

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

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS VARIETALES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PARA  
PRODUCCIÓN DE FORRAJE**

**POR**

**RICARDO REYNA HERNÁNDEZ**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAHUILA**

**ABRIL DEL 2004**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS

TESIS DEL C. RICARDO REYNA HERNÁNDEZ 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:

\_\_\_\_\_  
M. C. José Jaime Lozano García.

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS

\_\_\_\_\_  
M. C. José Jaime Lozano García

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. RICARDO REYNA HERNÁNDEZ ELABORADA BAJO LA  
SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR

Presidente

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

Vocal:

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

Vocal:

\_\_\_\_\_  
M. C. Armando Espinosa Banda

Vocal suplente:

\_\_\_\_\_  
M. C. José Jaime Lozano García

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS

\_\_\_\_\_  
M. C. José Jaime Lozano García

Torreón, Coahuila

Abril del 2004

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** creador de todo lo existente por darme la oportunidad de haberme permitido culminar satisfactoriamente mis estudios.

A mi **ALMA MATER** por permitirme ser parte de ella.

A mis asesores

Dr. Emiliano Gutiérrez DeL Río

PhD. Arturo Palomo Gil

M. C. Armando Espinoza Banda

M. C. José Jaime Lozano García

Ing. Ivar Díaz Cortes

M. C. Oralia Antuna Grijalva

Por brindarme sus consejos y conocimientos que me han ayudado a aumentar mis conocimientos.

Al Dr. Salvador Godoy Ávila, por sus acertados consejos y sugerencias.

A mis compañeros de grupo en especial para: Juan Pablo, Clemente, Matusalén, Miguel y Roberto, por compartir momentos felices durante mi carrera.

## DEDICATORIA

A mis padres:

Sr. Gregorio Reyna Alemán

Sra. Petra Hernández Durán

Por sus acertados consejos y el gran esfuerzo que han hecho de mi persona un hombre de bien.

A mis hermanos:

Norma

Antonio

Guadalupe

Osbelia

Lourdes

Sanjuana

Lauro

Abigaíl

Juan

Areli

Por el amor, cariño, apoyo y motivación, fuente de inspiración para la realización de mis metas.

A mis sobrinos y cuñados:

Norma, Cesar, Abigail, Jafeth, Galilea, Guadalupe, Valeria y Pilar.

Reyna, César, Abel y Gerardo.

# ÍNDICE

	Página
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
Híbridos.....	5
Forrajes.....	6
Mejoramiento.....	8
Caracteres agronómicos en el mejoramiento genético de maíces forrajeros .....	9
- Rendimiento de forraje.....	9
- Contenido de grano.....	10
- Altura de planta.....	10
- Heredabilidad de los caracteres agronómicos.....	11
Diseños dialélicos.....	11
Aptitud combinatoria.....	12
Aptitud combinatoria general y específica.....	12
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
Localización geográfica y características de la Comarca Lagunera.....	14
Material genético.....	15

Primera etapa .....	15
Formación de cruzas .....	15
Fecha de siembra .....	16
Fertilización.....	16
Riegos.....	16
Control de plagas.....	17
Control de malezas .....	17
Cosecha.....	17
Segunda etapa .....	18
Evaluación de cruzas.....	18
Diseño y parcela experimental.....	18
Variables agronómicas evaluadas .....	19
Rendimiento de forraje verde (RFV) .....	19
Peso de elote (PE).....	19
Materia seca (MS).....	20
Altura de planta (AP).....	21
Altura de mazorca (AM) .....	21
Análisis estadístico .....	21
Análisis dialélico.....	22
Estimación de los componentes de varianza.....	24
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>25</b>
Análisis de varianza por localidad.....	25
Análisis combinado .....	26

Comparación de medias .....	28
Análisis genético .....	29
Efectos de aptitud combinatoria general y específica.....	30
Componentes de varianza .....	33
Análisis de correlación .....	34
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>35</b>
<b>VI. RESUMEN</b> .....	<b>36</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>38</b>
<b>VIII. APÉNDICE</b> .....	<b>43</b>



## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Página
3.1	Descripción del material utilizado como progenitores. .... 15
3.2	Calendario de riegos. .... 16
3.3	Forma del análisis de varianza para el método IV del diseño dialélico. .... 23
4.1	Cuadrados medios de los análisis de varianza individuales para cinco variables evaluadas en tres localidades, Nuevo León, Providencia y Cuba. Comarca Lagunera. 2003. .... 26
4.2	Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para cinco variables evaluadas en tres localidades, Nuevo León, Providencia y Cuba. Comarca Lagunera. 2003. .... 28
4.3	Promedio de cinco variables agronómicas de las 10 cruzas evaluadas en tres localidades, Nuevo León, Providencia y Cuba. Comarca Lagunera. 2003. .... 29
4.4	Cuadrados medios del análisis de varianza para el dialélico de Griffing modelo IV de las cinco variables evaluadas en tres localidades, Nuevo León, Providencia y Cuba. Comarca Lagunera. 2003. .... 30
4.5	Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) para cinco variables agronómicas evaluadas con el modelo IV de Griffing en tres localidades, Nuevo León, Providencia y Cuba. Comarca Lagunera. 2003. .... 32
4.6	Componentes genéticos de varianza para cinco variables agronómicas evaluadas con el modelo IV de Griffing en tres localidades, Nuevo León, Providencia y Cuba. Comarca Lagunera. 2003. .... 33
4.7	Correlaciones fenotípicas para cinco variables agronómicas evaluadas en tres localidades, Nuevo León, Providencia y Cuba. Comarca Lagunera. 2003. .... 34

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cereales más importantes del mundo, ya que suministra elementos nutritivos importantes a los seres humanos, a los animales y es materia prima básica de la industria de la transformación (FAO, 1993). Este cereal es el principal cultivo del pueblo mexicano, no solo por lo que representa como grano, alimento básico, sino como uno de los más importantes insumos para la ganadería mexicana, sobre todo de los de bajos ingresos que se ubican en ejidos y pequeñas comunidades. (Jaramillo, 1992).

El empleo de maíz para forraje en la alimentación animal tiene gran versatilidad, ya que puede ser consumido en verde, ensilado, seco (heno o rastrojo) o como grano. El ensilado es la forma de aprovechamiento más común en las regiones productoras de leche del país, a su vez, el rastrojo es empleado en la ganadería extensiva por ejidatarios y pequeños propietarios de áreas rurales (Jaramillo, 1992) y el grano destinado a la producción pecuaria, que en su mayor parte se dirige al consumo avícola, seguido del porcícola y otras especies (FIRA, 1999).

