

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y  
ESPECÍFICA EN LÍNEAS AVANZADAS DE MAÍZ  
FORRAJERO**

**POR**

**JOSÉ SILVANO HIGUERA MERAZ**

**T E S I S**

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

**TORREÓN, COAHUILA**

**DICIEMBRE 2007**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**  
**“ANTONIO NARRO”**  
**UNIDAD LAGUNA**  
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. **JOSE SILVANO HIGUERA MERAZ** ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADA POR:**

**Asesor Principal:**

\_\_\_\_\_  
**DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA**

**Asesor:**

\_\_\_\_\_  
**DR. EMILIANO GUTIÉRREZ DEL RIO**

**Asesor:**

\_\_\_\_\_  
**DR. ARTURO PALOMO GIL**

**Asesor:**

\_\_\_\_\_  
**M.C. Oralia Antuna Grijalva**

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

\_\_\_\_\_  
**M.C. Víctor Martínez Cueto.**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE 2007.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**  
**“ANTONIO NARRO”**  
**UNIDAD LAGUNA**  
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. JOSE SILVANO HIGUERA MERAZ QUE SOMETE ALA  
CONSIDERACIÓN DE H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADA POR:**

**Asesor Principal:**

\_\_\_\_\_  
**DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA**

**Asesor:**

\_\_\_\_\_  
**DR. EMILIANO GUTIÉRREZ DEL RIO**

**Asesor:**

\_\_\_\_\_  
**DR. ARTURO PALOMO GIL**

**Asesor:**

\_\_\_\_\_  
**M.C. ORALIA ANTUNA GRIJALVA**

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

\_\_\_\_\_  
**M.C. Víctor Martínez Cueto.**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE 2007.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios.**

Antes que nada por siempre cuidarme a mi familia y amigos a mi para poder seguir adelante con mis estudios y proyectos de vida establecidos mil gracias por eso y aun q no soy el mas creyente siempre te tengo en mi cabeza como un todo se puede cuando nosotros ponemos de nuestra parte y tu nos ayudas.

A mi **“Alma Terra Mater”** por darme la oportunidad de realizar en ella mis estudios profesionales y desarrollarme como persona en el ámbito estudiantil y social para poder enfrentarnos ala vida real. Gracias por ser lo mejor que me a pasado para mi **“ALAMA TERRA MATER”**, espero un día poder regresarte algo de lo mucho q me has dado.

### **A MIS ASESORES**

DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

DR. EMILIANO GUTIÉRREZ DEL RIO

DR. ARTURO PALOMO GIL

M.C. ORALIA ANTUNA GRIJALES

A todos ellos por brindarme su apoyo, asesoría y darme la oportunidad de adquirir conocimientos que me servirán para toda la vida. “gracias por apoyarme en una etapa de suma importancia para mi”

## **A MIS COMPAÑEROS DE CLASE**

Gracias a cada uno de ellos por el tiempo compartido en el aula por su amistad brindada de algunos por las críticas de otros pero gracias a todos por que cada uno de ustedes me enseñó algo en todo este tiempo que estuvimos compartiendo el interés prioritario de terminar nuestra carrera.

Gracias y hasta pronto a todos.

## **A TODOS LOS MAESTROS**

Por enseñarme y comprenderme en mis malos momentos como estudiante o como alumno gracias a todos.

A mis asesores por el apoyo brindado para poder lograr este proyecto.

Al DR: José Villareal Reyes por su amistad sus consejos, sus regaños y por todos los apoyos brindados gracias inge.

A los maestros de medicina veterinaria: Silvestre moreno y David Villarreal, que me brindaron su amistad. Muchas gracias por su amistad durante la estancia en mi "Alma Terra Mater"

## **A MIS PADRES**

Sr. Silvano Higuera Arenas

Sra. Olga Lidia Meraz Medina

Apa y ama mil gracias los quiero a los dos son los mejores padres que yo pude tener como ejemplos a seguir, me enseñaron a luchar sobresalir, y hacer de mi una buena persona, en las etapas que nos pone la vida. Me siento súper orgulloso de ustedes.

## **A MIS HERMANAS**

Las quiero mucho a las dos y me siento muy orgulloso de que sean mis hermanas son las mejores hermanas del mucho gracias por siempre apoyarme en todo y a todo momento muchas gracias las quiero mucho.

