

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

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS-VARIETALES PARA  
PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.) FORRAJERO**

**POR**

**JOSÉ ISABEL PARDO CAMACHO**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO.**

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

## INGENIERO AGRÓNOMO

Comité asesor:

Asesor principal

  
DR. Emiliano Gutiérrez del Río

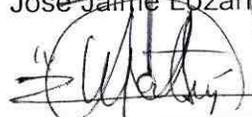
Asesor:

  
MC. Armando Espinoza Banda

Asesor:

  
MC. José Jaime Lozano García

Asesor:

  
ING. Víctor Martínez Cueto

## COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

  
ING. Rolando Loza Rodríguez



COORDINACION DE LA DIVISION  
DE CARRERAS AGRONOMICAS  
UAAAN UL

**EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS-VARIETALES PARA  
PRODUCCIÓN DE MAÍZ (Zea mays L.) FORRAJERO**

TESIS  
PRESENTADA POR:

**JOSÉ ISABEL PARDO CAMACHO**

**TESIS QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**COMITÉ EVALUADOR:**

Presidente.

\_\_\_\_\_  
DR. Emiliano Gutiérrez del Río

Vocal:

\_\_\_\_\_  
MC. Armando Espinoza Banda

Vocal:

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

Vocal suplente:

\_\_\_\_\_  
ING. Víctor Martínez Cueto

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

\_\_\_\_\_  
ING. Rolando Loza Rodríguez



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS  
UAAAN UL**

TORREÓN, COAHUILA

MARZODE 2003

## AGRADECIMIENTO ESPECIAL.

Este trabajo fue posible realizarlo con la colaboración y apoyo del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (**COECYT**) del Estado con sede en el Tecnológico de la Laguna en Torreón Coahuila, mediante el otorgamiento de una beca tesis para el desarrollo de este proyecto y formación personal.

Un reconocimiento a la Lic. Ma. de Lourdes Castillo y al Lic. Andrés Farias Cortés, por su importante colaboración en el desarrollo del programa de apoyo **becas tesis**, ya que son un apoyo importante para que los egresados de las diferentes universidades tengamos un poco más de facilidad en el desarrollo y terminación de los proyectos de tesis, agilizando este requisito parcial para la obtención del Título de licenciatura.

## AGRADECIMIENTO

Primeramente le agradezco a DIOS: que siempre me ha ayudado en los momentos más difíciles de mi vida, y durante mi estancia en mi "ALMA MATER" nunca se olvido de mí.

Le doy gracias a mi "Alma Terra Mater" por todo lo que me ha dado, agradezco a mis compañeros y maestros, en especial al Dr. Emiliano Gutiérrez del Río, al MC. Armando Espinosa Banda. Al MC. José Jaime Lozano García, quienes fueron mis asesores para realizar mi tesis.

Gracias también a mi hermana Sra. MARIA RITA PARDO DE HERNANDEZ Y A SU ESPOSO Sr. RUBEN HERNÁNDEZ quienes siempre me apoyaron, tanto económica, moral y espiritualmente,

Gracias a mis padres, hermanos y mi Sra. Esposa Rita Montiel Ordaz. Por el apoyo incondicional que siempre me han mostrado.

"MIL GRACIAS"

## DEDICATORIA:

### Con todo mi amor y respeto:

A mis padres quienes me han sabido guiar por el difícil camino de la vida;  
Sr. Sebastián Pardo Santana y Sra. Ma. Cruz Camacho Márquez.

A mis hermanos por todo el apoyo que me brindaron incondicionalmente;  
Rita, Jaime, Manuela, Sebastián y José Viviano.

A mi esposa Rita Montiel Ordaz a quien Amo Y respeto profundamente, por  
todo lo que a significado en mi vida.

A mi hija Karen Isabel Pardo Montiel por haber traído alegría y amor mi  
vida con su presencia.

A mis maestros, compañeros y amigos con quienes pase momentos muy  
especiales e importantes en mi vida.

# ÍNDICE DE CONTENIDO.

	<b>página</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Objetivos.....	6
Hipótesis.....	6
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	7
Importancia económica.....	7
El maíz como cultivo forrajero.....	8
Híbridos.....	11
Heterosis.....	13
Heterocigóticas.....	14
Dominancia.....	15
Cruzas dialélicas.....	15
Aptitud combinatoria.....	17
Heredabilidad.....	19
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b> .....	22
Ubicación geográfica del centro de investigación.....	22
Material genético.....	23
Formación de la serie dialélica.....	23
Diseño y parcela experimental.....	24
Manejo agronómico.....	25
Preparación del terreno.....	25
Siembra.....	25
Riego.....	25
Fertilización.....	25
Aplicación de herbicida.....	26
Variables evaluadas.....	26
Análisis estadístico.....	28
Análisis genético.....	28
Heterosis.....	30
Componente genético basado en un solo ambiente.....	30
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	32
Análisis genético.....	35
Heterosis.....	41
Componentes de varianza.....	45
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	47
<b>VI. RESUMEN</b> .....	50
<b>VII. ITERATURA CITADA</b> .....	53
<b>VIII. APÉNDICE</b> .....	60

## ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro No		página
1.1	Descripción del material genético utilizado como progenitores.....	23
1.2	Esquema de los posibles cruzamientos en el dialélico entre las diez líneas UAAAN-UL.....	24
1.3	Cuadrados medios de seis características evaluadas UAAAN-UL.....	32
1.4	Prueba de diferencia mínima significativa (DMS) de los promedios de seis características evaluadas en Torreón Coahuila.....	34
1.5	Cuadrados medios de seis características evaluadas con el diseño II- de Griffing (1956) UAAAN-UL.....	36
1.6	Efecto de ACG y ACE para seis variables agronómicas evaluadas en Torreón Coahuila en el 2002.....	40
1.7	Porcentaje de heterosis en base al promedio de los progenitores (h), y al mejor progenitor (h') de 45 cruas....	44
1.8	Cuadro de varianza, heredabilidad en sentido amplio y en sentido estrecho, y dominancia para seis características evaluadas en dos repeticiones.....	46