En los sistemas de producción tanto de leche como de carne, los costos de alimentación pueden representar hasta el 70 por ciento del costo total de la producción. Dado que en nuestro país, los forrajes constituyen los alimentos más baratos para la nutrición del ganado productor de leche y/o carne, la producción de los mismos, considerando tanto el rendimiento como la calidad nutritiva, debería ser una actividad estratégica para el apoyo de la producción de estos productos de origen animal.

El ensilado de maíz, es uno de los alimentos energéticos más utilizados en los sistemas de producción de leche, y en menor escala en los de producción de carne. Sin embargo, en los programas de mejoramiento genético, el maíz forrajero no ha recibido la atención suficiente, porque las necesidades del país han normado que las investigaciones se hayan dirigido a la producción de grano. Por lo anterior, la mayoría de los híbridos o variedades de maíz que se utilizan actualmente para forraje fueron generados para producción de grano, por lo que no se dispone de información suficiente en cuanto al potencial productivo y nutricional de estos materiales. En algunos programas de mejoramiento en donde se están seleccionando genotipos de maíz para forraje, el principal parámetro de selección es el rendimiento de materia seca por unidad de superficie, sin considerar su valor nutritivo.

Una alternativa para reducir el costo de alimentación, es la reducción de concentrados en la dieta animal con la complementación de forrajes de alta calidad nutricional. Si se dispone de híbridos y/o

variedades de maíz forrajero con alto rendimiento y mayor valor nutricional, se podrá también reducir la dependencia de la alfalfa en los sistemas de producción de leche y así aumentar la eficiencia en el uso de agua.

De acuerdo con la SAGAR, para el año agrícola 1999, se sembraron en el país alrededor de 280 mil hectáreas de maíz forrajero y 8.5 millones de hectáreas para grano. (CEA, 2000). En la Comarca Lagunera, para el año del 2003, se cosecho una superficie de 21, 736 hectáreas, con una producción total de 954, 882 toneladas de forraje verde, obteniéndose así una producción por hectárea de 43.93 toneladas. En este mismo año, se tuvo una cantidad de 124, 414 cabezas de ganado lechero en explotación, obteniéndose un volumen de 1, 732, 905 litros de leche diarios y un valor de la producción estimado en 6, 111, 770 pesos. (Anónimo, 2003).

Dada la importancia que tiene en la actualidad el maíz forrajero en la dieta alimenticia del ganado bovino lechero en la Región Lagunera, en el presente trabajo se evaluaron 10 cruza varietales considerando las principales características agronómicas para seleccionar el mejor híbrido que reúna las perspectivas del productor de leche.

## **Objetivo**

- Detectar la mejor cruza varietal formada por germoplasma mejorado con buenas características agronómicas y forrajeras.

## **Hipótesis**

Ho: Los híbridos varietales formados con germoplasma mejorado poseen bajo potencial de rendimiento y baja calidad forrajera.

Ha: El uso de germoplasma de maíz mejorado para formar híbridos varietales aporta genotipos de alto potencial productivo y alta calidad forrajera.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Híbridos

Allard (1980), define a un híbrido como el incremento 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.

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 método de gran interés, cuya aplicación se ha extendido de modo notable.

Stadler (1949), menciona 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 desarrollan 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. Por lo que el fitomejorador como resultado de los estudios de autofecundación y cruzamiento formuló un plan que consiste en: a) autofecundar para obtener líneas puras, b) cruzar las líneas puras (autofecundadas) para producir líneas híbridas de producción uniforme.

El maíz híbrido es la primera generación de una cruce entre líneas autofecundadas. La producción de maíz híbrido involucra la obtención de líneas autofecundadas para la producción de semilla a nivel comercial.

## **Forrajes**

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

Williams (1976) también define forraje 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, enificado, pastos y rastrojos.

Jugenheimer, (1981); Frasnay, (1985) y Velda, (1985); mencionan que al llevar a cabo una evaluación de variedades de maíz, ésta se debe de enfocar hacia el incremento en la producción de materia seca y considerar características importantes como es resistencia al acame, estabilidad en la producción a través de diferentes ambientes, niveles mínimos de pérdida de materia seca durante el ensilaje, vigor inicial, densidad de siembra, así como la facilidad de recolección.

De la Cruz (2002) menciona que el contenido de grano en el maíz forrajero es de gran importancia, siendo éste una de las alternativas con que se cuenta para solucionar la escasez de forraje; entre las ventajas que presenta el maíz se pueden mencionar las siguientes: un alto potencial respecto a la posibilidad de aumentar su rendimiento de forraje; el cultivo establecido ocupa el terreno durante temporadas cortas, dando oportunidad a la rotación de cultivos, además de que el forraje obtenido puede ser ensilado para utilizarse en épocas de sequía o cuando escasea el forraje.

Por lo general se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Geiger *et al.*, 1992; Peña *et al.*, 2003) por lo que un alto porcentaje de mazorca o un alto índice de cosecha favorecen incrementos en la calidad nutritiva del forraje, sin embargo, en algunos casos también se relacionan negativamente con la digestibilidad de la planta sin elote (Peña *et al.*, 2003), con algunas excepciones, la porción de mazorcas correlacionan de manera alta y significativa con la digestibilidad de la planta total, esto significa que la



selección de los materiales con alta proporción de mazorcas podría favorecer una mayor calidad de forraje (Peña *et al.* 2002).

Un buen maíz forrajero deberá poseer las siguientes cualidades: rendimiento de forraje verde mayor a  $50 \text{ t ha}^{-1}$ , rendimiento de forraje seco o materia seca mayor a 25 por ciento, energía neta de lactancia mayor a 1.45 Mgcal/kg, digestibilidad de la materia seca mayor a 65 por ciento, contenido de fibra detergente ácido menor a 30 por ciento y contenido de fibra detergente neutro menor a 60 por ciento (Vergara, 2002).

Reta *et al.* (2001) menciona que es potencialmente posible obtener hasta  $80 \text{ t ha}^{-1}$  de forraje fresco y  $24 \text{ t ha}^{-1}$  de forraje seco (30 por ciento de materia seca), con un contenido de grano de 45-50 por ciento.

## **Mejoramiento**

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 de maíz 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.