## **A mis tíos (as)**

Gracias a toda mi familia por su apoyo a todos. Muchas gracias tío Andrés Basilio Meraz Medina por todo su apoyo y confianza que me ha brindado gracias lo quiero mucho y de nuevo gracias por consejos y experiencias de usted hacia mi muchas gracia.

Gracias tío Abel Rogelio Meraz Medina por apoyarme y preocuparse por, mi.

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES Y HERMANAS:**

Sra. Olga Lidia Meraz Medina  
Olga Isabel y Anabel Guadalupe.  
Sr. Silvano Higuera Arenas

A ustedes por ser lo más valioso que tengo en mi vida muchas gracias.

### **A mis amigos (as)**

Gracias a todos por su amistad, principalmente al rufis, rules, chini, joani, dona, toto, chino, pato, corne, moro, osviel, cesar, rafa, pato, huicho, Fabiola, luci, polla, Rosalinda, Patiño, tovi, Luis, pepe, yuca, diego, ramón, compadre, Rodrigo, Valentín, Ariana, tani y yuli,

<b>ÍNDICE .....</b>	<b>Página</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>	<b>XI</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Maíz como cultivo forrajero.....	4
2.2 Líneas puras .....	7
2.3 Híbridos .....	8
2.4 Híbrido simple .....	8
2.5 Híbrido doble .....	9
2.6 Híbrido triple .....	9
2.7 Cruzas dialélicas.....	10
2.8 Diseños dialíticos de Grinffing .....	11
2.9 Aptitud combinatoria .....	13
2.9.1 Aptitud combinatoria general .....	13
2.9.2 Aptitud combinatoria específica .....	14
2.10 Heredabilidad.....	15

<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1 Localización geográfica .....	19
3.2 Material genético .....	20
3.3 Manejo agronómico .....	21
3.3.1 Siembra .....	21
3.3.2 Fertilización.....	21
3.3.3 Riego .....	21
3.3.4 Control de plagas.....	22
3.3.5 Control de malezas .....	22
3.4 Evaluación de las cruzas .....	23
3.5 Diseño y parcela experimental .....	24
3.6 Análisis estadísticos .....	24
3.7 Análisis genético.....	25
3.8 Aptitudes combinatorias se estimaron .....	26
3.9 Estimación de componentes de varianza .....	27
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>30</b>
4.1 Análisis estadístico .....	30
4.2 Comparación promedio de seis características evaluadas .....	32
4.3 Efectos de aptitud combinatoria general (ACG).....	34
4.4 Comparación múltiple de medias de rendimiento .....	36
4.5 Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) .....	39

<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>VI. RESUMEN .....</b>	<b>43</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>44</b>

## 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 la 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 p 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 usa dos 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 ton/ ha<sup>-1</sup> de forraje fresco y 15 ton/ 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**

Identificar los mejores híbridos simples de maíz forrajero con base a la ACG y ACE de las líneas elite del programa de mejoramiento genético de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), con base a su potencial forrajero.

## **Hipótesis**

H01: los progenitores no difieren en su aptitud combinatoria general.

Ha1: Los progenitores difieren en su aptitud combinatoria general.

H02: Los híbridos y/o cruzas no difieren en características agronómicas y producción de forraje y materia seca.

Ha2: Los híbridos y/o cruzas difieren en características agronómicas y producción de forraje y materia seca.

H03: Las cruzas no difieren en su aptitud combinatoria específica.

Ha3: Las cruzas difieren en aptitud combinatoria específica.

## **Metas**

1. Detectar al menos un progenitor con alta ACG.
2. Identificar y/o seleccionar al menos el dos de las cruzas con mayor ACE para PFV y PMS.

## 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 Ton. Ha<sup>-1</sup>, 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 %.

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 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. 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.

### **2.3. 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 crusa entre líneas autofecundadas. La obtención de líneas autofecundadas es por autopolinización controlada, la utilización de estas líneas autofecundadas puede ser en cruzas positivas y para la producción de semilla híbrida. Estos mismos autores, presentan la siguiente clasificación de híbridos:

### **2.4. 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.

## **2.5. 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.

## **2.6. 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 geotécnico en las plantas, que es el aprovechamiento de la generación  $F_1$  proveniente del cruzamiento entre dos poblaciones P1 y P2 (poblaciones paternas). Las poblaciones P1 y P2 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 geotécnico.