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que hoy en día aquejan a la sociedad de todo el mundo, es la escasez del agua; esto representa un fuerte obstáculo para el desarrollo de la agricultura

Enfocándonos en las necesidades que implica el crecimiento constante de la población en México y considerando que el maíz forma parte fundamental de su base alimenticia y por ende de la agricultura, el maíz es producido en la mayoría de los países del mundo es el tercer cereal más cultivado después del trigo y el arroz. Moderadamente su uso se ha extendido por casi todo el mundo y ha adquirido una importancia fundamental en la economía agrícola de países de los cinco continentes, a raíz de la obtención de nuevos híbridos y de la selección de variedades de máximo rendimiento; y amplias zonas de terreno, que hasta entonces habían permanecido al margen de la explotación agrícola, se destinaron al cultivo de este cereal. Cerca del 66% de la cosecha global de maíz se usa para la alimentación de ganado, 20% es consumido directamente por humanos, 8% es usado en procesos industriales de alimentos y productos no alimenticios y 6% se usa como semilla y desecho entre las naciones en vías de desarrollo.

Las máximas áreas productoras de maíz en el mundo se concentran en los Estados Unidos, en el llamado "corn Bel" o cinturón del maíz donde se dice que, por la noche, se escucha el maizal crecer; (Comprende estados de Ohio, Indiana, Illinois, e Iowa) donde se produce más del 40% del total. Le siguen China (20% de la producción mundial) y Europa (6%). También hay producción en otros países

del mundo, sin embargo ésta no es muy significativa comparándola con los países mencionados anteriormente.

Los Estados Unidos, La República de China, y Brasil, producen juntos el 73% del total global, 456.2 millones de toneladas. México, el cuarto productor en el ámbito mundial produce aproximadamente 14 millones de toneladas de grano anualmente en 6.5 millones de hectáreas (3% de la producción mundial en un 5% de la tierra destinada a la producción de maíz en el ámbito mundial). Aproximadamente en México el 70% se utiliza para consumo humano y el resto para la industria. Actualmente se ha incrementado el consumo de maíz para forraje, teniendo un incremento en México del 4% anual (<http://corn.agronomy.wisc.edu/publications/WCM/2001/juneplantingOptions.htm>).

México, los estados que han presentado mayor producción desde 1990 son: Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz. Los Distritos en los que se ha obtenido mejor rendimiento son: La Barca, Zapopan, Ameca, Ciudad Guzmán que regularmente se cosechan rendimientos superiores a tres y media toneladas, alcanzando en algunas zonas hasta seis toneladas por hectárea. En los últimos 6 años Sinaloa ha dado el crecimiento más importante alcanzando en el último ciclo un millón setecientas mil toneladas, esto es un crecimiento del 15% en estos últimos años. Siendo los principales distritos productores Los Mochis y Guazave Sinaloa, presentando así hasta 8 toneladas por hectárea en maíz de riego.. <http://corn.agronomy.wisc.edu/publications/WCM/2001/EarlierPlantingDatesForCorn.htm>)

La Comarca Lagunera es una de las cuencas lecheras más importantes en el ámbito nacional. Esta región cuenta con aproximadamente 193 mil cabezas de ganado bovino lechero en producción, con mas de 1.49 millones de producción de litros de leche diarios, además, la presencia de mas de 204 mil cabezas de ganado caprino, marcan su relevancia en la economía regional y nacional de éste sector. La magnitud de este sistema de producción, aunado a las tendencias en los incrementos de inventario de 13.5 % (1998 al 2000), (*Aguilar et al., 2000*), plantea la necesidad actual de proponer estrategias concernientes a la producción de forrajes para su manutención.

Lo anterior a impactado el incremento de la superficie total de cultivos forrajeros regionalmente. Actualmente se dedica un promedio de 70 mil hectáreas, de las cuales 35 mil se siembran con alfalfa y el resto con maíz, sorgo, zacate ballico y avena. La alfalfa representa regionalmente la principal fuente de abasto, (*SAGARPA, 2000*) de la superficie designada a este concepto, y donde entre el 75% y 84% se irriga con agua del sub-suelo.

En el ámbito nacional, el maíz se ha incrementado como forraje, principalmente en aquellas regiones consideradas como cuencas lecheras y de engorda (*Shaw, 1989*). Lo anterior contrasta en el ámbito regional, pues en los últimos 20 años, la superficie total del sistema de maíz "grano-forraje", no se ha incrementado significativamente (*SARH, 1980; SAGARPA, 2000*), solo se han invertido las proporciones de grano vs. forraje, ya que en 1980, el 72.2% se

destinaba para producir grano, en tanto que actualmente, el 70% se destina a maíz forraje, y esto es para la producción de ensilaje, el cual es un componente básico en la ración de alimento para ganado bovino lechero (*Reta et al., 2001*).

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

La investigación en maíz forrajero se ha enfocado a incrementar la producción y el valor energético, además de eficientar la producción de materia seca por m<sup>3</sup> de agua. Para lograr lo anterior es fundamental la selección del mejor híbrido (*Núñez et al., 1999*).

El material genético que normalmente se siembra en la Comarca Lagunera, proviene de otras regiones, donde en general se utiliza para producción de grano y sin adaptación. La falta de híbridos o variedades específicos para la Región Lagunera, representa un problema actual pues no existe un programa de mejoramiento permanente en esta región, donde predominan materiales introducidos. Hace casi diez años, el 52% de los agricultores utilizaban materiales mejorados (*Gutiérrez, 1992*), hoy se estima que el 93% recurre a este tipo de tecnología (*Aguilar et al., 2000*). El resto de los productores, utiliza variedades criollas y ocasionalmente semilla de generaciones segregantes, procedentes de progenies de híbridos (*Gutiérrez, 1992*).

