

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

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE MAIZ (*Zea mays L.*) PARA  
FORRAJE FORMADOS A PARTIR DE GERMOPLASMA  
MEJORADO**

**POR**

**JUAN PABLO CARRILLO MÁRQUEZ**

**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 AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. JUAN PABLO CARRILLO MÁRQUEZ 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:

\_\_\_\_\_  
Ph D . Arturo Palomo Gil

Asesor:

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

Asesor:

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

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS

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

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

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. JUAN PABLO CARRILLO MÁRQUEZ 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. Armando Espinoza Banda

Vocal:

\_\_\_\_\_  
Ph D. Arturo Palomo Gil

Vocal suplente:

\_\_\_\_\_  
Ing. Ivar Díaz Cortés

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

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

## AGRADECIMIENTOS

A Jehová Dios

Por la vida, la salud y haberme brindado la oportunidad de haber terminado mis estudios profesionales.

A mis padres:

Francisco Carrillo Aguirre

Paulina Márquez Hernández

Por sus consejos y todos los esfuerzos que hicieron para darme la mejor herencia... el estudio

A mis Hermanas:

Griselda, Ana y Margarita

Por brindarme siempre su cariño, apoyo y motivación para que siguiera adelante y lograr mis metas.

A mis abuelitos:

Ma. Del Socorro Aguirre Mata

José Carrillo García

Gracias por motivarme a salir adelante y ser un gran ejemplo para mi.



A mis asesores

Dr. Emiliano Gutiérrez Del Río  
Dr. Arturo Palomo Gil  
Dr. Salvador Godoy Avila  
M.C. Oralia Antuna Grijalva  
M.C. Armando Espinoza Banda  
M.C. José Jaime Lozano García  
Ing. Ivar Díaz Cortés

Por su gran ayuda y enseñarme sus conocimientos para que terminara satisfactoriamente mi trabajo.

A mis amigos y compañeros de clases en especial a: Matusalén, Miguel, Ricardo, Clemente, Ciria y Robert, por haberme compartido tantos momentos felices durante la carrera.

A todos mis amigos por brindarme su cariño y amistad incondicional y a todos aquellos que de alguna ú otra forma contribuyeron a mi formación profesional.

## Dedicatoria

A mis padres:

*Francisco Carrillo Aguirre*

*Paulina Márquez Hernández*

A mis hermanas:

*Griselda , Ana Lilia y Margarita.*

A mis abuelos:

*José Carrillo García*

*Ma. Del Socorro Aguirre Mata*

*Pablo Márquez Yado*

*Desideria Hernández Grimaldo*

A mis sobrinos:

*Xiomara Daneth*

*Itzy-Teri*

*Zamhir Aarón*

A una persona especial:

*A. Isabel C. Ríos*

Bienaventurado el hombre que halla la sabiduría

y que obtiene la inteligencia;

porque su ganancia es mejor que la ganancia

de la plata,

y sus frutos más que el oro fino.

Más preciosa es que las piedras preciosas;

y todo lo que puedes desear, no se

puede comparar a ella.

(Proverbios 3:13-15)

## ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE CUADROS .....	XI
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
Forraje.....	5
Híbrido .....	7
Heterosis.....	9
Aptitud combinatoria .....	14
II. MATERIALES Y METODOS.....	16
Área de trabajo .....	16
Localización geográfica y características de la Comarca Lagunera .....	16
Material genético.....	17
Primera etapa .....	17
Formación de la serie dialélica .....	17
Formación de las cruzas.....	18
Manejo agronómico .....	19
Fecha de siembra .....	19

Fertilización.....	19
Riegos.....	19
Control de plagas.....	20
Control de malezas.....	20
Cosecha.....	20
Segunda etapa.....	21
Evaluación de cruzas.....	21
Diseño y parcela experimental.....	21
Variables agronómicas evaluadas.....	22
Rendimiento de forraje verde (RFV).....	22
Peso de elote (PE).....	22
Materia seca (MS).....	23
Altura de planta (AP).....	24
Altura de mazorca (AM).....	24
Análisis estadístico.....	24
Análisis genético.....	25
Heterosis.....	27
Estimación de los componentes de varianza.....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
Análisis de varianza por localidad.....	30
Análisis combinado.....	31
Comparación de medias.....	33

Análisis genético .....	35
Efectos de aptitud combinatoria.....	37
Heterosis.....	41
Componentes de varianza .....	43
Análisis de correlación .....	44
V. CONCLUSIONES.....	46
VI. RESUMEN.....	47
VII. LITERATURA CITADA.....	49
VIII. APÉNDICE .....	57



## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Página
3.1 Descripción del material utilizado como progenitores.....	17
3.2 Esquema de los posibles cruzamientos en el dialélico entre las 10 líneas.....	18
3.3 Calendario de riegos.....	19
4.1 Cuadrados medios de los análisis de varianza individuales y combinado para cinco variables evaluadas en tres localidades, Comarca Lagunera. 2003.....	31
4.2 Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para cinco variables evaluadas en tres localidades, Nuevo León, Providencia y Cuba. Comarca Lagunera 2003.....	33
4.3 Promedio de cinco variables agronómicas de la las 10 cruzas evaluadas y sus progenitores en tres localidades de la Comarca Lagunera 2003.....	35
4.4 Cuadrados medios del análisis de varianza para el dialélico de Griffing del modelo II de las cinco variables evaluadas en tres localidades, Nuevo León, Providencia y Cuba. Comarca Lagunera 2003.....	36

4.5	Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) para cinco características agronómicas evaluadas en tres localidades de la Comarca Lagunera. 2003 .....	40
4.6	Heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al mejor progenitor (h') en 10 cruzas directas evaluadas en la Comarca Lagunera. 2003.....	43
4.7	Componentes de varianza para cinco variables agronómicas evaluadas con el modelo II de Griffing en tres localidades, Nuevo León, Providencia y Cuba. Comarca Lagunera. 2003.....	44
4.8	Correlaciones fenotípicas para cinco características agronómicas evaluadas en tres localidades, Nuevo León, Providencia y Cuba. Comarca Lagunera 2003 .....	45

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los tres cereales más importantes en el mundo, y es la base principal en la dieta de millones de personas en los países en desarrollo, además es el más ampliamente sembrado en cuanto a cereales se refiere.

Entre los principales países productores en el mundo se encuentra Estados Unidos, China, la Unión Europea, Brasil y en quinto lugar se encuentra México con 19 millones de toneladas ocupando también el cuarto lugar en consumo mundial con 25.7 millones de toneladas, siendo los principales consumidores Estados Unidos, China y Brasil (SIAP, 2003).

En la Comarca Lagunera, para el año del 2003 se cosechó una superficie de 21 736 hectáreas, con una producción total de 954 882 toneladas de maíz forrajero con una producción por hectárea de 43.93 toneladas de forraje verde (Sagarpa, 2003).

La versatilidad del empleo del cultivo de maíz como forraje (ensilado, en verde o rastrojo) para los animales rumiantes y como grano para la dieta de los animales (rumiantes y no rumiantes) le da muchas ventajas sobre otros cultivos (Tovar, 2002). 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.

La actividad ganadera nacional ha jugado un papel fundamental en la economía mexicana, siendo un factor importante en el desarrollo del sector agropecuario. La Comarca Lagunera es una de las cuencas lecheras más importantes en el ámbito nacional teniendo en el año del 2003 una cantidad de 229 657 cabezas de ganado lechero en explotación, obteniéndose una producción de 1 804 237 litros de leche y un valor de la producción estimado en 6 518 529 pesos (Anónimo, 2003). La magnitud de este sistema de producción, aunado a las tendencias en los incrementos plantea la necesidad actual de proponer estrategias concernientes a la producción de forrajes para su manutención.

