

FECHA DE ADQUISICIÓN _____
NUM. DE INVENTARIO <u>00022</u>
PROCEDENCIA _____
NUM. CALIFICACIÓN _____
PRECIO _____
DIST. _____



SB191  
.M2  
.E87 2006  
TESIS LAG  
Ej.1

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE CRUZAS DE HÍBRIDOS  
SIMPLES DE MAIZ FORRAJERO**

**ELABORADO POR:**

**JUAN CARLOS ESTRADA AGUILAR**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE DEL 2006**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

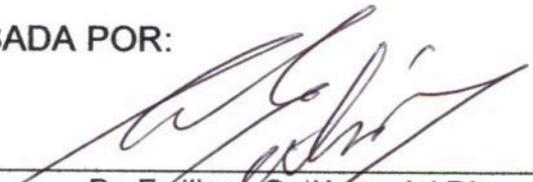
**TESIS DEL C. JUAN CARLOS ESTRADA AGUILAR**

**TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ  
PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

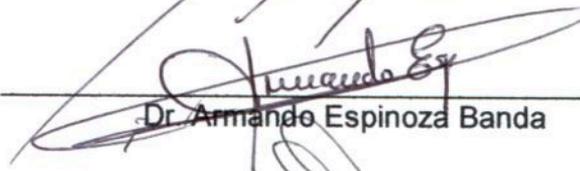
**APROBADA POR:**

Asesor principal:

  
\_\_\_\_\_

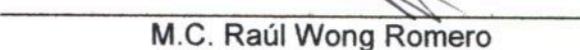
Dr. Emiliano Gutiérrez del Río

Asesor:

  
\_\_\_\_\_

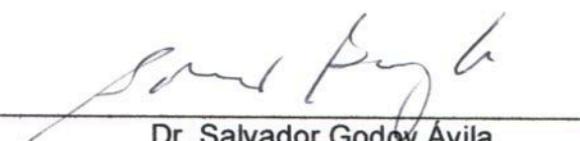
Dr. Armando Espinoza Banda

Asesor:

  
\_\_\_\_\_

M.C. Raúl Wong Romero

Asesor:

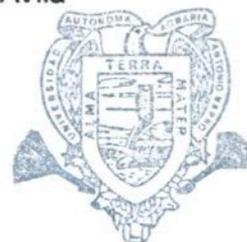
  
\_\_\_\_\_

Dr. Salvador Godoy Avila

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS.**

  
\_\_\_\_\_

ME. Víctor Martínez Cueto



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

Torreón Coahuila.

Diciembre del 2006

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

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS.**

**TESIS DEL C. JUAN CARLOS ESTRADA AGUILAR.**

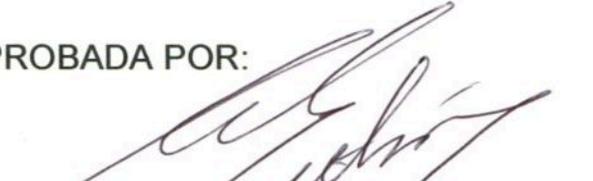
**TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ  
PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**COMITÉ PARTICULAR**

**APROBADA POR:**

Presidente:

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

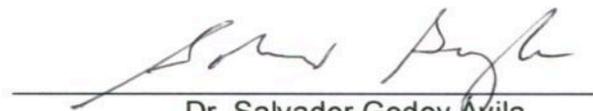
Vocal:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Armando Espinoza Banda

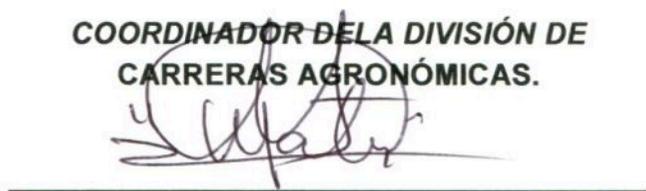
Vocal:

\_\_\_\_\_  
M.C. Raúl Wong Romero

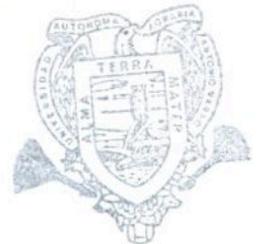
Vocal suplente:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Salvador Godoy Avila

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS.**

  
\_\_\_\_\_

**ME. Víctor Martínez Cueto**



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

Torreón Coahuila.

**00022**

Diciembre del 2006

## **AGRADECIMIENTOS**

A ti **Dios**. Por darme la vida, por conducirme por el camino de la lucha constante para superarme y por permitirme la culminación satisfactoria de mi carrera.

A la UAAAN-UL. "*ALMA TERRA MATER*" por haberme brindado conocimientos y cobijo durante mi estancia en esta institución.

A mis maestros y asesores: Por sus conocimientos aportados que fueron de gran utilidad en el transcurso de la carrera y por la ayuda que me brindaron para mi formación profesional.

Dr. Agustín Cabral Martel, Mvz. Manel Esquibel Limones. Dr. Emiliano Gutiérrez del Río, Dr. Raúl Wong Romero, Dr. Salvador Godoy Ávila, MC José Jaime Lozano García, Dr. Alejandro Moreno Resendez, Dr. Armando Espinoza Banda. M. C. Ricardo Covarruvias Castro.

A mis compañeros y amigos:

Por haberme brindado su amistad incondicional y por la aportación de sus conocimientos como parte de mi formación y por saber escucharme y comprenderme en algunos momentos difíciles de la vida gracias.

A las autoridades Administrativas y Técnicas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Consejo Estatal de ciencia y tecnología de Coahuila (CONACYT- COECYT), zona Regional del Noreste, Monterrey N.L. Méx. Y Centro con sede en Saltillo Coah., por el apoyo económico otorgado a través del proyecto de FONDOS MIXTOS (FOMIX) denominado **COH-2002-COI-4192.**

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres:**

Cirino Estrada Patricio.

Elisea Aguilar Vázquez.

Por darme la vida, por sus sabios consejos, por conducirme hacia el camino del bien y por brindarme siempre su apoyo incondicional por hacer de mi vida un sueño y de mí sueño una realidad.

### **A mis hermana(o) s.**

Ma. Elena Estrada Aguilar. Ma. del Carmen, Candelaria, Alejandro, y Daniel

A todos ellos por participar de una u otra manera en mi formación tanto social como de conocimiento y por sus consejos que me fueron de gran ayuda durante el desarrollo de mi carrera.

**A mis abuelos:**

Clemente Aguilar Villa Lobos, Catalina Vázquez Hernández. Daniel Estrada Pérez. Matilde Patricio Camacho.

Por sus sabios consejos y orientación. Por enseñarme que la confianza en sí mismo, la actitud positiva y la perseverancia son los argumentos claves para la superación.

**A mis sobrin (a) os :**

Gabriela Domínguez, Guadalupe Estrada, Elva Nayeli Estrada, Erika Lizbeth Domínguez, Ileana Berenice Pérez., Francisco Javier Pérez.

# ÍNDICE

	Pagina
INDICE DE CUADROS.....	III
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
El maíz como cultivo forrajero.....	4
Aptitud combinatoria.....	8
Aptitud combinatoria especifica.....	9
Líneas puras.....	10
Híbridos.....	11
Cruzadas dialelicas.....	13
Diseños dialelicos de Griffing.....	14
Heredabilidad.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
Material genético.....	20
Ubicación geográfica del experimento.....	21
Diseño y parcela experimental.....	21
Siembra.....	21
Fertilización.....	22
Riego.....	22
Control de plagas.....	22
Control de maleza.....	23
Cosecha.....	23
Variables evaluadas.....	23
Análisis estadístico.....	25
Análisis genético.....	25
Estimación de componentes de varianza.....	26
Estimación de ACG y ACE.....	27
Calculo de la densidad de plantas.....	28
Calculo de la diferencia mínima significativa (Dms).....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	29
Análisis de varianza.....	29
Efectos de aptitud combinatoria general y especifica.....	34
Análisis de correlación entre variables agronómicas.....	39
Correlación de componentes de varianza.....	40
Correlación entre varianzas.....	41

V. CONCLUSIONES.....	43
VI. RESUMEN .....	44
VII.BIBLIOGRAFIA .....	46
VIII. APENDICE .....	51

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Numero de cuadro	
3.1.1 Descripción del material genético utilizado como progenitores .....	20
4.1.1 Cuadrados medios del análisis de varianza de seis variables Agronómicas.....	30
4.1.2 Comportamiento promedio de seis características evaluadas de líneas de maíz.....	32
4.1.3 Comparación múltiple de medias de rendimiento de forraje verde y seco y características agronómicas evaluadas de cruzas de maíz .....	34
4.2.1 Efectos de aptitud combinatoria general estimadas en líneas de maíz de seis características evaluadas.....	36
4.2.2 Efectos de aptitud combinatoria específica estimadas en líneas de maíz de seis características evaluadas.....	38
4.3.1 Coeficientes de correlación fenotípica de seis variables agronómicas evaluadas .....	39
4.4.1 Componentes de varianza de las seis variables agronómicas de maíz evaluadas .....	41
4.5.1 Coeficientes de correlación de varianzas .....	42

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L), representa a nivel mundial un alimento de vital importancia para el consumo humano y para la producción de forraje, tiene su centro de origen en México. El maíz forrajero es cultivado para alimentación de ganado, se cosecha y ensila para suministro en épocas de escasez de pasto o para alimentar ganado estabulado. La densidad de plantas por hectárea que se utiliza en la siembra, es de 80 mil a 120 mil pl ha<sup>-1</sup>.