Ante tal circunstancia, se hace necesario implementar programas agresivos de formación y producción de materiales mejorados de maíz (Híbridos) a corto plazo, que cumplan con las expectativas de calidad producción y adaptación para la ganadería lechera, pero que impliquen una reducción significativa del costo actual.

La idea de formar materiales mejorados en el corto plazo, contrasta con el tiempo que conlleva la formación ortodoxa de híbridos, que oscila entre los 8 y 11 años (*Márquez, 1988*).

En el presente trabajo se tiene como objetivo evaluar un grupo de híbridos multilíneales, para producción de maíz forrajero.

## Objetivos

1. Seleccionar híbridos–varietales de maíz con potencial productivo, alta calidad forrajera para condiciones cambiantes de tipo local.
2. Identificar y cuantificar la respuesta genética de las cruzas (híbrido x híbrido) en base a los parámetros y características evaluadas.

## Hipótesis

HO: Es factible seleccionar híbridos–varietales en el corto tiempo, con producción, calidad forrajera y adaptación local.

HO: Es factible identificar y cuantificar los efectos genéticos de las cruzas intervarietales.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### **Importancia económica.**

El maíz tiene enorme variedad de usos (más que cualquier otro cereal), ya sea como alimento humano, como forraje, como ingrediente principal en alimentos balanceados y para cientos de propósitos industriales, debido a su amplia distribución global, su bajo precio en relación a otros cereales, a los diferentes tipos de granos y a sus propiedades biológicas e industriales. El índice más alto de utilización per cápita ocurre en los países donde la mayoría del grano se usa para alimentar animales o donde el maíz es preferido como pasta alimenticia. ([www.viarural.com.ra](http://www.viarural.com.ra))

El maíz es una especie productora fundamentalmente para propósitos de grano o para forraje, pero también es usado para muchos fines industriales; alimenticio, molienda, pozolero, ceras, palomero, plástico con altos contenidos de amilasa, silo para animales.

El maíz es producido en la mayoría de los países del mundo y es el tercer cereal más cultivado después del trigo y el arroz. Moderadamente su uso se ha extendido por casi todo el mundo y ha adquirido una importancia fundamental en la economía agrícola de países de los cinco continentes, a raíz de la obtención de nuevos híbridos y de la selección de variedades de máximo

rendimiento; y amplias zonas de terreno, que hasta entonces habían permanecido al margen de la explotación agrícola, se destinaron al cultivo de este cereal. Cerca del 66% de la cosecha global de maíz se usa para la alimentación de ganado, 20% es consumido directamente por humanos, 8% es usado en procesos industriales de alimentos y productos no alimenticios y 6% se usa como semilla y desecho entre las naciones en vías de desarrollo. (www.theimagebank.com)

### **El maíz como cultivo forrajero**

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

Debido a la alta disponibilidad de radiación solar durante el período libre de heladas, la productividad del maíz en la Región Lagunera es alta. Resultados de investigación indican que es posible potencialmente obtener 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).

La investigación en maíz forrajero se ha enfocado preferentemente a incrementar la producción y el valor energético, además de eficientar la producción de materia seca por m<sup>3</sup> de agua. Para lograr lo anterior es fundamental la selección del mejor híbrido (Núñez et al., 1999).

El material genético que normalmente se siembra en la Comarca Lagunera, proviene de otras regiones, donde en la mayoría de los casos se utiliza para producción de grano y sin adaptación. La falta de materiales (híbridos o variedades) específicos para la Región Lagunera, representa un problema actual pues no existe un programa de mejoramiento permanente en esta región, donde predominan materiales introducidos. Hace casi diez años, aproximadamente el 52% de los agricultores utilizaban materiales mejorados (Gutiérrez, 1992), actualmente se estima que el 93% recurre a este tipo de tecnología (Aguilar et al., 2000). El resto de los productores, utiliza variedades criollas y ocasionalmente semilla de generaciones segregantes, procedentes de progenies de híbridos (Gutiérrez, 1992).

Los intereses claramente definidos de las grandes corporaciones agroquímicas quienes intentan controlar y expandir cada vez los mercados de los insumos agrícolas. Así los logros científicos han sido convertidos con el apoyo de las leyes de la propiedad intelectual, en logros comerciales, como es el caso de las semillas híbridas, que tienen que comprarse de nuevo cada año para que se garanticen sus características excepcionales. Irónicamente, el único insumo al que no se le ha asignado un valor económico es el germoplasma original que forma la

base para todos los programas de mejoramiento genético. La razón es que más del 90% de los recursos genéticos que actualmente constituyen la base para la producción mundial de alimentos provienen del tercer mundo. Así, mientras las compañías privadas de los países industriales intentan patentar sus nuevas variedades generadas con germoplasma del tercer mundo, niegan el valor comercial del germoplasma original que insisten en definir como “patrimonio universal (Myers, 1983; Wilkes, 1983).

En la Región maicera de Jalisco México, Parra, (2000) ha estudiado y producido a nivel comercial híbridos-varietales formados con cruza de maíz exóticos adaptados a la zona agrícola y con cruzamientos entre poblaciones  $F_2$ , proporcionando resultados en rendimiento y forraje estadísticamente iguales que los padres híbridos originales, siendo utilizados en programas gubernamentales.

## **Híbridos.**

El fitomejoramiento es y seguirá siendo la mejor herramienta a nuestro alcance para mantener una elevada productividad (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 autogamas y alógamas; 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 autogamas y cruzamiento alógamas: a). Cruzas en las plantas alógamas y b). Cruzas entre variedades comerciales, cruzas simples, cruzas regresivas, cruzas de tres líneas y cruzas dobles.

#### I. Cruzas en las plantas alógamas.

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

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

Stadler (1944), 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 desarrollan en líneas más productivas, el uso final de líneas puras esta la producción de híbridos.

## Heterosis.

La heterosis termino acuñado por Shull en 1914, induce la superioridad del híbrido con respecto a sus progenitores (Duvick, 1999).

La heterosis es el cruzamiento de dos variedades que producen un híbrido que en crecimiento, tamaño y rendimiento es superior en relación al mejor progenitor de la generación F1, Jungenheimer. (1985).