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 producción. Dado que en nuestro país los forrajes constituyen los alimentos más baratos para la nutrición del ganado del que se este explotando, 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.

Si se dispone con 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 como alternativa aumentando la eficiencia en el uso del agua, evitando así el agotamiento de los mantos acuíferos. Sin embargo aún se tiene que buscar nuevos materiales genéticos con el fin aumentar la producción por unidad de superficie y la calidad proteica del forraje.

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

El uso de poblaciones cuyo origen son los híbridos comerciales usados en la región, son una buena alternativa y barata para incrementar la producción en maíz forrajero, utilizando las herramientas estadístico-genéticas como ayuda para la selección de los mejores materiales (Gutiérrez, 2002).

La producción de materiales genéticamente mejorados es sin duda una aportación valiosa de la investigación agrícola, que sumada a otras tecnologías complementarias ayudarían a resolver la producción insuficiente.

## **Objetivo**

Detectar y producir híbridos varietales con base a sus características agronómicas que respondan favorablemente en producción de forraje en la región lagunera.

## **Hipótesis**

Ho: No existe diferencia en las características agronómicas y rendimiento de forraje entre los híbridos evaluados.

Ha: Existe diferencia en las características agronómicas y rendimiento de forraje de los híbridos evaluados.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Forraje

Hughes *et al.*, (1976) define el forraje como el alimento vegetal para los animales domésticos, generalmente este termino 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.

De la Cruz (2002) menciona que el contenido de grano en el maíz forrajero es de primordial importancia, siendo este una de las alternativas con que se cuenta para aliviar 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 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, valor relativo de forraje mayor a 120 (la Alfalfa tienen 160), energía neta de lactancia mayor a  $1.45 \text{ Mgc} \text{ cal/kg}$ , 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) indica en resultados de investigación que es posible potencialmente 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.

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 porte alto y mucho forraje; ya que años atrás los mejoradores consideraban que el rendimiento y la calidad del forraje 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).

### **Híbrido**

La hibridación en maíz comenzó con los cruzamientos intervarietales realizados por Beal (1877). Shull (1909) estableció que la hibridación debe considerar dos aspectos: 1) encontrar las mejores líneas puras y 2) el uso práctico de éstas en la producción de semilla híbrida de maíz. Por su parte, Jones (1918), planteó usar como hembras a cruza simple y como machos, alguna línea u otra cruz simple. Se originaron así las cruza de tres líneas (CT) y las cruza dobles (CD) (Molina 2002).

Allard (1980) define a un híbrido como el incremento de tamaño o en vigor de éste con respecto a sus progenitores. También se propuso el término 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) 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.

Guerrero (2002) dice que la formación de buenos híbridos para determinada región requiere de mucho tiempo y recursos tanto físicos como económicos y se ha buscado la manera de obtenerlos por medio de cruzamientos dirigidos entre grupos de individuos, que dan como resultado una combinación sobresaliente, mejor conocido como patrón heterótico. El conocimiento de otros patrones heteróticos puede contribuir al incremento de la base del germoplasma comercial, además de incrementar considerablemente la eficiencia de los programas de mejoramiento al simplificar el trabajo y ampliar la probabilidad de tener un mayor número de híbridos sobresalientes en un menor tiempo.

En la actualidad los híbridos de maíz en México y América Latina son cruza triple o doble. Sin embargo, uno de los factores que dificultan el



desarrollo de estos híbridos son las diferentes fases de evaluación a que deben ser sometidas las líneas. Primero consiste en seleccionarlas en base a su comportamiento *per-se* y posteriormente en su capacidad combinatoria, con el propósito de identificar híbridos superiores. Por lo tanto, es importante que los progenitores seleccionados sean altamente productivos y de buen comportamiento agronómico, con el fin de favorecer la calidad en la producción de semilla (Ramírez, 2002).

### **Heterosis**

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.

Lamkey y Edwards (1999) mencionan que Shull acuñó el término de heterosis, quien lo definió como el incremento de vigor, tamaño, fertilidad, velocidad de desarrollo, resistencia a enfermedades y plagas, o a los rigores climáticos de cualquier tipo, manifestado por la cruce de organismos comparado con sus correspondientes organismos endogámicos, como

resultado específico de desigualdad en la constitución de los gametos paternos que se unen.

Hayman definió la heterosis como la diferencia entre la  $F_1$  y el promedio de sus progenitores. La heterosis no siempre significa aumento de carácter de la  $F_1$  con respecto a sus progenitores, a veces puede ser negativa; por lo tanto la heterosis desde el punto de vista de mejoramiento práctico se puede definir como la optimización de caracteres favorables (Robles, 1986).

La manifestación de la heterosis se ha comprobado prácticamente en todas las especies alógamas cultivada de acuerdo a su importancia económica, y no solo se presenta en algunas especies sino también en muy distintas partes de la planta, como en la producción de grano en el maíz, en la producción de forraje y ramas que es quizá donde la heterosis se conoce mejor (Brauer, 1981).

En general la manifestación de la heterosis se presenta en una serie de caracteres que pueden ser morfológicos, reproductivos, fisiológicos, bioquímicos, tensiones bióticas y abióticas, calidad, rendimiento y sus componentes (Reyes, 1990).

Gómez y Valdivia (1988) señalan que para obtener mejor respuesta heterótica es conveniente combinar germoplasma proveniente de diferentes áreas de adaptación.



Preciado (1999) menciona que la heterosis permite identificar los híbridos que manifiesten altos valores heteróticos al cruzarlos y alto potencial de rendimiento.

Según Jiménez (1995) la heterosis se manifiesta a sí misma principalmente en las plantas de la generación F1 provenientes de semillas, es un fenómeno en el cual el cruzamiento de las variedades produce un híbrido que es superior en crecimiento, tamaño, rendimiento o en vigor general; cuando una crusa supera al testigo (progenitor) es evidente la heterosis.

Falconer (1970) y Guzmán (1987) mencionan que generalmente la heterosis con respecto al rendimiento depende de la diversidad genética entre los padres de las cruas, o de los altos valores de ACE de la crusa en cuestión.

Palomo (1985) considera a la heterosis como a cualquier desviación del híbrido, del comportamiento promedio de los padres y que ésta puede medirse de tres maneras diferentes dependiendo del punto de comparación: 1). El híbrido se compara con el comportamiento medio de los progenitores (heterosis), 2). El híbrido se compara con el comportamiento del mejor progenitor (heterobeltiosis), 3). El híbrido se compara con el comportamiento de la mejor variedad comercial (heterosis útil).

Según Robles (1982) menciona que la heterosis se puede resumir en las siguientes teorías:

1. La de sobredominancia o heterocigosis
2. Teoría de la dominancia
3. Teoría epistática

La heterocigosis tiene un efecto estimulador sobre las actividades fisiológicas del organismo, cuyo efecto desaparece con autofecundaciones continuas que reducen la variabilidad de la progenie hasta la homocigosis. El descenso en vigor debido a la autofecundación de especies de cruzamiento natural, y el aumento de vigor debido al cruzamiento de especies que normalmente se autofecundan, son manifestaciones del mismo fenómeno de la heterocigosis. La heterosis es el efecto de la estimulación heterocigótica por interacción en un solo locus, más no por efectos de dominancia simple de alelos.

La segunda teoría dice que la heterosis se debe a la acumulación de factores dominantes favorables. Según Poehlman (1965), de acuerdo a esta teoría, los genes que son favorables para vigor y desarrollo son dominantes y los genes que son desfavorables para los individuos son recesivos. Los genes dominantes que aporta un progenitor pueden complementar a los genes dominantes aportados por el otro progenitor, de tal manera que la  $F_1$  tendrá una combinación más favorable de genes

dominantes que cualquiera de los progenitores.