El valor nutritivo del ensilaje destaca por su contenido energético así como la cantidad de proteínas y sales minerales que aporta. El mayor contenido en materia seca del maíz ensilado se consigue con un buen manejo del cultivo, la realización del ensilado en el momento oportuno y la buena conservación del silo; con el aumento en la demanda de producción de forraje en las cuencas lecheras del país, se plantea la necesidad de definir estrategias que ayuden a aprovechar el potencial genético existente a través del desarrollo de programas de mejoramiento genético. Hasta hoy, ninguno de los híbridos de maíz usados para forraje en México ha sido desarrollado en programas de mejoramiento genético para aumentar producción y calidad forrajera, solo fueron seleccionados para rendimiento de grano.

La Comarca Lagunera, a nivel nacional, es una de las cuencas lecheras más importantes, donde se siembran anualmente un promedio de 15,000 ha de

maíz forrajero, del cual el 90 % de los híbridos comerciales que se siembran son desarrollados para otras regiones del país y de compañías multinacionales. En los últimos 10 años de evaluación, se han incluido 152 híbridos de maíz diferentes, identificándose materiales con buenas características de rendimiento y calidad forrajera, ensilado de alta calidad y producciones de 52 t ha<sup>-1</sup> de forraje fresco y 15 t ha<sup>-1</sup> de forraje seco.

Se han realizado investigaciones para conocer la diversidad y heterosis entre híbridos comerciales para grano y para forraje así como de híbridos comerciales y poblaciones exóticas. La variabilidad genética es esencial para un programa de mejoramiento genético, una fuente importante de variabilidad es el uso de material exótico o inadaptado introducido a el programa de mejoramiento local, al trabajar con poblaciones del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) de México y poblaciones de la faja maicera de EE UU, vemos que las poblaciones mejoradas de la faja maicera tienen mayor potencial genético que las poblaciones mejoradas mexicanas. Conociendo la importancia del maíz como forraje y existiendo genotipos locales adaptados a la región, es necesario implementar programas agresivos de formación y producción de materiales híbridos de maíz a corto plazo que cumplan con las expectativas de calidad, producción y adaptación.

## Objetivos

1.1.1 Caracterización de los genotipos formados del cultivo de maíz de acuerdo a los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) de los padres y la Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de las mejores cruzas simples, considerando la estimación de los componentes genéticos de algunos rasgos agronómicos.

1.1.2. Identificar los mejores híbridos simples de maíz forrajero a partir de las líneas elite del programa de mejoramiento genético de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), considerando la producción de forraje verde y de materia seca como características sobresalientes.

## Hipótesis

Ho<sub>1</sub>: Las cruzas simples evaluadas, presentan igual comportamiento para rendimiento de forraje verde y materia seca, y sus características agronómicas.

$$Ho_1 = t_1 = t_2 = t_3 = \dots t_n.$$

Ho<sub>2</sub>: Las líneas y las cruzas simples de maíz evaluadas, presentan efectos iguales de aptitud combinatoria general ACG y aptitud combinatoria específica ACE.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. El maíz como cultivo forrajero

Peña *et al.*, (2004), el creciente aumento en la demanda de maíz forrajero en las cuencas lecheras del país, plantea la necesidad de definir estrategias que identifiquen fuentes de germoplasma y aprovechen el potencial genético existente a través del desarrollo de programas de mejoramiento genético. A la fecha, ninguno de los híbridos de maíz usados para forraje en México ha sido desarrollado en programas de mejoramiento genético para mayor producción y calidad forrajera, sino que fueron seleccionados para rendimiento de grano.

Vergara., (2002) dice que un buen maíz forrajero deberá poseer las siguientes cualidades : rendimiento de forraje verde mayor de  $50 \text{ t ha}^{-1}$ , rendimiento de forraje seco o materia seca mayor a 25 por ciento, valor relativo de forraje mayor a 120 (la alfalfa tiene 160), 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 al 30 por ciento y contenido de fibra detergente neutra menor a 60 por ciento.

Núñez *et al.*, (1999), Peña *et al.*, (2002.), los maíces que actualmente se utilizan, son seleccionados por su capacidad de producción de materia seca, y hay poco interés en la calidad nutritiva.

Amador Boschini., (2000), Wang-yeong *et al.*, (1995), el maíz para forraje provee un alto rendimiento de biomasa por unidad de área, que va 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 que se encuentre el cultivo al momento de la cosecha.

Núñez *et al.*, (2003), define al forraje como aquellos alimentos voluminosos lo contrario de los concentrados, los forrajes tienen gran cantidad de fibra y su valor nutritivo es bajo, pero proporcionan un alto valor energético al ganado. Como representante de este grupo están el ensilado, henificado, pastos y rastrojos.

Jugenheimer., (1985); señala 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 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.

Geiger *et al.*, (1992) y Peña *et al.*, (2003), 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.

Peña *et al.*, (2003), un alto porcentaje de mazorca o un alto índice de cosecha favorecen los 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.*, (2002), 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 mazorca podría favorecer una mayor calidad de forraje.

Pinter *et al.*, (1994), la densidad de plantas necesarias para el máximo rendimiento de forraje es mayor que para la producción de grano. No se conoce

con precisión la respuesta de los maíces a las altas densidades y su efecto sobre el rendimiento y el valor nutricional.

Ramírez., (1997), menciona que la utilización de forraje de maíz, tiene dos variantes: la primera es el ensilado en verde, la cual se ha venido utilizando con mayor frecuencia debido a la comercialización de híbridos y variedades de maíz en la zona. En cuanto a la segunda variante, este se utiliza como forraje molido en donde se muele toda la planta una vez que adquiere su madurez fisiológica.

Reta *et al.*, (2002), comenta que debido a la alta disponibilidad de radiación solar en la región Lagunera durante el periodo libre de heladas, la productividad del maíz es alta y resultados de su investigación indican que es posible obtener un potencial de hasta 80 t ha<sup>-1</sup> de forraje fresco y 24 t ha<sup>-1</sup> de forraje seco (30 por ciento de materia seca), con un contenido de grano de 45 a 50 por ciento.

Rodríguez *et, al.*, (2000), la altura de la planta de maíz influye en la producción de materia seca, pero debe tener el tamaño adecuado a fin de contribuir con aproximadamente el 50% del peso total para no incrementar el contenido de fibras.

## **2.2. Aptitud Combinatoria**

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

Gutiérrez *et al.*, (2002), comenta que la aptitud combinatoria se refiere a la capacidad de un individuo o de una población de combinarse con otras, la capacidad es medida por medio de su progenie y debe determinarse por varios individuos de la población no en uno solo, con el fin de poder seleccionar u obtener los cruzamientos más adecuados para poder sustituir los híbridos comerciales.

### **2.2.1. Aptitud combinatoria general**

Jungenheimer., (1985), nos menciona que los probadores deben seleccionarse por su capacidad para combinar las líneas con otras. La aptitud combinatoria general (ACG) es el desempeño promedio de una línea en

algunas combinaciones híbridas. La aptitud combinatoria general proporciona información sobre que líneas deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas. Pueden usarse probadores adecuados para determinar que líneas pueden sustituirse en los híbridos actuales o usarse en nuevos híbridos prometedores.

Sprage y Tatum., (1942), menciona que aptitud combinatoria general (ACG) es el componente promedio de una línea en una serie de cruzas con otras líneas.

### **2.2.2. Aptitud combinatoria específica**

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

Martínez., (1983), dice que la aptitud combinatoria específica es un término que se emplea para mencionar aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen relativamente mejor o peor de lo que se podría esperarse sobre la base del comportamiento de las líneas involucradas.

Sprage y Tatum., (1942), señalan que la aptitud combinatoria específica es el resultado del efecto de dos líneas en particular. Esta medida no es característica de cada línea en particular, si no de una combinación especial de padres de las cruces.