Para obtener mejor respuesta heterotica, es conveniente combinar germoplasma provenientes de diferentes áreas de adaptación para dar lugar a explotar mejor la heterosis, Gómez y Valdivia (1988).

Las bases genéticas de la heterosis fueron dadas originalmente basadas en las teorías de dominancia (Devenport 1908; Jones 1910; Bruce 1910; Keable y Pelew, 1910) y sobredominancia (Shull y East 1908), las que Stansfield (1969) presentó en forma resumida en los siguientes términos

a). Dominancia que supone al vigor híbrido como resultado de la acción e interacción de factores dominantes en condiciones favorables.

b). Sobredominancia que atribuye al vigor a la condición de heterosis, pues los individuos heterocigotos son menos influenciados por el ambiente donde se desarrollan los individuos homocigotos.

## **Heterocigóticas.**

Falconer (1970), considera que la heterosis es un fenómeno inverso a la depresión endogámica y que la ocurrencia de uno u otro fenómeno depende de la dominancia, en general, los progenitores de alto rendimiento y caracteres contrastados, producen los mayores rendimientos en las cruzas,

Shull (1952), atribuye el vigor híbrido o heterosis a un estímulo fisiológico, ocasionado por la fusión de gametos haploide genéticamente que dan origen a un cigoto o heterocigoto y un citoplasma desbalanceado y que a mayor diferencia genética mayor será la heterosis.

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

Guzmán (1987), considera que la heterosis es causada por la presencia de genes heterocigóticos en condiciones favorables o debido a sobre dominancia, en donde el heterocigoto es superior a ambos homocigotos, o por genes epistáticos o bien por genes con acción pleiotrópica. La heterosis de híbrido también puede originarse debido a la complementación de genes del citoplasma (genoma de mitocondria o de cloroplasto).

### **Dominancia ( \* ).**

La superioridad se discute en el ámbito de las teorías genéticas de dominancia y sobre dominancia (Márquez, 1988). Independientemente de cual de las dos predomine en el efecto, este conocimiento revolucionó la producción de semilla híbrida a escala mundial a través de diferentes técnicas. Dichas técnicas y/o procedimientos son útiles para conocer y aprovechar el vigor híbrido en maíz (Martínez, 1975). La más conocida por los fitomejoradores es el uso de los cruzamientos dialélicos propuesta por Sprague y Tatum (1942) y después por Griffing (1956).

### **Cruzas Dialélicas.**

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 (Martínez, 1975).

Las cruzas dialélicas permiten estimar el tipo de acción génica involucrado en el material de estudio. Se denominan "aptitud combinatoria general (ACG) y específica" (ACE), a los tipos de acción génica y, donde 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 así 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 caben cumplirse para poder hacer inferencias validadas en un análisis de cruzas dialélicas y que puedan generalizarse para otros estudios genéticos.

Milton y Poehlman (1965), mencionan que se puede obtener información sobre la aptitud combinatoria específica de los clones, mediante el ensayo comparativo de las cruzas simples entre ellos. Se cruzan diez o más de los clones originales con progenies de poli cruzas sobresalientes, para forman cruzas simples con el mayor numero de combinaciones posibles (dialelo). Se compara el comportamiento de las progenies de las cruzas simples, para determinar la aptitud combinatoria específica de los clones.

## **Aptitud Combinatoria:**

Aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse, con otros, capacidad medida por medio de su progenie, sin embargo esta debe determinarse en varios individuos de la población, con el fin de realizar una selección de aquellos que exhiban la más alta, Márquez (1989).

La Aptitud combinatoria general (ACG), se emplea para designar el comportamiento de una línea en combinaciones híbridas.

Aptitud combinatoria específica (ACE): se emplea para designar aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen relativamente mejor o peor de lo que podría esperarse sobre la base del comportamiento promedio de las líneas involucradas Sprague y Tatum (1942).

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 pura en algunas combinaciones híbridas. La aptitud combinatoria general proporciona información sobre que líneas puras deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas. La aptitud combinatoria específica (ACE) es el desempeño de una línea pura en una combinación híbrida específica Jungenheimer, (1985).

Griffing (1956), denomina experimentos dialélicos a aquellos que ensayen un conjunto de series dialélicas. Se elige un grupo  $n$  líneas progenitoras para realizar un máximo de  $n$  elevado al cuadrado, cruza posibles que son subdivididas en tres grupos:

1). (n) autofecundaciones. 2). Grupo de  $n(n-1)/2$   $F_1$ . 3).  $(n-1)/2$  cruzas recíprocas de la  $F_1$ .

Griffing (1956), propone también cuatro métodos de análisis para las cruzas dialélicas dependiendo de los genotipos que sean incluidos:

I.- incluye progenitores, cruzas directas y recíprocas, es decir  $n$  elevado a la dos combinaciones.

II.- incluye progenitores y cruzas directas, resultando  $\frac{1}{2}$  de  $n(n+1)$  combinaciones.

III.- incluye cruzas directas y recíprocas, es decir  $n(n-1)$  combinaciones.

IV.- incluye solo cruzas directas, o sea  $\frac{1}{2} n(n-1)$  combinaciones.

Para cada método su análisis está basado en un modelo fijo o aleatorio, para estimaciones de cuadrados medios, fórmulas para calcular los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), así como la varianza de dichos efectos.

Gilbert (1958), describe 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 (ACG), y componente genético no aditivo a la aptitud combinatoria específica (ACE). La interacción en este caso es usada como indicador de desviación de actividad. El mismo autor hace un análisis de todas las

evidencias disponibles en varias especies, concluyendo que el valor de los cruzamientos dialélicos en mejoramiento no debería ser excesivo, ya que la información ganada en ellos es sólo un poco más que la obtenida de los padres mismos.

