

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



CARACTERIZACIÓN DE LOS EFECTOS GENÉTICOS EN  
HÍBRIDOS VARIETALES DE MAÍZ FORRAJERO.

POR

FRANCISCO LEDESMA GARCIA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARI  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS

TESIS DEL C. FRANCISCO LEDESMA GARCIA

ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITE DE ASESORIA Y  
APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL GRADO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. EMILIANO GUTIERREZ DEL RIO

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
M. C. ARMANDO ESPINOZA BANDA

ASESOR:

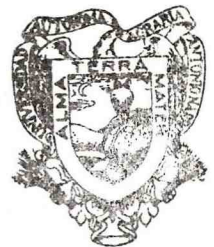
  
\_\_\_\_\_  
M.C JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. ARTURO PALOMO GIL.

  
\_\_\_\_\_  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS

M.C JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS

TESIS DEL C. FRANCISCO LEDESMA GARCIA QUE SE SOMETA A LA  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADO COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**COMITÉ PARTICULAR**

**PRESIDENTE.**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. EMILIANO GUTIERREZ DEL RIO**

**VOCAL**

  
\_\_\_\_\_  
**M. C. ARMANDO ESPINOZA BANDA**

**VOCAL**

  
\_\_\_\_\_  
**M. C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCIA**

**VOCAL SUPLENTE**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. ARTURO PALOMO GIL**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCIA**



**Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas**

TORREON, COAHUILA, MÉXICO.

JUNIO DE 2004

## **DEDICATORIA.**

A Dios: por dejarme ser una persona capaz de enfrentar lo mas grande que se me enfrente, darme una salud integra y ser una persona de buenos sentimiento, por dejarme culminar una de las tantas metas que me he propuesto.

A mis padres quienes me dieron la vida les agradezco de todo corazón el haberme apoyado en lo mas dificil que he pasado lejos de ellos.

**Cristina Garcia Morales**

**Moisés Ledesma Garcia.**

A todos hermanos qe en los momentos mas difíciles siempre estuvieron con migo apoyándome, por brindarme siempre los momentos mas positivos, y de ser una persona importante en esta vida.

Manuel , soledad, Luz Maria, Alfredo, Jesús, Tovias, Esthela, Moisés, Ana Maria y, Daisy.

A toda mi familia que siempre me aconsejo y apoyo para ser una persona profesional.

A mi novia por brindarme todo su amor, confianza y comunicación integra a lo largo de todos estos años, y por el apoyo que nunca me faltó de ella.

**Victoria Saldivar Cisneros**

A mis sobrinos que de alguna manera me impulsaron a seguir adelante.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios: le doy gracias por dejarme ser una persona profesional , por dejarme tener una familia llena de amor y felicidad, y por darme el amor que tanto había esperado.

A mi alma terra mater que por cuatro años y medio extendió sus alas y me brindo los conocimientos para ser la persona que soy.

Alma mater te prometo que siempre llevare en mis manos los colores negro y dorado , los llevare en mi corazón y mis manos, los mantendré brillantes por donde quiera que valla, nunca te fallare alma terra mater, dorado y negro

A mis compañeros quienes siempre estuvieron con migo batallando en todos momentos, pero siempre con la mentalidad de salir adelante:

Monica, Maria del Rosario, Hermes Ramses, Miguel Salazar, Roberto Carlos, Victor Manuel, Ciria, Ramiro, Juan Pablo, Ricardo, Matusalén, Miguel Mota, Clemente.

A todos mis compañeros de las carreras de riego, de horticultura, de procesos de Agro ecología, y de Parasitología, gracias por pasarnos unos momentos inolvidables.



A todos mis profesores quienes de alguna u otra manera siempre aportaron lo mejor para que pudiera ser un buen profesionista.

D.r. EMILIANO GUTIÉRREZ DEL RIO.

DR. ARTURO PALOMO GIL.

M .C. ARMANDO ESPINOSA BANDA.

ING. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA.

ING. VICTOR MARTINEZ CUETO.

MC. JAIME LOZANO.

Dr. FAVELA CHAVEZ.

MVZ. GILBERTO JIMÉNEZ FRIAS.

ING. RUBEN CASTRO.

ING. RICARDO CASTRO.

Quines me brindaron una confianza y me apoyaron siempre con un profesionalismo de salir siempre adelante.

Gracias a mi Woodland high school y a todos mis profesores de esa institución que fueron unas profesionistas de pensamientos positivos y me llevaron a ser una persona destacada.

Mr. Principal Ben Flores

Maurice Rasmussen.

Ms. Trasy Currey .

Mr. Jerry Del Sol.

Mr. Eric Dyer .

CTAP. Lauri Balley.

Mary HellenMancilla

Ms. Gloria Boccolini.

Mr. George Loney.

# INDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS.....	II
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
EL MAIZ COMO CULTIVO FORRAJERO.....	4
HÍBRIDOS.....	5
HETEROSIS.....	7
CRUZAS DIALELICAS.....	8
HEREDABILIDAD.....	9
III. MATERIALES Y METODOS.....	11
UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	11
MATERIAL GENETICO.....	11
FORMACIÓN DE LA SERIE DIALELICA.....	12
DISEÑO Y PARCELA EXPERIMENTAL.....	12
MANEJO AGRONOMICO.....	13
SIEMBRA.....	13
FERTILIZACION.....	14
APLICACIÓN DE HERBICIDAS.....	14
VARIABLES EVALUADAS.....	14
DIAS A FLORACION MASCULINO (DFM).....	14
ALTURA DE PLANTA (AP).....	14
ALTURA DE MAZORCA (AM).....	15
PESO VERDE DE FORRAJE (PVF).....	15
MATERIA SECA (MS).....	15
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	15
ANÁLISIS GENÉTICO.....	16
HETEROSIS.....	17
COMPONENTE GENÉTICO BASADO EN UN SOLO AMBIENTE.....	17
IV. RESULTADOS.....	19
ANÁLISIS GENÉTICO .....	22
HETEROSIS.....	26
COMPONENTE DE VARIANZAS.....	28
V. CONCLUSIONES.....	30
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	31

## INDICE DE CUADROS

1. Descripción del material genético utilizado como progenitores.....	12
2. Esquema de las cruzas posibles entre 10 líneas. UAAAN-UL 2002.....	13
3. Cuadros medios de cinco características evaluadas.....	19
4. Promedios de cinco características agronómicas evaluadas en 55 genotipos de maíz.....	20
5. Cuadros medios de cinco características evaluadas con el diseño –II de Griffing (1956), UAAAN-UL.....	22
6. Efectos genéticos ACG para cinco variables agronómicas evaluadas. 2002.....	24
7. Efectos de ACE de 45 cruzas y cinco variables.....	24
7. Porcentaje de heterosis en base al promedio de progenitores (h) y al mejor progenitor (h') de 45 cruzas.....	27
8. Parámetros genéticos para cinco características evaluadas.....	29



## INTRODUCCIÓN

En México el maíz (*Zea mays L.*) es considerado como el cultivo más básico, ya que su mayoría se destina al consumo humano. Es un cereal que se adapta a las condiciones ecológicas y edáficas. El cultivo del maíz se ha extendido a todo el mundo, en nuestro país este cultivo representa la base de la agricultura nacional. Sin embargo no hemos sido capaces de alcanzar la autosuficiencia en la producción, por lo tanto el hombre está obligado a producir grandes cantidades de dicho grano para poder satisfacer la demanda alimenticia.

La agricultura en México necesita de genetistas capaces de formar y evaluar híbridos que tengan características forrajeras para el consumo del ganado o bien que tengan características de grano para el consumo humano. Se reconoce que la agricultura en México, ha descendido, como lo muestran los avances de cosecha de maíz del año 2002, que a nivel estatal se sembraron 13,594 hectáreas de maíz forrajero con rendimientos de 44 toneladas por hectárea de forraje verde y un 30 por ciento de materia seca. (Sagarpa, 2002).