### **2.3. Líneas puras**

Chávez y López., (1995), mencionan que una línea autofecundada es aquella que es originada generalmente por autopolinizaciones sucesivas y selección hasta obtener plantas aparentemente homocigotas esto requiere de cinco a siete generaciones sucesivas y se pueden diferenciar fácilmente; cuando esto sucede se dice que la línea es altamente homocigota o sea que todas las plantas de esta línea tienen la misma constitución genética en lo referente a las unidades de herencia, estas unidades se transmiten en un 100 por ciento tanto a través de su polen como de sus óvulos.

## 2.4. Híbridos

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

Allard., (1980), define a un híbrido como el aumento de tamaño o en vigor de este con respecto a sus progenitores. También propuso el termino heterosis para denotar el incremento en tamaño y vigor después de los cruzamientos.

Chávez y López., (1995), mencionan que el maíz híbrido es la primera generación de una cruce entre líneas autofecundadas. La obtención de líneas autofecundadas es por autopolinización controlada, la utilización de estas líneas autofecundadas puede ser en cruces positivas y para la producción de semilla híbrida. Estos mismos autores, presentan la siguiente clasificación de híbridos:

**2.4.1. Híbrido Simple.** Es un híbrido creado mediante el cruzamiento de dos líneas endogámicas, la semilla de híbridos  $F_1$  es la que se vende a los agricultores para la siembra, por lo común los híbridos simples son más

uniformes y tienden a presentar un mayor potencial de rendimiento en condiciones ambientales favorables.

**2.4.2. Híbrido Doble.** El híbrido doble se forma a partir de cuatro líneas autofecundadas, es decir es la progenie híbrida obtenida de una cruce entre dos cruces simples, los híbridos dobles no son tan uniformes como las cruces simples, por lo que presentan mayor variabilidad; es importante señalar que una cruce simple produce mayor rendimiento que una triple y esta a su vez más que una doble.

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

Reyes., (1985), define como un híbrido animal o vegetal a aquel que es procreado por dos individuos distintos, y que debe de entenderse como el cruzamiento o apareamiento entre individuos de distinta variedad o raza, pero de la misma especie. El método consiste en el apareamiento controlado de individuos genéticamente diferentes, y el estudio de la progenie, asociando a la endogamia o consaguinidad durante el proceso.

Márquez., (1988), define a la hibridación como un método genotécnico en las plantas, que es el aprovechamiento de la generación  $F_1$  proveniente del cruzamiento entre dos poblaciones  $P_1$  y  $P_2$  (poblaciones paternas). Las poblaciones  $P_1$  y  $P_2$  son dos poblaciones de la misma especie y por lo tanto, pueden tener la estructura genotípica a los objetivos que se persigan en la utilización comercial de la generación  $F_1$ , o bien para su aprovechamiento como paso inicial o intermedio en la relación de algún otro método genotécnico.

## **2.5. Cruzas dialélicas**

Martínez., (1983), dice que las cruzas dialélicas, se componen de las cruzas simples que pueden lograrse entre los elementos de un conjunto básico de líneas progenitoras, constituye un procedimiento estándar de investigación en la genética de plantas y animales. Las cruzas dialélicas se emplean para estimar los componentes genéticos de variación entre los rendimientos de las propias cruzas, así como su capacidad productiva, su empleo actual tiene su origen en el desarrollo en los conceptos de aptitud combinatoria general y específica. Las cruzas dialélicas permiten estimar el tipo de acción génica involucrado en el material de estudio. Se denominan aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), a los tipos de acción génica, donde la ACG permite aprovechar la varianza de tipo aditivo, para realizar selección recurrente y la ACE nos indica la factibilidad de explotar el fenómeno de vigor híbrido en la producción de híbridos.

## 2.6. Diseños dialélicos de Griffing.

Griffing (1956), abordó los conceptos y la teoría estadística relacionada con los diseños dialélicos, de acuerdo a si participan o no progenitores y las cruzas recíprocas de la  $F_1$ , y las clasificó en cuatro métodos.

1. Participan todas las cruzas posibles y comprende a los progenitores, las cruzas directas  $F_1$  y la craza recíproca  $F_1$ . Habrán  $P^2$  familias, donde  $P$  es el número de progenitores.
2. Incluye sólo progenitores y cruzas directas  $F_1$  esto es, tendremos  $p(p+1)/2$  número de familias.
3. Incluye cruzas directas y recíprocas, tendríamos  $p(p-1)/2$  número de familias.
4. Solo participan las cruzas directas o sea  $p(p-1)/2$  número de familias.

Los diseños de apareamiento llamados dialélicos se han utilizado frecuentemente para estimar efectos maternos, recíprocos, de aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica, y componentes de la varianza genética de poblaciones de diferente naturaleza. Christie y Shattuck, (1992). El análisis dialélico como una forma para determinar los efectos aditivos principales de los progenitores y sus interacciones en los cruzamientos individuales, denominado componente genético aditivo a la aptitud combinatoria

general y componente genético no aditivo a la aptitud combinatoria específica. La interacción en este caso es usada como indicador de desviación de actividad.

Existen muchos métodos para analizar datos provenientes de un grupo de padres y sus  $p(p-1)/2$  cruza simples. Sin embargo el análisis propuesto por Gardner *et al.*, (1986), provee la máxima información debido a que el modelo asume frecuencia de genes arbitrarios en todos los *loci*, son posible a un grupo fijo de padres ya sean estas líneas endogámicas o variedades de polinización libre en equilibrio, otra característica que hace que el modelo sea de mucha utilidad es el hecho que las variedades y las cruza pueden ser predichas y cuando los efectos específicos y los aspectos heteróticos son de poca importancia, los valores predichos para las cruza tienen errores estándar menores que los errores correspondientes a los medios de los valores observados, además los estímulos de los aspectos genéticos son definidos en función de frecuencia de genes.

Martínez., (1983), menciona que existen fundamentalmente dos clases de experimentos de cruza dialélicas: los experimentos dialélicos completos y los experimentos dialélicos parciales. Los primeros fueron introducidos formalmente por Griffing., (1956), que tiene las limitaciones de tamaño de dichos experimentos y sus desventajas en cuanto a las diferencias en la precisión de las estimaciones han conducido a los investigadores al empleo de experimentos parciales.

## 2.7 –Heredabilidad

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

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

Silva., (1999), nos dice que la heredabilidad se utiliza para estimar los parámetros genéticos y las correlaciones fenotípicas además para identificar genotipos con altos rendimientos. La heredabilidad en sentido estricto como el cociente de la varianza aditiva sobre la varianza fenotípica y la función más importante de la heredabilidad es su papel predictivo, que expresa la confiabilidad del valor fenotípico como indicador del valor reproductivo que determina su influencia en la siguiente generación. El éxito en cambiar las características de la población puede predecirse sólo a partir del conocimiento del grado de correspondencia entre los valores genotípicos y los reproductivos que es medido a través de la heredabilidad.

Córdova y Vasal., (1996), comentan que la heredabilidad para rendimiento aumenta conforme cambia de medios hermanos a hermanos completos y a progenies autofecundadas  $S_1$  y  $S_2$ .

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

Heredabilidad es el termino que se ha usado para indicar el grado en que el fenotipo refleja al genotipo para un carácter particular en una población de plantas; pero lo más importante es la porción de la variación fenotípica observada de planta que es reflejada en la descendencia.

La heredabilidad en el sentido más amplio (genotípica, porque incluye los diferentes tipos de acción génica) se define como la relación entre la varianza genotípica y la varianza observada en una población de plantas.

$$(H^2) \text{ Heredabilidad} = \sigma^2_G / \sigma^2_f \times 100$$

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

$$(h^2) \text{ heredabilidad} = \sigma^2_A / \sigma^2_f \times 100$$

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

Chávez., (1995), menciona que la heredabilidad se refiere a la capacidad que tienen los caracteres para transmitirse de generación a generación, es decir, que esta se puede considerar como el grado de parecido entre los individuos de una generación y la siguiente.

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

Dudley y Moll., (1969), definen a la heredabilidad como el cociente de la varianza genética entre la varianza fenotípica. La varianza fenotípica es la

varianza total entre los fenotipos cuando se cultivan en un ambiente de interés y la varianza genética es la parte de la varianza fenotípica que se atribuye a los diferentes genotipos entre los fenotipos.

Brauer., (1983), indica que los estudios de heredabilidad son de utilidad para evaluar que parte de variación total observada en un carácter corresponde a factores genéticos ya que parte a factores ambientales. Oyervides (1979), define que en el sentido estricto, la heredabilidad es la proporción de la variación total debido a efectos aditivos.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Material genético.

