

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA DIVISIÓN DE CARRERAS

AGRONÓMICAS



**ESTIMACIÓN DE ACG, ACE Y COMPONENTES
GENÉTICOS EN MAÍZ PARA FORRAJE.**

POR

SALVADOR BARRETO MARIN

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA., MEXICO

MARZO 2007

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICA

TESIS DEL C. SALVADOR BARRETO **MARIN** ELABORADA BAJO LA SUPERVISION DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

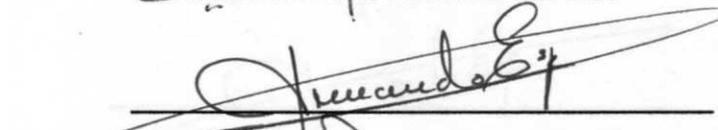
APROBADA POR:

Asesor principal



 Dr. Emiliano Gutiérrez del Río

Asesor:



 Dr. Armando Espinosa Banda

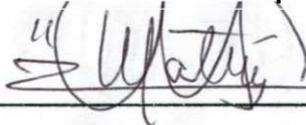
Asesor:

Asesor:

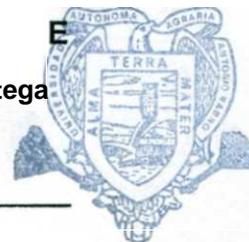
Dr. Raúl Wong Romero Gi

COORDINADOR DE LA DIVISION D

CARRERAS AGRONÓMICAS



M.E. Víctor Martínez Cueto



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREON COAHILA., MEXICO

MARZO 2007

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

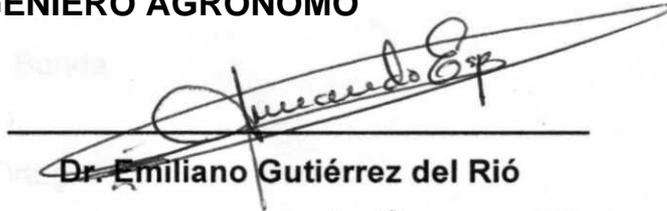
UNIDAD LAGUNA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICA

TESIS DEL C. SALVADOR BARRETO **MARIN** ELABORADA BAJO LA SUPERVISION DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

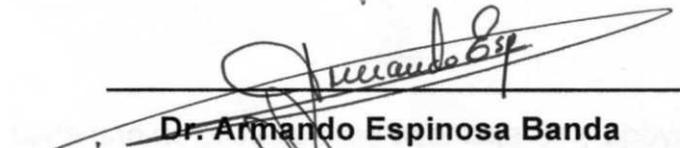
INGENIERO AGRONOMO

COMITE Particular:

Presidente:


Dr. Emiliano Gutiérrez del Río

Vocal:


Dr. Armando Espinosa Banda

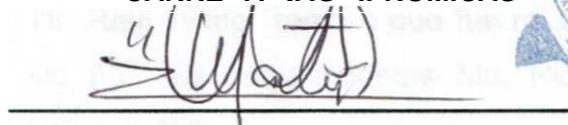
Vocal:


Dr. Raúl Wong Romero Me. J.

Vocal:

Guadalupe Luna Ortega

COORDINADOR DE LA DIVISION DE
CARRERAS AGRONÓMICAS



M.E. Víctor Martínez Cueto ,,,,

coordinación de la División
de Carreras Agronómicas



TORREON COAHILA., MEXICO

MARZO 2007

JA dios creador de todo lo existente por darme la oportunidad de haberme permitido culminar satisfactoriamente mis estudios.

JA mi **ALMA MATER** por permitirme estudiar una carrera y ser parte de ella.

JAMIS ASESORES:

Dr. Emiliano Gutiérrez del Río. *Dr.*

Armando Espinoza Banda. Dr. Raúl Wong

Romeo. Me. Guadalupe Luna Ortega.

Le agradezco a cada uno de ellos que me aconsejaron y apoyaron en la asesoría de mi tesis y adquirir nuevos conocimientos.

A mis compañeros de grupo: Gabriela, Juan Carlos, Jorge, Israel, José Luís, Enrique, Héctor, Víctor, Fernando, Neftalí, por compartir con ellos momentos felices durante mi carrera.

JA todos los maestros de la institución que me ilustraron sus conocimientos, Dr. Raúl Wong Romero que fue mi asesor, al Emiliano Gutiérrez del Río por sus conocimientos Me. Ricardo Cobarrubías Castro por el apoyo brindado.

JA mis padres:

Sr. Martín A. Barreto Rivera.

Sra. Dalila Marín Velásquez.

(Por sus consejos y eígran esfuerzo que han hecho para terminar mi carrera, (gracias por apoyarme en (os momentos más difi'cites y jeñees de mí vida. .

JA mi hijo Alan:

(por ser (o más importante e inspiración en Ca vida diaria para seguir adeCante.

J^mis hermanos:

Ignacio, 'Eduardo, Jesús, I. Azucena (Por et apoyo y motivación, fuente de inspiración para Ca realización de mis metas.

JZLRita:

Quien con su amor y cariño esta a mi Codo, escuchándome y comprendiéndome en Cos momentos difíciiks que pasamos.

JA mis abuelos, tíos, sobrinos, cuñadas (o), amigos:

A todos y cada uno de eCCos (es doy gracias por su confianza y amistad.

| | |
|--|--------|
| INDICE DE CONTENIDO | Página |
| INDICE DE CUADROS | VIII |
| I. INTRODUCCION..... | 1 |
| II. LITERATURA REVISADA..... | 5 |
| 2.1 El maíz como forraje | 5 |
| 2.2 Materia seca | 7 |
| 2.3 Híbrido | 7 |
| 2.4 Cruzas dialelicas..... | 9 |
| 2.5 Diseño dialelico..... | 10 |
| 2.6 Aptitud combinatoria | 12 |
| 2.6.1 Aptitud combinatoria general..... | 13 |
| 2.6.2 Aptitud combinatoria especifica..... | 14 |
| 2.7 Heredabilidad..... | 14 |
| III. MATERIALES Y METODOS | 17 |
| 3.1 Localización geográfica de Torreón Coah..... | 17 |
| 3.2 Material genético | 18 |
| 3.3 Manejo agronómico | 18 |
| 3.3.1 siembra..... | 18 |
| 3.3.2 Fertilización | 19 |
| 3.3.3 Riego | 19 |
| 3.3.4 Control de plagas | 19 |
| 3.3.5 Control de maleza | 20 |
| 3.4 Variables evaluadas | 20 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 3.5 | Diseño y parcela experimental..... | 20 |
| 3.6 | Análisis estadístico..... | 21 |
| 3.7 | Análisis genético | 21 |
| 3.8 | Aptitud combinatoria | 22 |
| 3.9 | Componentes de varianza | 23 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIONES | 25 |
| 4.1 | Análisis estadístico | 25 |
| 4.2 | Comparación de medias de 10 progenitores de las características evaluadas | 26 |
| 4.3 | Efectos de aptitud combinatoria general | 28 |
| 4.4 | Comparación de medias de las cruzas | 30 |
| 4.5 | Efectos de aptitud combinatoria específica | 31 |
| 4.6 | Correlaciones | 33 |
| 4.7 | Componentes de varianza..... | 35 |
| 4.8 | Correlación de los componentes de varianza | 37 |
| V. | CONCLUSIONES..... | 39 |
| VI. | RESUMEN..... | 42 |
| VII. | BILIOGRAFIA | 44 |
| VIII. | APENDICE | 49 |

INDICE DE CUADROS

| Número de cuadro | Página. |
|--|-----------|
| Material genético..... | 18 |
| 4.1.1 Cuadrados medios del análisis de varianza dialélico método 4 de Griffing de ocho características de maíz para forraje. UAAAN UL. Torreón Coahuila.2004..... | 26 |
| 4.2.1 Comportamiento promedio de ocho características evaluadas de las líneas de maíz para forraje. UAAAN UL. Torreón Coahuila.2004..... | 28 |
| 4.3.1 Efectos de aptitud combinatoria general ACG estimados en líneas de maíz para forraje, de ocho características evaluadas. . UAAAN UL. Torreón, Coahuila.2004 | 29 |
| 4.4.1 Comparación múltiple de medias de rendimiento de forraje y características agronómicas evaluadas de cruza de maíz para forraje. UAAAN UL. Torreón, Coahuila.2004 | 31 |
| 4.5.1 Efecto de aptitud combinatoria específica ACE estimados en líneas de maíz para forraje, de ocho características evaluadas. UAAAN UL Torreón, Coahuila.2004 | 33 |
| 4.6.1 Correlación fenotípica para ocho variables agronómicas evaluadas | 35 |
| 4.7.1 Componentes de varianza de ocho variables agronómicas en maíz, evaluadas en el ciclo de verano. UAAAN UL, 2004 | 36 |
| 4.8.1 Correlación de los componentes de varianza en maíz..... | 38 |

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz en México tiene una importancia de tipo ancestral y social ya que es un cultivo de origen mexicano, y por ende el 80 por ciento de sus pobladores basan su dieta alimenticia en este cereal, de tal manera que los agricultores siembran el maíz con el propósito de asegurar el complemento alimenticio de su familia, además es uno de los cereales mas importantes del mundo, ya que se suministra elementos nutritivos importantes a seres humanos y animales (FAO, 1993).

El maíz a nivel mundial, especialmente en los países industrializados, es empleado básicamente como materia prima en muchos procesos industriales, obteniéndose de este no solo productos comestibles sino también una amplia gama de subproductos que van desde almidones hasta ácidos químicos y combustibles.

En los últimos años se a incrementado el uso de forraje de maíz para la alimentación animal, principalmente en aquellas regiones consideradas como cuencas lecheras y de engorda. La disponibilidad de forraje es la fuente más económica para la alimentación del ganado. Para elegir un cereal destinado a la producción de forraje, debe basarse en su capacidad de adaptación al medio local, productividad, beneficio para el ganado y su valor nutritivo. De ahí que el maíz forrajero sea uno de los

materiales vegetativos de fácil acceso con los que se alimenta el ganado, pues este material incluye heno o ensilado.