Dado que los forrajes se producen principalmente para la alimentación del ganado, es importante conocer los factores que son pertinentes para determinar su valor nutritivo. Se requiere alimento de buena calidad para satisfacer los requisitos energéticos de los animales. Los forrajes y granos, son fundamentalmente fuente de alimento para el ganado y humano. La agricultura forrajera, es una alternativa tecnológica para incrementar indirectamente los alimentos para el hombre, además de que se obtienen un gran número de beneficios.

El mejoramiento del maíz es un proceso continuo y constante en la formación de híbridos y variedades para uso comercial. El conocimiento de los diversos tipos de acción génica y la relativa importancia de éstos en la

determinación de ciertos caracteres de interés, es básico para lograr rápidos avances en un programa de mejoramiento genético; uno de los sistemas ideados para conocer y evaluar la acción génica de caracteres cuantitativos lo son las cruzas dialélicas que permiten determinar las combinaciones superiores, seleccionar los mejores progenitores y diseñar los métodos de mejoramiento más eficientes.

El hombre, esta obligado a aumentar la calidad y productividad de este cereal, caracterizando a los mejores híbridos a través de técnicas que nos permitan determinar los efectos genéticos involucrados en los materiales de estudio y por consiguiente brindar a los productores de la región un mayor numero de alternativas que permitan elegir genotipos con alto rendimiento de grano y forraje.

En el presente trabajo de investigación en maíz, se planteó el objetivo de evaluar 45 cruzas en comparación con sus progenitores tomando en consideración las principales características agronómicas, y conocer sus comportamientos genéticos, a través de aptitud combinatoria con el propósito de encontrar los híbridos con una mayor propuesta heterótica en sus caracterizaciones agronómicas, primordialmente en lo referente a lo del forraje.

## Objetivos

- Formar y evaluar híbridos varietales con características forrajeras
- Caracterizar a los mejores híbridos considerando el efecto heterótico.
- Determinar los efectos de Aptitud Combinatoria General y Aptitud Combinatoria Específica para los mejores híbridos.

## Hipótesis

- Ho1: Es factible seleccionar híbridos con características forrajeras.
- Ho2: Los híbridos y sus progenitores presentan igual magnitud de heterosis y efectos de ACG y ACE en todas las variables.
- Ha1: Los híbridos no presentarán buenas características forrajeras.
- Ha2: Los híbridos y sus progenitores presentan diferente magnitud de heterosis, de ACG y ACE en todas las variables.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## El maíz como cultivo forrajero

Investigaciones realizadas en la Comarca Lagunera, indican que el Maíz es recomendable económicamente cuando se usan variedades o híbridos que rinden en promedio de 6 ton/ha de grano y superior a 45 ton/ha de forraje verde, con un manejo óptimo, alta densidad y fertilización equilibrada, aunado a un control de plagas y maleza (FIRA, 1993; Reta et al., 1999).

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

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 mismo autor menciona que se debe considerar el equilibrio de la densidad con la producción de mazorcas ya que de ellas dependerá la calidad energética del forraje. En ensayos regionales se ha obtenido una producción de 36 ton/ha de materia seca con una densidad de 90 mil plantas/ha.



---

Merchen and Bourquin (1994), menciona que el desarrollo del grano también influye directamente en la composición del olate, debido a que el almidón requiere acumulación, removilización y translocación de carbohidratos disponibles los cuales son producidos y almacenados en el tejido del olate.

Coors et al., (1994), menciona que el valor nutricional del maíz es usado para forraje tiene una función proteica y su potencial de digestibilidad es intacta, varia con ambos, el contenido del grano y composición del olate.

El grano tiene una gran digestibilidad y su importancia típicamente es cerca del 50% del total de materia seca dentro de las buenas condiciones. El mismo autor menciona que la producción del grano se puede reducir por el estrés y la calidad del olate es aumentada. El olate del maíz es muy importante para el ensilado ya que tiene un alto valor nutritivo, debido a que la mayoría de las paredes celulares de los carbohidratos se encuentran en el olate, y toda la digestibilidad de la planta es primordialmente influenciada por la composición de fracciones de la pared celular.

## **Híbridos.**

El fitomejoramiento es y seguirá siendo la mejor herramienta a nuestro alcance para mantener una elevada productiva (Eastmond y Robert, 1992). La formación y producción de híbridos conlleva un tiempo que oscila entre los 8 y 11 años. Se basa en explotar el fenómeno biológico denominado "heterosis".

De la loma (1954), menciona que el objetivo inmediato de la hibridación, es la producción de ejemplares que presentan nuevas combinaciones o agrupaciones de caracteres y generalmente mayor vigor. Por lo que es un método de gran interés y su aplicación se ha extendido de manera notable.



El mejoramiento de plantas por medio de la hibridación, practicada con frecuencia, con resultados favorables y adversos no era entendido con conocimiento de causa, hasta que los trabajos de J. Gregorio Mendel descubrieron el mecanismo de la herencia.

Todos los métodos de mejoramiento de plantas fundamentados en la hibridación se consideran en dos grandes grupos; los que se llevan a cabo sobre plantas autógamias y alogamas; las notables diferencias genéticas entre ambas clases de vegetales indican que serán tratadas de una manera diferente. Los métodos de cruzamiento pueden clasificarse de la siguiente forma: Cruzamiento autógamias y cruzamiento alogamas: a). cruza en las plantas alogamas y b). Cruzas entre variedades comerciales, cruza simple, cruza regresiva, cruza de tres líneas y cruza doble.

#### I. Cruzas en las plantas alogamas.

La hibridación varietal utiliza cruzamientos de la primera generación entre variedades de polinización libre de maíz para obtener mayores rendimientos.

Allard (1980), define el vigor híbrido como el crecimiento en tamaño o en vigor de un híbrido respecto a sus progenitores.

Stadler (1994), propuso que todas las líneas puras de maíz desarrolladas hasta ahora son inferiores a las de polinización libre tanto en vigor como en rendimiento. Hasta que no se desarrollen en líneas más productivas, el uso final de líneas puras hasta la producción de híbridos.

## Heterosis.

La manifestación de la heterosis se ha comprobado prácticamente en todas las especies alógamas cultivadas aunque con unas se ha trabajado más que con otras de acuerdo a su importancia económica, y no solo se presenta en algunas especies sino también en muy distintas partes de la planta, como en la producción de grano en el maíz, en la producción de forraje y ramas que es quizá donde la heterosis se conoce mejor (Brauer, 1981). La investigación en la fisiología de la acción génica y el medio ambiente son muy importantes. El vigor híbrido generalmente se determina para caracteres como tamaño o rendimiento, pero estos son solo productos finales de los procesos metabólicos, cuyos patrones están en los genes. Estos procesos pueden verse acelerados, inhibidos o modificados por efecto de los factores ambientales (Crees, 1956).

La heterosis permite identificar los híbridos que manifiesten altos valores heteróticos al cruzarlos y alto potencial de rendimiento (Preciado, 1999). Estudios sobre el desarrollo del concepto de la heterosis, consideran a esta como la expresión normal de un carácter complejo cuando los genes concernientes, están en condiciones de alta heterocigosis. Como la mayoría de los caracteres normales son el resultado de la acción, reacción, e interacción de un número incontable de genes y puede ser imposible obtener todos los genes esenciales en el estado más favorable de homocigosis (Hayes, 1952).

Cuando una cruce supera al testigo (progenitor) es evidente la heterosis (Jiménez, 1995). Los híbridos se fundamentan ó se basan en el vigor híbrido; el vigor, el rendimiento y la mayoría de los caracteres de importancia del maíz son de naturaleza cuantitativa y están controlados por un gran número de genes. Los efectos de estos genes pueden diferir ampliamente. La acción génica puede ser aditiva, no aditiva o una combinación de ambas. El grado de dominancia, la epistasia y las interacciones genético-ambientales se suman a la complejidad del fenómeno de la heterosis (Jgenheimer, 1990).