Los materiales utilizados fueron seis líneas sobresalientes del programa de la UAAAN-UL, Que han sido utilizados por otros autores, (Antuna et al. 2003,), tres líneas de reciente incorporación y una línea del programa del CIMMYT. La descripción de las líneas es la siguiente:

##### 3.1.1 Cuadro del material genético utilizado como progenitores.

LINEAS	DESCRIPCIÓN
L1 ; L-AN 123 R	Línea de alta endogamia formada de var. criolla del municipio de Concepción, Jal. con precocidad y tolerancia a sequía. 85-2-3-1-2-1-3-5-3-2-#-2-1-1-1-#-1-#.
L2 ; L-AN 447	Línea de 8 autofecundaciones, derivada de generaciones avanzadas del Híbrido AN-447 con características de amplia adaptabilidad.
L3 ; L-AN 360PV	Línea obtenida de la población enana denominada Pancho Villa, vigorosa y con hojas anchas. Pob360 F2-f3-3-2-5-4-#-2 -#-#.
L4 ; L-AN 130	Proviene de la F4 del H-507, cruzada con la población del Bajío denominada Celaya-2.
L5 ; L-AN 123	Línea obtenida de forma divergente y contrastada de var. criolla de Jal. de hojas pálidas y onduladas.
L6 ; L-AN 388R	Línea enana, con hojas anchas y succulentas generada a partir de la F3 del híbrido AN-388.
L7; L-B-32	La cual esta identificada con la genealogía H-353-245-6-10.
L8; L-B-39	Cuyo origen proviene de INIFAP-B39.
L9; L-B-40	Con origen de formación en INIFAP-B40.
L10; CML-319	Donde su origen se define en el pedigree desarrollado por CIMMYT. RecyW89(Cr.Arg/CIM.ShPINPH)6-3-2-4-B-B.

### **3.2. Ubicación geográfica del experimento**

El trabajo se realizó en el campo experimental de la UAAAN-UL en la ciudad de Torreón, en el estado de Coahuila, en La Comarca Lagunera, ubicada en el norte de México y localizada geográficamente entre los paralelos 24° 30' y 27° LN, 102° y 104° 40' LO, con una altura de 1150 msnm y un clima seco y caluroso.

### **3.3. Diseño y parcela experimental**

Se realizaron las 45 cruzas posibles directas  $P(P-1)/2$  de las diez líneas de acuerdo al diseño de apareamiento genético dialélico (Griffing 1956) método 4, utilizando 10 plantas de cada línea para obtener la semilla de las cruzas, y en el verano del año 2004 se llevó a cabo la evaluación de las mismas con un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, la parcela experimental fue de un surco de tres metros de largo y 0.70 m de ancho.

### **3.4. Siembra**

La siembra de la evaluación de la crusa se realizó el 21 de agosto de manera manual, en surcos de 3m de largo y 0.70m de ancho depositando 1 semilla cada 5cm aproximadamente el cual después del cultivo a los 30 días se

hizo un aclareo dejando 6 plantas por metro para obtener una población aproximada de 85,000 pl/ha<sup>-1</sup>.

### **3.5. Fertilización**

Se fertilizó con la formula 180N-100P-00K aplicando el 50% del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra y el resto del nitrógeno durante las demás etapas del cultivo.

### **3.6. Riego**

La aplicación del riego se realizo con cintilla, procurando mantener un buen nivel de humedad durante el ciclo vegetativo del cultivo.

### **3.7. Control de Plagas**

La principal plaga que se presentó al inicio del estado fenológico del cultivo fue el gusano cogollero (*Spodoptera*). El cual se controló con Decis con una dosis de 1L ha<sup>-1</sup>, además hubo ataque por pulga negra (*Chaetocnema pulicaria*) que se combatió utilizando Lorsban con dosis de 1L ha<sup>-1</sup>, las aplicaciones se realizaron de manera manual.

### 3.8. Control de maleza

El control de malezas se llevo a cabo con la aplicación de  $1\text{Lha}^{-1}$  de Primagram (atrazina) herbicida preemergente al momento de realizar el riego de nacencia, además se realizó un control fitosanitario completo durante todo el cultivo.

### 3.9. Cosecha

La cosecha se realizó cuando el grano se encontraba en estado lechoso masoso.

### 3.10. Variables evaluadas

Producción de forraje verde (PFV), se corto un metro lineal por surco de cada parcela enseguida se contó el numero de plantas cortadas, se peso la planta completa, estos pesos fueron tomados en kilogramos y después se trasformaron a  $\text{t ha}^{-1}$

$$\text{PFV} = \frac{\text{Ph} \times \text{Ds}}{\text{Np}}$$

Ph = Peso humedo de las plantas muestreadas

Ds = Densidad de siembra

Np = Numero de plantas muestreadas

Producción de materia seca (PMS), se tomo una muestra representativa de tres plantas y tres mazorcas las cuales fueron molidas y puestas en bolsas de papel previamente perforadas se peso 400gr de la muestra total, luego se metieron a la estufa de secado por 48hrs, a una temperatura de  $65^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Después de sacarlas de la estufa se tomo el peso de la materia seca (MS) obtenida, estimando su porcentaje y se expreso en  $\text{t ha}^{-1}$ . Para calcular la materia seca se utilizó la siguiente formula:

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

FS = Forraje seco en gramos.

400 = Muestra de forraje verde expresada en gramos.

100% = Peso total de la muestra expresada en porcentaje.

Altura de planta (AP), y altura de mazorca (AMZ), se midieron en centímetros, desde la base del tallo hasta la punta de la espiga y de la base del tallo hasta la inserción de la mazorca respectivamente.

Floración masculina (FM) y femenina (FF), en días, desde la siembra hasta la aparición del 50% de las espigas con polen y estigmas receptivos, respectivamente.

### 3.11. Análisis Estadístico

El análisis estadístico para las seis variables se realizó con el paquete SAS (SAS Institute, Inc.; SAS. B. 1988). El diseño utilizado en este experimento fue de bloques al azar con dos repeticiones. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$
$$i = 1, 2, \dots, t; j = 1, 2, \dots, r.$$

Donde:

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

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

### 3.12. Análisis Genético

El análisis de la aptitud combinatoria del material genético se hizo de acuerdo con el método 4 de los efectos fijos del dialélico de Griffing (1956), en el cual no se incluyen los progenitores ni las cruzas recíprocas y solo se consideran las  $P(P-1)/2$  cruzas  $F_1$ ; cuyo modelo estadístico es:  $Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + S_{ij} + e_{ijk}$ ; para  $i, j = 1, 2, \dots, p$  y  $K = 1, 2, \dots, r$ , en donde:  $Y_{ijk}$  = valor fenotípico observado de la cruce con los progenitores  $i, j$ , en el bloque  $k$ ;  $\mu$  = efecto promedio común de todas las observaciones;  $g_i, g_j$  = efecto de la Aptitud Combinatoria General (ACG) de los progenitores  $i$  y  $j$ ;  $S_{ij}$  = efectos de

la Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) de la cruza  $i j$ ;  $e i j k$  = efectos ambientales aleatorios correspondiente a una observación  $i, j, k$ .

### 3.12.1. Estimación de componentes de varianza

De los cuadrados medios del análisis de varianza se estimaron los componentes de varianza mediante las siguientes formulas.

- 1) Varianza aditiva: Es equivalente de dos veces la varianza de aptitud combinatoria general.

$$\sigma^2_{ACG} = \frac{1}{2} \sigma^2_A$$

$$\sigma^2_A = \sigma^2_{ACG} \times 2$$

En donde:  $\sigma^2_A$  = varianza aditiva.

$\sigma^2_{ACG}$  = Varianza de aptitud combinatoria general.

- 2) Varianza de dominancia: es el equivalente de la varianza de aptitud combinatoria específica.

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

En donde:  $\sigma^2_{ACE}$  = Varianza de aptitud combinatoria específica.

$\sigma^2_D$  = Varianza de dominancia.

- 3) Varianza genética.

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

4) Varianza de error.

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

5) Varianza fenotípica.

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

6) Heredabilidad en sentido estricto ( $h^2$ ).

$$h^2 = \sigma^2_A / \sigma^2_f \times 100$$

7) Heredabilidad en sentido amplio. ( $H^2$ ).

$$H^2 = \sigma^2_G / \sigma^2_f \times 100$$

8) Grado de dominancia (d).

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

### 3.12.2. Estimación de ACG Y ACE

Las aptitudes combinatorias se estimaron:

a) Ecuación de ACG

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

b) Ecuación de ACE

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

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

### 3.13. Cálculo de la densidad de plantas

Se aplicó la siguiente formula.

100m por lado = 1 ha

0.70m de ancho x surcos

6 plantas/m x 100m = 600plantas

$100/0.70 = 142.8 \times 600 \text{ plantas} = \underline{\underline{85,714 \text{ pl ha}^{-1}}}$

### 3.14. Cálculo de la diferencia mínima significativa (Dms)

La diferencia mínima significativa se obtuvo utilizando la siguiente formula.

$$DMS = t_{\alpha} \sqrt{\frac{2CME}{rP}}$$

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis de varianza

Los resultados del análisis de varianza se presenta en el Cuadro 4.1.1 en donde se pueden apreciar diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre genotipos, para la mayoría de las características evaluadas, solo días a floración femenina (FF), mostró diferencias significativas ( $p \leq 0.05 > 0.01$ ), este resultado es lógico debido al origen tan diverso de las líneas estudiadas, coincidiendo en lo encontrado por Gutiérrez *et al.* (2002), Antuna *et al.* (2003) y De la Cruz *et al.* (2003), pues en este estudio se incluyeron las líneas que fueron utilizadas por los dichos autores, además de 4 líneas de diferentes orígenes.