Hoegenmeyer y Hallauer (1976), indican que en un programa de mejoramiento, cuya finalidad es la formación de híbridos, la aptitud combinatoria específica (ACE) debe ser más importante, ya que se puede explotar más a los efectos no aditivos, como dominancia y epistasis, ya que la varianza de la aptitud combinatoria general (ACG), indica la porción de la varianza genética debido a los efectos aditivos de los genes. Mientras que la varianza de la aptitud combinatoria específica (ACE), indica la porción de la varianza genética que puede ser debida a desviaciones de dominancia.

### **Heredabilidad.**

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

valores fenotípicos y los reproductivos que son medidos a través de la heredabilidad.

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

La heredabilidad puede definirse como la proporción de la variación total observada en una progenie que esta determinada por factores genéticos y puede ser transmitida. En la progenie, la variación es debida al medio ambientes considerable en relación a las variaciones hereditarias, la heredabilidad será baja. Si la variación debido al medio ambiente es pequeña con relación a la variación hereditaria, entonces la heredabilidad será alta. Brauer (1983), señala a 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.

Allard (1980), menciona que la heredabilidad, de las plantas individuales de una población heterogénea, varían en rendimiento, en altura, en resistencia a las bajas temperaturas o en otras características de naturaleza cuantitativa. Si se relacionan al azar dos plantas de una población de esta naturaleza y se determina su rendimiento, la diferencia entre la producción de las dos plantas, se deberá en gran parte a efectos de herencia y en parte a efectos del medio ambiente. El grado en que pueda transmitirse la variabilidad de un carácter cuantitativo a la

progenie es lo que se considera como heredabilidad, capacidad de transmisión hereditaria.

Shull (1952), inicia una nueva era en el mejoramiento del maíz sugiriendo un método para la producción de semilla híbrida de maíz, anteriormente el mismo autor había indicado que en un campo ordinario de maíz esta compuesto por muchos híbridos complejos, disminuyéndose su vigor al autofecundarse. Por lo que el fitomejorador como resultado de los estudios de autofecundación y cruzamiento formulo un plan que consiste en a). Autofecundar para obtener líneas puras, b). Cruzar las líneas puras (autofecundadas) para producir líneas híbridas de producción uniforme.

Poehlman (1985), dice que el aumento total de proteínas de un híbrido por métodos genéticos no siempre mejora el valor nutritivo para ciertas clases de ganado. Las proteínas del maíz se componen de dos fracciones: a). Proteínas localizadas en el germen, que están bien equilibradas desde el punto de vista de la nutrición pero que solo representa el 20 % del contenido de proteínas del maíz y b). Proteínas que se encuentran en el endospermo, llamado zeina, que contienen cantidades inadecuadas de dos aminoácidos esenciales, la lisina y el triptófano, y que por lo tanto son deficientes desde el punto de vista de la nutrición.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

El experimento se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, durante el ciclo primavera – verano 2002.

La comarca lagunera se ubica geográficamente al Norte  $25^{\circ} 42'$ , al Sur  $24^{\circ} 48'$  de latitud norte, al Este  $102^{\circ} 57'$ , al Oeste  $103^{\circ} 31'$  de longitud Oeste. Torreón representa el 0.76 por ciento de la superficie del estado de Coah.

#### **UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN:**

Las condiciones climáticas que imperan en la comarca lagunera, de acuerdo a la clasificación de Thorthwaite y el Atlas Nacional del Medio Físico (1982), en el área cultivable de la región cuenta con un clima seco con deficiencia de lluvias en todas las estaciones con un promedio de precipitación anual de 215.5 milímetros de agua, con temperaturas semicálidas con promedio anual de  $22.6^{\circ}\text{C}$ , con invierno benigno (Ed b1 “b”).

## Material Genético.

El material genético que se utilizó en el experimento, pertenece a los materiales resultados del programa de mejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, los cuales se presentan en el cuadro 1.1

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

No de padre	genealogía	padres	Origen
1	VAN-1	P1(F <sub>1</sub> G2)	UAAAN-UL
2	VAN-2	P2(F <sub>1</sub> G2)	UAAAN-UL
3	VAN-3	P3(F <sub>1</sub> G3)	UAAAN-UL
4	VAN-4	P4(F <sub>1</sub> G4)	UAAAN-UL
5	VAN-5	P5(F <sub>1</sub> G5)	UAAAN-UL
6	VAN-6	P6(F <sub>1</sub> A1)	UAAAN-UL
7	VAN-7	P7(F <sub>1</sub> A2)	UAAAN-UL
8	VAN-8	P8(F <sub>1</sub> A3)	UAAAN-UL
9	VAN-9	P9(F <sub>1</sub> A4)	UAAAN-UL
10	VAN-10	P108(F <sub>1</sub> C1)	UAAAN-UL

F1= híbridos, G= gerst, A= asgrow, C= Cargill

## Formación de la serie dialélica.

En el ciclo de primavera-verano 2001, se realizaron las cruzas posibles  $(n(n-1)/2)$ , del material genético (cuadro 1.1), considerando solamente las cruzas directas, y se obtuvieron 45 cruzas diferentes entre los 10 progenitores, en primavera del 2002, se evaluaron las 45 cruzas, más los diez progenitores, originando un total de 55 genotipos (cuadro 1.2).

**Cuadro 1.2. Esquema de los posibles cruzamientos en el dialélico entre las 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.

### Diseño y Parcela Experimental.

Se utilizó el diseño de bloques al azar con 2 repeticiones y 55 tratamientos. El sistema de siembra fue en cama melonera con dimensiones de parcela: entre camas de siembra de 1.5 m., una distancia entre surcos de 0.75 m., con una longitud de 3 m; la distancia entre plantas de 0.18 m., para una densidad de 80,000 plantas por hectárea. La parcela útil se obtuvo mediante la eliminación de la planta orillera, tomando los dos surcos centrales.

## **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 fue en húmedo (ó a tierra venida), y manual, depositando tres semillas por punto de siembra, el día 18 de marzo del 2002.