En la Comarca Lagunera se siembran aproximadamente 60,000 hectáreas de maíz para grano y forraje, el maíz forrajero ocupa un lugar importante dentro del patrón de cultivos por el alto rendimiento energético que aporta en las raciones del ganado bovino lechero.

El maíz se ha seleccionado como un forraje de importancia, pues se considera una planta de alta producción, energético y palatable. Estudios indican que el maíz es viable cuando en promedio produce 6 t ha^{-1} de grano y superen las 45 t ha^{-1} de forraje verde con manejo óptimo (FIRA 1993), sin embargo, el potencial productivo del maíz en esta región es superior debido a la alta radiación solar durante el período libre de heladas (Núñez et al., 1999) y es posible obtener hasta 80 t ha^{-1} de forraje fresco y 24 t ha^{-1} de forraje seco (30% de materia seca), con un contenido de grano de 45-50% (Reta et al., 2001). La falta de híbridos para la Comarca Lagunera, representa un problema actual, pues no existe un programa de mejoramiento permanente en esta región, donde predominan híbridos introducidos y, en general se utilizan para producción de grano. Los estudios sobre el conocimiento de la acción génica que controla los caracteres de interés económico, es básico en un programa de mejoramiento para lograr avances reales.

Clark et al., (2002), Mencionan que ganado lechero alimentado con híbridos de maíz seleccionados para forraje, rindieron mas leche, con mayor contenido de proteína y que el consumo de materia seca fue mayor que el alimentado con maíz normal, por tanto, es necesario implementar programas de formación y producción de híbridos de maíz forrajero a corto plazo que cumplan con las expectativas de calidad, producción y adaptación para el norte de México en donde se encuentra ubicada La Comarca Lagunera.

En nuestro país actualmente en diferentes instituciones se llevan a cabo programas de mejoramiento, ya que las variedades de híbridos de maíz que se explotan comercialmente presentan un comportamiento muy distinto cuando se siembran en diferentes regiones. Parte del mejoramiento genético se enfoca hacia la generación de materiales mejorados de maíz de amplia adaptabilidad por lo que los híbridos varietales juegan un papel muy importante. El mejoramiento del maíz como en todas las especies cultivadas, es un proceso continuo por lo que surgen nuevos métodos y técnicas para la formación de variedades e híbridos para uso comercial.

La investigación de maíz forrajero se ha enfocado a incrementar la producción y el valor energético y eficientar la producción de materia seca por m³ de agua. Para alcanzar lo anterior es necesario la selección del mejor híbrido (Núñez et al., 1999).

Objetivos

- Evaluar y seleccionar híbridos simples, con buen rendimiento de forraje a partir de líneas endogámicas sobresalientes.
- Identificar los mejores híbridos simples con base al comportamiento de las cruzas de las líneas.
- Estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores y aptitud combinatoria específica (ACE) para cruzas.

Hipótesis

Ho^ Las cruzas simples formadas con líneas élite de rendimiento de forraje verde y seco presentan igual comportamiento y características agronómicas.

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

Ho₂: Las cruzas de maíz y sus progenitores presentan efectos iguales de ACG y ACE.

Metas

- Seleccionar al menos cuatro Híbridos de maíz con mayor producción de forraje verde y materia seca.
- Producir híbridos de alta producción.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El maíz como cultivo forrajero

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.

La investigación en maíz forrajero se ha enfocado a incrementar la producción y el valor energético, además de eficientar la producción de materia seca por m³ de agua. Para lograr lo anterior es fundamental la selección del mejor híbrido (Núñez et al., 1999).

Estudios y/o investigaciones realizadas en la Comarca Lagunera, indican que el maíz es recomendable económicamente, cuando se usan variedades o híbridos que rinden un promedio de 6 ton/ha grano y superior a 45 ton/ha de forraje verde, usando un manejo óptimo, con alta densidad y una fertilización equilibrada, aunado a un control de plagas y malezas (FIRA 1993), sin embargo, de acuerdo a Reta et al., (1999), el maíz tiene un alto potencial de producción.

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

Ramírez (1997), menciona que la utilización de forraje en 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 toda su madurez fisiológica.

El maíz para forraje provee un alto rendimiento de biomasa por unidad de área, desde 40-90 t ha⁻¹ 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 (Amador Boschini, 2000, Wang-yeong et al., 1995).

(Reta et al., 2001), Debido a la alta disponibilidad de radiación solar en la Región Lagunera durante el periodo libre de heladas, la productividad del maíz es alta. Resultados de investigación indican que es posible obtener un potencial de hasta 80 t ha⁻¹ de forraje fresco y 24 t ha⁻¹ de forraje seco (30 por ciento de materia seca), con un contenido de grano de 45 a 50 por ciento.

Por lo general se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Geiger et al., 1992).

2.2 Materia seca

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. (Rodríguez et al., 2000)

El valor nutritivo de la materia seca del maíz se explica considerando el follaje (hojas y tallos), y granos; la digestibilidad de estos componentes varía de 53 a 65.1 por ciento para follaje y de 88.7 a 93.9 por ciento para grano (Jonson, 1997).

2.3 Híbrido

La hibridación es un método de mejoramiento genético con mayor eficiencia en la producción de maíz, ya que los resultados reflejan un incremento marcado en productividad sobre los niveles de rendimiento de las variedades de polinización libre, debido a que se explotan directamente el fenómeno de vigor híbrido o heterosis (CYMMYT, 1987).

López y Chávez (1995), mencionan que el maíz híbrido es la primera generación de una cruce entre líneas autofecundadas involucrando el proceso de híbridos.

El vigor híbrido generalmente se determina para caracteres como tamaño o rendimiento, pero estos son sólo productos finales de los procesos metabólicos, cuyos patrones están en los genes (Crees, 1956).

López y Chávez (1995), presentan la siguiente clasificación de híbridos:

2.3.1 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.

2.3.2 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.

2.3.3 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 viabilidad; es importante señalar que una cruce simple produce mayor rendimiento que una triple y esta a su vez más que una doble.

Stadler (1949) mencionó que todas las líneas puras de maíz son inferiores a las variedades de polinización libre tanto en vigor como en rendimiento. Hasta que no se desarrolla en líneas decididamente más productivas, el uso final de las líneas puras es la producción de híbridos. Lo cual especifica las razones para el cruzamiento de las plantas.

2.4 Cruces Dialélicas

Martínez, (1975), señala que las cruces dialélicas, se componen de las cruces 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 cruces dialélicas se emplean para estimar los componentes genéticos de variación entre los rendimientos de las propias cruces, así como su capacidad productiva. Su empleo actual tiene su origen en el desarrollo en los conceptos de aptitud combinatoria general y específica.

El análisis dialélico es una forma para determinar los efectos aditivos Principales de los progenitores y sus interacciones en los cruzamientos individuales, denominado componente genético aditivo a la aptitud combinatoria general y componente genético no aditivo a la aptitud combinatoria específica. La interacción en este caso es usada como indicador de desviación de actividad.

2.5 Diseños Dialélicos

Griffing (1956), dice que las cruzas dialélicas permiten estimar el tipo de acción génica involucrado en el material de estudio. Se denominan "aptitud combinatoria general (ACG) y específica" (ACE), a los tipos de acción génica y, donde ACE, indica la factibilidad de explotar el fenómeno de vigor híbrido en la producción de híbridos. Este autor propuso cuatro técnicas que son la base para el análisis de cruzas dialélicas.

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

1. Participan todas las cruzas posibles, comprende las autofecundaciones, cruzas directas F_i y cruzas recíprocas de las F_i . Habrán P_2 familias, donde P es el número de progenitores.
2. Incluye sólo autofecundaciones y cruzas directas F_i esto es, tendremos $p(p+1)/2$ número de familias.
3. Incluye cruzas directas y recíprocas, tendríamos $p(p-1)$ número de familias.
4. Solo participan las cruzas directas o sea $p(p-1)/2$ número de familias.

En ausencia de epítasis, las tablas dialélicas dan información acerca de las propiedades intrínsecas de la población, dejando ver la importancia que tienen los análisis dialélicos para proporcionar información sobre la población particular.

Gilbert (1958) describe el análisis dialélicos como una forma para determinar los efectos aditivos principales de los progenitores y sus interacciones en los cruzamientos individuales, denominado componente genético aditivo a la aptitud combinatoria general y componente genético no aditivo a la aptitud combinatoria específica. La interacción en este caso es usada como indicador de desviación de actividad.

2.6 Aptitud combinatoria

Gutiérrez et al., (2002), el término aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o de una población de combinarse con otros, dicha capacidad es por medio de su progenie y debe determinarse no sólo en un individuo de la población sino en varios, con el propósito de poder seleccionar los cruzamientos más adecuados para sustituir los híbridos comerciales.

Márquez (1988), señala que generalmente el termino de aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, dicha capacidad es 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 una selección de aquellos que exhiban la más alta.

Sprague y Tatum (1942), en su escrito proponen las técnicas para que se evalúen actualmente las cruzas dialélicas teniendo su origen en el desarrollo de los conceptos de aptitud combinatoria general y específica. El término de aptitud combinatoria general (ACG) lo emplearon para designar el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas a través de sus cruzamientos con un conjunto de líneas diferentes a su vez, y el término aptitud combinatoria específica (ACE) como los casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen mejor (o peor) de lo

que podía esperarse sobre la base del comportamiento promedio de las líneas involucradas, en resumen, la ACE es el rendimiento relativo de cada craza específica.

2.6.1 Aptitud combinatoria general

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

Jungenheimer (1985), señala que la aptitud combinatoria general (ACG) es el desempeño promedio de una línea pura en algunas combinaciones híbridas. La aptitud combinatoria general proporciona información sobre que las líneas puras 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.