Para la fuente de variación repeticiones, la producción de forraje verde y la producción de materia seca, se observan diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ), mientras que días a floración masculina (FM) y femenina (FF) y altura de planta (AP) y de mazorca (AMZ), resultaron no significativas (ns). En experimentos de maíz con diseños de bloques completos al azar, coeficientes de variación de 10.3% y 14.4% como los que se obtuvieron para producción de forraje verde (PFV) y materia seca (PMS), son aceptables e indican que la conducción del trabajo de campo se realizó en forma eficiente, los CV del resto de las características van desde 2.94% hasta 7.11%, valores mas bajos que los

mostrados por el rendimiento de forraje verde (PFV) y la materia seca (PMS), ya que son caracteres menos complejos genéticamente. Los resultados de los análisis de varianza realizados con el método 4 de efectos fijos del dialélico de Griffing (1956), para las características evaluadas, mostraron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) para la Aptitud Combinatoria General (ACG) para todas las características, mientras que para al Aptitud Combinatoria específica (ACE), todas las variables, resultaron no significativas (ns). Los efectos de Aptitud combinatoria general (ACG) fueron mucho más grandes que los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE), contrario a lo reportado por De la Cruz et al. (2003) para rendimiento de grano y otros caracteres, en donde encuentra que las varianzas genética de tipo no aditivo fue mayor que la de tipo aditivo.

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

FV	GI	FM(D)	FF(D)	AP(cm)	Amz(cm)	PFV(t/ha)	PMS(t/ha)
Rep.	1	6.406ns	4.906ns	117.870ns	12.75ns	1886.43**	111.55**
Cruza	44	12.703**	10.551*	1771.72**	715.23**	462.42**	17.31**
ACG	9	47.974**	34.822**	7084.552**	2963.083**	1066.950**	51.244**
ACE	35	3.634ns	4.310ns	405.443ns	137.221ns	306.971ns	8.536ns
Error	44	3.33	5.604	387.99	83.18	186.98	8.18
Total	89						
CV. %		2.94	3.78	7.09	7.11	14.54	14.40
MEDIAS		12.70	10.55	1771.6	715.2	407.2	17.3

\*, \*\*, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de ( $p \leq 0.05$ ) y ( $p \leq 0.01$ ) respectivamente, ns = no significativo. FM = Floración masculina, FF= Floración femenina, (AP). Altura de planta, (Amz)= Altura de mazorca, (PFV) = Producción de forraje verde, (PMS) = Producción de materia seca.

En el Cuadro 4.1.2 se pueden apreciar los promedios de las seis características evaluadas de líneas de maíz, de acuerdo con el análisis genético y la diferencia mínima significativa (Dms) obtenida, se tiene que las mas sobresalientes en cuanto a producción de forraje verde (PFV), son el P7 con un valor de  $108.127 \text{ t ha}^{-1}$  y el P10 con  $100.333 \text{ t ha}^{-1}$ , lo cual nos indica que son mas eficientes y adaptables a la región, mientras que el P1 y el P6 fueron los que resultaron con los valores mas bajos.

En relación a la producción de materia seca (PMS) tenemos al P8 con un valor de  $22.122 \text{ t ha}^{-1}$  indicando que tiene alto rendimiento, realmente lo que muchas veces nos interesa es la materia seca y no el contenido de agua, seguido de los padres 7 y 10 con valores mayor a  $21 \text{ t ha}^{-1}$ , los que presentan valores mas bajos son P4 y el P6. También se puede observar que en altura de planta (AP) el que presento el mayor valor es el P9, seguido por los P7 y P2, mientras que para altura de mazorca el P7 fue el que obtuvo el valor mas elevado.

Para floración masculina (FM) y femenina (FF) el P1 fue el que resulto más precoz, mientras que el P7 fue el más tardío. El P7 fue la línea que obtuvo la mayor producción de forraje verde (PFV) y de las mas sobresalientes en producción de materia seca (PMS), también fue la de mayor altura de planta (AP) y de mazorca (AMZ) y la mas tardía en cuanto a (FM) y (FF), características que están muy correlacionadas aun cuando estas correlaciones

ya se han estado rompiendo al manejar genotipos mas bajitos con mayor resistencia al acame y a las densidades de población y mas precoces, como lo reporta Reta et al. (2002). También Rodríguez et al. (2000), comenta que la altura de planta influye en la producción de forraje verde y seco, y que se deberá buscar el tamaño adecuado a fin de mantener un equilibrio entre la producción de grano y el resto de la planta para no incrementar el contenido de fibras del forraje.

Cuadro 4.1.2 Comportamiento promedio de seis características evaluadas de las líneas de maíz forrajero. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

	FM(Días)	FF(Días)	AP(cm.)	Amz(cm.)	PFV(t/ha)	PMS(t/ha)
Padres	Media	Media	Media	Media	Media	Media
P1	58.5	59.4	259.6	114.9	85.322	18.766
P2	61.7	62.2	291.6*	136.9	96.366	20.783*
P3	61.3	62.5	274.0	128.4	90.144	18.361
P4	62.3	62.5	279.1	126.8	87.500	17.772
P5	62.1	62.6	257.7	120.9	91.178	19.338
P6	62.3	63.1*	243.4	107.0	86.123	17.900
P7	64.0*	64.5*	296.9*	150.0*	108.127*	21.338*
P8	62.6	63.2*	286.9*	135.2	98.188	22.122*
P9	61.0	62.0	298.8*	134.0	96.983	20.922*
P10	63.6*	63.4*	289.5*	127.8	100.333*	21.116*
Dms	62.91	63.02	286.4	144.24	99.36	20.32

FM = Floración masculina, FF = Floración femenina, AP = Altura de planta, Amz = Altura de mazorca, PFV = Producción de forraje verde, PMS = Producción de materia seca. Dms = Diferencia mínima significativa. \*

En el Cuadro 4.1.3 de acuerdo al análisis estadístico realizado con el paquete SAS (SAS Institute, Inc.; SAS. B. 1988). Se presentan los promedios de producción de forraje verde (PFV) y materia seca (PMS) y características agronómicas de las 45 cruzas de maíz evaluadas, observándose que para PMS, se tienen valores que oscilan de 25.85 t ha<sup>1</sup> y 20.8 t ha<sup>1</sup>, la mas rendidora es la cruz 5x7 seguida de la 7x8, todas forman parte del grupo mas sobresaliente siendo iguales estadísticamente entre si. En cuanto a la producción de forraje verde (PFV) encontramos valores desde 127 t ha<sup>1</sup> a 107.10 t ha<sup>1</sup>, la mas sobresaliente es la cruz 2x7 seguida de la 5x7, en esta característica son solo siete cruzas las que forman el grupo mas sobresaliente e iguales estadísticamente. Con lo que se puede afirmar que debido a la alta disponibilidad de radiación solar en la Región Lagunera durante el periodo libre de heladas, la productividad es alta. Resultados de investigación indican que es posible obtener un potencial de hasta 80 t ha<sup>-1</sup> de forraje fresco y 24 t ha<sup>-1</sup> de forraje seco (30 por ciento de materia seca), con un contenido de grano de 45 a 50 por ciento. (Reta *et al.*, 2001). En relación a la altura de mazorca (AMZ) y altura de planta (AP) se observan valores de 165cm a 109cm y 333cm a 264cm y por ultimo tenemos la floración femenina (FF) y la floración masculina (FM) con valores desde 65 a 57 días en ambas características.