## **2.7. 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.

## 2.8. 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  $p$   $(p-1)$  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  $p(p-1)/2$  cruzas 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 cruzas pueden ser predichas y cuando los efectos específicos y los aspectos heteróticos son de poca importancia, los valores predichos para las cruzas 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 cruzas 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.

## **2.9. 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.

### **2.9.1. 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.

### **2.9.2. 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 termino que se emplea para mencionar aquellos casos en las cuales ciertas combinaciones lo hacen relativamente mejor o peor de lo que se podría esperarse sobre la base del comportamientos 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 cruzas.

## **2.10. 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.

$$(H^2) \text{ Heredabilidad} = \sigma^2_G (\sigma^2_f)^{-1} 100$$

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

$$(h^2) \text{ heredabilidad} = \sigma^2_A (\sigma^2_f)^{-1} 100$$

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 METODOS**

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo en el año 2005 en el campo experimental de la UAAAN UL, en Torreón Coahuila como parte del programa de mejoramiento genético de maíz que realiza el departamento de Fitomejoramiento de la Universidad.

#### **3.1. Localización geográfica del sitio experimental**

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' LS, con una altura de 1150 msnm y un clima seco y caluroso.

### 3.2. Material Genético

. Cuadro1. Genealogía de material genético utilizado como progenitores.

Líneas	Descripción
L1 ; L-AN 123 R	Línea de alta endogamia formada de var. Criolla del Mpio. De Concepción, Jal., con precocidad y tolerancia a sequía
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
L4 ; L-AN 130	Proviene de la F4 del H-507, cruzada con la población de El 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 suculentas generada a partir de la F3 del híbrido AN-388
L7; L-AN B-32	Identificada con la genealogía H-353-245-6-10
L8; L-AN B-39	Su origen proviene de INIFAP-B39.
L9; L-AN B-40	Su origen es de formación en INIFAP-B40.
L10; CML-319	RecyW89(Cr.Arg/CIM.ShPINPH)6-3-2-4-B-B

### **3.3. Manejo agronómico**

#### **3.3.1. Siembra**

La siembra de la evaluación de la cruza se realizó el 22 de marzo del 2006 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 PI/ha<sup>-1</sup>.

#### **3.3.2. 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.

#### **3.3.3. Riego**

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

#### **3.3.4. Control de plagas**

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

#### **3.3.5. Control de maleza**

El control se llevo a cabo con la aplicación de 1L ha<sup>-1</sup> de Primagram (Atrazina) herbicida preemergente al momento de realizar el riego de nacencia, además se realizó un control fitosanitario completo durante todo el cultivo.

### **3.4. Evaluación de Cruzas**

- 1 Floración masculina (FM) floración femenina (FF), en días, desde la siembra hasta la aparición del 50% de las espigas con polen y estigmas receptivos, respectivamente.
- 2 Altura de planta (APL), y altura de mazorca (AMZ), en centímetros, midiéndose desde la base del suelo hasta la punta de la espiga y hasta la inserción de la mazorca respectivamente,
- 3 Producción de forraje verde (PFV)
- 4 Producción de materia seca (PMS),

### 3.5. Diseño y parcela experimental

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 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, con 6 plantas por metro, para tener una población aproximada de 85,000 plantas  $ha^{-1}$ .

### 3.6. Análisis estadístico

El análisis estadístico para las seis variables se realizó con el paquete SAS (SAS Instituto, 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.

### 3.7. Análisis genético

El análisis se hizo de acuerdo con el método 4 de efectos fijos de Griffing (1956), en el cual no se incluyen los progenitores ni las cruzas recíprocas y solo se consideran las  $P(P-1)2^{-1}$  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  $K = 1, 2, \dots, r$ ,

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 Específica (ACE) de la cruce  $i, j$ ;

$e_{ijk}$  = efectos ambientales aleatorios correspondiente a una observación  $i, j, k$ .