Chávez (1994), señala que la aptitud combinatoria general (ACG) es el efecto promedio que una línea causa a sus cruza, medido como la desviación de la media general; es decir lo que una línea hereda a sus progenitores en promedio de muchas cruza.

2.6.2 Aptitud combinatoria específica.

Sprague y Tatum (1942), indica el término aptitud combinatoria específica (ACE) como los casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen mejor (o peor) de lo que podía esperarse sobre la base del comportamiento promedio de las líneas involucradas, en resumen, la ACE es el rendimiento relativo de cada craza específica.

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

2.7 Heredabilidad

El conocimiento de la heredabilidad es de gran importancia el mejoramiento de las plantas para determinar que mejor método se debe utilizar para alcanzar más rápido el objetivo. La estabilidad de una población en cuanto a la expresión de carácter esta determinado por factores genéticos y ambientales.

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

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

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

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

Dudley y Molí (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.

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

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.

$$\text{Heredabilidad} = \frac{\text{Varianza - genotípica}}{\text{Varianza - fenotípica}} \times 100$$

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

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

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevo acabo en el año 2004, en el campo experimental de la UAAAN UL. En Torreón Coahuila como parte del mejoramiento genético de maíz que realiza el departamento de fitomejoramiento de la universidad.

3.1 Localización geográfica del sitio experimental

La Comarca Lagunera se localiza geográficamente entre los 24° 30' y 27° de latitud norte y entre los 102° y 40' de longitud oeste, a una altura de 1,120 msnm. Su clima se clasifica como muy seco con deficiencia de lluvias en todas sus estaciones, además de que cuenta con temperaturas semicálidas con invierno benigno.

De acuerdo a Copen, su clima es desértico con lluvia sen verano y temperatura caliente. Tiene una temperatura media anual de 21 °C y una media de 27 ° C para los meses más calurosos. La precipitación media anual de 220 mm (INEGI, 2002).

3.2 Material genético.

Los materiales utilizados fueron diez líneas sobresalientes del programa del Centro de Investigación de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

La descripción de las líneas es la siguiente:

Cuadro 1. Material genético utilizado como progenitores:

¡JÑEASi

| | |
|------|--|
| L | CML 264. Pob21C5F219-3-1-B-##-8-1-3-BBB-F |
| 11 | CML316. Pop500P500cOF114-1-1-B*3 |
| L 12 | CML 254. TUXEQ-149-2BBB-##-1-BB-F |
| L 13 | CML 313. Pop501P501COF6-3-3-2-1-B-B |
| L 14 | CML 273. (AC7643*43F7)-2-3-2-1-BB-F |
| L 1 | CML 247. Pool24(G24F119*G24F54)-6-4-1-1-BB-F |
| 5 L | CML 271. Pob29STEC1HC25-6-4-1-#-BBB-F |
| 16 L | CML 311. Pop500S89500F2-2-2-2-B*5 |
| 17 L | CML 278. DMANTE58043-53-1-1-B-##-1-BB-F |
| 18 L | CML 315. Pop500p500c0F246-4-1-2-2-B*3 |
| 19 | |
| L 2 | |
| 0 | |

3.3 Manejo agronómico 33.1

Siembra

La siembra se realizó el 21 de agosto del 2004 en el campo experimental de la UAAAN-UL, en Torreón, Coahuila, se llevó a cabo en

forma manual depositando una semilla aproximadamente cada 5 cm, a una distancia entre surco y surco fue de 70 cm, una vez emergida las plantas, se realizó un aclareo a los 30 días después de la siembra dejando seis plantas por metro lineal para obtener una población aproximada de 85,000 Pl/ha¹.

3.3.2 Fertilización

Se realizó la aplicación de fertilizante con la fórmula 180N-100P-00K aplicando el 50% del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra y el resto del nitrógeno a la hora de realizar la labor de escarda.

3.3.3 Riegos

El riego se realizó por medio de cintilla, procurando que la humedad se mantuviera constante y que fuera uniforme durante el ciclo del cultivo.

3.3.4 Control de plagas

La aplicación de insecticida se realizó para gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) el cual se le aplicó Decís con una dosis de 1 U/ha¹, además hubo ataque por pulga negra (*Chaetocnema pulicaria*) lo cual se combatió con Lorsban con dosis de 1 L / ha¹. Estas aplicaciones se realizaron de forma manual.

3.3.5 Control de maleza

Para el control de maleza se llevo a cabo con la aplicación de 1 litro de Primagram (S-Metalaclor + atrazina) herbicida preemergente al momento de realizar el riego de nacencia. Se realizó un control fitosanitario completo durante el desarrollo del cultivo.

3.4 Evaluación de cruzas.

Las variables evaluadas fueron:

- Producción de forraje verde (RFV),
- Producción de materia seca (PMS),
- Producción de elote total (PET),
- Producción de elote (PE),
- Producción de totomoxtle (PTO),
- Producción de tallos (PTA),
- Producción de Vainas de las hojas (PVA),
- Producción de hojas (PHO), Todas

reportadas en t ha ⁻¹.

3.5 Diseño y parcela experimental

Considerando dos etapas: en la primavera del 2004, se realizaron las 45 cruzas posibles directas $P(P-1)2^{-1}$ de las diez líneas de acuerdo al

diseño de apareamiento genético dialélico (Griffing 1956) método 4, utilizando 10 plantas de cada línea para obtener la semilla de las cruzas, y en el verano se llevó a cabo la evaluación con un diseño de bloques al azar con dos repeticiones.

3.6 Análisis estadístico

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

$$Y_{ij} = \mu + T_i + r_j + \epsilon_{ij}$$

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

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

μ = media general, T_i y r_j = los efectos de tratamientos y repeticiones, ϵ_{ij} =

error experimental para cada observación.

3.7 Análisis genético.

Para el análisis de datos se procedió a utilizar el análisis propuesto por Griffing (1956), utilizando el modelo IV que incluye solo cruzas directas usando la fórmula $(p-1)2^{n-1}$ lo cual da el número total de cruzas entre los progenitores.

3.9 Aptitud combinatoria

Las aptitudes combinatorias se estimaron:

Ecuación de ACG

$$acg = \frac{1}{n+2} \sum_j (y_i + y_{ij})^2 - y \dots 2$$

Ecuación de ACE

$$ace = \frac{1}{n+2} \left\{ \sum_i Y_i + \sum_j Y_j + \sum_{ij} Y_{ij} \right\}^2 - \frac{2}{(n+1)(n+2)} Y$$

Donde se deduce que el valor de $ACG = 1/2Q^2_A$ y el valor de $ACE = Q^2_D$, correspondiente a la varianza aditiva σ^2_A y varianza de dominancia σ^2_D respectivamente y en ambas proporcionan el valor de la varianza genética ($a^2_G = a^2_A + a^2_D$).

3.8 Formulas para estimar componentes de varianza.

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

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

$$a^2_{ACG} = 1/2 a^2_A$$

$$O^2_A = Q^2_{ACG} \times 2$$

En donde:

$$G^2_A = \text{varianza de aptitud combinatoria específica. } O^2_{ACG} =$$

Varianza De aptitud combinatoria general.

Varianza **de** dominancia: es el equivalente de la varianza de aptitud combinatoria

$$\text{específica. } G^2_D = O^2_{ACE}$$

En donde:

$$O^2_{ACE} = \text{Varianza De aptitud combinatoria específica. } O^2_D =$$

Varianza De dominancia.

3) Varianza genética.

$$a_G^2 = a^2_A + a^2_D$$

4) Varianza de error. $\ddot{u}_e^2 =$

(CME)

5) Varianza fenotípica. G^2_f

$$= Q^2_e + Q^2_G$$

6) Heredabilidad en sentido estricto (h^2). $h^2 = Q^2_A/a^2_f$

x100

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

$$h^2 = a^2_G/a^2_f \times 100$$

8) Grado de dominancia (d).

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

Formula para calcular densidad de plantas

Para la estimación de densidades de plantas por hectárea se aplicó la

siguiente formula.

$$100 \text{ mts por lado} = 1 \text{ ha}^{\text{m}^2}$$

0.70 m de ancho / surcos

6 plantas/m²

$$100/0.70 = 142.8 \text{ surcos de } 100 \text{ m de largo}$$

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

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Análisis estadístico.

En la (tabla 4.1) se presentan los cuadros medios del análisis de varianza, lo cual muestran diferencia estadística ($P < 0.01$) para las fuentes de variación cruzas en las variables producción de elote total (PET), producción de tallo (PTA), para las demás variables los valores fueron (ns) no significativos. Al desglosar las fuentes de variación cruzas en ACG y ACE, solo las variables producción de tallo (PTA), producción de vaina (PVA), resultaron con diferencia significativa ($P < 0.05$), para ACG, al igual, para ACE todas las variables fueron altamente significativas al ($P < 0.01$). Los coeficientes de variación (CV) oscilan entre 14.67 % y 29.72 %, que corresponden a (PFV) y (PHO) respectivamente. Las medias de rendimiento para las variable producción de forraje (PFV) y producción de materia seca (PMS) fueron de 93.92 t ha⁻¹ y 18.94 t ha⁻¹ \ corresponde correspondiendo aproximadamente al 20% de materia seca. Las variables peso de tallo (PTA), y el peso de elote con totomoxtle (PET) fueron las que mas contribuyeron en el rendimiento de forraje verde (PFV). Los efectos de ACG fueron mucho más grandes que los efectos de ACE de acuerdo a las variables estudiadas, lo cual coincide con lo reportado por Hallouer y Miranda (1981). Aunque difiere de lo encontrado por De la Cruz, et al., (2003).