Cuadro 4.1.3 Comparación múltiple de medias de rendimiento de forraje verde y seco y características agronómicas evaluadas de cruzas de maíz forrajero. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

CRUZAS	FM(Días)	FF(Días)	AP(cm.)	AMZ(cm.)	PFV(t/ha)	PMS(t/ha)
5x7	65.5 *	65.5 *	271	141	125.65*	25.85*
7x8	65.0	64.0	296*	153	117.85*	25.70*
2x8	61.0	61.0	308*	151	107.10*	24.65*
2x7	63.0	63.0	324 *	165*	127.05*	24.15*
6x10	64.0	64.5 *	264	114	105.35	23.90*
5x8	63.0	64.0	276	129	106.75	23.85*
8x9	62.0	63.0	320*	151	107.45*	22.80*
7x9	62.0	63.0	333*	153	118.20*	22.70*
9x10	64.0	63.0	311*	135	115.85*	22.45*
2x5	60.0	60.5	283	132	98.35	22.30*
8x10	64.0	64.5 *	302 *	138	107.10	22.30*
1x10	57.0	57.5	295*	119	97.30	22.10*
6x9	61.5	62.5	266	109	101.50	21.45*
2x10	64.5	64.5 *	303*	135	98.70	21.10*
3x9	60.0	63.0	302*	134	105.00	20.80*
Dms	65.33	64.23	293.8	157.1	107.29	20.09

FM = Floración masculina, FF = Floración femenina, AP = Altura de planta, Amz = Altura de mazorca, PFV = Producción de forraje verde, PMS = Producción de materia seca. Dms = Diferencia mínima significativa. \*,

## 4.2. Efectos de aptitud combinatoria general y específica

En el Cuadro numero 4.2.1 encontramos las estimaciones de ACG de los padres para las variables estudiadas observándose que para rendimiento de

forraje verde (PFV) y seco (PMS), los progenitores P8, P7, P10, P9 y P2, fueron los que obtuvieron los valores de ACG mas elevados.

Para floración, el P1 fue la más precoz (59 días) y por lo tanto mostró el más alto valor negativo de ACG mientras que las líneas P7 y P10 fueron las más tardías tanto para FM, como FF, con (64 días) encontrándose ambos progenitores como los que obtuvieron los valores mas altos de ACG para este carácter.

Para altura de planta (AP) los progenitores P9 y P7 obtienen los valores de ACG más altos y para altura de mazorca (AMZ) los valores más altos se obtuvieron con P7, en tanto que P6 fue la que presentó los valores negativos mas altos pues es una línea con el gen de enanismo Br2. Generalmente los materiales mas tardíos y los mas altos son los de mayor rendimiento, aunque esto puede ser modificado al utilizar genotipos que soporten mayores densidades de población (Reta, et al. 1999).

Cuadro 4.2.1 Efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) estimados en líneas de maíz para forraje, de seis características evaluadas. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

Padres	FM(Días)	FF(Días)	AP(cm.)	Amz(cm.)	PFV(t/ha)	PMS(t/ha)
P1	-3.912	-3.537	-20.387	-14.937	-9.792	-1.210
P2	-0.287	-0.350	15.550*	9.812**	2.632	1.058
P3	-0.725	-0.037	-4.262	0.250	-4.367	-1.666
P4	0.462	-0.100	1.487	-1.562	-7.342	-2.328
P5	0.212	0.087	-22.512	-8.187	-3.203	-0.566
P6	0.400	0.650	-38.637	-23.875	-8.891	-2.185
P7	2.337**	2.150*	21.550**	24.562**	15.863**	1.683
P8	0.775	0.775	10.300	7.875*	4.682	2.565*
P9	-1.100	-0.600	23.737**	6.500	3.326	1.215
P10	1.837*	0.962	13.175	-0.437	7.094	1.433
Dms						
0.05	1.28	1.67	14.02	6.51	9.77	2.12
0.01	1.85	2.40	20.05	9.36	14.04	3.05

FM = Floración masculina, FF = Floración femenina, AP = Altura de planta, Amz = Altura de mazorca, PFV = Producción de forraje verde, PMS = Producción de materia seca.

Dms = Diferencia mínima significativa. \*, \*\*, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de ( $p \leq 0.05$ ) y ( $p \leq 0.01$ ).

En el Cuadro 4.2.2 se presentan los valores de la aptitud combinatoria específica (ACE), observándose que para la producción de materia seca (PMS) la mejores cruzas son 5x7, 6x10 y 6x9 con valores de 4.89, 4.80 y 2.57 respectivamente; para producción de forraje verde (PFV) se observa que las cruzas 5x7, y 2x7, tuvieron los mayores valores con 18.96 y 14.52 respectivamente.

En cuanto a la altura de mazorca (AMZ), los mayores efectos de ACE los encontramos en la cruce 6x10, con un valor de 10.59. En relación con la altura de planta (AP) tenemos a la cruce 1x10, fue la que obtuvo el valor mas elevado con 24.423, en cuanto a la floración femenina (FF) y floración masculina (FM) las cruces 9x10 y 2x10 son las que obtuvieron los valores mas elevados con 1.284 y 1.298 respectivamente.

Las líneas P8, P10 y P7 son las que mas intervienen en las cruces más sobresalientes, correspondiendo a las líneas con valores más altos de ACG, coincidiendo esto con lo reportado por Altuna (2003) y De la Cruz (2003).

Cuadro 4.2.2 Efectos de Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) estimados en líneas de maíz para forraje, de seis características evaluadas. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

CRUZAS	FM	FF	AP	AMZ	PFV	PMS
5x7	0.972	0.673	-5.826	-3.097	18.96**	4.890**
7x8	-0.090	-1.513	-13.138	-7.159	3.27	1.609
2x8	-1.465	-2.013	4.361	5.590	5.75	1.184
2x7	-1.027	-1.388	9.111	2.902	14.52**	1.565
6x10	-0.215	0.298	12.173	10.590**	13.11**	4.809**
5x8	0.034	0.548	10.423	1.090	11.24*	2.009*
8x9	0.347	0.236	8.673	8.902**	-44.58	-0.822
7x9	-1.215	-1.138	10.423	-5.784	4.98	-0.040
9x10	1.284*	0.048	-3.201	1.215	11.40*	-0.040
2x5	-1.902	-1.826	12.173	2.652	4.89	1.965*
8x10	-0.590	0.173	1.236	2.340	1.29	-1.540
1x10	-2.902	-2.513	24.423**	6.652*	5.97	2.034*
6x9	0.222	-0.138	3.111	-1.347	13.03**	2.577**
2x10	0.972	1.298	-3.013	-2.597	-5.05	-1.234
3x9	-0.152	1.048	5.236	-0.972	12.01**	1.409*
Dms						
0.05	1.15	1.50	12.59	5.85	8.77	1.83
0.01	1.55	2.01	16.90	7.85	11.78	2.46

FM = Floración masculina, FF = Floración femenina, AP = Altura de planta, Amz = Altura de mazorca, PFV = Producción de forraje verde, PMS = Producción de materia seca. Dms = Diferencia mínima significativa. \*, \*\*, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de ( $p \leq 0.05$ ) y ( $p \leq 0.01$ ).

#### 4.4. Correlación de componentes de varianza

En el Cuadro 4.4.1 Se presentan los componentes de varianza de las características evaluadas. La acción genética que predominó en las líneas progenitoras y su progenie fue la varianza de tipo aditiva sobre la varianza de dominancia con valores bastante altos, de acuerdo a lo establecido por Márquez (1998). Define el término de aptitud combinatoria como la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, dicha capacidad medida por medio de su progenie. Sin embargo, la aptitud combinatoria debe de determinarse no en un solo individuo de la población si no en varios, a fin de poder realizar selección de aquellos que exhiban la mas alta.

En cuanto a la varianza genotípica y fenotípica encontramos valores altos que son debidos ala varianza aditiva. De acuerdo con Chávez (1995). Los valores obtenidos tanto para heredabilidad en sentido estricto y sentido amplio son altos, el grado de dominancia muestra valores entre 0.165 y 0.925 lo que nos indica dominancia parcial que es la clasificación presentada por Falconer (1985). Por tanto existe una fuerte relación entre la varianza genética total y la varianza fenotípica, y entre la varianza aditiva y la varianza fenotípica.

Cuadro 4.4.1 Componentes de varianza de las seis variables agronómicas de maíz evaluadas en la UAAAN-UL Torreón, Coahuila. 2004

Variables	$\Sigma^2_A$	$\sigma^2_D$	$\sigma^2_G$	$\sigma^2_e$	$\sigma^2_f$	$h^2$	$H^2$	$d^2$
FM	11.084	0.151	11.235	3.33	14.565	76.10	77.13	0.165
FF	7.626	0.646	8.272	83.18	91.452	8.33	9.045	0.411
PFV	78.4	33.59	111.99	8.17	120.16	65.24	93.20	0.925
PMS	10.676	0.178	10.854	186.98	197.834	5.39	5.48	0.182
AP	1669.77	8.727	1678.49	5.604	1684.09	99.149	99.66	0.102
Amz	189.99	59.992	249.98	387.99	636.97	29.82	39.08	0.794

$\sigma^2_A$  = Varianza aditiva,  $\sigma^2_D$  = Varianza de dominancia,  $\sigma^2_G$  = Varianza genética,  $\sigma^2_e$  = varianza de error,  $\sigma^2_f$  = Varianza fenotípica,  $h^2$  = Heredabilidad en sentido estricto,  $H^2$  = Heredabilidad en sentido amplio,  $d^2$  = Grado de dominancia. FM = Floración masculina, FF= Floración femenina, (AP). Altura de planta, (Amz)= Altura de mazorca, (PFV)= producción de forraje verde, (PMS) = producción de materia seca.