La teoría 3, en las dos teorías antes mencionadas se exponen efectos intra alélicos para explicar la heterosis, en cambio, la teoría epistática involucra todos aquellos efectos intraalélicos, entre otros, la acción inhibidora, la acción complementaria, interacciones diferentes de genes no alélicos en combinaciones favorables para la máxima expresión de un carácter.

El rendimiento es un carácter cuantitativo que involucra una gran cantidad de genes, esto conduce a la proposición de una cuarta teoría. No se puede concebir que todos los efectos de heterosis impliquen únicamente acción de sobredominancia, como tampoco que todos los genes involucrados sólo actúen sólo manifestando efectos de epístasis. Por lo tanto esta teoría implicaría que la heterosis "se debe a la acción favorable de combinaciones Inter e intraalélicas indiscriminadamente".

Molina y Lobato (1998) realizaron un trabajo donde midieron la heterosis sobre el progenitor medio (HSPM), la cual se basa en el promedio de la ACG de las líneas progenitoras; correlacionaron el rendimiento de las cruzas con este tipo de heterosis y encontraron un coeficiente de correlación alto ( $r=0.96$ ), lo que quiere decir que en la mayoría de las cruzas con mayor rendimiento fueron también las de mayor HSPM.

Cervantes (2002), realizó estudios sobre heterosis y aptitud combinatoria y hace mención que son controlados por acción génica tanto del tipo aditivo como del no aditivo.

### **Aptitud combinatoria**

Sprague y Tatum (1942), usaron las cruzas 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 cruzas 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.

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).

Poehlman (1965). menciona 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 diez 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 este cruzamiento dialelo). Se compara el comportamiento de los progenies de las cruzas simples, para determinar la aptitud combinatoria especifica 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), pero la selección de las líneas progenitoras debe ser planeada a partir de una buena ACG y cuidadosamente seleccionada debido a la respuesta heterótica (Ávila, 2002).

### **III. MATERIALES Y METODOS.**

#### **Área de trabajo**

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

El trabajo se desarrolló en dos etapas: la primera etapa se llevo 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, del Estado de Coahuila.

#### **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 que se utilizó se originó de las cruzas simples de cinco híbridos de origen comercial obtenidos por el programa de 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.**

<b>PADRES</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>CONDICIÓN DE CRUZA</b>
P11	P-3025W (PIONEER)	Simple
P14	A-7597 (ASGROW)	Triple
P16	7820 (NK)	N K
P17	N9616 (NOVASEM)	Triple
P18	D-875 (DEKALB)	Simple

### **Primera etapa**

#### **Formación de la serie dialélica**

El trabajo inició en la primavera del 2003, con la colección de cinco materiales genéticos comerciales. El número de cruzas posibles entre

los materiales fue de  $n(n-1)/2$ , en este estudio se obtuvo un total de 10 cruzas diferentes entre los cinco progenitores más los mismos cinco progenitores, dando un total de 15 genotipos (Cuadro 3.2).

**Cuadro 3.2 Esquema de los posibles cruzamientos en el dialélico entre los 5 híbridos comerciales.**

<b>Progenitor</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
<b>11</b>	11x11*	11x14	11x16	11x17	11x18
<b>14</b>		14x14*	14x16	14x17	14x18
<b>16</b>			16x16*	16x17	16x18
<b>17</b>				17x17*	17x18
<b>18</b>					18x18*

\*Cruzas fraternales

### **Formación de las cruzas**

Las cruzas se hicieron en forma manual, antes de que emergieran los estigmas de la flor femenina, en los progenitores que se utilizaron como hembra, se taparon con glaci nes, 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.

## Manejo Agronómico

### Fecha de siembra

La siembra se realizó el 18 de Marzo del 2003 en forma manual en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.

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 fórmula 118 – 100 – 00

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

### Riegos

Se aplicaron cuatro riegos, distribuidos de la siguiente manera.

**Cuadro 3.3 Calendario de riegos**

Riegos	Aplicación (dds) <sup>1</sup>	Etapas 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 gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gusano elotero (*Heliothis zea*) 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 herbicidas para maleza de hoja ancha con 2,4 - D amina y para zacate Jonson con AFCENT.

### **Cosecha**

El ciclo Primavera se cosechó el día 15 de Julio del 2003, esta cosecha se realizó manualmente colocando en bolsas de papel las cruces 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 Coah., donde se sembró el 24 de Julio, en plano y a tierra venida; pequeña propiedad Providencia, del municipio de Torreón Coah., con fecha de siembra del 29 de Julio, donde se sembró igual que en el ejido Nuevo León; pequeña propiedad Cuba, del municipio de Francisco I. Madero Coah., la fecha de siembra fue el 4 de Agosto 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 15 tratamientos para cada localidad; la parcela experimental fue de dos surcos de 5 m 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 peso 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 calculo con la siguiente formula:

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

donde: Ph = Peso húmedo de las plantas muestreadas; Ds = Densidad de siembra y Np = 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 transformo a t ha<sup>-1</sup>.

<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 MS ha<sup>-1</sup> mediante la siguiente fórmula:

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

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.

### **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 fue el de bloques al azar con dos repeticiones por localidad, donde en el análisis se usó el siguiente modelo lineal:

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

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

donde:  $\mu$  = media general;  $\tau_i$  y  $\beta_j$ , los efectos de tratamientos y repeticiones;  $\varepsilon_{ij}$ , error experimental para cada observación (ij).

### Análisis genético

Para el análisis genético se utilizó el análisis propuesto por Griffing (1956) utilizando el método II (de efectos aleatorios) el cual incluye padres y cruzas directas, donde se utilizó la fórmula  $p(p-1)/2$ , la cual da el número total de cruzas  $F_1$  entre los progenitores, el cual se explica a continuación:

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

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

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

Los efectos de aptitud combinatoria general se estimaron aplicando la fórmula general:

a) Ecuación de ACG:

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

b) Ecuación de ACE:

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

donde se deduce que el valor de ACG =  $1/2\sigma^2_A$  y el valor de ACE =  $\sigma^2_D$ , correspondiendo a la varianza aditiva ( $\sigma^2_A$ ) y varianza de dominancia ( $\sigma^2_D$ ) respectivamente y ambas proporcionan el valor de la varianza genética:

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

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

$$cv = \frac{CMEE}{\bar{X}} \times 100$$



donde: cv =coeficiente de variación ; CMEE = cuadrado medio del error experimental ; X = media general.

### Heterosis.

Se calculó en base al promedio de los progenitores (h) y en base al progenitor superior (h'), como se indica a continuación:

$$h = \left( \frac{F_1 - P_m}{P_m} \right) 100$$

$$h' = \left( \frac{F_1 - P_s}{P_s} \right) 100$$

donde:  $F_1$  =primera generación de la crusa,  $P_m$  = progenitor medio  $P_i+P_j/2$ ,  
 $P_s$  = progenitor superior.

### Estimación de los componentes de varianza

A. Varianza del error.

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

donde:  $\sigma^2_E$  = varianza del error; CME = cuadrado medio del error

B. Varianza genética

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

donde:  $\sigma^2_G$  = varianza genética;  $\sigma^2_A$  = varianza aditiva;  $\sigma^2_D$  = varianza de dominancia

C. varianza aditiva: es equivalente de dos veces la varianza de aptitud combinatoria general.

$$\sigma^2_{ACG} = 1/2 \sigma^2_A, \quad \sigma^2_A = 2\sigma^2_{ACG}$$

donde:  $\sigma^2_A$  = varianza aditiva,  $\sigma^2_{ACG}$  = varianza de la aptitud combinatoria general.