## **Caracteres agronómicos en el mejoramiento genético de maíces forrajeros**

### **Rendimiento de forraje**

Los maíces forrajeros usados actualmente, son seleccionados por su capacidad de producción de materia seca, y poco interés en la calidad nutritiva (Núñez *et al.*, 1999; Peña *et al.*, 2002). Algunos híbridos en uso presentan las características consideradas como forrajeras en el pasado, como son su porte alto y mucho follaje; ya que años atrás los mejoradores consideraban que el rendimiento y la calidad forrajera estaban determinados por el rendimiento de grano y por la proporción de materia seca del grano por encima del resto de los componentes (Torrecillas y Bertoia, 2000).

El cultivo de maíz para forraje provee un alto rendimiento de biomasa por unidad de área, desde 40 a 90 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde, en un corto tiempo y el valor nutritivo va de bueno a excelente, dependiendo de la etapa de crecimiento en que se encuentre en el momento de la cosecha (Amador y Boschini, 2000; Wang-Yeong *et al.*, 1995). La producción de materia seca por hectárea oscila de 14.5 a 15.4 t ha<sup>-1</sup> en híbridos precoces de origen templado, de 13.8. a 14.4 t ha<sup>-1</sup> en híbridos intermedios templados y de 14.1 a 14.9 t ha<sup>-1</sup> en híbridos intermedios tropicales (Núñez *et al.*, 2001). Pero hay reportes en donde se mencionan rendimientos de más de 20 t ha<sup>-1</sup> de materia seca en híbridos comerciales (Peña *et al.*, 2002).

## Contenido de grano

En el maíz, el rendimiento de grano depende del número de granos por planta y del peso individual del mismo. El número de granos por mazorca es el componente del rendimiento más afectado por condiciones ambientales adversas como alta densidad de población y sombreado artificial (Reta *et al.*, 2003); el rendimiento de grano está dado por el tamaño de la mazorca, e influenciado por el número de hileras por mazorca y por el número de granos por hilera (Rodríguez *et al.*, 2000). Por lo general se considera que híbridos altamente productores de grano son los mejores en calidad forrajera (Geiger *et al.*, 1992; Peña *et al.*, 2003), ya que un alto porcentaje de mazorcas o un alto índice de cosecha favorecen incrementos en la calidad nutritiva del forraje (Cox *et al.*, 1994; Peña *et al.*, 2003). Con algunas excepciones, la proporción de mazorcas se correlaciona de manera alta y significativa con la digestibilidad de la planta total, esto significa que la selección de materiales con alta proporción de mazorcas, podría favorecer una mayor calidad de forraje (Peña *et al.*, 2002). Las características relacionadas con el incremento en la producción de grano pueden integrarse en un programa de mejoramiento genético con el fin de avanzar en el diseño de la planta de maíz forrajero que se desea obtener (Rodríguez *et al.*, 1999).

## Altura de planta

La altura de planta influye en la producción de materia seca, pero debe tener el tamaño adecuado a fin de contribuir con

aproximadamente el 50 por ciento del peso total, para no incrementar el contenido de fibras (Rodríguez *et al.*, 2000)

### **Heredabilidad de los caracteres agronómicos**

La alta heredabilidad de los caracteres agronómicos para la producción de forraje, permiten predecir la efectividad de la selección recurrente (Rodríguez *et al.*, 2000). Por medio del mejoramiento genético es posible contar con materiales especializados que cumplan con los requerimientos de los productores; seleccionando plantas con mayor producción de forraje, sin descuidar el aspecto nutritivo. Autores como Struik (1984); Pinter (1985) y Rodríguez *et al.* (2000) han descrito ideotipos de maíz para forraje en los que incluyen caracteres de producción y de calidad.

### **Diseños dialélicos**

Los cruzamientos dialélicos han sido ampliamente utilizados para desarrollar poblaciones mejoradas y para estimar varianzas y efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), los cuales permiten estimar los tipos de acción génica que controlan a los diferentes caracteres (Griffing, 1956; Hallauer y Miranda, 1988). Los efectos de ACG están relacionados con los genes de efectos aditivos, mientras que la ACE con los efectos de dominancia y los efectos epistáticos.

Gutiérrez (2002) menciona que 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 caracteres cuantitativos es el de cruzamientos dialélicos, que permiten identificar las combinaciones superiores, seleccionar los mejores progenitores que proporcionan la más alta heterosis y diseñar los métodos de mejoramiento más eficaces.

### **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**

Sprague y Tatum (1942) usaron las cruza dialélicas para desarrollar los conceptos de aptitud combinatoria. Estos investigadores emplearon el término aptitud combinatoria general (ACG), para definir el comportamiento promedio de un genotipo en una serie de cruza y el término de aptitud combinatoria específica (ACE), como la desviación.

de determinadas cruzas con respecto al comportamiento promedio de los genotipos que intervienen en el cruzamiento.

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

El aspecto práctico del mejoramiento del maíz por hibridación está basado en el desarrollo de líneas endogámicas y la evaluación de su aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) para la obtención de híbridos comerciales de alto rendimiento (Lobato, 2002).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó 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.

El trabajo se desarrolló en dos etapas: la primera etapa se llevó a cabo en el Campo Experimental de la UAAAN-UL y consistió en la formación de cruza y la segunda en la evaluación agronómica de las mismas, en tres localidades de la Comarca Lagunera Ejido Nuevo León, Providencia y Cuba.

#### **Localización geográfica y características de la Comarca Lagunera**

La Comarca Lagunera se localiza geográficamente entre los 24° 30' y 27° de latitud norte, y entre los 102° y 104° 40" de longitud oeste, a una altitud de 1,120 msnm. Su clima se clasifica como muy seco con deficiencia de lluvias en todas las estaciones, además de que cuenta con temperaturas semicalidas con inviernos benignos.

De acuerdo a Köpen, su clima es desértico con lluvias en verano y temperatura caliente. Tiene una temperatura media anual de 21°C y una media de 27°C para el mes más caluroso. La precipitación media anual es de 220 mm (INEGI, 2002).

### Material genético

El material genético utilizado se originó de las cruza simples de cinco híbridos, tres de origen comercial y dos del mejoramiento genético de la UAAAN-UL, de los cuales se presenta su genealogía en el siguiente cuadro.

**Cuadro 3.1 Descripción del material utilizado como progenitores.**

PADRES	ORIGEN	NIVEL DE CRUZA
P11	P2F1 (P – 3025W)	SIMPLE
P13	ANB - 39 (INIFAP)	LINEA
P14	A1F1 (A – 7597)	TRIPLE
P15	AN - L3 (UAAAN-UL)	LINEA
P19	AN - L4 (UAAAN-UL)	LINEA

### Primera etapa

#### Formación de cruza

En el ciclo Primavera del año 2003 se realizaron las cruza en forma manual, antes de que emergieran los estigmas de la flor femenina en los progenitores que se utilizaron como hembra se taparon con glaciñes, esto



con el fin de evitar posible contaminación.