### 3.8. 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  $\sigma_G^2 = (\sigma_A^2 + \sigma_D^2)$ .

### 3.9. 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**

$$\sigma^2_e = (\text{CME})$$

### 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)**

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

## Formula para calcular densidad de plantas por hectárea

Para la estimación de densidades de plantas por hectárea se aplicó la siguiente formula:

100m por lado = 1 ha<sup>-1</sup>

0.70m de ancho x surcos

6 plantas/m<sup>2</sup>

$100/0.70 = 142.8$  surcos de 100m de largo =  $14,280 \times 600$  plantas =  $85,714$  ha<sup>-1</sup>

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Análisis estadístico

En el cuadro 4.1 se representan los cuadrados medios del análisis de varianza, lo cual muestran diferencia estadística ( $p < 0.01$ ) para fuentes de variación cruzas en las variables. Días de floración masculina (FM), días de floración femenina (FF). Producción de altura de planta (APL), producción de peso de forraje verde (PFV), producción de peso de materia seca (PMS), la desglosar las fuentes de variación cruzas en ACG y ACE, se observa que para ACG todas las variables fueron altamente significativas ( $P < 0.01$ ); en tanto para ACE se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para floración masculina (FM), floración femenina (FF) y peso de materia seca (PMS) y, altamente significativo para peso de forraje verde (PFV). Los CV fueron en general bajos, a excepción de altura de mazorca (AMZ) y peso de materia seca (PMS) que mostraron valores de 18.6 y 19.8 respectivamente, sin embargo están entre los límites aceptables según Falconer (1978)

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza dialélico método 4 de Griffing de seis variables evaluadas de maíz para forraje en. UAAAN-UL. Torreón Coahuila.

FV	GL†	FM	FF	APL	AMZ	PFV	PMS
Rep	1	0.53*	0.28**	22,5**	69.37ns	2945.93**	412.59**
Cruzas	44	11.05**	10.44**	1123.02**	737.79*	536.85**	51.27**
ACG	9	40.77**	41.64**	4337.55**	2139.04**	1667.91**	107.76**
ACE	35	3.40*	2.41*	296.42ns	377.47ns	246**	36.74*
Error	44	1.59	1.30	291.22	393.27	108.36	16.96
Total.	133						
Cv (%)		1.7	1.5	6.95	18.62	1484	19.89

\*,\*\*Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; †, GL=Grados de libertad, FM = floración masculina, FF=floración femenina, APL =altura de planta, AMZ=altura de mazorca, PFV =peso de forraje verde, PMS=peso de materia seca.

#### **4.2. Comparación promedio de seis características evaluadas**

En el Cuadro 4.2, se presentan los valores medios de las líneas progenitoras, donde se observa que el P7 fue significativamente más tardío que el resto, 75.55 y 76.88 días a floración masculina y femenina respectivamente. Así mismo sucede para APL con 263.16cm, seguido de los progenitores P2, P4, P8, P9 y P10. Para AMZ, el P2 presentó la mayor altura con 120.16cm significativamente igual al P7, P8, P9 y P10. Respecto a PFV el P10 presentó el mayor rendimiento con 84.85 t ha<sup>-1</sup>, estadísticamente igual al P7 con 81.21 t ha<sup>-1</sup>, en cambio para PMS, el P10 fue significativamente superior al resto con 25.12 t ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 4.2. Comportamiento promedio de seis características evaluadas de las líneas de maíz forrajero con sus cruzas correspondientes. UAAAN. U-L. Torreón Coahuila.

Padre	FM†	FF	APL	AMZ	PFV	PMS
1	70.83	71.83	227.61	96.00	58.79	18.90
2	73.27	74.50	258.94*	120.16*	72.56	21.51
3	72.61	72.77	236.94	100.27	69.88	20.42
4	72.44	74.00	251.38*	105.38	70.81	20.71
5	71.66	73.11	228.55	101.77	63.03	20.70
6	72.27	73.77	229.77	87.88	55.93	16.16
7	75.55*	76.88*	263.16*	117.94*	81.21*	21.51
8	74.72	76.05	256.66*	111.94*	70.15	19.77
9	72.27	74.05	260.72*	108.05*	74.00	22.21
10	73.77	75.00	257.44*	115.55*	84.85*	25.12*
<b>DMS</b>	0.80	0.72	11.0	12.7	6.65	2.6

