.05	13.52	2.57	1.16
2X4	61.82	20.35	12.33	2.53	1.2
2X5	62.32	26.56	11.34	2.51	1.19
2X6	74.72	25.1	11.68	2.63	1.2
2X7	60.08	19.9	11.16	2.58	1.3
2X8	60.16	22.87	12.08	2.62	1.29
2X9	60.7	21.33	10.99	2.27	1.01
2X10	70.41	27.73	12.95	2.53	1.11
3X4	57.64	22.43	12.82	2.51	1.16
3X5	65.24	23.98	13.09	2.69	1.19
3X6	75.23	25.95	14.82	2.76	1.27
3X7	66.57	24.04	12.73	2.6	1.19
3X8	65.76	24.74	12.99	2.68	1.2
3X9	54.01	20.46	10.28	2.4	1.01
3X10	70.89	26.41	13.35	2.56	1.09
4X5	47.19	15.84	9.16	2.32	1.1
4X6	59.41	19.8	11.36	2.53	1.2
4X7	58.86	20.13	11.64	2.56	1.19
4X8	57.16	22.31	10.85	2.6	1.24
4X9	50.71	16.83	10.57	2.33	1.05
4X10	64.76	22.1	13.82	2.51	1.14
5X6	66	22.76	11.92	2.53	1.17
5X7	61.2	22.56	11.9	2.59	1.16
5X8	64.04	24.1	13.22	2.65	1.26
5X9	55.11	18.92	10.53	2.47	1.01
5X10	67.19	22.43	13.02	2.6	1.12
6X7	74.49	28.17	13.23	2.71	1.23
6X8	74	27.7	12.52	2.74	1.23
6X9	60.28	18.81	11.06	2.6	1.11
6X10	71.96	24.96	12.77	2.68	1.2

Continuación.....

7X8	64.65	22.97	11.88	2.6	1.26
7X9	60.71	21.34	10.54	2.54	1.13
7X10	73.5	27.73	14.86	2.5	1.13
8X9	53.49	18.17	9.38	2.49	1.02
8X10	65.66	25.18	11.84	2.63	1.19
9X9	44.67	18.71	7.94	2.13	0.75
9X10	54.73	19.13	9.95	2.37	0.89
MEDIA	64.25	22.9	12.08	2.57	1.17
DMS	2.61	1.14	0.51	0.029	0.022

<sup>‡</sup>DMS= diferencia minima significativa al 5% de probabilidad, RFV= rendimiento de forraje verde, PE= peso de elote, MS= materia seca, AP= altura de planta y AM= altura de mazorca.