Para la obtención del polen se procedió a cubrir con bolsas de papel las espigas de las plantas que se utilizaron como macho, al día siguiente se llevaron a cabo los cruzamientos.

Se realizaron todas las cruzas posibles, obteniéndose así un total de 10 cruzas.

### **Fecha de siembra**

La siembra se realizó el 18 de Marzo del 2003 en el Campo Experimental de la UAAAN-UL, sembrándose en forma manual.

Se realizó un aclareo dejando una planta por mata.

### **Fertilización**

La fertilización se llevó a cabo de la siguiente manera:

Primera aplicación: 11 de Abril del 2003, con la formula 118 – 100 – 00

Segunda aplicación: 02 de Mayo del 2003, con la formula 100 – 00 – 00

### **Riegos**

Se aplicaron cuatro riegos, distribuidos de la siguiente manera.

**Cuadro 3.2 Calendario de riegos.**

Riegos	Aplicación (dds) <sup>1</sup>	Etapa de desarrollo del cultivo
Primero	30–35	Encañe, inicio de crecimiento del tallo
Segundo	50–55	Inicio de crecimiento de la mazorca <sup>2</sup>
Tercero	65–69	Inicio de la aparición de estigmas
Cuarto	80–85	Grano lechoso – masoso

<sup>1</sup>dds: días después de la siembra; <sup>2</sup>entre los 8 a 10 días antes que emerjan las espigas.

### **Control de plagas**

La aplicación de insecticidas se realizó para controlar gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gusano elotero (*Heliothis zea L.*) con aplicaciones de Decis (1 L/ha) y Folimat 1000 (0.5 L/ha), respectivamente.

### **Control de malezas**

Para el control de malezas se llevó a cabo un deshierbe previo al primer riego de auxilio, una aplicación de herbicida para maleza de hoja ancha con 2,4-D amina y para zacate Jonson con AFCENT.

### **Cosecha**

En el ciclo Primavera se cosecho el día 15 de Julio del 2003, ésta se realizó manualmente colocando en bolsas de papel las cruza correspondientes de cada tratamiento, obteniendo semilla suficiente para la evaluación.

## **Segunda etapa**

### **Evaluación de cruzas**

En el verano del 2003 se evaluaron las cruzas en tres localidades de la Comarca Lagunera; ejido Nuevo León, del municipio de Matamoros, Coahuila, aquí se sembró el día 24 de Julio, en plano y a tierra venida; pequeña propiedad Providencia, del municipio de Torreón, Coahuila, la fecha de siembra fue el 29 de Julio y se sembró en las mismas condiciones que en el Ejido Nuevo León; pequeña propiedad Cuba, del municipio de Francisco I. Madero, Coahuila, se sembró el 4 de Agosto del mismo año, en cama melonera de 1.5 m y a tierra venida. El paquete tecnológico fue el que normalmente utilizan los agricultores de la región.

### **Diseño y parcela experimental**

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con dos repeticiones y 10 tratamientos para cada localidad; la parcela experimental fue de dos surcos de cinco metros de largo y 76 cm entre surcos, con una distancia de 20 cm entre plantas. La densidad de población fue de 62, 225 plantas por hectárea aproximadamente. La parcela útil experimental estuvo constituida por un metro lineal que representa una superficie de 0.76 m<sup>2</sup>.

## **Variables agronómicas evaluadas**

### **Rendimiento 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<sup>-1</sup>. El RFV (t ha<sup>-1</sup>) se calculó con la siguiente formula:

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

donde: Ph = Peso húmedo de las plantas muestreadas; D<sub>s</sub> = Densidad de siembra y N<sub>p</sub> = Numero de plantas muestreadas.

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

Esta variable se determinó cortando los elotes de las plantas del metro lineal. El peso fue tomado en kilogramos, el cual se transformó a t ha<sup>-1</sup>. El PE se determinó con la siguiente formula:

$$PE = \frac{PEC \times 10,000 m^2}{0.72 m^2}$$

donde: PEC = Peso de elote cosechado; 10,000 m<sup>2</sup> = Equivalente a una hectárea y 0.72 m<sup>2</sup> = Equivalente a parcela útil.

### **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 calculó el porcentaje de la MS con la siguiente fórmula:

$$MS (\%) = \frac{FS \times 100\%}{400}$$

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 determinó el rendimiento de materia seca ha<sup>-1</sup> mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Rendto. de MS} = \frac{\%MSRFV / ha}{100\%}$$

donde: %MS = porcentaje de materia seca; RFV/ha = rendimiento de forraje verde expresado en toneladas por hectárea; 100% = peso total de forraje seco expresado en porcentaje.

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

Esta se midió de la base del tallo hasta la parte superior de la espiga (se estimó en metros). Se hizo un muestreo de cinco plantas representativas y se calculó el promedio de las mismas.

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

Esta se midió desde la base del tallo hasta el nudo de inserción de la mazorca principal (medida expresada en metros). Se muestrearon 5 plantas representativas y se calculó el promedio de las mismas.

### **Análisis estadístico**

El diseño utilizado en campo fue el de bloques al azar con dos repeticiones, usando para el análisis estadístico 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 dialélico**

Para la estimación de los componentes de varianza se utilizó el diseño IV de Griffing (Griffing, 1956), con el modelo lineal siguiente:

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

donde:  $Y_{ijk}$ , es el valor fenotípico observado de la craza 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 craza ( $i, j$ );  $y_k$ , 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  $E_{ijk}$  como variables aleatorias no-correlacionadas entre y dentro de ellas, todas con media cero y varianzas

$\sigma^2g$ ,  $\sigma^2s$ ,  $\sigma^2r$  Y  $\sigma^2e$  respectivamente, con  $r_{ij} = -r_{ji}$  y  $s_{ij} = s_{ji}$

Para conocer los valores superiores de los caracteres en estudio se tomó 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	$\frac{p(p-1)}{2} - 1$	$M_4$	$\sigma^2e + \sigma^2cruzas$
ACG	$P-1$	$M_3$	$\sigma^2e + r\sigma^2ACE + r(p-2)\sigma^2ACG$
ACE	$\frac{p(p-3)}{2}$	$M_2$	$\sigma^2e + r\sigma^2ACE$
Error	$\left[ (r-1) \binom{n(n-1)}{2} \right] - 1$	$M_1$	$\sigma^2e$
Total	$\frac{rp(p-1)}{2} - 1$		

También se calculó 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**

Para cada una de las tres localidades se realizaron análisis de varianza para las variables de rendimiento de forraje verde (RFV), peso de elote (PE), materia seca (MS), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM), Cuadro 4.1.