D. varianza de dominancia: es el equivalente de la aptitud combinatoria específica.

$$\sigma^2_{ACE} = \sigma^2_D$$

donde:  $\sigma^2_{ACE}$  = varianza de la aptitud combinatoria específica,  $\sigma^2_D$  = varianza de dominancia.

E. Grado de dominancia (d).

$$d = \sqrt{\frac{2\sigma^2_D}{\sigma^2_A}}$$

donde:  $\sigma^2_D$  = varianza de dominancia,  $\sigma^2_A$  = varianza aditiva.

D. Varianza fenotípica:

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

donde:  $\sigma^2_P$  = varianza fenotípica;  $\sigma^2_e$  = varianza del error,  $\sigma^2_G$  = varianza genotípica

E. Heredabilidad en sentido amplio

$$H = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_P} \times 100$$

donde:  $\sigma^2_G$  = varianza genotípica;  $\sigma^2_P$  = varianza fenotípica

F. Heredabilidad en sentido estricto.

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

donde:  $\sigma^2_A$  = varianza aditiva;  $\sigma^2_P$  = varianza fenotípica

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de varianza por localidad

En el Cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza individual para las variables rendimiento de forraje verde (RFV), peso de elote (PE), materia seca (MS), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM); se encontraron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.01$ ) entre genotipos y repeticiones para cada localidad en todas sus variables.

En la localidad de Cuba, el análisis de varianza detectó alta significancia en genotipos para la variable altura de mazorca y diferencias significativas para rendimiento de forraje verde (RFV) y peso de elote (PE); las variables de materia seca (MS) y altura de planta (AP) no presentaron diferencias significativas. Se detectaron diferencias altamente significativas de los genotipos en la localidad Nuevo León para todas las variables; para la localidad Providencia se detectó diferencia altamente significativa en los genotipos para la variable altura de mazorca (AM), diferencias significativas para las variables materia seca (MS) y altura de planta (AP), en las variables de rendimiento de forraje verde (RFV) y peso de elote (PE) no se detectaron diferencias significativas entre genotipos.

Los coeficientes de variación para las características agronómicas están dentro de los rangos aceptables para experimentos agrícolas, a excepción de rendimiento de forraje verde (RFV), peso de elote (PE), materia seca (MS), de la localidad de Providencia debido a que posiblemente pudo haber errores en el muestreo.

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

CUBA						
FV	gl	RFV	PE	MS	AP	AM
Rep	1	596.391 **	159.852 **	44.43267 **	0.089 **	0.0918 **
Genotipos	14	89.664 *	14.9773*	4.294 ns	0.00778 ns	0.0097 **
Error	14	25.488	5.659	2.437	0.00468	0.00205
cv (%)		9.791	11.775	14.791	2.8677	4.547
NUEVO LEON						
FV	gl	RFV	PE	MS	AP	AM
Rep	1	967.758 **	74.072 **	49.923 **	0.269 **	0.123 **
Genotipos	14	202.454 **	30.222**	6.681 **	0.065 **	0.032**
Error	14	33.878	2.971	1.554	0.0097	0.005
cv (%)		9.452	7.804	11.304	4.162	6.851
PROVIDENCIA						
FV	gl	RFV	PE	MS	AP	AM
Rep	1	2599.352 **	922.521 **	120.681 **	0.310 **	0.176 **
Genotipos	14	336.574 ns	57.560 ns	14.709 *	0.027 *	0.022 **
Error	14	166.682	32.868	5.832	0.009	0.006
cv (%)		16.713	19.606	16.587	3.599	6.214

\*, \*\* = 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, 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.*,1988). Para la fuente de variación Loc\*Gen se observaron diferencias altamente significativas para las variables RFV, PE, MS y AP, y significativas para AM, esto indica que los genotipos se comportan de manera diferente en los ambientes de prueba. En la fuente de variación genotipos, se observan diferencias altamente significativas en todas las variables, esto indica que son diferentes los materiales ensayados para todos los caracteres agronómicos, lo que representa la posibilidad de selección.

En lo que corresponde a los coeficientes de variación, éstos 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 cruzas 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, Nuevo León, Providencia y Cuba. Comarca Lagunera 2003.**

F.V.	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	5027.566 **	681.963 **	143.648 **	1.349 **	0.434 **
Rep(Loc)	3	1387.834 **	385.482 **	71.679 **	0.223 **	0.130 **
Genotipos	14	237.949 **	34.911 **	10.911 **	0.055 **	0.045 **
Loc X Gen	28	195.371 **	33.924 **	7.386 **	0.022 **	0.0090 *
Error	42	75.349	13.832	3.274	0.008	0.0043
cv		13.677	15.598	15.020	3.590	6.0360

, \*\* = 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, AM = Altura de mazorca.

### Comparación de medias

En el Cuadro 4.3, se muestran los resultados de la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), para las cinco características evaluadas. En lo que respecta a rendimiento de forraje verde (RFV) se observó que los híbridos de las cruzas igualaron en algunos casos a los progenitores y la mejor craza fue la 14x18 con 72.18 t ha<sup>-1</sup>, el valor más bajo lo obtuvo la craza 16x17 con 55.43 t ha<sup>-1</sup>.

En la variable peso de elote (PE) la mejor craza fue la 11x18 con 27.5 t ha<sup>-1</sup>, y la craza más baja la 11x16 con 22.55 t ha<sup>-1</sup>. Peña *et al.* (2003) mencionan que los genotipos con alto porcentaje de elote pueden considerarse como de alta calidad forrajera.

Para la variable materia seca (MS), la mejor cruza fue la 11x17 con 14.45 t ha<sup>-1</sup>, y la cruza más baja fue la 16x17 con 11.07 t ha<sup>-1</sup>. Como se puede observar la cruza 16x17 fue la más baja tanto para rendimiento de forraje verde (RFV) como para materia seca (MS) para lo cual Núñez y Fax (2001) afirman que un híbrido bueno debe de producir un promedio de (68.6 t ha<sup>-1</sup>) de forraje verde para maíz de ciclo intermedio y precoz. En lo referente a la relación entre la altura de planta y la producción de forraje verde y materia seca, Núñez *et al.* (2001) reportaron que la producción de forraje verde y materia seca correlacionan positivamente con la altura de planta.

Para la variable altura de planta (AP), la mejor cruza fue la 14x18 con 2.62 m, y la más baja fue la 11x16 con 2.35 m, observándose un rango de 0.27 m entre las cruzas. Hallauer y Miranda (1998) y Rodríguez *et al.* (1999), mencionan que la altura 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 del elote.

Para la variable altura de mazorca (AM), la mejor cruza fue la 14x18 con 1.13 m, y la más baja fue la 11x14 con 0.98 m, observándose un rango de 0.17 entre las cruzas.

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

<b>Cruza</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 x 14	67.78	25.86	13.95	2.46	0.96
11 x 16	59.06	22.55	11.41	2.35	0.98
11 x 17	70.19	25.42	14.45	2.43	1.12
11 x 18	70.30	27.50	13.83	2.50	1.05
14 x 16	62.84	23.55	11.45	2.57	1.05
14 x17	61.20	24.33	11.14	2.57	1.10
14 x18	72.18	25.97	13.18	2.62	1.13
16 x 17	55.43	23.64	11.07	2.41	1.07
16 x 18	62.89	22.64	11.77	2.53	1.09
17 x18	65.67	24.71	12.44	2.52	1.13
P11	57.79	22.13	10.26	2.27	0.92
P14	62.62	24.22	11.85	2.58	1.06
P16	50.76	16.85	9.65	2.52	1.08
P17	61.11	24.65	11.76	2.55	1.27
P18	72.08	23.56	12.34	2.57	1.19
<b>MEDIA</b>	<b>63.464</b>	<b>23.843</b>	<b>12.048</b>	<b>2.499</b>	<b>1.084</b>
<b>†DMS</b>	<b>10.11</b>	<b>4.33</b>	<b>2.10</b>	<b>0.10</b>	<b>0.07</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.**

En el Cuadro 4.4 se presentan los cuadrados medios del análisis dialélico para las variables rendimiento de forraje verde(RFV), peso de elote (PE), materia seca (MS), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM) los cuales presentan diferencias altamente significativas entre Loc, Rep(Loc) y Genotipos.