\*,\*\*Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente. †, FM = floración masculina, FF=floración femenina, APL =altura de planta, AMZ =altura de mazorca, PFV =peso de forraje verde, PMS=peso de materia seca

### **4.3. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG)**

En el Cuadro 4.3, se muestran los valores de ACG de 10 progenitores en seis variables, donde se observan valores significativos en los progenitores P2, P7, P8, P9 y P10, con dos, cinco, dos, uno y cinco respectivamente. Resaltan el P7, con valores significativas en todos excepto para PMS y el P10, con igual numero excepto para AMZ. Respecto a los P2 y P8, solo muestra significancia para ALP y AMZ, y FM y FF respectivamente. En el caso del P9 solo fue significativo para APL.

Lo anterior implica que los P10 y P7 daran combinaciones con la mayor aptitud combinatoria especifica (ACE) y por lo tanto con la mayor producción de PFV y PMS.

Cuadro 4.3. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) estimados en maíz forrajero de las seis características evaluadas. UAAAN .U-L. Torreón, Coahuila.

Padre	FM†	FF	APL	AMZ	PFV	PMS
1	-2.37	-2.77	-25.95	-11.81	-12.74	-2.03
2	0.37	0.22	13.3*	15.37*	2.74	0.91
3	-0.37	-0.58	-11.45	-7.23	-0.27	-0.31
4	-0.56	-0.33	4.82	-1.25	0.77	0.01
5	-1.43	-1.33	-20.88	-5.31	-7.97	0.06
6	-0.75	-0.58	-19.51	-20.93	-15.96	-5.12
7	2.93*	2.91*	18.05*	12.87*	12.47*	0.90
8	2.21*	1.97*	10.73	6.12	0.03	1.04
9	-0.75	0.27	15.31*	1.75	4.36	1.70
10	0.93*	0.78*	11.61*	10.18	16.56*	4.96*
<b>DMS</b>	0.80	0.72	11.00	12.70	6.65	2.60

\*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente diferentes de cero. †, FM = floración masculina, FF=floración femenina, APL =altura de planta, AMZ =altura de mazorca, PFV =peso de forraje verde, PMS=peso de materia seca

#### 4.4. Comparación múltiple de medias de rendimiento

En el Cuadro 4.4, se observan los valores medios de las variables evaluadas en 45 cruzas, donde para FM, las cruzas 7x8, 7x10 y 8x10 fueron las que mostraron mayor número de días con 77 días en promedio y significativamente igual a 13 cruzas más. Es interesante hacer notar que ocho de las 16 que fueron significativas involucran al P7, que fue el más tardío, seguida del P8. También cabe mencionar que el P<sub>1</sub> fue el más precoz, para FF y FM. Se observó que los progenitores P<sub>7</sub>, P<sub>8</sub> y P<sub>10</sub> fueron los que mostraron más días con un promedio de 78 días y significativamente iguales a 9 cruzas más. Es prudente mencionar que 7 de las 12 que fueron significativas involucran al P<sub>7</sub> que sigue siendo el más tardío igualmente seguido por el P8, donde el P1 sigue siendo el más precoz. Para APL, se observa que las cruzas 8x7, 8x10 y 7x10 fueron las que mostraron mayor altura de planta con un promedio 277cm y significativamente igual a 29 cruzas, en la que participaron con mayor frecuencia el P2, P7, P8 y P10, que fueron así mismo los que mayor ACG mostraron para esta variable.

En la variable altura de mazorca (AMZ) se observa que la cruz 2x7 fue significativamente la de mayor altura con 145.3cm estadísticamente igual a 37 cruzas. Si se consideran las 10 cruzas con mayor altura, se observa que participan con mayor frecuencia los progenitores P7 seguido del P8, P9, P2 y P10, que son los progenitores que presentaron mayor ACG.

En la producción de forraje verde (PFV) podemos observar que el valor mas alto significativamente fue la crusa 2x10 con un promedio de 111.3 t/ha, seguido por que son significativamente iguales. Es importante mencionar que de las 13 cruzas, 10 involucran a los P7 y P10 que son los de mayor ACG.

Con relación a PMS podemos observar que la crusa 9x10 produjo la mayor producción promedio con 32.5 t/ha, seguido de 10 cruzas mas, donde el progenitor P10 aparece con mayor frecuencia (4/11), seguido del P<sub>7</sub> (3/11) y con menor frecuencia el P8 y P9 (2/11). Al igual que en PFV, los P7 y P10 produjeron las mejores cruzas debido a su alta ACG.