Para obtener mejor respuesta heterótica es conveniente combinar germoplasma proveniente de diferentes áreas de adaptación (Puertas, 1992), señala que el cruzamiento de algunas líneas endogámicas producen híbridos de caracteres muy superiores, no solo a los de las líneas parentales, sino también a las poblacionales iniciales de donde se obtuvieron las líneas endogámicas (Gómez y Valdivia, 1988).

### **Cruzas Dealélicas.**

Las cruzas dealélicas, 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 efectos y componentes genéticos de variación entre los progenitores y 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 (Martínez, 1975).

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

Griffing (1956), conceptualiza las cruzas dialélicas como el procedimiento en el cual un grupo de P líneas o progenitores se cruzan entre sí, tantas veces como sea posible para un máximo de  $P^2$  cruzamientos, los cuales pueden ser representados en una matriz de  $P \times P$  elementos.



Hayman (1954), analizó la teoría y análisis de cruzas dialélicas y sugiere que el material con el cual se trabaje cumpla una serie de supuestos genéticos, que deben cumplirse para poder hacer inferencias validadas en un análisis de cruzas dialélicas y que puedan generalizarse para otros estudios genéticos.

## **Heredabilidad**

Se utiliza para estimar los parámetros genéticos y las correlaciones fenotípicas además para identificar genotipos con altos rendimientos (Silva, 1999). Se ha definido a la heredabilidad como la proporción de la variabilidad observada debida a los efectos aditivos de los genes. Brauer (1981), indica que los estudios de heredabilidad son de utilidad para evaluar que parte de la variación observada en un carácter corresponde a factores genéticos y que parte a factores ambientales (Valdez, 1998).

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 (Chávez, 1995).

Johnson y Hyes (1940), Gówer (1943) y Green (1948) en diversos estudios sobre la herencia de la aptitud combinatoria, encontraron que es una característica totalmente heredable. La estimación de la heredabilidad es una herramienta de gran importancia para el fitomejorador ya que con ellas se puede predecir el avance genético esperado por selección y la magnitud de los efectos ambientales que enmascaran el verdadero valor genotípico de las plantas superiores durante el proceso de selección (Silva, 1999).

La heredabilidad puede estimarse en dos sentidos; heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ), estima el grado en que el fenotipo refleja al genotipo, y esta constituida por la varianza genética aditiva y no aditiva. Relaciona la varianza

genética total y la varianza fenotípica (Dudley, 1969) y, la heredabilidad en el sentido estricto ( $h^2$ ) se estima a través de la suma de los efectos de genes aditivos que el progenitor hereda a su descendencia, o la relación entre el grado de varianza genética aditiva y la varianza fenotípica (Dudley, 1969).

Para tal efecto se considera, que las condiciones ambientales y no ambientales variables reducen la heredabilidad, mientras que las condiciones mas uniformes la aumentan. Lo que se entiende por alta o baja heredabilidad no esta bien definido, pero en general son aceptables los siguientes valores.

- Heredabilidad alta cuando es mayor de 0.5
- Heredabilidad media cuando es de 0.2 a 0.5
- Heredabilidad baja cuando es menor de 0.2

La heredabilidad para rendimiento aumenta conforme cambia de medios hermanos a hermanos completos y a progenies autofecundadas  $S_1$  y  $S_2$  (Códova y Vasal, 1996).



## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó durante el ciclo primavera del 2001, en el Campo Experimental de la UAAAN- UL, y el Ejido Luchanas pertenecientes al Mpio. de Fco. I. Madero, Coahuila respectivamente.

### **Ubicación Geográfica.**

La Comarca Lagunera se encuentra ubicada geográficamente entre los paralelos al norte 25° 42', al Sur 24° 48' de latitud, al Este 102° 57', al Oeste 103° 31' de longitud.

En la Comarca Lagunera el 92.1 por ciento de la superficie municipal es de clima seco semi-cálido y el 7.9 por ciento es de seco templado. La temperatura media anual es de 22.6 C°. La precipitación total de Torreón es de 215.5 mm, y de Francisco I Madero es de los 300 a 400 mm (INEGI, 2003).

### **Material genético.**

El material genético utilizado en el experimento se origino de las cruza simples de 10 híbridos pertenecientes a la colección de híbridos comerciales del programa de mejoramiento genético de la UAAAN-UL, de los cuales se presenta su genealogía (Cuadro 1.1).

## Formación de la serie dialélica.

En el ciclo de primavera 2001, se seleccionaron 10 progenitores (Cuadro 1.1), con los cuales se realizaron las cruzas posibles  $\{n(n-1)/2\}$  considerando solamente las cruzas directas, de donde se generaron 45 cruzas diferentes entre los 10 progenitores (Cuadro 1.2).

**Cuadro 1.1.** Descripción del material genético utilizado como progenitores.

Numero de padre y grupo	Genealogía	Origen	Tipo de craza
P1 Grupo 1	P1 (F <sub>1</sub> G1)	GERST	Simple
P2 Grupo1	P2(F <sub>1</sub> G2)	GERST	Simple
P3 Grupo 1	P3 (F <sub>1</sub> G3)	GERST	Simple
P4 Grupo1	P4 (F <sub>1</sub> G4)	GERST	Triple
P5 Grupo 1	P5 (F <sub>1</sub> G5)	GERST	Triple
P6 Grupo 1	P6 (F <sub>1</sub> A1)	ASGROW	Triple
P7 Grupo 1	P7 (F <sub>1</sub> A2)	ASGROW	Triple
P8 Grupo 1	P8 (F <sub>1</sub> A3)	ASGROW	Triple
P9 Grupo 1	P9 (F <sub>1</sub> A4)	ASGROW	Triple
P10 Grupo1	P10 (F <sub>1</sub> C1)	CARGILL	Simple

F1= Híbridos, G = Gerst, A= Asgrow, C= Cargill

En la primavera del 2002, se evaluaron las 45 cruzas, mas los diez progenitores, originando un total de 55 genotipos (Cuadro 1.2).

## Diseño y parcela experimental.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con 2 repeticiones y 55 tratamientos. El sistema de siembra fue en cama melonera de 1.5 m, con parcelas de 3 m de largo y una distancia entre surcos de 0.75 m y a una distancia entre plantas de 0.18 m, para una densidad de 80 mil plantas por hectárea. La parcela útil se obtuvo mediante la eliminación de la planta orrillera, tomando los dos surcos centrales.

**Cuadro 1.2.** Esquema de las cruzas posibles entre 10 líneas. UAAAN-UL 2002.

P*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1X1*	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*

\*Progenitores.

## Manejo agronómico.

La preparación del terreno, consistió de un barbecho, dos pasos de rastra para obtener una mejor calidad en la preparación del terreno, nivelación, posteriormente se levantaron las camas de siembra.

## Siembra.

La siembra se realizó el 19 de marzo; para realizar los cruzamientos la siembra fue en húmedo (tierra venida), y manual, depositando tres semillas por punto de siembra. Se aplicó un riego de aniego y tres riegos de auxilio, con

## Diseño y parcela experimental.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con 2 repeticiones y 55 tratamientos. El sistema de siembra fue en cama melonera de 1.5 m, con parcelas de 3 m de largo y una distancia entre surcos de 0.75 m y a una distancia entre plantas de 0.18 m, para una densidad de 80 mil plantas por hectárea. La parcela útil se obtuvo mediante la eliminación de la planta orrillera, tomando los dos surcos centrales.

**Cuadro 1.2.** Esquema de las cruzas posibles entre 10 líneas. UAAAN-UL 2002.

P*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1X1*	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*

\*Progenitores.

## Manejo agronómico.

La preparación del terreno, consistió de un barbecho, dos pasos de rastra para obtener una mejor calidad en la preparación del terreno, nivelación, posteriormente se levantaron las camas de siembra.

## Siembra.

La siembra se realizó el 19 de marzo; para realizar los cruzamientos la siembra fue en húmedo (tierra venida), y manual, depositando tres semillas por punto de siembra. Se aplicó un riego de aniego y tres riegos de auxilio, con

intervalos entre riegos de 20 días, con una lámina de 30 cm en el riego de aniego, 10 cm en los de auxilio, la evaluación se llevo a cabo en el mes de Junio del 2001 en terrenos de Agricultor cooperante con el manejo convencional (propio).