Para peso de elote (PE), sólo en la localidad de Cuba las cruzas mostraron diferencias altamente significativas. En altura de planta (AP) se presentaron diferencias en las tres localidades y para altura de mazorca (AM), hubo diferencias estadísticamente significativas en las localidades de Nuevo León y Providencia.

En cuanto a rendimiento de forraje verde (RFV) y materia seca (MS) no se presentaron diferencias significativas entre cruzas en ninguna de las localidades, lo cual significa que todas las cruzas (híbridos) muestran el mismo potencial de rendimiento.

**Cuadro 4.1 Cuadros 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	991.08**	163.80**	55.41**	0.07**	0.022**
Cruza	9	58.33ns	20.88ns	3.81ns	0.03**	0.013**
Error	9	93.40	13.22	3.23	0.004	0.002
cv%		14.91	15.68	15.90	2.96	5.85
PROVIDENCIA						
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	3308.52**	385.34**	68.37**	0.29**	0.093**
Cruza	9	331.11ns	52.97ns	7.80ns	0.03*	0.024*
Error	9	175.60	24.77	5.002	0.007	0.004
cv%		16.53	16.89	14.88	3.19	5.85
CUBA						
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	454.29**	131.07**	45.57*	0.026**	0.041**
Cruza	9	72.05ns	33.13**	10.49ns	0.021**	0.063ns
Error	9	34.02	5.47	4.56	0.002	0.003
cv%		11.99	12.28	20.56	1.88	5.85

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

### **Análisis combinado**

El análisis combinado de las características evaluadas se presenta en el Cuadro 4.2, donde se observan diferencias altamente significativas para todas las variables en la fuente de variación localidades, lo cual indica que el ambiente (Loc) influyó en todas las características evaluadas, lo que coincide con los resultados encontrados por (Vergara *et al.*, 2001).

Para la fuente de variación Loc\*Cruza se observaron diferencias altamente significativas para todas las variables, esto indica que los genotipos exhiben un comportamiento relativamente diferente, o sea, que los genotipos responden en forma diferente al cambio de ambiente. En la fuente de variación cruza, con excepción de rendimiento de forraje verde (RFV), se observaron diferencias altamente significativas en todas las demás variables, esto indica que existen diferencias entre los materiales ensayados, para los caracteres agronómicos de materia seca (MS), peso de elote (PE), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM). Estas diferencias estadísticas indican que no existe restricción alguna para realizar el análisis dialélico de los datos.

En lo que corresponde a los coeficientes de variación se consideran aceptables en todas las variables. Los coeficientes de variación no son tan altos para afectar la confiabilidad de los resultados, considerando que el material genético utilizado es heterogéneo debido a la diversidad de origen de los genotipos. Al respecto Rivera (1977) y Kang *et al.*, (1999), en estudios con cruza intervarietales de maíz encontraron que los coeficientes de variación se incrementan a medida que lo hace la diversidad genética de los progenitores.

**Cuadro 4.2 Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para cinco variables evaluadas en tres localidades de 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)
Localidades	2	4791.92**	549.73**	120.49**	1.36**	0.40**
Rep(Loc)	3	1584.63**	226.74**	56.45**	0.13**	0.05**
Cruza	9	50.62 ns	19.15**	5.10**	0.06**	0.02**
Loc*Cruza	18	205.43**	43.91**	8.50**	0.01**	0.007**
Error	27	101.011	14.49	4.26	0.004	0.003
Total	59					
cv%		15.57	15.93	16.87	2.81	5.79

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

### Comparación de medias

En el Cuadro 4.3 se presentan las medias de las cruzas evaluadas, se puede observar que la craza 13X15 presentó el valor más alto para la variable rendimiento de forraje verde (RFV) y el valor más bajo lo presentó la 11X13, en cuanto a la variable peso de elote (PE), las cruza 11X14 y 13X15 presentan los valores más altos, no siendo así para la 11X13 que obtuvo el PE más bajo. Para materia seca (MS) las mejores cruza fueron la 14X19 y 11X14 y el valor más bajo lo presentó la 15X19. En las variables altura de planta (AP) y de mazorca (AM) las cruza 14X19 y 13X19 mostraron la mayor altura y los valores más bajos lo presentan la 11X13 y 11x14, respectivamente. Lo más recomendable es contar con materiales de porte bajo que toleren altas densidades y resistencia al acame, sin descuidar la relación positiva de altura de planta con el potencial de rendimiento de grano (Amacende, 2000 y Rincón *et al.*, 2003).

**Cuadro 4.3 Promedio de cinco variables agronómicas de las 10 cruzas evaluadas en tres localidades de la Comarca Lagunera. 2003.**

<b>Cruzas</b>	<b>RFV (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>PE (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>MS (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>AP (m)</b>	<b>AM (m)</b>
11X13	60.31	20.80	11.54	2.32	0.90
11X14	67.77	25.86	13.95	2.46	0.96
11X15	65.30	22.96	11.66	2.45	1.07
11X19	63.36	21.06	11.70	2.51	0.99
13X14	63.04	24.52	11.62	2.50	0.98
13X15	69.14	25.72	12.56	2.37	1.02
13X19	61.76	24.23	12.94	2.53	1.03
14X15	63.93	25.20	11.90	2.50	1.06
14X19	67.87	24.78	13.36	2.65	1.16
15X19	62.79	23.76	11.12	2.29	1.00
<b>MEDIA</b>	<b>64.53</b>	<b>23.89</b>	<b>12.23</b>	<b>2.46</b>	<b>1.02</b>
<b>†DMS</b>	<b>6.52</b>	<b>2.47</b>	<b>1.34</b>	<b>0.045</b>	<b>0.038</b>

†DMS = Diferencia mínima 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.

### **Análisis genético**

Como resultado de los análisis dialélicos correspondientes, la ACG resultó significativa ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables excepto en la variable rendimiento de forraje verde (RFV). La ACE fue significativa para las variables materia seca (MS), altura de planta (AP) y de mazorca (AM), no así para las variables rendimiento de forraje verde (RFV) y peso de elote (PE).

En base a la hipótesis planteada para las pruebas de significancia de los cuadrados medios de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE), de los resultados del análisis genético, se puede inferir que para peso de elote (PE) predominó la varianza genética del tipo aditivo, en cambio para materia seca (MS), altura de planta (AP) y de

mazorca (AM) los efectos genéticos aditivos y de dominancia aportan casi los mismos valores a la varianza genética total.