En la fuente de variación Loc x Gen todas las variables resultaron altamente significativas, excepto en la característica altura de mazorca (AM), la cual fue significativa.

Como resultado de los análisis dialélicos correspondientes, la ACG resulto significativa ( $P \leq 0.01$ ) para las variables de rendimiento de forraje verde (RFV), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM); mostrando significancia para las características de peso de elote (PE) y materia seca (MS).

La aptitud combinatoria específica (ACE) fue no significativa para todas las variables, lo cual significa que los efectos de ACG ó de naturaleza aditiva fueron de mayor importancia.

**Cuadro 4.4 Cuadrados medios del análisis de varianza para el dialélico de Griffing del modelo II de las cinco variables evaluadas en tres localidades, Nuevo León, Providencia y Cuba. 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	5027.566 **	681.964 **	143.648 **	1.349 **	0.434 **
Rep(Loc)	3	1387.833 **	385.482 **	71.678 **	0.223 **	0.130 **
Genotipos	14	237.949 **	34.912 **	10.911 **	0.055 **	0.045 **
Loc X Gen	28	195.371 **	33.924 **	7.386 **	0.022 **	0.0091 *
ACG	4	780.053**	83.372*	15.342*	0.173**	0.133**
ACE	10	137.57ns	16.403ns	9.128ns	0.011ns	0.01ns
Error	42	75.349	13.833	3.275	0.00805	0.0043
cv (%)		13.677	15.598	15.021	3.59	6.036

\* = 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, AM = Altura de mazorca.



## Efectos de aptitud combinatoria

En el cuadro 4.5 se presentan los valores de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) para cada una de las cinco características evaluadas. Se incluyen también los efectos promedio estimados de híbridos, los padres y la heterosis.

Se observa que existe un efecto heterótico positivo en las variables rendimiento de forraje verde (RFV), peso de elote (PE) y materia seca (MS) con valores promedio de  $0.30 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $2.00 \text{ ha}^{-1}$  y  $1.27 \text{ ha}^{-1}$  respectivamente. Con respecto a altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM) se encontró que prácticamente no mostraron heterosis. En la característica rendimiento de forraje verde (RFV) los progenitores 11, 14 y 18 presentaron efectos de aptitud combinatoria general (ACG) positivos con valores de 0.741, 1.647 y 5.425 respectivamente y los otros mostraron efectos negativos, siendo el más bajo el padre 16 con  $-6.259$ . Para esta misma variable, siete cruzas resultaron con efectos positivos de ACE, siendo los valores más altos para las cruzas de 11x17 con 8.13 y la craza 14x16 con 4.58, los efectos de ACE negativos fueron para las cruzas 14x17 y 16x17 con valores de  $-1.758$  y  $-7.962$ , respectivamente. Se puede observar que en las cruzas donde se obtuvieron mejores efectos heteróticos intervinieron los progenitores con mejores efectos genéticos, coincidiendo con Gómez *et al.* (1998), quienes reportaron que las cruzas con altos efectos de aptitud combinatoria específica (ACE), están formadas por lo menos por un progenitor de alta aptitud combinatoria general (ACG). Lo anterior se observa la participación

del progenitor 11 en las cuatro mejores cruzas; lo mismo se observa para el progenitor 14.

En peso de elote (PE) los progenitores 11, 14, 17 y 18 resultaron con efectos de aptitud combinatoria general (ACG) positivos presentando los mejores efectos el 17 y 18 con 0.804 y 0.876 respectivamente, los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) negativos fueron para el progenitor 16 con un valor de  $-2.459$ . En esta misma característica, con respecto a los valores encontrados de aptitud combinatoria específica (ACE), las cruzas 11x18 y 14x16 presentaron los mejores efectos positivos con valores de 2.920 y 1.712 respectivamente, reflejándolo al ser una de las mejores cruzas (Cuadro 4.3) y las cruzas que presentaron los valores negativos fueron la 14x18 y 17x18 con valores de  $-0.776$  y  $-0.584$ . Se puede observar que las mejores cruzas, es decir con mayor efecto se ACE, incluyen progenitores con mayor efecto de ACG, como en el caso de 11x18, donde el progenitor 18 presentó el mayor efecto de ACG. En el cuadro 4.5 se observan otros casos similares.

Los mayores efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) para las variables agronómicas resultaron de cruzar dos líneas de cualquier valor de aptitud combinatoria general (ACG), ya sea positivo o negativo, con una tendencia a tener bajos valores entre dos líneas de baja aptitud combinatoria general (ACG), como señala Pons *et al.*, (1991).

En la característica materia seca (MS), los progenitores 11 y 18 presentaron los valores más altos y positivos de aptitud combinatoria general (ACG) con 0.295 y 0.520, respectivamente y solamente el progenitor 16 resultó con valor negativo de  $-1.035$ . En esta misma característica, las cruzas 11x14 con 1.445 y 11x17 con 2.056 presentaron los mejores efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) y las cruzas 14x17 y 17x18 presentaron efectos de ACE negativos con valores de  $-0.776$  y  $-0.584$ . Sin embargo, esto es contrario a lo que dice Pons *et al* (1991), quienes señalan que las cruzas de mayor rendimiento resultan de cruzar dos poblaciones de cualquier clase excepto entre dos poblaciones de baja aptitud combinatoria general (ACG).

En la variable altura de planta (AP), los progenitores 14 y 18 tuvieron los mayores efectos de aptitud combinatoria general (ACG) positivos con 0.057 y 0.050 respectivamente, el progenitor 11 y 16 obtuvieron efectos heteróticos negativos con valores de  $-0.103$  y  $-0.01$ . Para la aptitud combinatoria específica las mejores cruzas fueron 11x18 con 0.056 y 14x16 con valor de 0.027 y los valores negativos más bajos fueron para las cruzas 11x16 y 16x17 con  $-0.032$  y  $-0.079$  respectivamente. Se observa que las mejores cruzas son también las que presentan una mayor altura de planta (Cuadro 4.3) sin embargo, es también deseable contar con materiales de porte bajo, que toleren altas densidades y resistencia al acame, característica deseable que favorece a los valores de aptitud combinatoria general (ACG), como lo señala Castro (1980).



En la variable altura de mazorca (AM), los progenitores 17 y 18 tuvieron efectos positivos de aptitud combinatoria general (ACG) con 0.069 y 0.041 respectivamente y los valores más bajos fueron para los progenitores 14 y 16 con  $-0.018$  para ambos. Para esta misma variable, las mejores cruzas con efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) positivos fueron 11x17 y 14x18 con 0.045 y 0.026 reflejándolo en una mayor altura de mazorca lo que concuerda con Velázquez *et al.* (1992) y los efectos negativos menores los presenta la crusa 16x17 con  $-0.055$  y la crusa 17x18 con un valor de  $-0.064$ .