#### 4.5. Correlación entre varianzas

En el Cuadro 4.5.1 se aprecian las correlaciones entre los coeficientes de correlación de varianza, observamos que la más importante es la varianza aditiva relacionándose de manera altamente significativa con la varianza genética y fenotípica y que estas representan casi el 100% de la varianza aditiva. Tenemos también una correlación altamente significativa entre la heredabilidad en sentido amplio y estricto los cuales representan también el 100% de las varianzas genética y fenotípica., enseguida tenemos una relación significativa entre varianza de dominancia y grado de dominancia en todas las demás fueron no significativas.

Cuadro 4.5.1 Coeficientes de correlaciones de varianzas.

	$\sigma^2_A$	$\sigma^2_D$	$\sigma^2_G$	$\sigma^2_e$	$\sigma^2_f$	$h^2$	$H^2$	$d^2$
$\sigma^2_A$	1	-0.06465ns	0.99933**	-0.26761ns	0.96672**	0.66089ns	0.54952ns	-0.38326ns
$\sigma^2_D$		1	-0.02801ns	0.64241ns	0.12435ns	-0.00544ns	0.15406ns	0.82197*
$\sigma^2_G$			1	-0.24467ns	0.97289**	0.66193ns	0.55629ns	0.35358ns
$\sigma^2_e$				1	-0.01378ns	-0.59011ns	-0.56049ns	0.35316ns
$\sigma^2_f$					1	0.54186ns	0.43998ns	-0.28039ns
$h^2$						1	0.96567**	-0.16235ns
$H^2$							1	0.07828ns
$d^2$								1

$\sigma^2_A$ = varianza aditiva,  $\sigma^2_D$ = Varianza de dominancia,  $\sigma^2_G$ = Varianza genética,  $\sigma^2_e$ = Varianza fenotípica,  $\sigma^2_f$ = Varianza fenotípica,  $h^2$ = Heredabilidad en sentido estricto,  $H^2$ = Heredabilidad en sentido amplio,  $d^2$ = Grado de dominancia.

## V. CONCLUSIONES

- Las líneas mas sobresalientes fueron LB-32, LB-39 y AN-447 pues participan en los más altos rendimientos de producción de forraje.
- Para los efectos de ACG, en producción de materia seca y altura de planta la línea INIFAP-B40 fue la que resulto significativo en comparación a todas las demás líneas y no significativo en todas las demás características por lo que se rechaza la hipótesis nula dos ( $H_02$ ).
- Para los efectos de aptitud combinatoria especifica (ACE) todas las cruzas obtuvieron valores diferentes contrario a la hipótesis nula dos ( $H_02$ ) por lo que es rechazada.
- Las mejores cruzas por su alto rendimiento son; INIFAP X AN 447, la B-32 x B-39 y AN 447 X B32, obteniéndose de 24 a 25  $\text{ton ha}^{-1}$  de materia seca y de 107 a 127  $\text{ton}^{-1}$  de forraje verde
- Las líneas progenitoras y su progenie híbrida en varianza aditiva mostró un valor mucho más alto de (7.626 hasta 1669) sobre varianza de dominancia en las seis características evaluadas, expresando dominancia parcial.

## VI. RESUMÉN

En este experimento se evaluó el comportamiento agronómico de 45 cruzas originadas de 10 líneas de maíz seis de las cuales provienen del programa de mejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad laguna, 3 son de reciente incorporación y una de CIMMYT. Esto con la finalidad de seleccionar aquellos genotipos mas sobresalientes en cuanto a producción de forraje para la región de la comarca lagunera y que además contengan las características requeridas por la demanda de los productores.

El desarrollo del experimento se llevo acabo en el campo experimental de la UAAAN-UL, en el cual se estableció la parcela de bloques al azar con dos repeticiones en surcos de 3m y 0.70m de ancho se realizo la siembra con distanciamiento entre planta de 16-17cm. Una vez que las plantas estaban listas para la polinización se llevaron acabo las cruzas entre líneas.

Las variables que se evaluaron son; Producción de forraje verde (PFV), Producción de materia seca (PMS), Floración femenina (FF), Floración Masculina (FM), Altura de planta (AP), Altura de mazorca (Amz), posteriormente se realizó un análisis estadístico para las seis variables con el paquete SAS (SAS Institute, Inc.; SAS. B. 1988). Y luego un análisis genético se hizo de acuerdo con el método 4 de los efectos fijos del dialélico de Griffing (1956), para

estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE).

Las líneas más sobresalientes en cuanto a producción de forraje verde, son el P7 con un valor de 108.127 t ha<sup>-1</sup> y el P10 con 100.333 t ha<sup>-1</sup>. En relación a la producción de materia seca (PMS) tenemos al P8 con un valor de 22.122 t ha<sup>-1</sup> y seguido de los padres 7 y 10 con un valor mayores de 21 t ha<sup>-1</sup>. El P7 fue la línea que obtuvo la mayor producción de forraje verde (PFV) y de las mas sobresalientes en producción de materia seca (PMS), también fue la de mayor altura de planta (APL) y de mazorca (AMZ) y la mas tardía en cuanto a (FM) y (FF).

En las cruzas para PMS se tienen valores que oscilan de 25.85 t ha<sup>-1</sup> y 20.8 t ha<sup>-1</sup>, la mas rendidora es la cruza 5x7 seguida de la 7x8, en cuanto a la producción de forraje verde (PFV) encontramos valores desde 127 t ha<sup>-1</sup> a 107.10 t ha<sup>-1</sup>, la mas sobresaliente es la cruza 2x7 seguida de la 5x7.

En relación a la altura de mazorca (AMZ) y altura de planta (AP) se encontraron valores de 165cm a 109cm y 333cm a 264cm y por ultimo tenemos la floración femenina (FF) y la floración masculina (FM) con valores desde 65 a 57 días en ambas características.

## VII. BIBLIOGRAFIA

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

Brauer, H. O. 1983. Fitogenética Aplicada. Editorial ELSA. México. 518 p.

Chávez A. J. L. y López E. 1995. Mejoramiento de planta I. Editorial Trillas. México. P. 167.

Córdova, H. S. , S. K. Vasal, 1996. Estrategias en el desarrollo y mejoramiento del germoplasma del maíz orientado a la agricultura sustentable.

Christie, B. R. and V. I. Shattuck. 1992. The diallel cross: Design, analysis, and use for plant breeding. Plant Breeding Reviews 9:9-35.

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

Dudley, j.w. and R.H. Moll. 1969. Interpretation and Use of Estimates of Heritability and Genetic Variances in plant Breeding. Crop Science 257 – 262 p.

Gardner C. O. and S. A. Eberhart. 1986. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics*. 22: 440-452.

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.

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

Gutiérrez del R. E., A. Palomo G., A. Espinoza B. E. de la Cruz L. 2002. Aptitud Combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. *Rev. Fitotec. Méx.* 25 (3): 271-277.

Jugenheimer, R.W. 1985. *Corn improvement, seed production and uses*. Malabar, FL, USA, Robert E. Krieger Publishing.

Márquez S. F. 1988. *Genotecnia vegetal*. Tomo II. Primera edición. Editorial AGTESA. México. P 563.

Martínez G. A. 1983. *Diseños y análisis de experimentos de cruas dialélicas*. Segunda edición. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. P 252.

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 para ensilaje, en: componentes tecnológicos para la producción de ensilado para maíz y sorgo. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-CELALA. p. 2-6.

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

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

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

Peña RA. González CF, Núñez HG, Jiménez G.C. 2004. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. Rev. Fitotec. Méx. 27 (Núm. Especial 1):1-6p

Pinter L. Z. Alfoldi, Z. Burucs, E. Paldi 1994. Feed value of forage maize hybrids varying in tolerance to plant density. *Agro. J.* 1997. White tailed deer food habits in northeastern México, *small Rumin, Res.*, 25:142-148.

Poehlman J. M. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas. Primera edición. Editorial LIMUSA. México. P 453.

Ramírez, R. G., Quintanilla González, J. B. Aranda J. 1997. White-tailed deer food habits in northeastern México. *small Rumin. Res.*, 25:142-148.

Reta, S, D. G., J. S. Carrillo, A. Gaytán M., E. Castro M., J. A. Cueto W. 2002. Guía Para cultivar maíz forrajero en surcos estrechos. INIFAP, CIRNOC, CAELALA. Matamoros, Coahuila, México.

Reyes C. P. 1985. Diseños de experimentos aplicados. Cuarta reimpresión. Editorial Trillas. México. P 125.

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

Silva S. R., 1999. Heredabilidad y correlaciones fenotípicas en líneas avanzadas de trigo. XVII Congreso Nacional SOMEFI. Sociedad Mexicana de Fitogenética 2002. 246 p.