### **Fertilización.**

Se fertilizo con la formula 180-100-00, a base de urea (46%N), y superfosfato triple (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); al momento de la siembra se aplico la mitad del nitrógeno y el total del fósforo; y en el primer riego de auxilio se aplico el resto del nitrógeno.

### **Aplicación de Herbicida.**

Para el control de maleza de hoja ancha se aplico el herbicida 2-4 D amina con una dosis de 0.51L/ha en el mes de junio, y 45 días después de la siembra se dieron dos aplicaciones para el control de plagas, usando el insecticida Decsis a 0.5 L/ha, para el control del gusano cogollero y elotero.

### **Variables Evaluadas.**

Las variables que se evaluaron dentro fueron:

#### **Días a Floración Masculino (DFM).**

Se expresa como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que se presenta el 50 por ciento de floración en los machos (antesis).



**Altura de Planta (AP).**

Se midió desde la base del tallo de la planta hasta la base de la espiga de la flor masculina y se expresó en metros.

**Altura de Mazorca (AM).**

Se cuantifico en metros desde la base del tallo hasta la base de la ultima mazorca.

**Peso Verde de Forraje (PVF).**

Se determino en cinco plantas al azar por parcela, y se estimó en ton/ha.

**Materia Seca (MS).**

Se estimo en base a una muestra de tres plantas, las cuales se trituraron y de la mezcla se tomo una muestra de 500 gr, la cual se llevo a peso constante en una estufa de aire forzado a 70 °C, posteriormente se estimo el porcentaje de materia seca y con ese valor se estimo la materia seca en ton/ha.

**Análisis estadístico.**

El diseño utilizado para esta esta evaluación fue bloques completos al azar con dos repeticiones, donde en el análisis se uso el siguiente modelo lineal:

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

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

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

## Análisis genético.

Para el análisis de datos se procedió a utilizar el análisis propuesto por Griffing (1956), utilizando el modelo II que incluye padres y cruza directa usando la fórmula  $p(p-1)/2$ , la cual da el número total de cruza  $F_1$  entre los progenitores, el cual se describe a continuación:

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

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

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

Las aptitudes combinatorias se estimaron :

a) Ecuación de ACG

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

b) Ecuación de ACE

$$ace = \sum_{ij} \sum Y_{ij}^2 - \frac{1}{n+2} \sum (Y_{i.} + Y_{.i})^2 + \frac{2}{(n+1)(n+2)} Y_{..}^2$$

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

## Heterosis.

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

$$H = \{(F_1 / p_m) / m_p\} \times 100$$

$$h' = (F_1 - p_s / p_s) \times 100$$

Donde:

$F_1$  = primera generación de la crucea.

$p_m$  = progenitor medio  $(P_i + P_j) / 2$

$p_s$  = progenitor superior

## Componente genético basado en un solo Ambiente.

- a) Varianza aditiva: es el equivalente de dos veces la varianza de aptitud combinatoria general.

$$\sigma_{ACG}^2 = \frac{1}{2} \sigma_A^2, \quad \sigma_A^2 = 2 \sigma_{ACG}^2.$$

En donde

- $\sigma_A^2$  = Varianza de la aptitud combinatoria aditiva
- $\sigma_{ACG}^2$  = Varianza de la aptitud combinatoria general

- b) Varianza de dominancia: Es el equivalente de la varianza de aptitud combinatoria específica.

$$\sigma_{ACE}^2 = \sigma_D^2$$

En donde:

$\sigma_{ACE}^2$  = varianza de la aptitud combinatoria específica

$\sigma_D^2$  = varianza de dominancia

- c) Grado de dominancia ( $d$ )
- $$d = \sqrt{\frac{2\sigma_D^2}{\sigma_A^2}}$$

En donde:

$\sigma^2_D$  = Varianza de dominancia

$\sigma^2_A$  = Varianza aditiva

d) Varianza fenotípica

$$\sigma^2_P = \sigma^2_{e/r} + \sigma^2_G$$

En donde:

$\sigma^2_e$  = Varianza del error

$\sigma^2_G$  = Varianza genotípica

r = repeticiones

e) Heredabilidad en el sentido amplio

$$H^2 = \sigma^2_{G/I} \sigma^2_P \times 100$$

f) Heredabilidad en el sentido estricto o estrecho

$$h^2 = \sigma^2_{A/I} \sigma^2_P \times 100$$

## RESULTADOS

Los resultados se muestran en el cuadro 1.3, respecto a la significancia de los cuadros medios de tratamientos (cruzas y progenitores) de las variables agronómicas evaluadas, no se encontró diferencia estadísticamente significativa para DFM, AL, AM. En contraste, se observó diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.01$ ) en tratamientos (genotipos), para PV y MS, lo cual nos indica que los tratamientos involucrados difieren en su potencial de rendimiento, y que no existen restricciones para proceder con los análisis dialélicos (Hallauer et, al., 1988).

En lo que respecta a la magnitud de los coeficientes de variación, para las características agronómicas en estudio, están dentro de los rangos aceptables para experimentos agrícolas.

Cuadros 1.3. Cuadros medios de cinco características evaluadas.

F.V.	G.L.	DFM	AP	AM	PV	MS
Tratamientos	54	0.81 ns	0.028 ns	0.027 ns	0.749 **	15.26 *
Repeticiones	1	0.56 ns	0.020 ns	0.056 ns	4.36 *	597.64 *
Error	54	0.75	0.037	0.020	0.39	8.39
Total	109					
C.V (%)		1.29	8.05	14.53	13.96	17.26

\*, \*\*: Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, ns= no significativo, AP= altura de planta, AM= altura de mazorca, DFM= días a floración masculina, MS= materia seca, PV= peso verde de forraje.

En el cuadro 1.4 se muestran los resultados de la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), para las cinco variables agronómicas evaluadas. Los valores no significativos para las variables DFM, AP y AM, implica que los materiales fueron muy semejantes entre si para estas características, posiblemente se deba a que los progenitores son muy similares respecto a estas características, quizás porque actualmente las compañías dedicadas a la producción de híbridos seleccionen para el mismo arquetipo. Esta uniformidad se puede advertir en los valores estrechos del rango para DFM, AP y AM con 3 días, 0.22m y 0.65m respectivamente.



Para peso de forraje verde (PFV), la mejor cruza fue 9x10 con un rendimiento de 86 ton/ha superando estadísticamente al resto de los genotipos. En orden descendente, los híbridos 4x10, 1x5, y 3x7 pero diferentes a 9x10, mostraron rendimientos aceptables de PFV. Se observó que 30 materiales tuvieron rendimientos por arriba de la media ( $59.9 \pm 1.10$ ), donde el mejor híbrido (9x10), rindió 40% más que la media.

Para materia seca (MS), se observó el híbrido 5x9 presentó el mayor rendimiento de MS, con 28.69 ton/ha superando estadísticamente al resto de los genotipos. En orden descendente, los híbridos 6x10, 1x8, 1x6 aunque diferentes al mejor, mostraron rendimientos aceptables de MS, estadísticamente iguales a 33 materiales mas, de los cuales siete son progenitores y 27 híbridos experimentales. Se observa también que 27 materiales tuvieron rendimientos superiores a la media ( $16.8 \pm 0.37$ ), donde el mejor híbrido (5x9), produjo el 70% más que la media. Los progenitores más sobresalientes fueron P7 y P8 con 19.84 y 19.55 ton/ha respectivamente.