Cuadro 4.4. Comparación múltiple de medias de rendimiento de PFV, PMS y características agronómicas, evaluadas de 45 cruzas en maíz forrajero. UAAAN-UL Torreón, Coahuila.

CRUZA	FM†	FF	APL	AMZ	PFV	PMS
1x2	73	72.5	259.0*	119.3*	61.25	19.3
1x3	72.5	72	215	80.2	52.5	15.8
1x4	70.5	71.5	228.5	90.3	75.6	22.3
1x5	70.5	71.5	174	67.5	34.3	10.9
1x6	68.0	71	189.5	60.2	40.9	13.5
1x7	72.5	73.5	237.5	117.5*	82.9*	29.5*
1x8	71.0	72	245.0*	105.1*	48.3	14.2
1x9	70.0	71.5	243	80.3	62.6	20.85
1x10	69.5	71	256.0*	145.2*	70.7	23.7
2x3	73.0	75	240	120.1*	63.2	18.2
2x4	71.5	74.5	267.5*	122.5*	77.3	20.5
2x5	70.0	72	247.5*	110.2*	57.4	19.5
2x6	72.5	74.5	242.5	102.5*	55.6	16.5
2x7	75.5*	76.5*	270.0*	145.3*	75.9	25.5*
2x8	76.0*	77.5*	266.5*	125.1*	79.1	21.8
2x9	72.5	74	270.0*	115.2*	72.5	23.5
2x10	75.5*	76	267.5*	122.5*	111.3*	31.3*
3x4	70.0	71.5	242.5	100.2*	66.5	21.8
3x5	69.5	71.5	206	93.5*	44.1	14.2
3x6	70.5	71.5	198	75.3	54.9	16.9
3x7	76.5*	77.5*	267.0*	121.5*	91.7*	23.5
3x8	75.5*	75.5	270.0*	110.2*	85.0*	25.5*
3x9	71.0	73	252.5*	100.1*	75.9	19.5
3x10	75.0*	76.5*	241	102.5*	95.2*	28.6*
4x5	73.0	74	239	105.2*	63.3	18.5
4x6	72.5	74	272.0*	108.1*	49.2	13.5
4x7	76.0*	77.5*	245.0*	115.2*	87.8*	19.5
4x8	75.0*	76.5*	271.0*	100.1*	67.2*	22.3
4x9	71.0	75	265.0*	102.5*	77.3*	24.5*
4x10	72.5	73.5	199.5	107.5*	73.5	24.2
5x6	71.5	72.5	119.5	85.0*	47.6	17.5
5x7	74.0*	76	252.0*	127.5*	90.6*	25.1*
5x8	72.5	74	245.0*	120.0*	73.1	25.7*
5x9	71.5	74	247.0*	107.5*	65.8	24.5*
5x10	72.5	74	246.0*	100.0*	91.3*	31.1*
6x7	75.5*	76.5*	260.5*	65	74.7	16.9
6x8	74.0*	76	250.0*	90.0*	50.5	12.5
6x9	72.5	73	251.0*	92.5*	58.5	17.4
6x10	73.5	75	245.0*	115.0*	72.1	20.3
7x8	77.0*	78.0*	263.5*	122.5*	73.5	18.5
7x9	76.0*	78.0*	277.5*	130.0*	85.5*	20.4
7x10	77.0*	78.0*	267.5*	117.5*	68.6	18.2
8x9	74.5*	76.5*	265.0*	125.0*	71.5	20.4
8x10	77.0*	78.5*	260.0*	110.0*	84.1*	16.2
9x10	71.5	73	268.5*	120.0*	97.3*	32.5*
<b>DMS</b>	<b>2.55</b>	<b>2.3</b>	<b>34.47</b>	<b>40.06</b>	<b>21.02</b>	<b>8.32</b>

\*Estadísticamente significativo al 0.05 de probabilidad. †FM = floración masculina, FF=floración femenina, APL =altura de planta, AMZ =altura de mazorca, PFV =peso de forraje verde, PMS=peso de materia seca.