Vergara N., A. Ramírez, M. Sierra y H. Córdoba. 2002. Comportamiento 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. Republica Dominicana. 52 p.

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

## VIII. APENDICE

Esquema de las combinaciones posibles de cruzamientos dialélicos entre los 10 progenitores UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

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

P\*= progenitores.

Cuadro1 Análisis de varianza de un diseño experimental de bloques completos al azar UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

FV	gl	FM	FF	AP	Amz	PFV	PMS
Trat.	44	12.703**	10.55*	1771.72**	715.23**	407.27**	17.31**
Rep.	1	6.400ns	4.90ns	117.87ns	12.84ns	2912.48**	111.55**
Error	44	3.33	5.60	387.99	83.18	96.16	8.17
Total	89						
C.V. %		2.94	3.78	7.09	7.11	10.30	14.40
Media		61.97	62.58	277.78	128.22	95.13	19.84

\*, \*\*, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de ( $p \leq 0.05$ ) y ( $p \leq 0.01$ ) respectivamente, ns = no significativo. FM = Floración masculina, FF= Floración femenina, (AP). Altura de planta, (Amz)= Altura de mazorca, (PFV) = Producción de forraje verde, (PMS) = Producción de materia seca.

Cuadro 4.3 Comparación múltiple de medias de rendimiento de forraje verde y seco y características agronómicas evaluadas de cruzas de maíz forrajero. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

CRUZAS	FM	FF	AP	AMZ	PFV	PMS
5x7	65.5 *	65.5 *	271	141	125.65 *	25.85 *
7x8	65.0	64.0	296 *	153	117.85 *	25.70 *
2x8	61.0	61.0	308 *	151	107.10	24.65 *
2x7	63.0	63.0	324 *	165 *	127.05 *	24.15 *
6x10	64.0	64.5 *	264	114	105.35	23.90 *
5x8	63.0	64.0	276	129	106.75	23.85 *
8x9	62.0	63.0	320 *	151	107.45 *	22.80 *
7x9	62.0	63.0	333 *	153	118.20 *	22.70 *
9x10	64.0	63.0	311 *	135	115.85 *	22.45 *
2x5	60.0	60.5	283	132	98.35	22.30 *
8x10	64.0	64.5 *	302 *	138	107.10	22.30 *
1x10	57.0	57.5	295 *	119	97.30	22.10 *
6x9	61.5	62.5	266	109	101.50	21.45 *
2x10	64.5	64.5 *	303	135	98.70	21.10 *
3x9	60.0	63.0	302	134	105.00	20.80 *
4x8	63.0	64.0	287	129	109.20*	20.80 *
1x9	57.0	58.5	277	122	99.40	20.70 *
7x10	69.0 *	69.0 *	296*	151	103.95	20.70 *
2x9	60.5	62.0	315	151	98.35	20.65 *
6x8	63.5	64.5 *	263	113	92.05	20.15 *
3x10	61.5	61.0	289	130	89.25	20.00
2x3	60.5	62.5	292	141	91.35	19.95
2x4	61.0	61.0	310	133	92.05	19.85
1x8	58.5	60.0	266	126	95.90	19.80
1x7	59.0	59.0	282	131	95.89	19.45

3x8	64.0	64.5 *	263	125	90.30	19.05
5x10	63.5	63.0	264	112	91.00	19.05
1x4	59.0	59.0	251	124	78.75	18.60
5x9	60.0	61.0	287	129	85.05	18.50
4x10	65.0	64.0	279	114	94.50	18.45
1x2	61.0	61.0	269	120	73.50	18.40
4x9	62.0	62.5	276	119	92.05	18.25
3x4	60.5	61.0	289	131	93.80	18.10
3x7	63.0	65.0 *	309	175 *	102.55	18.00
6x7	64.5	66.5 *	264	128	92.05	17.95
1x3	58.0	60.0	234	106	75.60	17.90
4x7	65.5 *	65.5 *	295	150	89.95	17.55
5x6	62.0	62.0	190	102	82.46	17.20
1x6	58.0	59.0	225	86	75.95	16.25
2x6	64.0	65.0 *	219	101	80.85	16.00
4x5	63.5	63.0	263	132	74.55	15.90
3x6	61.5	62.0	237	102	82.25	15.75
1x5	59.0	61.0	236	100	75.60	15.70
3x5	63.0	64.0	248	110	81.20	15.70
4x6	62.0	62.5	260	106	62.65	12.45
Dms	65.33	64.23	293.8	157.1	107.29	20.09

FM = Floración masculina, FF = Floración femenina, AP = Altura de planta, Amz = Altura de mazorca, PFV = Producción de forraje verde, PMS = Producción de materia seca. Dms = Diferencia mínima significativa. \*,

Cuadro 4.5 Efectos de Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) estimados en líneas de maíz. Para forraje, de seis características evaluadas. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

CRUZAS	FM	FF	AP	AMZ	PFV	PMS
1x2	3.222**	2.298**	-3.951	-2.597	-13.366	-1.290
1x3	0.659	0.986	-19.138	-7.534	-4.266	0.934
1x4	0.472	0.048	-7.388	12.277**	1.85	2.296*
1x5	0.722	1.861*	1.111	-5.097	-5.43	-2.365
1x6	-0.465	-0.701	6.736	-3.909	0.60	-0.197
1x7	-1.402	-2.201	3.548	-6.847	-4.19	-0.865
1x8	-0.340	0.173	-1.701	4.840	6.98	-1.397
1x9	0.034	0.048	-3.638	2.215	11.83**	0.852
1x10	-2.902	-2.513	24.423**	6.652*	5.97	2.034*
2x3	-0.465	0.298	3.423	3.215	-0.94	0.715
2x4	-1.152	-1.138	15.673*	-2.972	2.73	1.277
2x5	-1.902	-1.826	12.173	2.652	4.89	1.965*
2x6	1.909**	2.111**	-35.701	-13.159	-6.91	-2.715
2x7	-1.027	-1.388	9.111	2.902	14.52**	1.565
2x8	-1.465	-2.013	4.361	5.590	5.75	1.184
2x9	-0.090	0.361	-2.076	6.965*	-1.63	-1.465
2x10	0.972	1.298	-3.013	-2.597	-5.05	-1.234
3x4	-1.215	-1.451	13.986*	4.590	11.48*	2.252*
3x5	1.534*	1.361	-2.513	-10.284	-5.25	-1.909
3x6	-0.152	-1.201	2.611	-2.097	1.48	-0.240
3x7	-0.590	0.298	14.423*	22.465**	-2.97	-1.859
3x8	1.972**	1.173	-20.826	-11.347	-4.04	-1.690
3x9	-0.152	1.048	5.236	-0.972	12.01**	1.409
3x10	-1.590	-2.513	2.798	1.965	-7.50	0.390
4x5	0.847	0.423	6.736	14.027**	-8.93	-1.047

4x6	-0.840	-0.638	19.861**	3.715	-15.14	-2.878
4x7	0.722	0.861	-5.826	-0.722	-12.59	-1.647
4x8	-0.215	0.736	-2.576	-5.534	17.83**	0.721
4x9	0.659	0.611	-27.013	-13.659	2.03	-0.478
4x10	0.722	0.548	-13.451	-11.722	0.72	-0.497
5x6	-0.590	-1.326	-26.138	5.840	0.52	0.109
5x7	0.972	0.673	-5.826	-3.097	18.96**	4.890**
5x8	0.034	0.548	10.423	1.090	11.24*	2.009*
5x9	-1.090	-1.076	8.486	2.465	-9.09	-1.990
5x10	-0.527	-0.638	-4.451	-7.597	-6.91	-1.659
6x7	-0.215	1.111	3.798	-0.909	-8.84	-1.390
6x8	0.347	0.486	13.548*	1.277	2.23	-0.072
6x9	0.222	-0.138	3.111	-1.347	13.03**	2.577**
6x10	-0.215	0.298	12.173	10.590**	13.11**	4.809**
7x8	-0.090	-1.513	-13.138	-7.159	3.27	1.609
7x9	-1.215	-1.138	10.423	-5.784	4.98	-0.040
7x10	2.847**	3.298**	-16.513	-0.847	-13.03	-2.259
8x9	0.347	0.236	8.673	8.902**	-44.58	-0.822
8x10	-0.590	0.173	1.236	2.340	1.29	-1.540
9x10	1.284*	0.048	-3.201	1.215	11.40*	-0.040
Dms						
0.05	1.15	1.50	12.59	5.85	8.77	1.83
0.01	1.55	2.01	16.90	7.85	11.78	2.46

FM = Floración masculina, FF = Floración femenina, AP = Altura de planta, Amz = Altura de mazorca, PFV = Producción de forraje verde, PMS = Producción de materia seca. Dms = Diferencia mínima significativa. \*, \*\*, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de ( $p \leq 0.05$ ) y ( $p \leq 0.01$ ).