**Cuadro 1.4.** Promedios de cinco características agronómicas evaluadas en 55 genotipos de maíz.

Cruza+	DFM	Cruza	AP	Cruza	AM	Cruza	PFV	Cruza	MS
1X9	69	3X7	2.5	1X2	1.45	9x10	86	5X9	28.69
3X4	68.5	9X10	2.5	1X9	1.45	4x10	77.3	6X10	20.94
3X7	68.5	1X8	2.47	9X10	1.15	1x5	74	1X8	20.74
1X6	68	P9	2.47	3X7	1.1	3x7	72	1X6	20.24
1X8	68	4X6	2.45	1X5	1.05	2x9	70.7	P7	19.84
1X10	68	2X3	2.4	1X7	1.05	1x8	69.3	P8	19.55
2X10	68	4X5	2.4	1X8	1.05	8x10	68.7	4X9	19.3
5X8	68	5X6	2.4	1X10	1.05	6x10	68	9X10	19.28
7X9	68	2X4	2.37	P1	1.05	2x8	66.7	4X6	19.16
9X10	68	3X6	2.37	1X4	1.02	P9	66.7	3X10	19.15
P7	68	3X9	2.35	2X3	1.02	P10	65.3	P9	19.1
1X2	67.5	4X8	2.35	3X6	1.02	5x10	64.7	1X9	19.1
1X3	67.5	7X8	2.35	4X6	1.02	5x9	64.7	3X9	18.99
2X9	67.5	P6	2.35	5X6	1.02	3x5	64	P10	18.96
4X7	67.5	1X7	2.32	P7	1.02	1x7	64	8X10	18.91
4X8	67.5	1X9	2.32	P9	1.02	4x5	63.3	2X4	18.72
4X9	67.5	4X7	2.32	1X6	1.0	P2	63.3	3X4	18.51
5X7	67.5	5X9	2.32	2X4	1.0	3x6	63.3	2X9	18.28

5X9	67.5	1X6	2.3	2X8	1.0	1x10	63.3	3X6	18.19
8X10	67.5	2X7	2.3	2X9	1.0	P3	62.7	2X6	17.7
P2	67.5	2X9	2.3	3X9	1.0	2x3	62	1X10	17.35
P4	67.5	4X10	2.3	3X10	1.0	7x9	62	7X10	16.78
P9	67.5	P8	2.3	4X5	1.0	1x6	61.3	1X5	16.69
1X4	67	2X5	2.27	2X5	0.97	3x9	61.3	4X8	16.67
2X6	67	3X8	2.27	2X6	0.97	6x9	60.7	3X8	16.59
2X8	67	3X10	2.27	3X5	0.97	1x9	60.7	5X8	16.41
3X5	67	P10	2.27	4X8	0.97	2x7	60.7	2X5	16.12
3X6	67	1X10	2.25	2X7	0.95	P6	60	P5	16.05
3X8	67	2X6	2.25	3X4	0.95	2x6	60	7X9	15.95
3X9	67	4X9	2.25	3X8	0.95	P4	60	1X2	15.83
4X5	67	5X8	2.25	4X7	0.95	3x4	59.3	6X7	15.73
4X6	67	6X9	2.25	4X10	0.95	1x2	59.3	2X8	15.66
4X10	67	1X2	2.22	5X8	0.95	3x10	57.3	P2	15.6
5X6	67	2X8	2.22	5X9	0.95	6x8	56.7	5X10	15.52
6X8	67	P3	2.22	P3	0.95	1x4	56.7	4X10	15.48
6X10	67	1X3	2.2	1X3	0.92	7x10	56	5X6	15.47
7X8	67	1X4	2.2	4X9	0.92	8x9	56	8X9	15.33
8X9	67	2X10	2.2	5X10	0.92	2x4	55.3	P1	15.28
P1	67	3X5	2.2	6X8	0.92	P8	55.3	3X5	15.15
P3	67	6X8	2.2	8X10	0.92	2x5	54.7	P3	15.13
P5	67	7X9	2.2	P8	0.92	P5	54.7	3X7	14.98
P6	67	1X5	2.17	P10	0.92	5x6	54.7	2X10	14.98
P8	67	5X7	2.17	2X10	0.9	4x6	54	5X7	14.95
P10	67	5X10	2.17	5X7	0.9	1x3	53.3	2X7	14.79
1X5	66.5	7X10	2.17	6X9	0.9	2x10	53.3	1X3	14.76
1X7	66.5	8X10	2.17	6X10	0.9	5x7	53.3	7X8	14.73
2X3	66.5	6X7	2.15	7X8	0.9	7x8	52.7	1X7	14.63
2X7	66.5	P4	2.15	P6	0.9	6x7	52.7	2X3	14.42
3X10	66.5	6X10	2.12	7X10	0.87	4x8	52	P6	14.21
5X10	66.5	P1	2.12	7X9	0.85	4x9	50	1X4	13.91
6X9	66.5	P2	2.12	P5	0.85	P7	48.7	6X9	13.3
7X10	66.5	3X4	2.1	6X7	0.82	4x7	48	P4	13.1
2X4	66	8X9	2.07	8X9	0.82	3x8	46	4X7	13.08
2X5	66	P7	1.97	P2	0.82	5x8	44.7	4X5	13.07
6X7	66	P5	1.95	P4	0.8	P1	41.3	6X8	11.83
Media	67.2		2.3		1.0		59.9		16.8
EE	0.09		0.02		0.02		1.1		0.37
DMS‡	Ns	DMS	ns	DMS	ns	DMS	1.3	DMS	5.8

+ Tratamientos; DFM: días a floración masculina, AP: altura de planta, AM: altura de mazorca, PFV: peso verde de forraje, MS: materia seca; EE: Error estándar.  
‡ : DMS al 5%.

## Análisis Genético

En el cuadro 1.5 se muestran los cuadrados medios y los niveles de Significancia para días a floración masculina (DFM), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), peso de forraje verde (PFV), y materia seca (MS), con el modelo-II de Griffing (1956), donde para las cruzas se presentó diferencia significativa en altura de mazorca (AM), peso de forraje verde (PFV), y en la variable de materia seca (MS) lo cual coincide con los resultados observados en el cuadro 1.4. Los efectos de ACG fueron significativamente importantes para AP y PFV, y no significativas para MS; en tanto ACE fue importante para PFV y MS. Lo anterior indica que PFV y MS son variables que se pueden explotar en programas de mejoramiento donde se explote el efecto heterótico; en tanto A.M y PFV, a través de la relación recurrente.

**Cuadros 1.5.** Cuadros medios de cinco características evaluadas con el diseño -II de Griffing (1956), UAAAN-UL.

FV	GL	DFM	AP	AM	PFV	MS
Repetición	1	0.56	0.02	0.05	4.35	597.64
Cruzas	54	0.81	0.02	0.02	0.74*	15.25*
ACG	9	0.75ns	0.02ns	0.05*	1.09**	16.45ns
ACE	45	0.82ns	0.02ns	0.02ns	0.68*	15.01*
Error	54	0.74	0.03	0.02	0.39	8.39
Total	109					
C.V(%)		1.28	8.50	14.52	13.95	17.26

\* \*\* :significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, NS= no significativo, DFM = días a fluoración masculina, AP= altura de planta, AM= altura de mazorca, PV= peso verde de forraje, MS= materia seca.

En el cuadro 1.6, se muestra los efectos promedio de híbridos, padres y la heterosis promedio donde se observa un efecto negativo para DFM y positiva para el resto de las variables, donde PFV y MS mostraron los valores mas altos, con 40.20% y 28,34% respectivamente. En general se puede inferir que estas dos variables pueden ser explotadas a través del método de hibridación (Preciado, 1999).



Para los efectos de ACG, en la variable días a floración (DFM), los progenitores que mostraron valores más altos fueron el P1 y P9 con 0.21 y 0.3 de ACG. En lo que respecta a la altura de planta (AP), los progenitores P9 y P6, fueron los más altos con valores de 0.02 y 0.05, de ACG. Para altura de mazorca (AM), en los cuales el progenitores P1 y P9 demostraron su mayor ACG. Resultando que los valores más altos para ACG se observan en las variables peso verde (PV), y materia seca (MS), fueron los progenitores P9 y P10, con valores de 0.29 y 0.41 y 1.81 y 0.98 respectivamente.