**Cuadro 4.5. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) para cinco características agronómicas evaluadas en tres localidades de la Comarca Lagunera 2003.**

<b>Efectos Genéticos</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>
μ de híbridos	63.87	24.29	12.47	2.49	1.07
μ de padres evaluados	60.87	22.28	11.19	2.5	1.11
Heterosis promedio	3	2	1.27	-0.006	-0.033
<b>Efectos de ACG</b>					
11	0.741	0.095	0.295	-0.103	-0.075
14	1.647	0.685	0.168	0.057	-0.018
16	-6.259	-2.459	-1.035	-0.01	-0.018
17	-1.554	0.804	0.052	0.005	0.069
18	5.425	0.876	0.520	0.05	0.041
<b>Efectos de ACE</b>					
11X14	2.018	-0.204	1.445	0.010	-0.028
11X16	1.713	-0.199	0.105	-0.032	-0.003
11X17	8.130	0.838	2.056	0.001	0.045
11X18	1.268	2.920	0.971	0.056	0.006
14X16	4.580	1.712	0.273	0.027	0.010
14X17	-1.758	-0.776	-1.126	0.010	-0.033
14X18	2.240	0.792	0.450	0.016	0.026
16X17	-7.962	1.681	0.011	-0.079	-0.055
16X18	0.850	0.511	0.239	-0.002	-0.014
17X18	-1.068	-0.584	-0.173	-0.027	-0.064

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

## Heterosis

En el Cuadro 4.6 se presentan los efectos de heterosis en base al promedio de los progenitores ( $h$ ) y al mejor progenitor ( $h'$ ) para las cinco características evaluadas. En rendimiento de forraje verde (RFV), el mayor porcentaje de heterosis en base al promedio de progenitores lo obtuvo la cruce 11X17 con un valor de 18.06 por ciento y el valor más bajo fue para la cruce 17X18 con un valor -1.38 por ciento. Con respecto al progenitor superior ( $h'$ ) donde la mejor cruce fue la 11X17 con un valor de 14.85 por ciento y el valor más bajo fue para la cruce 16X18 con un valor de -12.75 por ciento. La cruce Pioneer x NOVACEM y ASGROW, mostraron el mayor efecto de heterosis, asumiendo que ambos tipos de progenitores son diferentes entre sí.

Para peso de elote (PE) en base al promedio de los progenitores, siendo la cruce 11x18 con un valor de 20.15 por ciento teniendo el mayor valor y la cruce más baja fue la 14x17 con un valor de -0.43 por ciento. Respecto a la heterosis con el mejor progenitor ( $h'$ ) la mayor cruce fue 11x18 con un valor de 16.3 por ciento y el valor más bajo lo obtuvo la cruce 16X17 con un valor de -4.07 por ciento.



Para materia seca (MS) en base al promedio de los progenitores (h) siendo la craza 11X17 con un valor de 31.21 por ciento, obtuvo el valor más alto, y la craza que obtuvo el menor porcentaje fue la 14X17 con un valor de -5.68 por ciento. En heterosis en base al mejor progenitor (h') la craza 11X17 con un valor de 22.8 por ciento fue la que mostró mayor heterosis y el porcentaje más bajo lo tuvo la craza 14X17 con un valor de -6.04 por ciento.

Con respecto a altura de planta (AP) en base al promedio de los mejores progenitores (h) la craza que resultó con el valor más alto fue 11X18 con un valor de 3.3 por ciento y la craza con menor porcentaje fue la 16X17 con un valor de -4.89 por ciento, prácticamente esta característica no mostró heterosis. Con respecto a la heterosis en base al mejor progenitor (h') la craza 14X18 con un valor de 1.55 por ciento fue la mayor y el mas bajo porcentaje lo tuvo la craza 11X16 con un valor de -6.66 por ciento.

Para altura de mazorca (AM) en base al promedio de los mejores progenitores (h) el valor más alto de heterosis lo presentó la craza 11X17 con un valor de 2.07 por ciento y la craza de menor valor fue la 16x17 con -8.6 por ciento. Y la heterosis en base al mejor progenitor (h') se comportó negativamente para todas las cruza, siendo la craza 14X16 de mayor porcentaje con un valor de -2.01. Y la craza con más bajo porcentaje fue la 14X17 con un valor de -13.66 por ciento.

De los dos tipos de heterosis la que más interesa desde el punto de vista comercial es la referida al progenitor superior. Según Ordáz (1991), la magnitud de la heterosis mostrada por un híbrido depende en gran parte de la divergencia genética de las variedades progenitoras de las cuales se derivan las líneas involucradas.

**Cuadro 4.6 Heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al mejor progenitor (h') en 10 cruzas directas es evaluadas en la Comarca Lagunera en el 2003.**

Cruzas	RFV		PE		MS		AP		AM	
	h	h'	h	h'	h	h'	h	h'	h	h'
11x14	12.57	8.22	11.56	6.75	26.2	17.7	1.44	-4.57	-2.94	-9.12
11x16	8.82	2.21	15.72	1.91	14.65	11.28	-1.88	-6.66	-1.42	-8.49
11x17	18.06	14.85	8.69	3.14	31.21	22.8	0.83	-4.89	2.07	-11.96
11x18	8.27	-2.46	20.15	16.3	22.43	12.07	3.3	-2.91	-0.085	-11.21
14x16	10.83	0.338	14.69	-2.76	6.46	-3.41	0.86	-0.31	-1.09	-2.01
14x17	-1.07	-2.27	-0.43	-1.28	-5.68	-6.04	0.097	-0.39	-5.68	-13.66
14x18	7.17	0.14	8.49	7.2	8.98	6.82	1.63	1.55	0.74	-4.76
16x17	-0.91	-9.29	13.95	-4.07	3.38	-5.89	-4.89	-5.36	-8.6	-15.63
16x18	2.39	-12.75	12.08	-3.88	0.07	-4.64	-0.47	-1.55	-3.67	-8.13
17x18	-1.38	-8.88	2.53	0.267	3.28	0.81	-1.56	-1.94	-8.35	-11.44

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 4.7 se presentan los valores de los componentes de varianza, ACG, ACE y Heredabilidad de las cruzas evaluadas, la varianza aditiva predominó en la variable de RFV, PE, AP y AM, contrario a la variable MS donde predominó la varianza de dominancia.

Los valores encontrados para el grado de dominancia fue alto solo para la variable MS cuyo valor implica sobredominancia (Falconer, 1985). La heredabilidad en sentido estricto oscilo desde 4.99 para MS hasta 46.14

para AM. La heredabilidad en sentido amplio fue de mayor magnitud para AM y AP, con 51.34 y 35.8 por ciento, respectivamente, el valor mas bajo se presento para PE con 10.78 por ciento de acuerdo con la clasificación de Chávez (1995).

Las variables de MS y AM presentan grado de dominancia.

**Cuadro 4.7 Componentes de varianza para cinco variables agronómicas evaluadas con el modelo II de Griffing en tres localidades, Nuevo León, Providencia y Cuba. Comarca Lagunera. 2003.**

Var	ACG	ACE	$\sigma^2A$	$\sigma^2D$	$\sigma^2G$	$\sigma^2F$	$\sigma^2E$	$h^2$	$H$	d
RFV	15.297	0.00	30.59	0.00	30.59	176.7	146.11	17.31	17.31	0.0
PE	1.594	0.00	3.188	0.00	3.188	29.547	26.359	10.79	10.79	0.0
MS	0.148	0.701	0.296	0.701	0.997	5.9187	4.922	4.999	16.84	2.2
AP	0.004	0.00	0.008	0.00	0.008	0.0216	0.0139	35.8	35.8	0.0
AM	0.0029	0.0006	0.006	0.001	0.007	0.0127	0.0062	46.14	51.34	0.5

ACG = Aptitud combinatoria general, ACE = Aptitud combinatoria especifica,  $\sigma^2A$  = varianza aditiva,  $\sigma^2D$  = varianza de dominancia,  $\sigma^2G$  = varianza genética,  $\sigma^2F$  = varianza fenotípica,  $\sigma^2E$  = varianza del error,  $h^2$  = heredabilidad en sentido estricto,  $H$  = heredabilidad en sentido amplio, d = grado de dominancia.