Tabla 4. Análisis de varianza dialélico método 4 de Griffing de ocho variables evaluadas de maíz para forraje UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

| FV | GLt | PFV | PMS | PET | PE | PTO | PTA | PVA | PHO |
|---------|-----|--------|---------|---------|--------|---------|---------|-------|--------|
| REP | 1 | 2607** | 162.6** | 480.2** | 72.2** | 172.2** | 261.1** | 50.0* | 34.9ns |
| CRUZAS | 44 | 284ns | 13.5ns | 41.0** | 10.7ns | 16.6ns | 69.7** | 8.5ns | 34.2ns |
| ACG | 9 | 332ns | 18.1ns | 46.0ns | 17.9ns | 11.8ns | 94.6* | 18.9* | 53.3ns |
| ACE | 35 | 271** | 12.3** | 39.6** | 8.9** | 17.8** | 63.4** | 5.8** | 29.3** |
| ERROR | 44 | 189 | 8.7 | 23.1 | 9.9 | 9.9 | 32.8 | 7.0 | 36.5 |
| TOTAL | 89 | | | | | | | | |
| C.V (%) | | 14.67 | 15.58 | 17.05 | 19.13 | 26.82 | 16.57 | 24.67 | 29.72 |
| MEDIA | | 93.92 | 18.94 | 28.22 | 16.49 | 11.73 | 34.60 | 10.76 | 20.33 |

GL = grados de libertad, PFV = producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET = producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle, PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina de la hoja, PHO = producción de hoja, CV = Coeficiente de variación, * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, ns = no significativo

4.2 Comparación de medias de 10 progenitores de ocho

características evaluadas.

m

e

d El comportamiento medio de las líneas progenitoras (tabla 4.2), muestran que los

progenitores Pu, P₁₃, Pu, P₁₅, Pi₆, Pi₉, P₂₀, fueron los que integraron el grupo con los valores

estadísticamente altos para producción de forraje (PFV), mientras que para la producción de

s tallo (PTA) las misma líneas además el padre diecisiete **P17**, mientras que para producción

d de materia seca (PMS), el Pu, Pi₃, P₁₈, P₁₉, P₂₀, fueron los

e

l

a

n

á

l

i

s

que alcanzaron los mayores rendimientos quedando incluidos en el grupo estadísticamente superior.

Para la producción de elote total (PET), los padres Pu, P₁₂, P₁₃, P₁₆, P₁₈, P₂₀, fueron los que resultaron más sobresalientes, mientras que para producción de elote (PE), los padres Pu, P₁₂, P₁₃, Pu, P₁₅, Pie, P₁₇, Pía, P₂₀, forman el grupo superior estadísticamente. La producción de totomoxtle (PTO), los padres Pn, P₁₂, P₁₃, P₁₅, Pie, P₁₇, Pi₈, Pi₉, P₂₀, forman el grupo sobresaliente. La producción de vaina (PVA), los padres Pn, **P13**, **P-14**, **P15**, **P16**, **P18**, P₁₉, forman el grupo con los valores más altos estadísticamente, mientras que para producción de hoja (PHO), estos mismos padres además el padre P₂₀, resultaron los más altos. La producción de vaina (PVA) y hoja (PHO), los padres Pn, P₁₃, P₁₄, P₁₅, Pi₆, Pi₈, Pi₉, forman el grupo superior estadísticamente, además el padre P₂₀ para producción de hoja (PHO).

Tabla 4.2. Comportamiento promedio de ocho características evaluadas de las correspondientes. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

| PADRE | PFV | PMS | PET | PE | PTO | PTA | PVA | PHO |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| P 11 | 98.46* | 19.72* | 29.98* | 17.77* | 12.21* | 35.38* | 10.69* | 22.40* |
| PI2 | 86.41 | 17.95 | 29.63* | 17.69* | 11.93* | 29.55 | 9.33 | 17.88 |
| PI3 | 99.05* | 20.46* | 27.65* | 15.82* | 11.82* | 37.25* | 12.32* | 21.81* |
| PI4 | 91.00* | 18.27 | 26.75 | 16.21* | 10.53 | 33.32* | 11.20* | 19.71* |
| PI5 | 93.48* | 18.47 | 27.10 | 15.90* | 11.20* | 34.88* | 11.27* | 20.22* |
| PI6 | 95.20* | 18.13 | 29.01* | 16.29* | 12.71* | 33.83* | 10.96* | 21.38* |
| PI7 | 89.01 | 17.87 | 27.06 | 16.17* | 10.88* | 33.98* | 9.79 | 18.16 |
| PI8 | 96.63* | 19.52* | 30.52* | 17.80* | 12.72* | 35.38* | 11.74* | 18.97* |
| P 19 | 94.69* | 18.91* | 26.13 | 15.04 | 11.08* | 35.70* | 10.76* | 22.09* |
| P 20 | 95.27* | 20.10* | 28.38* | 16.21* | 12.17* | 36.71* | 9.52 | 20.65* |
| Media | 90.35 | 18.59 | 27.48 | 15.79 | 10.70 | 33.09 | 10.66 | 18.52 |

líneas de maíz forrajero con sus cruzas

*= (p < 0.05), ** = (p < 0.01), PFV = producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET = producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle, PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina, PHO = producción de hoja.

4.3. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG)

Se encontraron diferencias estadísticas al (p ^ 0.05), para ACG de las líneas progenitoras (Tabla 4.3). En la variable producción de forraje verde (PFV), donde las líneas Pn y **P13** obtuvieron los valores positivos mas altos; para la variable producción de materia seca (PMS) las líneas P13 y P20 obtuvieron los valores positivos mas altos; para la producción de elote total (PET), las líneas Pn, P12y **P18** mostraron los valores positivos

mas superiores, al igual los mismas líneas para la variable producción de elote (PE), para la producción de totomoxtle (PTO) solo las líneas P₁₆ y P₁ muestran los valores positivos mas altos ; en producción de tallo (PTA) se encontró diferencia significancia para el P₁₃ P₂₀ al (p < 0.05); mientras, para la variable producción de de vaina (PVA) al igual se encontró diferencia significativa para el P₁₃ al (p < 0.05) estadísticamente. Finalmente para producción de hoja (PHO) los valores mas altos corresponden a las líneas P_n y P₃ respectivamente; el resto de las líneas obtuvieron valores tanto positivos como negativos.

Tabla 4.3. Efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) estimados en maíz forrajero de las ocho características evaluadas. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

| PADRE | PFV | PMS | PET | PE | PTO | PTA | PVA | PHO |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|
| P ₁₁ | 5.10 | 0.87 | 1.97 | 1.43 | 0.54 | 0.88 | -0.07 | 2.32 |
| P ₁₂ | -8.45 | -1.11 | 1.58 | 1.34 | 0.23 | -5.67 | -1.60 | -2.74 |
| P ₁₃ | 5.76 | 1.70 | -0.64 | -0.75 | 0.10 | 2.98* | 1.76* | 1.67 |
| P ₁₄ | -3.29 | -0.75 | -1.65 | -0.31 | -1.34 | -1.43 | 0.49 | -0.69 |
| P ₁₅ | -0.49 | -0.52 | -1.25 | -0.66 | -0.59 | 0.31 | 0.57 | -0.12 |
| P ₁₆ | 1.43 | -0.91 | 0.88 | -0.22 | 1.11 | -0.86 | 0.22 | 1.18 |
| P ₁₇ | -5.52 | -1.20 | -1.30 | -0.85 | -0.94 | -0.69 | -1.09 | -2.43 |
| P ₁₈ | 3.05 | 0.65 | 2.59 | 1.47 | 1.11 | 0.88 | 1.10 | -1.52 |
| P ₁₉ | 0.86 | -0.03 | -2.35 | -1.63 | -0.72 | 1.23 | 0.00 | 1.98 |
| P ₂₀ | 1.52 | 1.30 | 0.18 | -0.31 | 0.49 | 2.37* | -1.39 | 0.35 |
| 0.05 | 9.83 | 2.11 | 3.42 | 2.23 | 2.23 | 2.09 | 1.67 | 4.32 |

*= (p < 0.05), ** = (p < 0.01), PFV = producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET = producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle, PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina, PHO = producción de hoja.

4.4. Comparación de medias de las cruzas

Se observa una amplia variación entre el comportamiento de las medias de las cruzas para todas las variables en estudio (Tabla 4.4), en donde se presentan los resultados de las 15 mejores cruzas en base a producción de materia seca (PMS) y Producción de forraje verde (PFV). Son estas las cruzas que componen el grupo más rendidor siendo el rendimiento igual estadísticamente entre ellas pero superior al resto de las cruzas, para la producción de materia seca (PMS) todos los valores fueron superiores en comparación con producción de forraje verde (PFV) donde solo las cruzas 19x20, 16x20, 15x18, 11x13, 11x18, 13x18, 13x20, 14x16, 12x13, fueron las que presentaron los valores de rendimiento mas altos, siendo la producción de elote total (PET) la que mostró diferencia significativa al ($p < 0.05$) para las cruzas 11x18 y 16x20. Al igual que para producción de vaina (PVA) mostró significancia al ($p < 0.05$) para las cruzas 19x20, 13x20, siendo estas y PHO las que mas contribuyeron al rendimiento.

Con respecto a los rendimientos de forraje verde obtenidos por las mejores cruzas son altos de acuerdo a los rangos encontrados por Núñez y Faz (2001) que afirman que un híbrido bueno debe producir un promedio de 68.60 t ha^{-1} de forraje verde para maíz de ciclo intermedio y precoz.