Referente a los efectos de ACE, la variable DFM, aún cuando el análisis de varianza no mostró diferencia significativa las que resultaron con los mayores valores positivos fueron; 1x9 (1.26), 3x4 (1.22), y 3x7 (1.22), notando que en las cruzas de mayor ACE intervino por lo menos un progenitor de buena ACG, y para la variable de altura de planta (AP), las cruzas con mayores valores de ACE fueron; 3x7 (0.25), 1x8 (0.21), y 9x10 (0.19). Jugenheimer, (1990) señala al respecto que a mayor altura de planta mayor es el rendimiento.

Los efectos de ACE en la variable (AM), las cruzas con los valores más altos fueron 1x2 (0.34), 1x9 (0.32) y 9x10 (0.16), en esta variable se puede observar que en las cruzas de mayor ACE intervino por lo menos un progenitor de buena ACG como es el P9 (Gómez et al., 1998).

Una de las variables de mayor importancia agronómica es el peso de forraje verde (PFV), donde 12 cruzas muestran los valores más altos de ACE y donde el progenitor 10 participa en cuatro (1/3) de las cruzas, sobresaliendo la 9x10, con 1.25, seguido por la craza 1x5 y 3x7 con valores de 1.21 y 1.12 respectivamente. Con excepción de la craza 1x5, las dos restantes de estas cruzas se distingue la participación de progenitores de diverso origen, como es el caso de 9x10 y 3x7, lo que puede indicar la existencia de diferentes patrones heteróticos. La mayor importancia de la ACE indica la facilidad de explotar el

fenómeno de vigor híbrido y por lo tanto, en la producción de híbridos (Martínez, 1975).

Los mayores valores de ACE para materia seca se presento en 11 de las 55 cruzas, donde los progenitores P9 y P10 que también mostraron la mayor ACG, participaron en cinco (45%) de las 11 y, donde la mejor ACE correspondió a 5x9 con 10.3. Al igual que con RFV, en los mayores valores de ACE participaron progenitores de diferente origen, con excepción de 2x4 y 3x4.

**Cuadro1.6.** Efectos genéticos ACG para cinco variables agronómicas evaluadas. 2002.

Efectos G	DFM	AP	AM	PV	MS
$\bar{X}$ de híbridos	67.21	2.27	0.98	5.16	17.48
$\bar{X}$ de padres evaluados	67.75	2.19	0.925	3.67	13.62
Heterosis promedio	-0.79	3.65	5.94	40.59	28.34

Efectos de ACG de los progenitores

Padres	$\bar{X}$	DFM	$\bar{X}$	AP	$\bar{X}$	AM	$\bar{X}$	PV	$\bar{X}$	MS
1	67.45	0.21	2.24	-0.01	1.10	0.11	55.3	-0.08	16.69	-0.07
2	67.00	-0.02	2.25	0	0.99	0.01	62.0	0.06	16.15	-0.57
3	67.22	0	2.28	0.01	0.98	0	54.7	0.03	16.46	-0.29
4	67.27	0.05	2.27	0.01	0.94	-0.03	62.0	-0.14	15.82	-0.87
5	67.00	-0.2	2.20	-0.05	0.95	-0.02	54.7	-0.07	16.74	-0.03
6	66.95	-0.24	2.29	0.02	0.94	-0.03	54.7	-0.04	16.45	-0.29
7	67.27	0.05	2.22	-0.03	0.95	-0.02	65.3	-0.24	15.93	-0.77
8	67.27	0.05	2.27	0	0.94	-0.03	54.0	-0.22	16.90	0.11
9	67.54	0.3	2.32	0.05	1.00	0.02	61.3	0.29	18.76	1.81
10	67.18	-0.03	2.24	-0.01	0.95	-0.01	53.3	0.41	17.85	0.98



Cuadro 1.7. Efectos de ACE de 45 cruzas y cinco variables.

CRUZA	DFM	AP	AM	PV	MS
1 X 2	0.26	-0.01	0.34	-0.02	-0.32
1 X 3	0.05	-0.06	-0.17	-0.43	-1.66
1 X 4	-0.48	-0.06	-0.03	-0.01	-1.92
1 X 5	-0.73	-0.02	-0.01	1.21	0.02
1 X 6	0.8	0.02	-0.06	0.24	3.84
1 X 7	-0.98	0.01	-0.01	0.64	-1.32
1 X 8	0.51	0.21	0.01	1.01	3.93
1 X 9	1.26	0.02	0.32	-0.14	0.57
1 X 10	0.59	0.01	-0.02	-0.07	-0.34
2 X 3	-0.52	0.12	0.02	0.05	-1.46
2 x 4	-1.06	0.1	0.03	-0.26	3.42
2 x 5	-0.81	0.07	0	-0.38	-0.02
2 x 6	0.22	-0.03	0.01	-0.01	1.78
2 x 7	-0.56	0.08	-0.01	0.24	-0.63
2 x 8	-0.06	-0.03	0.04	0.66	-0.66
2 x 9	0.18	0	-0.02	0.45	0.22
2 x 10	1.01	-0.04	-0.07	-0.97	-2.24
3 x 4	1.22	-0.19	0	0.06	2.88
3 x 5	-0.02	-0.03	0.01	0.34	-1.03
3 x 6	0.01	0.06	0.06	0.27	2
3 x 7	1.22	0.25	0.14	1.12	-0.71
3 x 8	-0.27	-0.01	0	-0.85	0
3 x 9	-0.52	0.01	-0.01	-0.21	0.69
3 x 10	-0.69	0	0.03	-0.64	1.67
4 x 5	-0.06	0.17	0.07	0.47	-2.82
4 x 6	-0.02	0.16	0.1	-0.25	3.54
4 x 7	0.18	0.08	0.02	-0.5	-2.07
4 x 8	0.18	0.06	0.06	-0.22	0.63
4 x 9	-0.06	-0.08	-0.05	-0.89	1.57
4 x 10	-0.23	0.03	0.02	1.03	-1.39
5 x 6	0.22	0.16	0.1	-0.27	-0.95
5 x 7	0.43	0	-0.02	-0.17	-1.02
5 x 8	0.93	0.03	0.03	-0.85	-0.45
5 x 9	0.18	0.06	-0.03	0.3	10.3
5 x 10	-0.48	-0.02	0	0.01	-2.18
6 x 7	-1.02	-0.1	0.09	-0.24	0.03
6 x 8	-0.02	-0.09	0.01	0.05	-4.74
6 x 9	-0.77	-0.09	-0.07	-0.18	-5
6 x 10	0.05	-0.15	-0.02	0.23	3.47
7 x 8	-0.31	0.11	-0.01	-0.07	-1.41
7 x 9	0.43	-0.07	-0.13	0.11	-1.87
7 x 10	-0.73	-0.03	-0.05	-0.45	-0.19
8 x 9	-0.56	-0.24	-0.14	-0.36	-3.4
8 x 10	0.26	-0.08	0	0.46	1.02
9 x 10	0.51	0.19	0.16	1.25	-0.28

DFM = Días a floración AP = altura de planta AM = altura de mazorca PV = peso verde  
MS = materia seca.

## Heterosis.

En el cuadro 1.7 se calculo el grado de heterosis con base a la media de progenitores ( $h$ ) y al progenitor superior ( $h'$ ), para cada una de las cinco características agronómicas evaluadas, donde se encontró que para días a floración masculina (DMF), los híbridos en general se mostraron semejante a los progenitores, dado los bajos porcentajes de heterosis como se muestra en las cruzas 1x9 (2.33), 4x8 (2.03), 3x4 (1.9), 3x7 (1.9) y 2x10 (1.36) en base al progenitor medio ( $h'$ ) y, en lo que respecta a la heterosis con base al mejor progenitor ( $h'$ ), las mismas cruzas mostraron una heterosis positiva.