## **Riegos:**

Se aplicó un riego de aniego el día 15 de marzo del 2002; y se aplicaron tres riegos de auxilio, con intervalos entre riegos de 20 días, con una lamina de 30 cm. en el riego de aniego, 20 cm en el primero, segundo y tercer riego de auxilio, con una lamina total de 90 cm.

## **Fertilización:**

Se fertilizó con la formula 180-100-00, a base de urea (46% N), y superfosfato triple (46%  $P_2O_5$ ); 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. Esta labor se realizó en el mes de abril, donde se utilizaron fertilizantes granulados, y se aplicaron directamente al suelo.

## **Aplicación de Herbicida.**

Para el control de maleza de hoja ancha se aplicó el herbicida 2-4 D amina con una dosis de 0.51 lts. por 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 Diosis a .500lts por ha, para el control del gusano cogollero y elotero..

## **Variables Evaluadas.**

Las variables que se evaluaron dentro de la investigación fueron las siguientes:

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

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

### **Días a Floración Femenino (DFF).**

Se expresa como el numero de días transcurridos desde la siembra hasta que se presenta el 50 por ciento de floración en las hembras (antésis).

**Altura de Planta (AP).**

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

**Altura de Mazorca (AM).**

Se cuantificó en metros desde la base del tallo hasta la base de la última mazorca.

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

Se determino tomando al azar cinco plantas por parcela, se peso el total de las plantas, eliminando el peso de la mazorca y se cuantificó 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 tomó una muestra de 500 gr, la cual se llevo a peso constante en una estufa de aire forzado a 70° C. Posteriormente se estimó el porcentaje de materia seca y con ese valor se estimo la materia seca en ton/ha.

## Análisis Estadístico.

El diseño utilizado en campo fue el de bloques 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 genético se utilizo el análisis propuesto por Griffing (1956), utilizando el modelo II el cual incluye padres y cruzas directas, donde se utilizo la formula  $p(p-1)/2$ , la cual da el numero total de cruzas  $F_1$  entre los progenitores, el cual se explica enseguida:

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

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

donde;  $\mu$  = media poblacional,  $Y_{ijk}$  = valor fenotípico observado de la cruce 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 cruce ( $i, j$ ),  $e_{ijk}$  = efecto ambiental aleatorio correspondiente a la observación ( $i, j, k$ ).

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

a) Ecuación de ACG:

$$ACG = 1/n + n [\sum (y_i + y_{ii}) - 2/n y_{...}]$$

b) ecuación de ACE:

$$ACE = y_{ij} - 1/n + 2(Y_i + Y_{ii} + Y_j + Y_{jj}) + 2/(n+1)(n+2) Y_{..}$$

Donde se deduce que el valor de ACG =  $1/2\sigma^2_A$  y el valor de ACE =  $\sigma^2_{D1}$  correspondiendo a la varianza aditiva ( $\sigma^2_A$ ) y varianza de dominancia ( $\sigma^2_D$ ) respectivamente y ambas proporcionan el valor de la varianza genética:

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

## Heterosis.

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

$$h = (F_1 / p_m) 100$$

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

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.

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

En donde:

$\sigma^2_A$  = varianza aditiva

$\sigma^2_{ACG}$  = varianza de la aptitud combinatoria general

B. varianza de dominancia: es el equivalente de la varianza de aptitud combinatoria especifica.

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

En donde:

$\sigma^2_{ACE}$  = varianza de la aptitud combinatoria especifica

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

C. Grado de dominancia (d).

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

En donde:

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

$\sigma^2_A$  = varianza aditiva.

D. varianza fenotípica:

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

$\sigma^2_e$  = varianza del error.

$\sigma^2_G$  = varianza genotípica.

r = repeticiones.

E. Heredabilidad en sentido amplio.

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

F. heredabilidad en sentido estrecho.

$$H^2 = \sigma^2_A / \sigma^2_P \times 100$$

#### IV. RESULTADOS.

Para la interpretación de los resultados que se muestran en el cuadro 1.3, respecto a la significancia de los cuadrados medios de los tratamientos, incluyendo a las cruzas y a los progenitores dentro de las variables agronómicas evaluadas, no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los genotipos, para AP y AM.

En contraste se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los genotipos ( $P < 0.01$ ), para DDF, DFM, MS, y PVF, lo cual nos indica que no existen restricciones para proceder con los análisis dialélicos (Hallauer, 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.

**Cuadro 1.3. Cuadrados medios de seis características evaluadas. (UAAAN –UL 2002).**

F.V.	GI	AP	AM	DDF	DFM	MS	PVF
Tratamientos	54	212.87 N.S	84.16 N.S	2.73 *	3.09 *	16.58 **	181.75 **
Repeticiones	1	244.50 N.S	1197.87 **	8.71 *	11.12 **	12.16 N.S	3.94*
Error	54	212.23	136.88	1.40	1.45	3.16	15.24
C.V.		6.18	11.90	1.78	1.85	8.85	5.02

\*\*\* = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, NS = no significativo, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, DDF = días a floración femenina, DFM = días a floración masculina, MS = materia seca, PVF = peso verde de forraje

En el cuadro 1.4 se muestran los resultados de la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), para las seis variables agronómicas evaluadas. En lo que respecta a materia seca (MS), se observó que los híbridos de las cruzas igualaron estadísticamente a los progenitores 5, 10, 1, y 3, con valores de 42.08 ton/ha, 41.8 ton/ha, 36.7 ton/ha y 35.4 ton/ha respectivamente, y las mejores cruzas fueron, 7x10, 3x7, 8x10, 3x8, 5x7 y 5x10, con valores de 36.6 ton/ha, 35.9 ton/ha, 35.8 ton/ha, 34.9 ton/ha, 34.1ton/ha y 33.3 ton/ha respectivamente.

Para peso de forraje verde (PFV), la mejor cruz a que con 101.5 ton/ha fue 2x10, seguida por los progenitores 5 y 6 los cuales fueron iguales estadísticamente a las cruas 1x2 y 1x6, con valores estadísticos similares, así mismo esta cruz a (2x10) supera a los progenitores 2 y 10 respectivamente.