Tabla 4.4. Comparación múltiple de medias de rendimiento de forraje y características agronómicas evaluadas de las 15 mejores cruzas de maíz forrajero. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004

| CRUZA | PFV | PMS | PET | PE | PTO | PTA | PVA | PHO |
|-------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 19 20 | 118.65 | 25.15 | 33.60 | 17.50 | 16.10 | 46.9* | 12.25 | 25.90 |
| 11 13 | 112.00 | 23.85 | 31.50 | 19.25 | 12.25 | 40.60 | 13.65 | 26.25 |
| 11 18 | 112.35 | 23.80 | 42.00* | 23.45 | 18.55 | 39.90 | 12.95 | 17.50 |
| 12 13 | 101.50 | 22.80 | 34.65 | 17.50 | 17.15 | 36.05 | 11.20 | 19.60 |
| 15 20 | 96.95 | 22.50 | 30.45 | 18.90 | 11.55 | 34.65 | 10.15 | 21.70 |
| 16 20 | 117.95 | 22.30 | 37.80* | 18.55 | 19.25 | 41.30 | 12.95 | 25.90 |
| 13 18 | 107.45 | 22.15 | 31.85 | 19.25 | 12.60 | 40.95 | 12.95 | 21.70 |
| 17 20 | 98.35 | 22.10 | 29.40 | 16.80 | 12.60 | 40.60 | 7.35 | 21.00 |
| 15 18 | 117.25 | 21.80 | 35.35 | 17.17 | 18.20 | 43.75 | 13.65 | 24.50 |
| 13 20 | 105.70 | 21.75 | 24.15 | 12.60 | 11.55 | 50.75* | 8.75 | 22.05 |
| 14 16 | 103.60 | 21.50 | 31.15 | 17.85 | 13.30 | 36.40 | 14.00 | 22.05 |
| 13 19 | 99.40 | 20.55 | 26.25 | 15.05 | 11.20 | 33.95 | 14.35 | 24.85 |
| 12 19 | 92.05 | 19.90 | 30.10 | 18.55 | 11.55 | 32.20 | 9.80 | 19.95 |
| 11 19 | 106.05 | 19.65 | 24.85 | 14.00 | 10.85 | 37.10 | 8.40 | 35.70 |
| 11 17 | 96.60 | 19.40 | 29.05 | 18.55 | 10.50 | 36.40 | 9.10 | 22.05 |

*= (p < 0.05), PFV = producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET = producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle, PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina, PHO = producción de hoja.

4.5. Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE).

Los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE), muestran que para todas las variables muestran diferencia significativa (Tabla 4.5), dentro de las mejores 15 cruzas presentadas, las cruzas 12 x 17, 15 x 18, 16 x 20, 19 x 20, 15 x 17, son las que forman el grupo estadísticamente superior al (p < 0.01), mientras que las cruzas 11 x 18, 12 x 13, 14 x 16, se

incluyen en el grupo superior al ($p < 0.05$), para la variable PFV. Para la característica PMS las cruzas 11 x 18, 12 x 13, 12 x 17, 14 x 16, 15 x 18, 16 x 20, 19 x 20, 17 x 20, 15 x 20, son estadísticamente superiores al ($p < 0.01$), estas cruzas además de las cruzas 11 x 13, 12 x 19, forman el grupo sobresaliente al ($p < 0.05$). Para la característica PET las cruzas 11x 18, 12 x 13, 12 x 17, 16 x 20, 19 x 20, son estadísticamente superiores al ($p < 0.01$), estas cruzas además de las cruzas 14 x 16, 15 x 18, 11x 13, forman el grupo sobresaliente al ($p < 0.05$). Para la característica PE las cruzas 11x18, 15 x20, son estadísticamente superiores al ($p < 0.01$), además las cruzas 12x17, 16x20, 19x20, 11x13, 12x19, 15x17, que tienen significancia al ($p < 0.05$). Para la característica PTO las cruzas 11x18, 12x13, 12x17, 15x18, 16x20, 19x20, son estadísticamente superiores al ($p < 0.01$), para la variable PTA las cruzas 12x17, 16x20, 19x20, 16x19, son estadísticamente superiores al ($p < 0.01$), además de las cruzas 12x13, 14x16, 15x18, 17x20, forman el grupo alto al ($p < 0.05$). Para la característica PVA las cruzas 12x17, 14x16, 19x20, 15x20, son estadísticamente superiores al ($p < 0.01$), solo la cruza 16x20 es sobresaliente al ($p < 0.05$). Para la característica PHO solo las cruzas 15x18, 11x19, son estadísticamente superiores al ($p < 0.01$), y la cruza 16x20, son significativos al ($p < 0.05$).

Tabla 4.5. Efectos de Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) estimados en líneas

evaluadas. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

| CRUZA | PFV | PMS | PET | PE | PTO | PTA | PVA | PHO |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|
| 11 18 | 10.26* | 3.33** | 9.20** | 4.04** | 5.16** | 3.52 | 1.16 | -3.63 |
| 12 13 | 10.26* | 3.26** | 5.48** | 0.40 | 5.08** | 4.14* | 0.28 | 0.34 |
| 12 17 | 22.59** | 2.57** | 7.54** | 2.46* | 5.08** | 10.26** | 2.43** | 2.35 |
| 14 16 | 11.53* | 4.21** | 3.69* | 1.89 | 1.80 | 4.09* | 2.51** | 1.22 |
| 15 18 | 20.76** | 2.73** | 5.79* | -0.15 | 5.95** | 7.94* | 1.20 | 5.81** |
| 16 20 | 21.06** | 2.96** | 8.50** | 2.59* | 5.91** | 5.19** | 3.34* | 4.02* |
| 19 20 | 22.33** | 4.93** | 7.54** | 2.95* | 4.59** | 8.69** | 2.87** | 3.22 |
| 11 13 | 7.19 | 2.32* | 1.94* | 2.06* | -0.12 | 2.12 | 1.20 | 1.92 |
| 12 19 | 5.71 | 2.10* | 2.64 | 2.33* | 0.30 | 2.04 | 0.64 | 0.38 |
| 15 17 | 13.01** | -2.26 | -5.71 | 2.17* | -3.53 | -5.52 | -0.45 | -1.32 |
| 17 20 | 8.42 | 3.04** | 2.29 | 0.97 | 1.31 | 4.31* | -0.93 | 2.74 |
| 15 20 | 1.99 | 2.77** | 3.30 | 3.38** | -0.08 | -2.63 | 0.19 | 1.13 |
| 11 14 | 2.95 | 0.13 | 2.25 | 0.93 | 1.31 | 1.29 | 2.82** | -3.41 |
| 16 19 | 3.17 | 0.14 | -0.15 | -0.28 | 0.13 | 5.62** | -0.49 | -1.80 |
| 11 19 | 6.14 | -0.13 | -2.99 | -2.29 | -0.70 | 0.37 | -2.28 | 11.05** |
| 0.05 | 8.83 | 1.89 | 3.08 | 2.01 | 2.01 | 3.67 | 1.68 | 3.88 |
| 0.01 | 11.86 | 2.54 | 4.14 | 2.69 | 2.69 | 4.93 | 2.26 | 5.20 |

de maíz forrajero de ocho características

* = (p < 0.05), ** = (p < 0.01), PFV = producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET = producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle, PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina, PHO = producción de hoja.

4.6. Correlaciones

Los coeficientes de correlación, muestran que las características que se evaluaron mantienen una relación muy estrecha entre ellas (tabla 4.6) para la variable producción de forraje verde (PFV), muestra una correlación con todas las variables (PMS), (PET), (PE), (PTO), (PTA), (PVA), (PHO), siendo significativas al (p < 0.01), obteniendo las

correlaciones mas altas de las variables (PMS) (0.880), y (PTA) (0.827). En el trabajo de investigación de Nahum et al., (2004) encontró similitud con el trabajo presentado.

Para la variable producción de de materia seca (PMS) al igual muestra una correlación con todas la variables (PET), (PE), (PTO), (PTA), (PVA), (PHO), siendo significativas al ($p < 0.01$), obteniendo los valores mas altos las variables (PTA), (0.713),(PET), (0.675), y (PTO), (0.610).para la variable producción de elote total (PET) tiene una correlación con las variables (PE),(PTO), siendo significativas al ($p < 0.01$), y una baja correlación con las variables (PTA), (PVA), siendo significativas al ($p < 0.01$) obteniendo los valores mas altos las variables (PTO),(0.894), (PE), (0.840), mientras que para la variable (PHO) no correlaciona significativamente (ns). Para la variable producción de elote (PE) solo correlaciona con la variable (PTO) siendo significativas al ($p < 0.01$), obteniendo el valor más alto de correlación de (0.509). Para la variable producción de totomoxtle presenta una correlación con las variables (PTA), (PVA) siendo significativas al ($p < 0.01$) y no correlaciona con la variable (PHO), la variable producción de tallo (PTA) correlaciona con las variables (PVA), y (PHO) siendo significativas al ($p < 0.01$). Y finalmente para la variable producción de vaina (PVA) no correlaciona con la variable (PHO).

Tabla 4.6. Correlaciones fenotípicas de ocho variables agronómicas evaluadas.

| | PFV | PMS | PET | PE | PTO | PTA | PVA | PHO |
|-----|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PFV | 1.000 | 0.880** | 0.669** | 0.450** | 0.691** | 0.827** | 0.557** | 0.628** |
| PMS | | 1.000 | 0.675** | 0.560** | 0.610** | 0.713** | 0.448** | 0.501** |
| PET | | | 1.000 | 0.840** | 0.894** | 0.334* | 0.346* | 0.129ns |
| PE | | | | 1.000 | 0.509** | 0.113ns | 0.216ns | 0.064ns |
| PTO | | | | | 1.000 | 0.438** | 0.371** | 0.153ns |
| PTA | | | | | | 1.000 | 0.358** | 0.378** |
| PVA | | | | | | | 1.000 | 0.174ns |
| PHO | | | | | | | | 1.000 |

* = ($p < 0.05$), ** = ($p < 0.01$), ns = (no significativo). PFV = producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET = producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle, PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina, PHO = producción de hoja.