#### 4.5. Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE)

En el cuadro 4.5 se observa la aptitud combinatoria específica en 45 cruzas evaluadas en seis variables. Para la variable FM 14 de las 45 cruzas fueron significativos, donde 4x5, 1x3 y 1x2 muestran los valores mas alto de ACE con 2.55, 2.3 y 2.05 respectivamente. Se observa que las combinaciones con mayor frecuencia es donde intervienen los progenitores **P<sub>1</sub>** y **P<sub>3</sub>**, Cabe mencionar que el que aparece con mayor frecuencia es el P1 involucrándose en seis de los valores que fueron significativos. La craza que aparece con el valor mas bajo es 6x9 con un valor de 0.15 no significativo.

Para la variable (FF), se observaron 26 valores significativos, donde las cruzas con los valores mas altos de ACE fueron 3x10, 1x3, 1x5 y 4x9, con 2.2, 1.62, 1.12 y 1.12 respectivamente.

En la variable (APL), se puede observar que vuelve a sobresalir los P1 y P3 con un promedio de 20.27 y significativamente iguales a 4 cruzas mas en importante mencionar que aparecen con igual numero de veces (2/2), de las seis cruzas significativas.

En la variable altura de mazorca (AMZ), en esta se puede observar que las únicas 2 cruzas con valores significativos dependen del P5 con las cruzas 5x7 y 5x8 con un valor promedio de 13.37.

En la producción de forraje verde (PFV), en esta variable aparecieron casi los mismos progenitores P1,P2,P3 Y P5 que siguen apareciendo con la misma cantidad de valores significativos con excepción del P5 que fue el mas alto con un promedio de  $16.22\text{t/ha}^{-1}$  donde es importante ser notar que aparece en (3/9) cruzas involucra. Respecto a la producción de materia seca (PMS), se puede observar que los valores mas altos fueron 1x7, y 3x8 con  $9.46$  y  $6.23 \text{ t ha}^{-1}$  respectivamente, valores significativamente igual a nueve cruzas mas. Cabe resaltar que el P7 presentó valores altos de ACG en cinco de las seis variables estudiadas. De lo anterior se observa que los progenitores P10, P9, P5 y P7 participaron en las cruzas con mayor ACE y de esta forma coinciden también como los mejores padres con mayor ACG.

Cuadro 4.5 Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) estimado en líneas de maíz forrajero de seis características evaluadas. UAAAN.-U.-L. Torreón Coahuila.