En los días a floración masculina (DFM), las cruas con mayor precocidad, fueron; 1x10, 1x7 con 93 días, y estadísticamente iguales ( $P < 0.05$ ), a 1x6, 1x9, 1x8 y 2x4, así mismo estas cruas fueron diferentes a sus respectivos progenitores. Los progenitores con mayor precocidad fueron; 2, 4 y 8, con 96 DFM respectivamente. En contraste el genotipo 2x10 fue el más tardío con 101.5 DFM, seguido de 5 genotipos más, dentro del cual se encuentran los progenitores 10, 7, 5, 3 y 6; la cruz a con mayor precocidad para DFF fue 1x7 con 95.5 DFF, estadísticamente igual ( $P < 0.05$ ) a 10 genotipos más, de los cuales tres más son progenitores (1, 8 y 2) y siete cruas. Es de resaltar que el progenitor 1 participo en cinco de las ocho cruas más precoces, lo que implica que este progenitor condiciona la precocidad a su descendencia, pues los progenitores 9,

10, 6 y 7 que participan en cruzas con el progenitor 1, fueron de lo más tardíos, con 104, 103.5, 101.5, 101.5 y 100.5 respectivamente.

En altura de planta (AP), aun cuando en esta variable no se detecto diferencia significativa (Cuadro 1.3), se observó un rango que oscilo de 3 a 3.8 m, para las cruzas 2x5 y 1x6 respectivamente.

De igual forma, para AM, tanto para cruzas y progenitores significativamente iguales ( $P < 0.05$ ), observándose un rango de 0.5 m entre la cruz 5x9 y 6x7 respectivamente.

**Cuadro 1.4. prueba de diferencia mínima significativa (DMS) de los promedios de seis características agronómicas evaluadas en Torreón Coah., en 2002.**

Cruza	MS	Cruza	PFV	Cruza	DFM	Cruza	DFD	Cruza	AM	Cruza	AP
	(Ton/ha)		(Ton/ha)		(días)		(días)		(Metros.)		(Metros.)
5x5	42.08	2X10	101.56	2x10	101.5	9x9	104	5x9	1.7	1x6	3.8
10x10	41.80	5x5	100.64	10x10	101.5	9x10	103.5	5x6	1.6	10x10	3.7
1x1	36.72	6x6	96.23	2x9	101	10x10	103.5	4x6	1.5	6x6	3.7
7x10	36.68	1X2	93.56	9x10	101	7x10	102.5	4x10	1.5	2x6	3.6
3x7	35.97	1X6	93.03	3x5	100.5	8x10	102.5	5x10	1.5	3x10	3.6
8x10	35.88	3x3	91.17	5x5	100.5	5x5	102	1x2	1.5	4x10	3.6
3x3	35.46	10x10	89.77	7x7	100.5	2x6	101.5	1x6	1.5	5x6	3.6
3x8	34.91	2X3	89.49	7x10	100.5	6x6	101.5	3x9	1.5	9x10	3.6
5x7	34.15	2x2	87.10	3x3	100	3x9	101	4x5	1.5	1x9	3.6
5x10	33.31	1X5	86.90	5x10	100	4x9	101	5x8	1.5	3x9	3.6
6x6	33.15	3X10	85.63	6x6	100	5x6	101	7x8	1.5	5x7	3.6
2x2	32.89	2X8	85.29	3x9	99.5	5x9	101	10x10	1.5	3x8	3.6
8x8	32.88	1X10	83.49	3x10	99.5	6x10	101	1x9	1.5	1x2	3.6
7x7	32.67	5X10	83.29	4x9	99.5	2x9	100.5	2x3	1.5	2x2	3.6
4x10	32.27	1X3	82.23	5x6	99.5	3x3	100.5	3x10	1.5	2x10	3.6
1x7	32.05	2X5	81.70	6x9	99.5	4x4	100.5	4x9	1.5	3x6	3.6
2x8	31.98	9X10	81.43	4x8	99	4x6	100.5	1x8	1.5	5x8	3.6
2x3	31.82	3X6	81.29	5x7	99	4x8	100.5	4x4	1.5	1x1	3.6
3x6	31.69	7X10	80.96	5x9	99	5x10	100.5	4x7	1.5	1x3	3.6
9x9	31.41	9x9	80.83	7x9	99	7x7	100.5	6x9	1.5	1x10	3.6
1x5	30.99	1X9	80.62	8x10	99	1x4	100	8x10	1.5	2x3	3.6
2x6	30.99	5X7	80.30	9x9	99	2x3	100	1x1	1.4	4x5	3.6
8x9	30.99	3X9	79.56	1x1	98	2x5	100	3x8	1.4	4x9	3.6
1x6	30.25	1x1	79.10	1x2	98	2x10	100	4x8	1.4	5x9	3.5
4x8	29.95	8X10	79.03	6x10	98	3x5	100	6x10	1.4	9x9	3.5
6x7	29.86	5X9	78.90	3x4	97.5	4x5	100	7x9	1.4	1x7	3.5