4.7. Componentes de varianza y heredabilidad en sentido estrecho y sentido amplio.

Los componentes de varianza y heredabilidad se presentan en el cuadro donde se observa que en general los valores de varianza de dominancia σ^2_D son mas elevados para la mayoría de las variables estudiadas, que los valores de varianza aditiva σ^2_A , solo la PE, PVA, PHO, presentaron valores adversos en ambas varianza σ^2_A , σ^2_D , para los caracteres de rendimiento como son PVF, PMS, son aproximadamente siete veces o mas alta la varianza de dominancia σ^2_D que la varianza aditiva σ^2_A respectivamente, coincidiendo con los resultados reportados

por De La Cruz, et al (2005), quien encontró diferencia significativa para ACE y no significativas para ACG. Hay suficiente variabilidad para mejorar el rendimiento de PFV como de PMS.

Para maximizar los avances de investigación en maíz para forraje se deberá considerar el incremento del rendimiento y calidad de la planta y el grano (Moreno - González et al., 2000) y la digestibilidad de las fibras de la parte vegetativa (Clark et al., 2002) Argillier et al., (2000) encuentran que la ACG de las líneas es la fuente de variación mas importante para características de digestibilidad del forraje del maíz lo que refuerza la idea de seleccionar para rendimiento y calidad del forraje.

Tabla 4.7. Componentes de varianza de ocho variables agronómicas evaluadas.

UAAAN-UL 2004. Torreón Coahuila 2004.

| | PFV* | PMS | PET | PE | PTO | PTA | PVA | PHO |
|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a^2_y | 15.06 | 1.43 | 1.59 | 2.25 | 1.5 | 7.81 | 3.27 | 5.97 |
| a^2_D | 40.99 | 1.80 | 8.25 | 0.52 | 3.96 | 15.25 | 0.60 | 3.57 |
| a^2_G | 56.05 | 3.23 | 9.85 | 2.78 | 5.46 | 23.07 | 3.87 | 9.54 |
| a^2_e | 189.86 | 8.72 | 23.17 | 9.96 | 9.90 | 32.89 | 7.05 | 36.5 |
| a^2_P | 245.91 | 11.95 | 33.02 | 12.74 | 15.36 | 55.96 | 10.92 | 46.04 |
| h^2 | 6.12 | 12.02 | 4.83 | 17.2 | 9.76 | 13.96 | 29.97 | 12.97 |
| H^2 | 22.79 | 27.07 | 29.84 | 21.82 | 35.56 | 41.22 | 35.46 | 20.73 |
| d | 2.33 | 1.58 | 3.21 | 0.67 | 2.29 | 1.97 | 1.98 | 1.09 |

fPFV = producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET = producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle, PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina, PHO = producción de hoja.

σ_A^2 = Varianza aditiva, σ_D^2 = Varianza de dominancia, σ_G^2 = Varianza genética, σ_E^2 = Varianza del error, σ^2 = Varianza fenotípica, h^2 = Heredabilidad en sentido estricto H^2 = Heredabilidad en sentido amplio y d = grado de dominancia.

4.8. Correlación de los componentes de varianza.

Las correlaciones de los componentes genéticos, muestran alta correlación ($p < 0.01$), entre la varianza aditiva (σ_A^2), la varianza de dominancia (σ_D^2), la varianza genética (σ_G^2), la varianza del error (σ_E^2) y la varianza fenotípica (σ_P^2), las correlaciones entre estas varianzas, están con valores muy cercanas a la unidad (Tabla 4.8), lo que indica el alto grado de relación que existe entre ellas. Los componentes genéticos (σ_A^2), (σ_D^2), y los componentes de la varianza fenotípica, (σ_G^2), (σ_E^2), (σ_P^2), muestran correlaciones no significativas (ns), con heredabilidad en sentido estrecho (h^2), con heredabilidad en sentido amplio (H^2) con valores negativos con algunos componentes de varianza y con el grado de dominancia (d) muestra valores que no son estadísticamente significativos (ns) además presentan una correlación negativa debido tal vez por que a mayor varianza de dominancia la heredabilidad que depende de los genes aditivos tiende a disminuir (Márquez 1991 y Cruz 2003); por otro lado Stanfield (1978) dice que la teoría de la sobre dominancia supone que un individuo que es heterocigote produce mayor vigor híbrido.

Tabla 4.8. Correlación de los componentes genéticos de las ocho variables evaluadas.

| | σ^2_A | σ^2_D | σ^2_G | σ^2_E | σ^2_C | h^2 | H^2 | d |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------|----------|-----------|
| | 1.0 | 0.921** | 0.956** | 0.927** | 0.939** | -0.247ns | -0.185ns | 0.087 ns |
| σ^2_D | | 1.0 | 0.994** | 0.962** | 0.975** | -0.483ns | -0.126ns | 0.367 ns |
| σ^2_G | | | 1.0 | 0.967** | 0.980** | -0.429ns | -0.143ns | 0.300 ns |
| σ^2_E | | | | 1.0 | 0.998** | 0.429 ns | -0.349ns | 0.227 ns |
| σ^2_C | | | | | 1.0 | -0.431 ns | -0.304ns | 0.245 ns |
| h^2 | | | | | | 1.0 | 0.259 ns | -0.423ns |
| H^2 | | | | | | | 1.0 | 0.4471 ns |
| d | | | | | | | | 1.0 |

* = ($p < 0.05$), ** = ($p < 0.01$), ns = (no significativo). σ^2_A = Varianza aditiva, σ^2_D = Varianza de dominancia, σ^2_G = Varianza genética, σ^2_E = Varianza del error, σ^2_C = Varianza fenotípica, h^2 = Heredabilidad en sentido estricto H^2 = Heredabilidad en sentido amplio y d = grado de dominancia.

V. CONCLUSIONES

Se presentan diferencias estadísticas altamente significativas en el comportamiento de las cruzas para las variables PET y PTA para el resto de las variables no hubo significancia.

Para aptitud combinatoria general (ACG) se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para PTA y PVA, en cambio para aptitud combinatoria específica (ACE) todas las variables mostraron diferencia altamente significativa ($p < 0.01$)

. En lo que respecta al coeficiente de variación (CV) se presenta en un rango de 14.67% a 29.72%. Los valores más bajos los obtuvieron PFV y PMS con 14.67% y 15.58%, los mas altos se obtuvieron en PHO, PTO, PVA con valores de 29.72%, 26.82%, 24.675%. respectivamente, características son las mas complicadas al momento de medir, por lo que se considera que estos valores están influenciados por errores al muestrear (Peña, et al. 2003). Los coeficientes de variación usados como una medida de precisión en la conducción de los experimentos (Kang, et al., 1999).

Los padres con los efectos más altos con respecto a las medias para PFV Y PMS corresponde al P₁₃, P_n, P₁₈, P₂₀: P₁₉ contribuyendo a la expresión del rendimiento las variables PTA, PET, PHO, PE, y por consiguiente a la producción de materia seca (PMS), esto coincide con lo reportado por Amador y Boschini (2000), mientras que para la aptitud combinatoria general (ACG) tanto para PFV y PMS también corresponde al P₁₃, P_n, P₁₈, ^20-

Sobresalieron las cruzas 19x20, 16x20, 15x20, de las variables PFV Y PMS respectivamente. Por lo que es necesario explotar el potencial genético de las cruzas mencionadas.

Las cruzas que mostraron el mayor efecto de ACE con base a sus cruzamientos para las variables PFV y PMS fueron las cruzas 19X20, 12X17, 16X20, 15X18.

La correlación fenotípica para las variables más importantes como es el rendimiento de forraje verde (PFV) y materia seca (PMS), correlacionan positivamente y significativamente ($p < 0.01$), con todas las características.

La varianza de dominancia (OD^2) resultó más importante que la varianza aditiva (a_A^2) para todas las características evaluadas.

La varianza de dominancia (OD^2), genética (OG^2) y fenotípica (op^2) tienen valores altos de correlación siendo altamente significativos estos valores. Estos no correlacionan con heredabilidad en sentido estricto (h^2), amplio (H^2) y con grado de dominancia (d) siendo no significativo (ns) sus valores.

VI. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en el campo experimental, donde se evaluó el comportamiento agronómico de cruzas de maíz. Uno de los objetivos primordiales fue la caracterización agronómica y genética de dichas cruzas, esto con el fin de seleccionar a los genotipos más sobresalientes en cuanto a producción de forraje para la región de la comarca lagunera.

Los materiales utilizados fueron diez líneas sobresalientes del programa del Centro de Investigación de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Se realizaron 45 cruzas posibles directas $P (P-1)2^1$ de las diez líneas de acuerdo al diseño de apareamiento genético dialélico (Griffing 1956) método 4, la parcela experimental fue conformada de un surco por tres metros de largo y 0.70 metros de ancho, con una distancia aproximadamente de 20 centímetros entre planta y planta. El diseño utilizado para su evaluación fue bloques al azar con dos repeticiones.

Las variables evaluadas fueron: Producción de forraje verde (RFV), producción de materia seca (PMS), producción de elote total (PET), producción de elote (PE), producción de totomoxtle (PTO), producción de tallos (PTA), producción de Vainas de las hojas (PVA), y producción de hojas (PHO), todas reportadas en $t ha^1$.

Para cruzas se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para PET, PVA, las demás variables fueron no significativas. Con respecto al coeficiente de variación los valores mas altos lo obtuvieron PTO Y PVA 26.82% y 29.72% respectivamente, mientras que los valores mas bajos los obtuvieron las variables PFV Y PMS con 14.67% y 15.58%. Para ACG solo las variables PTA y PVA mostraron valores significativos, mientras que ACE todas las variables presentaron valores altamente significativos.

La cruza con mejor rendimiento tanto para PFV como PMS es la, 19x20, 16x20 donde se puede observar que las variables que más contribuyen a esto son: PET, PE, PTO, PTA y PHO.

Las cruzas, de mayor ACE para PFV, fueron 19x20, 12x17, 16x20, 15x18; ambas coinciden con las mas rendidoras tanto para PFV como para PMS,

VIL BIBLIOGRAFIA

Allard, RW, (1980). Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Editorial EOSA. España. 498 p.