En altura de planta (AP), los híbridos en general se mostraron superiores a los progenitores donde las cruzas 6x10, 9x10, 5x10, 1x7 y 3x9 fueron las cruzas con los valores que superaron a los progenitores tanto en base al promedio de progenitores ( $h$ ) y al mejor progenitor ( $h'$ ); la cruza 8x10 con -40.13%, fue la que mostró el valor mas bajo de heterosis ( $h$ ). Basándose en los resultados se puede afirmar que los progenitores 6, 9, 5, 1 y 3 promovieron una mayor heterosis en las cruzas.

Para altura de mazorca (AM) las cruzas 6x10 (26.98), 1x9 (14.29), 2x6 (13.99), 3x7 (13.99) y 2x7, 6x9 (13.40), superaron a sus progenitores lo que indica que mostraron un efecto heterótico promedio ( $h$ ) y con respecto al mejor progenitor ( $h'$ ); los híbridos en general se mostraron superiores a sus progenitores, la cruza 1x2 con -13.88% ( $h$ ), fue la que mostró la heterosis promedio más negativa.

Para peso de forraje verde (PFV), 17 de las 45 cruzas (37%), mostraron el efecto heterotico superando a sus progenitores; las cruzas 6x10 (49.25), 2x7 (45.95) y 1x7 (39.53) con valores arriba del 100% respectivamente. Respecto a heterosis al mejor progenitor ( $h'$ ) el 42.2% de las cruzas mostraron una heterosis superior resaltando las cruzas 6x10 (57.66), 2x7 (40.35) y 1x7

(36.67%) respectivamente, y la craza 5x6 (-31.97) presento el valor mas bajo en esta variable lo que significa que no tuvo efecto heterotico.

Respecto a materia seca (MS) solo nueve cruzas mostraron valores positivos de heterosis  $h$  y  $h'$ , de las cuales 4x10, 4x5 y 1x8 sobresalieron ya que sobrepasan el vigor promedio de sus progenitores; en esta variable se encontró el porcentaje mas bajo de heterosis ( $h$ ) la craza 7x8 (-41.15) presento el valor mas bajo en esta variable.

**Cuadro 1.7.** Porciento de heterosis en base al promedio de progenitores ( $h$ ) y al mejor progenitor ( $h'$ ) de 45 cruzas.

Cruza	DFM <sup>+</sup>		AP		AM		PV		PS	
	$h$	$h'$	$h$	$h'$	$h$	$h'$	$h$	$h'$	$h$	$H'$
1X2	0.41	0.07	-4.23	-4.02	-13.88	-18.18	-17.32	-15.72	-31.06	-32.17
1X3	0.25	0.07	-2.65	-1.79	0.96	-4.55	3.25	4.78	-33.75	-34.21
1X4	-0.53	-0.67	-13.53	-12.95	-1.96	-9.09	5.50	4.78	-21.09	-23.15
1X5	-1.08	-1.41	1.35	0.45	2.44	-4.55	-2.27	-2.05	-21.01	-20.89
1X6	1.19	0.82	5.96	7.14	17.65	9.09	4.19	4.78	-30.96	-31.46
1X7	-1.28	-1.41	9.87	9.38	12.20	4.55	39.53	36.67	4.07	1.70
1X8	0.95	0.82	8.65	9.38	7.84	0.00	-12.04	-13.44	17.02	17.76
1X9	2.23	2.30	-3.51	-1.79	14.29	9.09	2.29	7.06	-32.67	-28.49
1X10	1.02	0.82	7.14	7.14	7.32	0.00	-3.54	2.51	-23.81	-21.16
2X3	-0.91	-0.75	-5.08	-4.44	-3.55	-4.04	-18.50	-18.86	-13.83	-13.00
2X4	-1.69	-1.49	6.19	6.67	8.81	6.06	-10.01	-12.28	-13.32	-14.20
2X5	-1.49	-1.49	5.62	4.44	8.25	6.06	-17.50	-18.86	-30.68	-29.41
2X6	0.04	0.00	3.52	4.44	13.99	11.11	8.89	7.46	-35.31	-34.71
2X7	-1.69	-1.49	7.38	6.67	13.40	11.11	45.95	40.35	8.11	7.38
2X8	-0.20	0.00	-4.87	-4.44	-1.55	-4.04	-9.19	-12.28	-8.37	-6.24
2X9	0.34	0.75	-3.72	-2.22	5.53	6.06	2.56	5.26	13.59	22.77
2X10	1.36	1.49	0.22	0.00	3.09	1.01	-7.37	-3.51	-5.37	-0.39
3X4	1.87	1.90	1.10	0.88	4.17	2.04	12.99	10.62	-26.27	-27.70
3X5	-0.16	-0.33	0.45	-1.32	-1.55	-3.06	-17.13	-18.14	-25.15	-24.52
3X6	-0.13	-0.33	0.66	0.88	9.38	7.14	-6.25	-7.08	-4.38	-4.41
3X7	1.87	1.90	6.67	5.26	13.99	12.24	0.80	-2.65	0.53	-1.09
3X8	-0.36	-0.33	7.69	7.46	9.38	7.14	7.18	3.98	-28.48	-27.53
3X9	-0.56	-0.33	8.70	9.65	6.06	7.14	-18.45	-15.93	-17.38	-11.60
3X10	-1.04	-1.07	1.77	0.88	-1.55	-3.06	-30.23	-26.99	-15.28	-11.71

4X5	0.00	0.00	5.15	3.52	5.82	6.38	-15.33	-14.55	20.42	23.92
4X6	0.04	0.00	0.88	1.32	-4.26	-4.26	11.74	13.16	-18.73	-17.11
4X7	0.54	0.75	4.68	3.52	5.82	6.38	-13.35	-14.55	-19.05	-18.77
4X8	2.03	2.24	5.73	5.73	1.06	1.06	-16.08	-16.86	-21.31	-18.62
4X9	0.34	0.75	-8.50	-7.49	-12.37	-9.57	-32.09	-28.41	-12.97	-4.88
4X10	-0.13	0.00	2.00	1.32	5.82	6.38	-0.76	6.24	72.21	83.26
5X6	0.04	0.00	-4.23	-2.27	-10.05	-10.53	-32.20	-31.97	-21.81	-22.49
5X7	0.54	0.75	-0.45	0.00	0.00	0.00	-0.23	-2.49	-16.96	-18.97
5X8	1.29	1.49	7.38	9.09	0.53	0.00	-7.62	-9.30	-23.40	-23.04
5X9	0.34	0.75	1.77	4.55	2.56	5.26	-6.62	-2.49	6.46	12.88
5X10	-0.88	-0.75	10.36	11.36	0.00	0.00	-33.69	-29.71	-19.48	-16.81
6X7	-1.69	-1.49	4.21	2.62	0.53	1.06	-12.14	-14.41	-30.33	-31.43
6X8	-0.20	0.00	-5.70	-6.11	-4.26	-4.26	10.47	8.11	-30.39	-29.44
6X9	-1.14	-0.75	6.29	6.99	13.40	17.02	12.55	17.12	-25.94	-20.74
6X10	-0.13	0.00	14.79	13.54	26.98	27.66	49.25	57.66	-15.50	-11.90
7X8	-0.20	0.00	-6.46	-5.41	-4.76	-5.26	6.38	6.89	-41.15	-39.36
7X9	1.09	1.49	-0.88	1.35	-2.56	0.00	-17.87	-12.11	-31.66	-25.59
7X10	-0.88	-0.75	3.14	3.60	-5.26	-5.26	7.10	16.39	-30.56	-26.38
8X9	-0.40	0.00	4.58	5.73	-7.22	-4.26	-2.76	3.53	-30.19	-26.34
8X10	0.61	0.75	-40.13	-40.53	0.53	1.06	-23.83	-17.65	7.98	11.01
9X10	0.74	0.00	14.04	12.07	-12.82	-15.00	-11.70	-10.42	5.82	3.26

+DFM = días a floración masculina, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, PV = peso verde de forraje, MS = materia seca.