### Análisis de correlación

En el Cuadro 4.8, se presentan las correlaciones de varianza fenotípica de las características evaluadas. Al respecto solo se encontró correlación estadísticamente significativa entre RFV y PE y de AP con AM lo cual era de esperarse.

La baja correlación fenotípica puede ser atribuida, como lo señala Weber y Morthy (1952) al enmascaramiento o modificación que puede tener el ambiente sobre la asociación genética entre caracteres.

**Cuadro 4.8 Correlaciones fenotípicas para cinco variables agronómicas evaluadas en tres localidades, Nuevo León, Providencia y Cuba 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	0.7784**	0.0054ns	0.3433 ns	0.2366ns
PE		-0.2905 ns	-0.0087 ns	-0.1117ns
MS			0.1764 ns	0.1341 ns
AP				0.6591**

\*= 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 mostraron diferencias significativas para todas las fuentes de variación y para todas las características evaluadas, excepto para la fuente de variación Loc x Gen en la variable altura de mazorca que presenta únicamente significancia.
- En todas las características evaluadas, las cruzas se comportaron en forma diferente al cambiar de ambiente, según lo señala la interacción genotipo x localidad.
- En RFV el mejor progenitor fue el 18 con un valor de 5.425 para los efectos de ACG y para los efectos de ACE, la mejor craza fue la 11x17 .
- Las cruzas 11X17 y 11X14 obtuvieron los rendimientos más altos de materia seca.
- Las cruzas 11x17 y 11x14 presentaron el mayor grado de heterosis con respecto al mejor progenitor.
- La varianza aditiva fue mayor que la varianza de dominancia en todas las características evaluadas excepto en la característica MS que fue lo contrario.
- Se presento 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 se efectuó 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 cruzas y la segunda en la evaluación de las mismas, durante los ciclos de Primavera–Verano del año 2003. El objetivo del presente trabajo fue el de detectar y producir híbridos varietales que respondan favorablemente en rendimiento de forraje en la región lagunera. Se evaluó el comportamiento de 10 cruzas de maíz derivadas de cinco híbridos de origen comercial, utilizando el método II de los dialélicos de Griffing (1956), la parcela experimental constó de dos surcos de 5 metros de largo con una distancia de 76 cm entre surcos y de 20 cm entre plantas. Las evaluaciones se realizaron en un ensayo uniforme en bloques al azar con dos repeticiones para cada localidad. 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 Loc x Gen en la variable altura de mazorca (AM) que presentó únicamente significancia. 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 18. En RFV el mejor progenitor fue el 18 con un valor de 5.425 para los efectos de ACG y para los efectos de ACE, la mejor craza fue la 11x17. Las cruzas 11X17 y 11X14 que obtuvieron la mayor ACE positivas también presentan los rendimientos más altos de materia seca. Las cruzas 11x17 y 11x14 presentaron el mayor grado de heterosis con respecto al mejor progenitor. 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. 1880 Principios de la mejora genética de las plantas. Cuarta edición. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. p. 98.
- Avila G.G., H. O Córdova, N. A Vergara y A. P Ramírez. 2002. Comportamiento de híbridos trilineales de maíz (*Zea mays* L.) desarrollados de cruza simples grupo heterótico "A" y líneas macho grupo "B". *In: Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética*. Saltillo Coahuila, México. 137 p.
- Brauer, H. O. 1981. Fitogenética aplicada. ELSA. Primera impresión. México. 518p.
- Castro G., M. 1980. Informe de avances de investigación en el mejoramiento genético de maíz. Boletín Tec. No. 3. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 14 p.
- Chávez A., J. L. 1995. Mejoramiento de plantas II. Trillas. Primera impresión. México. pp. 88, 115-118.

De la Cruz L.E., S. H Rodríguez, I.C Calvo, L. M Latournerie , M. E. Mendoza, N.A Vergara y C. M Ramírez. 2002. Producción de forraje de maíz en temporal. *In: Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética*. Saltillo Coahuila, México. 357 p.

De la Loma, J. L. 1954. Genética general aplicada. Segunda edición. Editorial UTEHA. México. 427 p.

Falconer, D. S. 1985. Introducción a la genética cuantitativa. Decimotercera Impresión. CECOSA. México. 135 p.

Geiger H.H, G Seitz, A. E Melchinger, G.A Schimidt 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.

Guerrero, Ch.G., F. Rincón, H. de León. y R. Guerrero. 2002. Predicción de rendimiento e identificación del mejor patrón heterótico de maíz. *In: Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética*. Saltillo Coahuila, México. 354 p.

- Gutiérrez R. E, A. Banda, A. Palomo, J. Lozano, L. Hernández y F. Vega. 2002. Aprovechamiento de la diversidad genética y heterosis en cruzas de germoplasma de maíz comercial. *In: Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética*. Saltillo Coahuila, México. 135 p.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- Hallauer A. R. and J. B. Miranda. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. Second Edition. Iowa State University Press. 468 p.
- Jiménez G. R., M. Mulaire, P. Ron, y D. J. Ramírez, 1995. Evaluación de cruzas con materiales de maíz adaptados y exóticos en el centro-occidente de México. XVIII Congreso Nacional SOMEFI. Sociedad Mexicana de Fitogenética 2000. p. 130.
- Jones, D. F. 1918. Effects of inbreeding and crossbreeding upon development. Connecticut agricultural experiment station. Bulletin 207.
- Kang, S. M., D. A. Kushairi, Y. Zhang, Y. and R. Magarí, 1999. Combining ability for rinde puncture resistance in maize. *Crop. Sci.* 39:368-371.



Lamkey, K. R. and J. W. Edwards. 1999. Quantitative genetics of heterosis. P. 31-48. In: Coors, J. G. and S. Pandey. (Eds.). Genetics and exploitation of heterosis in crops. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

Lobato O. R., D.G Molina, J. R López y A. C Mejía. 2002. Criterios para elegir el mejor probador de la aptitud combinatoria general en líneas de maíz. *In: Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética.* Saltillo Coahuila, México. 129 p.

Molina G., J. y R. Lobato O. 1998. La aptitud combinatoria general de líneas en maíz en la estimación de heterosis. P. 225. In: P. Ramírez V., F. Zavala G., N.O. Gómez M., F. Rincón S., y A. Mejía C. (Eds.). Memorias del XVII Congreso de Fitogenética: Notas Científicas. SOMEFI. Chapingo, México.

Molina G. J., J. Z García y R. O Lobato. 2002. Predicción de cruzas trilineales en maíz con base en el rendimiento de cruzas simples en cadena simple y en cadena doble. *In: Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética.* Saltillo Coahuila, México. 128 p.

- Núñez H. G., E. F. Contreras G, R. C. Faz 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.
- 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. p. 5,6.
- Peña R. A, G. H. Núñez y C. F. Gonzáles 2002 Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con calidad forrajera. *Tec Pecu. Mex.* 40:215-228.
- 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. Mex.* 41:63-74.
- Poehlman, J. M. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa Wiley. México. Primera Edición. pp 263-300.

Pons H., J.L., A. Carballo Q., V. González H. Y H. Angeles A. 1991.  
Modificaciones al índice de cosecha. Agrocienca serie Fitotecnia. Vol.  
2 No. 3:35-49.

Preciado O., R. E., I. A. D. Terrón, B. M. Erazo, C. A. Ortega, M. N. Gómez,  
y M. M. Sierra, (1999). Generación de híbridos de maíz para el bajío  
con líneas de diversas regiones de México, XVIII Congreso Nacional,  
SOMEFI. 1999. p156.