Amador RAL, y Boschini FC, (2000). Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana* 11(1) 171-177.

Argillier O, Méchin V, Barriere (2000). Inbred line evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. *Crop Sci.* 40: 1596-1600.

Chávez A J L, (1994). Mejoramiento de plantas 2, métodos específicos de plantas alogamas. Editorial trillas, S.A. de C.V. 50 p.

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

Clark PW, Kelm S, Endres M I, (2002). Effect of feeding a corn hybrid selected for leafiness as silage or grain to lactating dairy cattle *J. dairy Sci.* 85: 607-612.

De la Cruz LE, S Rodríguez H, MA Estrada B, JD Mendoza P (2005). Análisis dialélico de líneas de maíz QPM, para características forrajeras, *Univ. y ciencia* vol. 21 (41): 19-26.

- Dudley JW, RH Molí, (1969). Interpretation and use of Estimates of Heritability and Genetic Variances in plant Breeding. *Crop Science* 257-262 p.
- Falconer DS. (1985) *Introducción a la Genética Cuantitativa*. CECSA. México. 135 p.
- Geiger H H G, Seitz A E, Melchinger, G A Schmidt, (1992). Genotypic correlations in forage maize I. Relationships among yield and quality traits in hybrids. *Maydica* 37:95-99.
- 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 RE, Palomo GA, Espinoza BA, De La Cruz LE (2002). Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en La Comarca Lagunera, México. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 25 (3) 271-277
- Hallauer AR, JB Miranda F (1981). *Quantitative Genetics in Maize Breeding* Iowa State University Press, Ames, Iowa PP. 337-402

J, Luna, Gutiérrez RE, Wong R. Palomo GA, Espinoza BA, (2004).componentes forrajeros de cruza simples formadas con líneas élite de maíz. Presentado en el congreso Revista fitotecnia de México, septiembre 2006.

Johnson J C R N, Gates G L, Newton J P, Wilson LD, Chandler, P R Utley, (1997). Yield, composition and in vitro digestibility of temperate and tropical corn hybrids grown as silage crops planted in summer J Dairy Sci 80:550-557.

Jungenheimer W R, (1985). Maíz. Variedades mejoradas, método de cultivo y producción de semillas. Editorial LIMUSA. México. P. 841.

Kang SM, Kushairi DA, Zhang Y, and Magari R, (1999). Combining ability for rind puncture resistance in maize. Crop Sci. 39: 368-371.

Márquez S F (1988) Genotecnia vegetal. Métodos, teoría, resultados. Tomo II Primera edición. Editorial AGTESA México pp 563-665.

Márquez SF, (1991). Geotecnia vegetal. Métodos y teoría. Tomo III. AGT EDITOR, S.A México pag.7

Martínez G A, (1975). Diseño y análisis de los experimentos de cruza dialélicas. CEC-CP-ENA. Chapingo, México. 229 p.

Moreno-González J, Martínez I, Brichette I, López A, and Castro P, (2000). Breeding potential of European flint and u. S. Corn Belt dent maize populations for forage use. *Crop Sci.* 40: 1588-1595.

Núñez H G, Contreras G F E, Faz C.R, Herrera S R (1999). Selección de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético en maíz para ensilaje. INIFAP-CIAN-CAELALA, 52 p.

Núñez H G, E F Contreras G, 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, F González C, (2002). Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronomitos con la calidad. *Tec. Pecu. Méx.* 40:215-228

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 deerfood habits in northeastern México, *smoll Rumin. Res.*, 25:142-148.

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

Reyes Castañeda Pedro (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 EM Mendoza, J JG Bolaños (2000). Caracteres de importancia para fitomejoramiento del maíz para ensilaje. Memorias del XVIII Congreso Nacional de fitomejoramiento. 148p.

Singh RK, Chaudary BD (1985). Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis. Kalyan Publishers. New Delhi, India. 319pp.

Sprague G F, And L A Tatum, (1942). General vs specific combining ability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. J 44:258-262.

Wang-Yeong, Ch, Lee-Maian L, Cheng Wang Y, C Lee M, and Cheng W, Effect of planting density and nitrogen application rates on growth Characteristics. Grass yield and quality of forage maize. Journal of Taiwan Livestock Research 28(2): 126-132.

Cuadro A1. Cuadrados medios del análisis de varianza de ocho**variables agronómicas en un diseño de bloques al azar.**

| FV | GL | PFV | PMS | PET | PE | PTO | PTA | PVA | PHO |
|--------|----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| REP | 1 | 2607.1 | 162.6 | 480.2 | 77.2 | 172.2 | 261.1 | 50.0 | 34.9 |
| CRUZAS | 44 | 284.1 | 13.5 | 41.0 | 10.7 | 16.6 | 69.7 | 8.5 | 34.2 |
| ERROR | 44 | 189.8 | 8.7 | 23.1 | 9.9 | 9.9 | 32.8 | 7.0 | 36.5 |
| TOTAL | 89 | | | | | | | | |
| CV (%) | | 14.67 | 15.58 | 17.05 | 19.13 | 26.82 | 16.57 | 24.67 | 29.72 |
| MEDIA | | 93.92 | 18.94 | 28.22 | 16.49 | 11.73 | 34.60 | 10.76 | 20.33 |

Cuadro A2. Comparación múltiple de medias de rendimiento de forraje y**características agronómicas evaluadas de cruzas de****maíz para forraje. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.**

| CRUZA | PFV | PMS | PET | PE | PTO | PTA | PVA | PHO |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 11 12 | 83.64 | 17.60 | 30.10 | 17.85 | 12.25 | 27.65 | 9.10 | 16.80 |
| 11 13 | 112.00 | 23.85 | 31.50 | 19.25 | 12.25 | 40.60 | 13.65 | 26.25 |
| 11 14 | 98.70 | 19.20 | 30.80 | 18.55 | 12.25 | 35.35 | 14.00 | 18.55 |
| 11 15 | 98.35 | 18.40 | 28.35 | 16.45 | 11.90 | 34.30 | 13.65 | 22.05 |
| 11 16 | 94.85 | 17.80 | 26.60 | 16.45 | 10.15 | 39.20 | 8.05 | 21.00 |
| 11 17 | 96.60 | 19.40 | 29.05 | 18.55 | 10.50 | 36.40 | 9.10 | 22.05 |
| 11 18 | 112.35 | 23.80 | 42.00 | 23.45 | 18.55 | 39.90 | 12.95 | 17.50 |
| 11 19 | 106.05 | 19.65 | 24.85 | 14.00 | 10.85 | 37.10 | 8.40 | 35.70 |
| 11 20 | 83.65 | 17.80 | 26.60 | 15.40 | 11.20 | 28.00 | 7.35 | 21.70 |
| 12 13 | 101.50 | 22.80 | 34.65 | 17.50 | 17.15 | 36.05 | 11.20 | 19.60 |
| 12 14 | 84.70 | 17.40 | 31.15 | 17.85 | 13.30 | 25.55 | 9.45 | 18.55 |
| 12 15 | 86.45 | 17.30 | 29.05 | 18.90 | 10.15 | 30.10 | 7.70 | 19.60 |
| 12 16 | 80.50 | 15.40 | 26.25 | 16.80 | 9.45 | 26.95 | 9.80 | 17.50 |
| 12 17 | 102.55 | 19.20 | 36.05 | 19.95 | 16.10 | 38.50 | 10.50 | 17.50 |
| 12 18 | 75.25 | 16.25 | 26.95 | 16.45 | 10.50 | 24.50 | 9.10 | 14.70 |
| 12 19 | 92.05 | 19.90 | 30.10 | 18.55 | 11.55 | 32.20 | 9.80 | 19.95 |
| 12 20 | 71.05 | 15.70 | 22.40 | 15.40 | 7.00 | 24.50 | 7.35 | 16.80 |
| 13 14 | 98.00 | 19.05 | 23.80 | 12.95 | 10.85 | 38.50 | 12.95 | 22.75 |
| 13 15 | 91.00 | 18.35 | 22.75 | 12.95 | 9.80 | 37.10 | 13.30 | 17.85 |
| 13 16 | 90.30 | 17.60 | 28.70 | 17.15 | 11.55 | 26.95 | 10.85 | 23.80 |