**Cuadro 4.4 Cuadrados medios del análisis de varianza para el dialélico de Griffing modelo IV de las cinco variables evaluadas en tres localidades de 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	4791.92**	549.73**	120.49**	1.36**	0.40**
Rep(Loc)	3	1584.63**	226.74**	56.45**	0.13**	0.05**
Cruzas	9	50.62 ns	19.15**	5.10**	0.06**	0.02**
Loc*Cruzas	18	205.43**	43.91**	8.50**	0.01**	0.007**
ACG	4	25.8524ns	121.4083*	24.4113*	0.2466*	0.078*
ACE	5	70.4279ns	76.9853ns	22.4624*	0.2620*	0.079*
Error	27	101.011	14.49	4.26	0.004	0.003
Total	59					
cv%		15.57	15.93	16.87	2.81	5.79

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

### Efectos de aptitud combinatoria general y especifica

Para rendimiento de forraje verde (RFV) los progenitores 14 y 15 presentaron efectos de ACG positivos y los otros tres mostraron efectos negativos. Para esta misma variable cinco cruzas resultaron con efectos de ACE positivos y cinco con efectos negativos. La cruz 13X15 presentó la mayor ACE positiva, en esta cruz intervino un progenitor de ACG positiva y otro de ACG negativa, y además coincide con el mayor valor promedio, Cuadro 4.3.

En peso de elote (PE) los progenitores 11 y 13 resultaron con efectos de ACG positivos, sobresaliendo este último. Para esta misma característica cinco cruzas presentaron efectos positivos y cinco efectos

negativos de ACE. Las cruzas que presentaron ACE con efectos positivos sobresalen en orden decreciente de la 13X14 y 13X15, 11X15 y 11X14, que en rendimiento de forraje verde (RFV) uno de los progenitores presentó ACG positiva y el otro negativa.

En la variable materia seca (MS) solamente el progenitor 13 presentó efectos de ACG positivos y el resto efectos negativos. En esta misma característica cinco cruzas tuvieron efectos de ACE positivos y las otras efectos negativos. Las cruzas con mayor ACE positiva fueron la 13X14 y la 11X19. Se puede observar que en la craza 13X14 intervino el progenitor (13) que tiene la mayor ACG positiva. En cuanto a la craza 11X19 está constituida por progenitores que presentaron ACE negativa. A pesar de que estas cruzas presentaron la mayor ACE, esto se reflejó en su rendimiento de materia seca (MS) ya que las cruzas con mayor potencial productivo fueron la 11X14 y 14X19.

En la variable altura de planta (AP) los progenitores 15 y 13 presentaron efectos positivos de ACG, sobresaliendo este último. El progenitor 11 mostró el valor más bajo de ACE negativa. Para esta misma característica seis cruzas mostraron efectos de ACE positivos y cuatro efectos negativos. Entre las cruzas que presentaron ACE con efectos positivos destacan la 11X19 y 13X14, respectivamente. Se puede observar que en la craza 11X19 intervinieron progenitores con ACE negativas, en tanto que en la craza 13X14 sólo uno de los progenitores mostró efectos de ACG negativos.



En la variable altura de mazorca (AM), los progenitores 15 y 13 presentaron efectos de ACG positivos, al igual que en altura de planta (AP), sobresaliendo de nueva cuenta el último. Para esta misma variable, cinco cruza tuvieron efectos de ACE positivos y las demás efectos negativos. En las cruza que presentaron efectos de ACE positivos destacan la 13X15 y la 11X19, respectivamente. Al parecer, no existe una relación entre los efectos de ACG de los padres con respecto a su progenie ya que en la cruza 13X15 intervinieron progenitores con ACG positiva, en cambio, en la cruza 11X19 sucedió lo contrario.

**Cuadro 4.5 Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) para cinco variables agronómicas evaluadas con el modelo IV de Griffing en tres localidades de la Comarca Lagunera. 2003.**

<b>ACG</b>	<b>RFV (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>PE (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>MS (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>AP (m)</b>	<b>AM (m)</b>
11	-0.455	0.081	-0.473	-0.111	-0.042
13	-1.285	4.363	2.002	0.194	0.105
14	1.499	-2.183	-1.007	-0.029	-0.056
15	1.017	-1.683	-0.123	0.005	0.020
19	-0.775	-0.577	-0.397	-0.059	-0.027
<b>ACE</b>	<b>RFV (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>PE (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>MS (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>AP (m)</b>	<b>AM (m)</b>
11X13	-2.474	-5.096	-2.558	-0.314	-0.164
11X14	2.199	1.013	0.405	0.066	0.014
11X15	0.210	2.374	0.209	0.080	0.045
11X19	0.064	1.709	1.942	0.166	0.103
13X14	-1.699	2.809	2.007	0.164	0.084
13X15	4.881	2.480	0.994	0.139	0.092
13X19	-0.707	-0.193	-0.444	0.010	-0.013
14X15	-3.116	-3.580	-1.059	-0.136	-0.073
14X19	2.617	-0.241	-1.353	-0.094	-0.025
15X19	-1.974	-1.274	-0.144	-0.083	-0.064

ACG = Aptitud combinatoria general, ACE = Aptitud combinatoria específica, RFV = Rendimiento de forraje verde, PE = Peso de elote, MS = Materia seca, AP = Altura de planta, AM = Altura de mazorca.

## Componentes de varianza

En el Cuadro 4.6 se presentan los valores de los componentes de varianza, ACG, ACE y heredabilidad de las cruzas evaluadas en el presente trabajo de investigación. La varianza de dominancia predominó en todas las características evaluadas, excepto en la variable rendimiento de forraje verde (RFV), la cual no mostró varianza genética. Solamente las variables peso de elote (PE) y materia seca (MS) presentaron varianza genética aditiva pero ésta fue inferior a la de dominancia.

La heredabilidad en sentido estricto osciló desde 0 para la variable rendimiento de forraje verde (RFV) hasta 11.03 por ciento para peso de elote (PE). La Heredabilidad en sentido amplio fue de mayor magnitud para las variables altura de planta (AP) y de mazorca (AM), con 54.1 y 46.7 por ciento, respectivamente. La variable rendimiento de forraje verde (RFV) no mostró heredabilidad de ningún tipo.