### Componente de varianzas.

En el cuadro 1.8, se muestran los valores de la varianza aditiva ( $\sigma^2 A$ ) y de la varianza de dominancia ( $\sigma^2 D$ ), en las que se observa que en las variables DFM, AP, PVF y MS es mayor la varianza dominante; por lo tanto éstas variables mostraron una heredabilidad baja, lo anterior se reflejó en los altos valores para el grado promedio de dominancia (d), donde únicamente, AM mostró los valores más bajos de la unidad, lo cual resulta lógico dado su baja magnitud de la  $\sigma^2 D$ .



**Cuadro 1.8.** Parámetros genéticos para cinco características evaluadas.

Variable	$\sigma^2_A$	$\sigma^2_D$	$\sigma^2_G$	$\sigma^2_P$	$h^2(\%)$	d
DFM	0.0116	0.08	0.0916	0.8316	1.3949	1.18
AP	0.032	0.2611	0.2931	0.3301	9.694	3.111
AM	0.0047	0.0026	0.0073	0.0099	0.474	0.689
PVF	0.069	0.287	0.356	0.749	9.21	3.04
MS	0.24	6.626	6.866	15.256	1.57	1.25

$\sigma^2_A$  =varianza aditiva,  $\sigma^2_D$  = varianza de dominancia,  $\sigma^2_G$  = varianza genética,  $\sigma^2_P$  = varianza fenotípica,  $d^2$  = grado de dominancia;  $h^2$  = heredabilidad, DFM= días a fluoración masculina, AP= altura de planta, AM= altura de mazorca, PVF= peso de forraje verde y MS= materia seca.



## CONCLUSIONES

- De acuerdo con los análisis estadísticos en los niveles de probabilidad del cinco y el uno por ciento, los híbridos fueron muy similares en las características agronómicas días a floración femenina (8DFM), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM), y diferentes en los componentes de rendimiento (PFV) y materia seca (MS), lo cual nos indica que los tratamientos involucrados difieren en su potencial de rendimiento.
- Los progenitores  $P_9$  ( $F_1A_4$ ) y  $P_{10}$  ( $F_1C_1$ ) mostraron los mayores valores de ACG, considerados como progenitores comerciales con una amplia combinación genética para el resto de los padres involucrados en este trabajo.
- La varianza de tipo no aditiva fue la más importante para todas las variables, por lo que se podría formar variedades sintéticas con los mejores progenitores.
- Las cruzas entre materiales de origen diferente mostraron mayor heterosis, a pesar de predominar la varianza de tipo aditivo entre los progenitores. La mayor heterosis se observó en la característica de materia seca en la cruce  $p_4$  ( $F_1G_4$ ) X  $P_{10}$  ( $F_1C_1$ ) con 72.21% y 88.26%, para h y h' respectivamente.
- Las cruzas que sobresalieron por su alto rendimiento de forraje verde y de materia seca y además con características agronómicas forrajeras fueron:  $P_5$  ( $F_1G_5$ ) X  $P_9$  ( $F_1A_4$ ),  $P_6$  ( $F_1A_1$ ) X  $P_{10}$  ( $F_1C_1$ ),  $P_1$  ( $F_1G_1$ ) X  $P_8$  ( $F_1A_3$ ) y  $P_9$  ( $F_1A_4$ ) y  $P_{10}$  ( $F_1C_1$ ).

## BIBLIOGRAFÍA

- Allard, R.W., 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. EOSA. España 498 p.
- Bruno, O. A., Romero, L. A; Díaz, M. C y Gaggiot-Ti, M. C. 1995. Efecto del momento de corte del maíz para ensilaje sobre la producción de leche, Inta-Reporte Técnico. Argentina.100 p.
- Brauer, H. O. 1981. Fitogenética aplicada. ELSA. Primera impresión. México. 518 p.
- Coors, J. G., P.R. Carter, and R.B.Hunter. 1994. Silage Corn. P 305-340. *in* A.R. Hallauer (ed.) Specialty corn. CRC press, Boca Raton, FL.
- Córdova, H. S. y S. K. Vasal, 1996. Estrategias en el desarrollo y mejoramiento del germoplasma de maíz orientado a la agricultura sustentable.
- Crees, C. E., 1956. Hererosis of the hybrid to gene frequency differences between two populations. *Genetics* 53:269-274.
- Curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable, UAAAN. Buenavista, Saltillo Coah. Pp. 99-123.
- Chávez A., J. L. y López E. 1995. Mejoramiento de Plantas I. UAAAN. México. p. 158.
- Dudley J. W. y R. H. Moll, (1969). Heredabilidad, Crop Science. Concept of general and specific combining ability. *Oct. Biol. Sci.* 6; 126-139.
- Griffing, B. 1956b. Concept of general and specific combining ability in relation in diallelic crossing system. *Aus. Jour. Biol. Sci.* 9; 463-491.

- Gómez N., M., B. R. Valdivia, y H. A. Mejia, 1988. Dialélico integrado con líneas de diferentes programas de maíz para la región cálida. *Fitotecnia Mexicana* 11: 103-120.
- Hayes, H. K. 1952. Development of the heterosis concept. Edit John W. Low. Sta. Coll. Press pp. 49-60.
- Jiménez G. R., M. Mulaire, P. Ron, y D. J. Ramírez, 1995. evaluación de cruzas con materiales de maíz adaptados y exóticos en el centro-occidente de México. XVIII Congreso Nacional SOMEFI. Sociedad Mexicana de Fitogenética 2000.p.130.
- Jugenheimer, W. R. 1990. Maíz ELSA Cuarta reimpresión. México. 841.
- Preciado O., R. E., I. A. D. Terrón, B. M. Erazo, C. A. Ortega, M. N. Gómez, y M. M. Sierra, (1999). Generación de híbridos de maíz para el bajío con líneas de diversas regiones de México, XVIII Congreso Nacional, SOMEFI. 1999. P. 156.
- Puertas, G., J 1992. Genética. Fundamentos y perspectivas McGraw-Hill. España. 741 p.
- Rodríguez H., S. *et al* 1999. Fitomejoramiento del maíz para ensilaje. Segundo taller de Especialidades de Maíz. UAAAN Saltillo Coahuila. 181-185.
- Reta, S. D. G., Carrillo A. J. S., Gaytan M. A. y Cueto W. J. a. 20001. Sistemas de productividad para incrementar la productividad y sustentabilidad del maíz en la Comarca Lagunera. CELALA-CIRNOC-INIFAP; CENID-RASPA-INIFAP.21 p.
- Ramírez, R.G., Quintanilla-González, J. B. Arnda, J. 1997. White-tailed deer food habits in northeastern Mexico. *Small Rumin. Res.*, 25:142-148.

- Silva S. R., 1999. Heredabilidad y correlaciones fenotípicas en líneas avanzadas de trigo. XVII congreso Nacional SOMEFI. Sociedad Mexicana de Fitogenética 2002. p .246.
- SAGARPA. 2002 Altibajos y repunte en el campo lagunero. Sector Agropecuario. En: Resumen económico anual de la Comarca Lagunera. Edición Especial, El Siglo de Torreón. *Torreón, Coahuila. pp. 37-39.*
- Martínez, G. A. 1975. Diseño y análisis de los experimentos de cruza dialélicas. CEC-CP-ENA. Chapingo, México. 229 p.
- Merchen, N. R., and L. D. Bourquin. 1994. Processes of digestion and factors influencing digestion of forage- based diets by ruminants. P. 564-612. *in* G. c. Fahey Jr. et al. (ed) Forage quality, evaluation, and utilization. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Ottman, M. J. and L. F. Welch. 1998. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration and yield and corn. *Agron. J.* 81: 167-174.
- Vasal, S. K. y H. Córdova. 1996. Heterosis en Maíz; acelerando la tecnología de híbridos de dos progenitores para el mundo en desarrollo. Curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coah. Pp. 32-54.
- Tetio-Kagho, F. and F. P. Gardner. 1998. Response of maize to plant population density.11. Reproductive development, Yield and Yield adjustments. *Agron. J.* 80: 935-940.
- Wang-Yeong,CH; Lee-Mian, L. Cheng, W, Wang, Y.C., Lee. M and Cheng, W, 1995. 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): 125-132.