| | | | | | | | | | |
|----|----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 13 | 17 | 86.10 | 18.05 | 25.20 | 15.75 | 9.45 | 30.45 | 12.95 | 17.50 |
| 13 | 18 | 107.45 | 22.15 | 31.85 | 19.25 | 12.60 | 40.95 | 12.95 | 21.70 |
| 13 | 19 | 99.40 | 20.55 | 26.25 | 15.05 | 11.20 | 33.95 | 14.35 | 24.85 |
| 13 | 20 | 105.70 | 21.75 | 24.15 | 12.60 | 11.55 | 50.75 | 8.75 | 22.05 |
| 14 | 15 | 91.70 | 18.85 | 28.00 | 17.50 | 10.50 | 33.25 | 9.80 | 20.65 |
| 14 | 16 | 103.60 | 21.50 | 31.15 | 17.85 | 13.30 | 36.40 | 14.00 | 22.05 |
| 14 | 17 | 90.64 | 17.75 | 26.60 | 16.80 | 9.80 | 36.40 | 10.50 | 17.15 |
| 14 | 18 | 94.15 | 18.75 | 26.25 | 17.15 | 9.10 | 36.40 | 11.55 | 19.95 |
| 14 | 19 | 76.65 | 15.65 | 20.65 | 12.60 | 8.05 | 29.40 | 9.80 | 16.80 |
| 14 | 20 | 80.85 | 16.35 | 22.40 | 14.70 | 7.70 | 28.70 | 8.75 | 21.00 |
| 15 | 16 | 100.45 | 18.55 | 28.35 | 15.75 | 12.60 | 37.10 | 12.25 | 22.75 |
| 15 | 17 | 74.89 | 14.95 | 19.95 | 13.30 | 6.65 | 28.70 | 9.80 | 16.45 |
| 15 | 18 | 117.25 | 21.80 | 35.35 | 17.17 | 18.20 | 43.75 | 13.65 | 24.50 |
| 15 | 19 | 84.35 | 15.60 | 21.70 | 12.25 | 9.45 | 35.00 | 11.20 | 16.45 |
| 15 | 20 | 96.95 | 22.50 | 30.45 | 18.90 | 11.55 | 34.65 | 10.15 | 21.70 |
| 16 | 17 | 75.95 | 13.70 | 27.30 | 12.60 | 14.70 | 26.95 | 8.40 | 13.30 |
| 16 | 18 | 93.80 | 18.20 | 28.35 | 17.15 | 11.20 | 29.05 | 11.90 | 24.50 |
| 16 | 19 | 99.39 | 18.15 | 26.60 | 14.35 | 12.25 | 40.60 | 10.50 | 21.70 |
| 16 | 20 | 117.95 | 22.30 | 37.80 | 18.55 | 19.25 | 41.30 | 12.95 | 25.90 |
| 17 | 18 | 92.75 | 18.80 | 26.95 | 17.15 | 9.80 | 35.35 | 10.85 | 19.60 |
| 17 | 19 | 83.30 | 16.95 | 23.10 | 14.70 | 8.40 | 32.55 | 8.70 | 18.95 |
| 17 | 20 | 98.35 | 22.10 | 29.40 | 16.80 | 12.60 | 40.60 | 7.35 | 21.00 |
| 18 | 19 | 92.39 | 18.65 | 28.35 | 16.40 | 11.95 | 33.60 | 11.90 | 18.55 |
| 18 | 20 | 84.35 | 17.30 | 28.70 | 16.10 | 12.60 | 35.0 | 10.85 | 9.80 |
| 19 | 20 | 118.65 | 25.15 | 33.60 | 17.50 | 16.10 | 46.9 | 12.25 | 25.90 |

Cuadro A3. Efectos de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) estimados en líneas de maíz para forraje, de ocho características agronómicas evaluadas. UAAAN UL. Torreón, Coahuila. 2004

| CRUZA | PFV | PMS | PET | PE | PTO | PTA | PVA | PHO |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 11 12 | -6.93 | -1.10 | -1.68 | -1.43 | -0.25 | -2.15 | 0.02 | -3.10 |
| 11 13 | 7.19 | 2.32* | 1.94* | 2.06* | -0.12 | 2.12 | 1.20 | 1.92 |
| 11 14 | 2.95 | 0.13 | 2.25 | 0.93 | 1.31 | 1.29 | 2.82* | -3.41 |
| 11 15 | -0.19 | -0.89 | -0.59 | -0.81 | 0.22 | -1.50 | 2.38* | -0.48 |
| 11 16 | -5.61 | -1.10 | 4.48* | -1.25 | -3.23 | 4.57* | -2.86 | -2.84 |
| 11 17 | 3.08 | 0.78 | 0.15 | 0.97 | -0.82 | 1.60 | -0.49 | 1.82 |
| 11 18 | 10.26* | 3.33* | 9.20* | 4.04* | 5.16* | 3.52 | 1.16 | -3.63 |
| 11 19 | 6.14 | -0.13 | -2.99 | -2.29 | -0.70 | 0.37 | -2.28 | 11.05* |
| 11 20 | -16.90 | -3.32 | -3.78 | -2.21 | -1.56 | -9.85 | -1.94 | -1.31 |
| 12 13 | 10.26* | 3.26* | 5.48* | 0.40 | 5.08* | 4.14* | 0.28 | 0.34 |

| | | | | | | | | | |
|----|----|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 12 | 14 | 2.51 | 0.32 | 2.99 | 0.31 | 2.67 | -1.93 | -0.19 | 1.65 |
| 12 | 15 | 1.46 | -0.00 | 0.50 | 1.71 | -1.21 | 0.86 | -2.03 | 2.14 |
| 12 | 16 | -6.40 | -1.51 | -4.44 | -0.81 | -3.62 | -1.10 | 0.41 | -1.27 |
| 12 | 17 | 22.59* | 2.57* | 7.54* | 2.46* | 5.08* | 10.26* | 2.43* | 2.35 |
| 12 | 18 | -13.27 | -2.22 | -5.44 | -2.86 | -2.58 | -5.30 | -1.15 | -1.35 |
| 12 | 19 | 5.71 | 2.10* | 2.64 | 2.33* | 0.30 | 2.04 | 0.64 | 0.38 |
| 12 | 20 | -15.94 | -3.43 | -7.59 | -2.13 | -5.46 | -6.79 | -0.41 | -1.14 |
| 13 | 14 | 1.59 | -0.84 | -2.12 | -2.48 | 0.35 | 2.34 | -0.06 | 1.44 |
| 13 | 15 | -8.20 | -1.77 | -3.56 | -2.13 | -1.43 | -0.80 | 0.19 | -4.02 |
| 13 | 16 | -10.82 | -2.13 | 0.23 | 1.63 | -1.39 | -9.77 | -1.90 | 0.60 |
| 13 | 17 | -8.06 | -1.40 | -1.07 | 0.36 | -1.43 | -6.44 | 1.51 | -2.06 |
| 13 | 18 | 4.70 | 0.84 | 1.68 | 2.03* | -0.35 | 2.47 | -0.67 | 1.22 |
| 13 | 19 | -1.15 | -0.06 | 1.02 | 0.93 | 0.08 | -4.87 | 1.82* | 0.86 |
| 13 | 20 | 4.48 | -0.20 | -3.61 | -2.83 | -0.78 | 10.79* | -2.38 | -0.30 |
| 14 | 15 | 1.55 | 1.18 | 2.68 | 1.98 | 0.70 | -0.23 | -2.03 | 1.13 |
| 14 | 16 | 11.53* | 4.21* | 3.69* | 1.89 | 1.80 | 4.09* | 2.51* | 1.22 |
| 14 | 17 | 5.53 | 0.75 | 1.33 | 0.97 | 0.35 | 3.92* | 0.33 | -0.05 |
| 14 | 18 | 0.46 | -0.09 | -2.91 | -0.50 | -2.40 | 2.34 | -0.80 | 1.83 |
| 14 | 19 | -14.85 | -2.51 | -3.56 | -1.94 | -1.61 | -5.00 | -1.45 | -4.82 |
| 14 | 20 | -11.30 | -3.15 | -4.35 | -1.16 | -3.18 | -6.83 | -1.11 | 1.00 |
| 15 | 16 | 5.58 | 1.04 | 0.50 | 0.14 | 0.35 | 3.04 | 0.67 | 1.35 |
| 15 | 17 | 13.01* | -2.26 | -5.71 | 2.17* | -3.53 | -5.52 | -0.45 | -1.32 |
| 15 | 18 | 20.76* | 2.73* | 5.79* | -0.15 | 5.95* | 7.94* | 1.20 | 5.81* |
| 15 | 19 | -9.95 | -2.78 | -2.91 | -1.94 | -0.96 | -1.15 | -0.14 | -5.74 |
| 15 | 20 | 1.99 | 2.77* | 3.30 | 3.38* | -0.08 | -2.63 | 0.19 | 1.13 |
| 16 | 17 | -13.88 | -3.13 | -0.50 | -3.31 | 2.80* | -6.09 | -1.50 | -5.78 |
| 16 | 18 | -4.61 | -0.48 | -3.34 | -0.59 | -2.75 | -5.57 | -0.19 | 4.50* |
| 16 | 19 | 3.17 | 0.14 | -0.15 | -0.28 | 0.13 | 5.62* | -0.49 | -1.80 |
| 16 | 20 | 21.06* | 2.96* | 8.50* | 2.59* | 5.91* | 5.19* | 3.34* | 4.02* |
| 17 | 18 | 1.29 | 0.40 | -2.56 | -0.46 | -2.10 | 0.55 | 0.07 | 3.22 |
| 17 | 19 | -5.96 | -0.76 | -1.46 | 0.19 | -1.66 | -2.59 | -0.97 | -0.92 |
| 17 | 20 | 8.42 | 3.04* | 2.29 | 0.97 | 1.31 | 4.31* | -0.93 | 2.74 |
| 18 | 19 | -5.44 | -0.91 | -0.11 | 0.06 | -0.17 | -3.12 | 0.02 | -2.24 |
| 18 | 20 | -14.15 | -3.60 | -2.29 | -1.55 | -0.74 | -2.85 | 0.37 | -9.36 |
| 19 | 20 | 22.33* | 4.93* | 7.54* | 2.95* | 4.59* | 8.69* | 2.87* | 3.22 |

Cuadro A4. Esquema de las cruzas posibles de 10 líneas, en un diseño dialélico.

| Progenitores | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 0 |
|--------------|---|---|------|---------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 1 | | | 1x2* | 1x2 1x3 | 1x4 | 1x5 | 1x6 | 1x7 | 1x8 | 1x9 | 1x10 |
| 2 | | | 2x2* | 2x3 | 2x4 | 2x5 | 2x6 | 2x7 | 2x8 | 2x9 | 2x10 |
| 3 | | | 3x3* | 3x4 | 3x5 | 3x6 | 3x7 | 3x8 | 3x9 | 3x10 | |
| 4 | | | | 4x4* | 4x5 | 4x6 | 4x7 | 4x8 | 4x9 | 4x10 | |
| 5 | | | | | 5x5* | 5x6 | 5x7 | 5x8 | 5x9 | 5x10 | |
| 6 | | | | | | 6x6* | 6x7 | 6x8 | 6x9 | 6x10 | |
| 7 | | | | | | | 7x7* | 7x8 | 7x9 | 7x10 | |
| 8 | | | | | | | | 8x8* | 8x9 | 8x10 | |
| 9 | | | | | | | | | 9x9* | 9x10 | |
| 10 | | | | | | | | | | | 10x10* |