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.

Reyes C., P. 1990. El maíz y su cultivo. A.G.T. Ed. México. 460p.

Rivera, F. H. 1977. Efecto de la diversidad genética en la heterosis de cruza  
intervariatales de maíz. Tesis. Maestría. CP. México. 98 p.

Robles S., R. 1975. Producción de granos y forrajes. Ed. LIMUSA, México.  
Primera Edición. pp 127-130.

Robles S., R. 1986. Genética elemental y fitomejoramiento práctico. Ed.  
LIMUSA, México. 477p.

SAGARPA. 2003. Altibajos y repunte en el campo lagunero. Sector agropecuario. En: Resumen económico anual de la Comarca Lagunera. Edición especial, El Siglo de Torreón. Torreón, Coahuila. pp 32-34

Shull, D. F. 1909. A pure line method of corn breeding. American Breeders Association. Annual Report. 5:51-59.

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

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

Tovar G.M., D. Terrón, G. H Núñez, J. V Arellano.2002. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de maíz de alta calidad proteínica (MCP) en los valles altos. *In: Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética.* Saltillo Coahuila, México. 167 p.

Velázquez C., A. G., T.C. Couch, R. Valdivia B. Y F. Castillo G. 1992. Aptitud combinatoria entre poblaciones mejoradas de maíz en Valles Altos de la mesa central. *In: Memorias del XIV Congreso Nacional de Fitogenético,* Chiapas, México. 337 p.

Vergara N, A Ramírez, M Sierra y H Córdova 2002 Comportamientos de cruas 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 los cultivos y animales. Republica 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.



## VIII. APÉNDICE

**Cuadro A1. Por ciento de heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al mejor progenitor (h') para el carácter rendimiento de forraje verde(RFV).**

Cruza	F <sub>1</sub>	P <sub>i</sub>	P <sub>j</sub>	$\frac{(P_i+P_j)}{2}$	h (%)	h' (%)
11x14	67.78	57.79	62.63	60.21	12.57	8.22
11x16	59.07	57.79	50.76	54.28	8.82	2.21
11x17	70.19	57.79	61.11	59.45	18.06	14.85
11x18	70.31	57.79	72.08	64.93	8.27	-2.46
14x16	62.84	62.63	50.76	56.69	10.83	0.33
14x17	61.21	62.63	61.11	61.87	-1.07	-2.26
14x18	72.18	62.63	72.08	67.35	7.16	0.14
16x17	55.43	50.76	61.11	55.93	-0.9	-9.29
16x18	62.89	50.76	72.08	61.42	2.38	-12.75
17x18	65.67	61.11	72.08	66.59	-1.38	-8.88

F<sub>1</sub> = Media de la crucea,  $(P_i+P_j)/2$  = Promedio de los progenitores, h = heterosis en base al promedio de los progenitores y h' = heterosis en base al mejor progenitor.

**Cuadro A2. Por ciento de heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al mejor progenitor (h') para el carácter peso de elote (PE).**

Cruza	F <sub>1</sub>	P <sub>i</sub>	P <sub>j</sub>	$\frac{(P_i+P_j)}{2}$	h (%)	h' (%)
11x14	25.86	22.13	24.22	23.18	11.56	6.74
11x16	22.55	22.13	16.85	19.49	15.72	1.9
11x17	25.42	22.13	24.65	23.39	8.68	3.14
11x18	27.5	22.13	23.65	22.89	20.15	16.3
14x16	23.55	24.22	16.85	20.53	14.69	-2.76
14x17	24.33	24.22	24.65	24.43	-0.43	-1.28
14x18	25.97	24.22	23.65	23.94	8.49	7.2
16x17	23.64	16.85	24.65	20.75	13.95	-4.07
16x18	22.64	16.85	23.56	20.20	12.08	-3.87
17x18	24.71	24.65	23.56	24.10	2.53	0.26

F<sub>1</sub> = Media de la crucea,  $(P_i+P_j)/2$  = Promedio de los progenitores, h = heterosis en base al promedio de los progenitores y h' = heterosis en base al mejor progenitor.

**Cuadro A3. Por ciento de heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al mejor progenitor (h') para el carácter materia seca (MS).**

Cruza	F <sub>1</sub>	P <sub>i</sub>	P <sub>j</sub>	$\frac{(P_i+P_j)}{2}$	h (%)	h' (%)
11x14	13.95	10.26	11.85	11.05	26.2	17.7
11x16	11.41	10.26	9.65	9.95	14.65	11.28
11x17	14.45	10.26	11.76	11.01	31.21	22.8
11x18	13.83	10.26	12.34	11.30	22.43	12.07
14x16	11.45	11.85	9.65	10.75	6.46	-3.41
14x17	11.14	11.85	11.76	11.81	-5.68	-6.04
14x18	13.18	11.85	12.34	12.1	8.98	6.82
16x17	11.07	9.65	11.76	10.71	3.38	-5.89
16x18	11.77	9.65	12.34	11.0	0.07	-4.64
17x18	12.44	11.76	12.34	12.05	3.28	0.81

F<sub>1</sub> = Media de la cruce,  $(P_i+P_j)/2$  = Promedio de los progenitores, h = heterosis en base al promedio de los progenitores y h' = heterosis en base al mejor progenitor.

**Cuadro A4. Por ciento de heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al mejor progenitor (h') para el carácter altura de planta (AP).**

Cruza	F <sub>1</sub>	P <sub>i</sub>	P <sub>j</sub>	$\frac{(P_i+P_j)}{2}$	h (%)	h' (%)
11x14	2.46	2.27	2.58	2.42	1.44	-4.57
11x16	2.35	2.27	2.52	2.39	-1.87	-6.66
11x17	2.43	2.27	2.55	2.41	0.83	-4.89
11x18	2.5	2.27	2.57	2.42	3.30	-2.91
14x16	2.57	2.58	2.52	2.55	0.86	-0.31
14x17	2.57	2.58	2.55	2.56	0.09	-0.39
14x18	2.62	2.58	2.57	2.57	1.63	1.55
16x17	2.41	2.52	2.55	2.53	-4.89	-5.36
16x18	2.53	2.52	2.57	2.54	-0.47	-1.55
17x18	2.52	2.55	2.57	2.56	-1.56	-1.94

F<sub>1</sub> = Media de la cruce,  $(P_i+P_j)/2$  = Promedio de los progenitores, h = heterosis en base al promedio de los progenitores y h' = heterosis en base al mejor progenitor.

**Cuadro A5. Por ciento de heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al mejor progenitor (h') para el carácter altura de mazorca (AM).**

Cruza	F <sub>1</sub>	P <sub>i</sub>	P <sub>j</sub>	$\frac{(P_i+P_j)}{2}$	h (%)	h' (%)
11x14	0.96	0.92	1.06	0.99	-2.94	-9.12
11x16	0.98	0.92	1.08	1.0	-1.42	-8.49
11x17	1.12	0.92	1.27	1.1	2.07	-11.96
11x18	1.05	0.92	1.19	1.05	-0.08	-11.21
14x16	1.05	1.06	1.08	1.07	-1.09	-2.01
14x17	1.10	1.06	1.27	1.16	-5.68	-13.66
14x18	1.13	1.06	1.19	1.12	0.73	-4.76
16x17	1.07	1.08	1.27	1.17	-8.6	-15.63
16x18	1.09	1.08	1.19	1.13	-3.67	-8.13
17x18	1.13	1.27	1.19	1.23	-8.35	-11.44

F<sub>1</sub> = Media de la cruce,  $(P_i+P_j)/2$  = Promedio de los progenitores, h = heterosis en base al promedio de los progenitores y h' = heterosis en base al mejor progenitor.