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

Variable	ACG	ACE	$\sigma^2_A$	$\sigma^2_D$	$\sigma^2_G$	$\sigma^2_P$	$\sigma^2_E$	$h^2$	H
RFV	0	0	0	0	0	142.77	142.77	0	0
PE	2.46	7.44	4.93	7.44	12.37	44.69	32.32	11.03	27.0
MS	0.10	2.60	0.21	2.60	2.82	9.64	6.82	2.24	29.0
AP	0	0.038	0	0.038	0.038	0.0706	0.0324	0	54.1
AM	0	0.0011	0	0.011	0.011	0.0238	0.0126	0	46.7

ACG = Aptitud combinatoria general, ACE = Aptitud combinatoria específica,  $\sigma^2_A$  = Varianza aditiva,  $\sigma^2_D$  = Varianza de dominancia,  $\sigma^2_G$  = Varianza genética,  $\sigma^2_P$  = Varianza fenotípica,  $\sigma^2_E$  = Varianza del error,  $h^2$  = Heredabilidad en sentido estricto, H = Heredabilidad en sentido amplio; RFV = Rendimiento de forraje verde, PE = Peso de elote, MS = Materia seca, AP = Altura de planta, AM = Altura de mazorca.

## Análisis de correlación

En el Cuadro 4.7 se presentan las correlaciones de varianza fenotípica de las variables evaluadas. Al respecto sólo se encontró correlación estadísticamente significativa entre rendimiento de forraje verde (RFV) y peso de elote (PE), y altura de planta (AP) con altura de mazorca (AM). Lo cual era de esperarse. La baja correlación fenotípica puede ser atribuida, como lo señala Weber y Morthy, (1952), al enmascaramiento del efecto ambiente sobre la asociación genética entre caracteres.

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

<b>Variable</b>	<b>PE (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>MS (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>AP (m)</b>	<b>AM (m)</b>
RFV	0.6659*	0.6246ns	0.2708ns	0.4870ns
PE		0.5884ns	0.2492ns	0.3959ns
MS			0.5195ns	0.2840ns
AP				0.6691*

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

## V. CONCLUSIONES

- Los análisis estadísticos combinados resultaron altamente significativos para todas las fuentes de variación y para todas las características evaluadas, excepto para la fuente de variación cruce en la variable rendimiento de forraje verde.
- En todas las características evaluadas, las cruces se comportaron en forma diferente al cambiar de ambiente.
- Para los efectos de ACG el mejor progenitor fue el 13.
- Las cruces 11X14 y 14X19 obtuvieron los rendimientos más altos de materia seca.
- Se presentó una alta correlación en rendimiento de forraje verde con peso de elote y altura de planta con altura de mazorca indicando una asociación genética entre ellas.

## VI. RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en tres localidades de la Comarca Lagunera: Ejido Nuevo León, pequeña propiedad Providencia y Cuba, en los municipios de Matamoros, Torreón y Francisco I. Madero, Coahuila, respectivamente. Se realizó en dos etapas, la primera consistió en la formación de cruza y la segunda en la evaluación de las mismas, durante los ciclos de Primavera–Verano del año 2003. Las evaluaciones se realizaron en un ensayo uniforme en bloques al azar con dos repeticiones para cada localidad. El objetivo del presente trabajo fue el detectar la mejor cruza varietal formada por germoplasma mejorado con buenas características agronómicas y forrajeras. Se evaluó el comportamiento de 10 cruza de maíz derivadas de cinco híbridos de origen comercial, utilizando el modelo IV de Dialélicos de Griffing (1956), la parcela experimental constó de dos surcos de 5 metros de largo y 76 cm entre surcos, con una distancia entre plantas de 20 cm; en todas las localidades se midieron las variables: rendimiento de forraje verde (RFV), peso de elote (PE), materia seca (MS), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM). Los resultados del análisis estadístico combinado resultaron altamente significativos para todas las fuentes de variación y para todas las características evaluadas, excepto para la fuente de variación cruza en la variable rendimiento de forraje verde

(RFV). En todas las características evaluadas, las cruzas se comportaron en forma diferente al cambiar de ambiente. Para los efectos de ACG el mejor progenitor fue el 13. Las cruzas 11X14 y 14X19 obtuvieron los rendimientos más altos de materia seca. Se presentó 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 ellas.

## VII. LITERATURA CITADA

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

Amacende L. S. 2000. Estimación de componentes genéticos en un importante patrón heterótico de maíz (*Zea mays* L.) bajo el diseño II de Carolina del Norte. Tesis de Maestría en Ciencias. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

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.

Cox W. J., J. H. Cherney, D. J. Cherney and W. D. Pardee. 1994. Forage quality and harvest index of corn hybrids under different growing conditions. *Agron. J.* 86: 277-282.

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

- Geiger H.H, G Seitz, A. E Melchinger, G.A Schmidt. 1992. Genotypic correlations in forage maize I. Relationships among yield and quality traits in hybrids. *Maydica* 37:95-99.
- Gómez N., M., B. R. Valdivia y H. A. Mejía. 1988. Dialélico integrado con líneas de diferentes programas de maíz para la región cálida. *Fitotecnia Mexicana* 11: 103-120
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- Gutiérrez R. E., A. Palomo, A. Banda y E. Lázaro. 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 25: 271-277.
- Hallauer A. R. and J. B. Miranda. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. Second Edition. Iowa State University Press. 468 p.
- Kang S. M., D. A. Kushairi, Y. Zhang and R. Magari. 1999. Combining ability for rind puncture resistance in maize. *Crop Sci.* 39: 368-371.
- Núñez H. G., E. F. Contreras G., R. Faz C. y R. Herrera. 1999. Selección de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético en maíz para ensilaje. In: Componentes tecnológicos para la producción de ensilados de maíz y sorgo. SAGAR-INIFAP-CIRNOC-CELALA.



p. 2-5.

Núñez H. G., R. Faz C., M. R. Tovar G. y A. Zavala G. 2001. Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. *Téc. Pecu. Méx.* 39: 77-88.

Peña R. A., G. Núñez H. y F. González C. 2002. Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. *Téc. Pecu. Méx.* 40: 215-228.

Peña R. A., G. Núñez H. y F. González C. 2003. Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. *Téc. Pecu. Méx.* 41: 63-74.

Pinter L. 1985. Ideal type of forage maize inbred (*Zea mays* L.). Breeding of silage maize. 13<sup>th</sup> Congress of the maize and sorghum. Section of Eucarpia. Book of abstracts. 12 p.

Reta S. D. G., Carrillo A. J. S., Gaytán M. A. y Cueto W. J. A. 2001. Sistemas de productividad para incrementar la productividad y sustentabilidad del maíz en la Comarca Lagunera. CELALA-CIRNOC-INIFAP; CENID-RASPA-INIFAP. 21 p.