CRUZAS	FM	FF	APL	AMZ	PFV	PMS
1*2	2.55*	0.75*	20.27*	8.97	1.22	-0.26
1*3	2.35*	1.62*	1.27	-7.67	-4.69	-2.51
1*4	0.93	0.12*	-1.72	-3.47	17.44*	<b>3.13*</b>
1*5	1.68*	1.12*	-30.24	-21.75	-15.09	-7.78
1*6	1.19*	0.62*	-16.19	-13.75	-0.41	0.38
1*7	1.06*	-0.97	-5.72	9.93	13.09*	<b>9.46*</b>
1*8	1.69*	-1.5	9.09	4.18	-9.15	-3.43
1*9	0.18*	0.25	3.02	-16.47	0.90	0.45
1*10	-2.06	-1.32	19.15*	40.15	-3.22	0.06
2*3	0.55	1.62*	-8.92	5.25	-9.56	-3.05
2*4	-1.56	-1.67	2.27	1.75	3.35	-1.08
2*5	-1.81	-1.17	7.96	-6.62	-7.46	-2.61
2*6	-0.69	0.56	1.59	1.52	-1.29	0.48
2*7	-0.56	-0.97	-8.42	10.25	-9.36	<b>2.75*</b>
2*8	0.68	1.23*	-4.69	-3.02	6.97*	1.25
2*9	-0.06	-0.55	-5.72	-8.65	-4.74	<b>3.25*</b>
2*10	1.24*	0.87*	-4.54	-9.52	21.59*	<b>4.13*</b>
3*4	-2.06	-1.85	2.02	1.75	-4.127	1.34
3*5	-1.31	-0.85	-8.74	-0.67	-17.77	-6.86
3*6	-1.19	-1.65	-18.59	-3.52	1.05	1.63
3*7	0.99*	0.75*	13.77*	9.12	9.72*	2.05
3*8	0.93*	-0.17	23.59*	4.37	15.65*	<b>6.23*</b>
3*9	-0.19	-0.47	1.527	-1.25	1.734	-2.43
3*10	1.49*	2.20*	-6.24	-7.17	8.77	<b>3.28*</b>
4*5	2.05*	1.75*	7.96	5.06	0.42	-2.61
4*6	0.86	0.25*	2.02	2.12	-5.94	-2.61
4*7	0.68	0.25*	-17.59	-3.15	4.47	-2.74
4*8	0.68	0.56	3.77	-11.75	-3.74	2.62*
4*9	0.61	1.12*	1.46	-4.5	2.08	2.31*
4*10	-8.19	-1.2	-7.22	-7.937	-13.71	-1.86
5*6	0.73	0.12	8.21	4.75	1.40	1.56
5*7	0.44	0.12	8.02	13.37*	16.22*	<b>3.94*</b>
5*8	-1.06	-0.97	5.96	12.87*	10.65*	<b>6.44*</b>
5*9	0.73	0.15*	8.15	4.56	-0.75	2.05
5*10	0.05	0.25*	14.84*	-11.35	12.78*	<b>5.31*</b>
6*7	0.38	-0.15	11.52*	-33.47	8.05	0.39
6*8	0.14	0.12*	8.09	-1.68	-4.16	-2.05
6*9	0.35	-0.47	5.77	5.187	-0.77	0.12
6*10	0.50	0.50	-12.09	19.25	1.35	-0.28
7*8	-0.67	-0.67	-2.92	-3.01	-9.34	-2.38
7*9	1.06	1.62*	-9.24	8.87	-1.15	-2.91
7*10	0.00	0.23*	-8.19	-12.02	-30.71	-10.58
8*9	0.50	0.25*	-9.42	10.62	-3.71	-2.51
8*10	0.93*	0.93*	-5.54	-12.82	-2.27	-5.58
9*10	-1.81	-1.81	3.23	1.52	6.24	<b>4.75*</b>
<b>DMS</b>	<b>0.8</b>	<b>0.7</b>	<b>11.0</b>	<b>12.7</b>	<b>6.6</b>	<b>2.6</b>

\*Valores significativamente diferentes de cero (P<0.05) +, FM = floración masculina, FF=floración femenina, APL =altura de planta, AMZ =altura de mazorca, PFV =peso de forraje verde, PMS=peso de materia seca

## V. CONCLUSIONES

1. Las cruzas fueron diferentes estadísticamente para todas las variables evaluadas.
2. La ACG fue estadísticamente más importante que la ACE.
3. Los progenitores con mayor ACG fueron el P7 y P10 y produjeron las cruzas con mayor efecto de ACE.
4. la craza 2x10 produjo mayor producción de forraje verde, en tanto que la craza 9x10 lo fue para peso de materia seca.

## VI. Resumen

El presente trabajo de investigación se llevo acabo en las instalaciones en la universidad agraria autónoma Antonio narro unidad laguna, en el campo experimental, donde se evaluó el comportamiento agronómico de cruzas de maíz con el objetivo de Identificar los mejores híbridos simples de maíz forrajero con base a la ACG y ACE de las líneas elite. Los materiales utilizados fueron 10 líneas elite del CIMMyT, con las cuales se realizaron 45 cruzas posibles directas de acuerdo al método -4 del diseño genético dialélico de Griffing (1956). La parcela experimental fue de un surco por tres metros de largo y 0.70 metros de ancho, con una distancia aproximadamente de 20cm entre planta y planta. El diseño utilizado para su evaluación fue bloques al azar con dos repeticiones. Las variables evaluadas fueron: floración masculina(FM), floración femenina(FF), altura de planta(APL), altura de mazorca(AMZ), peso de forraje verde(PFV) y peso de materia seca(PMS). Las cruzas fueron diferentes estadísticamente para todas las variables evaluadas. La ACG fue estadísticamente más importante que la ACE. Los progenitores con mayor ACG fueron el P7 y P10 y produjeron las cruzas con mayor efecto de ACE. la crusa 2x10 produjo mayor producción de forraje verde, en tanto que la crusa 9x10 lo fue para peso de materia seca

## VII. Bibliografía

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

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