Reta S. D. G., A. Gaytán M., J. S. Carrillo y J. A. Cueto W. 2003. Influencia de métodos de siembra y densidades de población en la formación

de grano. Rev. Fitotec. Mex. 26: 147-152.

Rincón S. F., O. Antuna, E. Gutiérrez, N. A. Ruiz y L. A. Bustamante. 2003.

Componentes genéticos de características agronómicas y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. Revista de Fitotecnia Mexicana. 26: 11-17.

Rivera F. H. 1977. Efecto de la diversidad genética en la heterosis de cruizas intervarietales de maíz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 98 p.

Rodríguez H. S. A., J. Santana R., A. J. Lozano R., J. G. Bolaños J. y M. E. Vázquez B. 1999. Fitomejoramiento del maíz para ensilaje. In: 2º Taller Nacional de Especialidades de Maíz. UAAAN, 9 Y 10 de Septiembre de 1999. Saltillo, Coahuila, México. p. 181-186.

Rodríguez H. S. A., J. Santana R., H. Córdova O., N. Vergara A., A. J. Lozano del R., M. Mendoza E. y J. G. Bolaños J. 2000. Caracteres de importancia para el fitomejoramiento del maíz para ensilaje. Memorias del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. 148 p.

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

Struik P. C. 1984. An ideotype of forage maize for northwest Europe.  
Synopsis Neth J. Agric. Sci. 32: 145-147.

Torrecillas M. G. y L. M. Bertoia. 2000. Aptitud combinatoria para caracteres forrajeros en poblaciones nativas y compuestos raciales de maíz de Argentina. Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. 15: 79-90.

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 cruza 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.

Weber C. R. And B. R. MOORTHY. 1952. Heritable and Nonheritable Relationships and Variability of Oil Content and Agronomic Characters in the F<sub>2</sub> Generation of Soybean Crosses. Agron. Journ. 44: 202-209.

Wuang-Yeong C. H., L. Lee-Mian L., W. Cheng., Y. C. Wang and M. Lee. 1995. Effect of planting density and nitrogen application rates on growth characteristics, gras yield and quality of forage maize. J. of Taiwán Livestoch Research. 28: 125-132.

## VIII. APÉNDICE

**Cuadro A1. Datos reales de campo para cinco variables evaluadas en la localidad de Cuba, Comarca Lagunera. 2003.**

trat	RI					RII				
	RFV	PE	MS	AP	AM	RFV	PE	MS	AP	AM
1	53.33	18.00	10.95	2.28	0.85	52.00	16.67	10.19	2.25	0.76
2	58.00	26.00	17.23	2.43	0.98	48.67	16.67	9.76	2.38	0.76
3	42.00	14.00	7.34	2.17	1.01	36.67	8.00	7.21	2.14	0.87
4	54.67	18.00	11.56	2.36	0.95	40.67	16.00	7.17	2.32	0.88
5	51.33	22.67	8.92	2.47	1.04	49.33	20.00	8.86	2.24	0.85
6	40.67	17.33	8.40	2.22	0.95	40.00	14.00	7.90	2.11	0.95
7	60.00	26.67	11.92	2.35	0.84	54.67	24.67	10.86	2.27	0.82
8	64.00	26.67	14.21	2.30	0.96	40.00	16.67	8.51	2.27	0.88
9	61.33	24.00	18.13	2.50	1.03	40.00	18.13	10.57	2.45	0.93
10	48.67	22.67	10.28	2.25	0.94	36.67	14.00	7.72	2.17	0.94

RFV = Rendimiento de forraje verde, PE = Peso de elote, MS = Materia seca, AP = Altura de planta, AM = Altura de mazorca.

**Cuadro A2. Datos reales de campo para cinco variables evaluadas en la localidad de Povidencia, Comarca Lagunera. 2003.**

trat	RI					RII				
	RFV	PE	MS	AP	AM	RFV	PE	MS	AP	AM
1	94.74	32.24	17.41	2.79	1.22	53.95	19.08	10.20	2.40	1.01
2	85.53	30.26	16.74	2.79	1.19	75.66	29.61	14.68	2.58	0.93
3	117.76	40.13	19.20	3.05	1.36	65.13	27.63	14.82	2.78	1.18
4	106.58	30.55	19.74	2.87	1.17	59.87	24.34	11.46	2.71	1.08
5	76.32	28.29	14.31	2.74	1.08	55.92	22.37	11.94	2.62	1.05
6	111.18	47.37	19.18	2.77	1.20	98.68	30.26	18.95	2.62	1.18
7	62.50	21.05	15.22	3.00	1.27	56.58	21.05	11.75	2.73	1.23
8	75.66	27.63	13.20	3.11	1.43	71.05	26.97	12.40	2.61	1.14
9	94.74	38.16	15.77	3.04	1.44	76.97	25.66	15.63	2.94	1.32
10	105.26	42.76	17.95	2.69	1.14	59.21	23.68	9.92	2.46	1.01

RFV = Rendimiento de forraje verde, PE = Peso de elote, MS = Materia seca, AP = Altura de planta, AM = Altura de mazorca.

**Cuadro A3. Datos reales de campo para cinco variables evaluadas en la localidad de Nuevo León, Comarca Lagunera. 2003.**

trat	RI					RII				
	RFV	PE	MS	AP	AM	RFV	PE	MS	AP	AM
1	61.18	24.34	11.63	2.25	0.92	46.71	14.47	8.88	2.00	0.69
2	69.74	26.32	13.54	2.36	0.97	69.08	26.32	11.79	2.23	0.95
3	76.32	28.29	12.94	2.30	1.01	53.95	19.74	8.51	2.27	0.99
4	65.13	23.68	12.31	2.47	0.95	53.29	13.82	7.97	2.37	0.92
5	73.03	27.63	13.09	2.59	0.96	72.37	26.32	12.65	2.35	0.94
6	69.08	25.00	11.85	2.33	0.93	55.26	20.39	9.13	2.22	0.92
7	72.37	26.32	14.17	2.44	1.04	64.47	25.66	13.73	2.44	1.00
8	69.74	28.95	14.26	2.51	1.09	63.16	24.34	8.86	2.24	0.92
9	74.34	22.37	11.13	2.52	1.17	59.87	20.39	8.97	2.49	1.07
10	87.50	27.63	14.85	2.15	1.01	39.47	11.84	6.00	2.05	0.98

RFV = Rendimiento de forraje verde, PE = Peso de elote, MS = Materia seca, AP = Altura de planta, AM = Altura de mazorca.