3x9	29.76	3X8	78.30	4x6	97.5	4x10	100	9x10	1.4	2x4	3.5
5x9	29.74	3X7	78.30	1x3	97	5x7	100	1x3	1.4	7x8	3.5
2x10	29.70	<b>7x7</b>	<b>77.43</b>	1x4	97	6x7	100	2x4	1.4	8x10	3.5
6x8	29.41	2X6	76.90	2x3	97	6x8	100	2x6	1.4	1x5	3.5
9x10	29.16	5X8	76.50	2x5	97	6x9	100	<b>3x3</b>	1.4	<b>3x3</b>	3.5
7x8	28.45	3X4	75.70	2x6	97	7x9	100	3x5	1.4	3x7	3.5
1x8	28.24	<b>4x4</b>	<b>75.10</b>	2x7	97	8x9	100	<b>6x6</b>	1.4	4x7	3.5
2x5	28.21	4X8	74.83	2x8	97	1x3	99.5	7x10	1.4	<b>5x5</b>	3.5
1x10	28.2	2X7	74.42	4x5	97	2x7	99.5	<b>8x8</b>	1.4	6x9	3.5
<b>4x4</b>	<b>28.17</b>	2X9	72.30	4x10	97	2x8	99.5	1x10	1.4	7x10	3.5
5x8	28.10	6X10	71.43	7x8	97	3x4	99.5	3x4	1.4	<b>4x4</b>	3.5
2x9	28.09	5X6	71.43	3x6	96.5	3x6	99.5	8x9	1.4	4x8	3.5
6x10	27.99	8X9	70.90	6x7	96.5	3x10	99.5	1x5	1.4	6x10	3.5
1x9	27.43	3X5	70.76	8x9	96.5	5x8	99.5	2x5	1.4	<b>7x7</b>	3.5
1x4	27.36	4X6	70.43	1x5	96	1x2	99	2x9	1.4	1x4	3.4
5x6	27.36	4X10	70.16	<b>2x2</b>	96	1x5	98.5	3x6	1.4	4x6	3.4
4x9	27.34	1X4	70.03	3x7	96	3x8	98.5	3x7	1.4	5x10	3.4
3x4	26.97	<b>8x8</b>	<b>69.56</b>	3x8	96	7x8	98	5x7	1.4	<b>8x8</b>	3.4
1x3	26.44	6X7	68.96	<b>4x4</b>	96	1x6	97.5	1x7	1.3	2x7	3.4
3x10	26.35	1X8	68.76	4x7	96	<b>2x2</b>	97.5	2x8	1.3	2x8	3.4
2x7	26.24	4X9	68.37	5x8	96	3x7	97.5	<b>5x5</b>	1.3	7x9	3.4
4x6	25.72	6X8	68.30	6x8	96	1x9	97	2x10	1.3	3x4	3.4
3x5	25.69	7X8	68.30	<b>8x8</b>	96	2x4	97	<b>7x7</b>	1.3	3x5	3.4
4x7	24.89	1X7	66.69	1x6	95	4x7	97	1x4	1.3	1x8	3.4
7x9	24.14	4X7	65.70	1x9	95	<b>8x8</b>	97	6x8	1.3	2x9	3.3
6x9	23.91	7X9	65.49	1x8	94	<b>1x1</b>	96.5	2x7	1.3	6x8	3.3
1x2	23.37	4X5	62.43	2x4	94	1x8	96.5	<b>9x9</b>	1.3	6x7	3.3
4x5	21.34	6X9	60.69	1x7	93	1x10	96	<b>2x2</b>	1.2	8x9	3.3
2x4	18.26	2X4	59.43	1x10	93	1x7	95.5	6x7	1.2	2x5	3
DMS*	3.56	DMS	7.76	DMS	2.38	DMS	2.37	DMS	0.00ns	DMS	0.00ns

\*DMS al 5%, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, DDF = días a floración femenina, DFM = días a floración masculina, MS = materia seca, PFV = peso verde de forraje

## Análisis Genético.

En el cuadro 1.5, se muestran los cuadrados medios y los niveles de significancia para altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), días a floración femenina (DFF), días a floración masculina (DFM), peso de forraje verde (PFV) y materia seca (MS), con el modelo -II de Griffing (1956), donde se presentó para las cruza diferencia significativa en días a floración masculina (DFM), peso de forraje verde (FV) y en la variable de materia seca (MS); para las variables altura

de planta (AP), altura de mazorca (AM) y días a floración femenina (DFF) no presentó diferencia significativa, dentro de las cruzas.

Para la aptitud combinatoria general (ACG), se observó diferencia significativa para las variables agronómicas; días a floración femenina, días a floración masculina (DFM), peso de forraje verde (PFV) y materia seca (MS); en tanto que en altura de planta (AP), y altura de mazorca (AM) no se encontró diferencia significativa.

En lo que respecta a la aptitud combinatoria específica (ACE), presentó diferencia significativa en DFM, FV y MS, para AP, AM y DFF no se presentó diferencia significativa.

Es clara la superioridad de los valores de ACG respecto a los de ACE, en todas las variables evaluadas.

**Cuadro 1.5: Cuadrados medios de seis características evaluadas con el diseño -II de Griffing (1956), UAAAN-UL**

FV	Gl.	AP	AM	DFF	DFM	PFV	MS
Rep.	1	0.013 N.S	0.11**	8.71 *	11.12 **	289.50 **	12.45*
Cruzas	54	0.021 N.S	0.008 N.S	2.73N.S	3.10*	185.60**	16.57**
ACG	9	0.016 N.S	0.01 N.S	9.20 *	8.39**	461.12**	28.24**
ACE	45	0.022 N.S	0.007N.S	1.44N.S	2.03*	130.46**	14.24**
Error	54	0.023	0.013	1.40	1.45	127.82	3.15
C.V.		6.49	11.89	1.78	1.85	4.95	8.83

\*\* = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, NS = no significativo, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, DFF = días a floración femenina, DFM = días a floración masculina, MS = materia seca, PVF = peso verde de forraje

En el cuadro 1.6, se muestra el análisis de resultados obtenidos para efectos de ACG y ACE, tanto para progenitores y sus cruzas incluyendo los efectos promedio de híbridos, padres y la heterosis donde se observa un efecto negativo para todas y cada una de las variables, ya que la media de padres es mayor que la media de los híbridos.

Para los efectos de ACG, en la variable altura de planta (AP), entre los diez progenitores evaluados los progenitores 1, 10, 6 y 4 presentan los valores más altos para esta variable; en lo que respecta a altura de mazorca (AM), en los progenitores 10, 4 y 1 se observaron los valores más altos; para días a floración femenina (DFF), los mejores progenitores son el 5, 6, 9 y 10, respectivamente, en días a floración masculina (DFM), los progenitores 10 y 9 presentan los mejores valores para esta variable; los mejores y más altos valores para ACG están en la variable peso de forraje verde (PFV), entre las variables evaluadas para ACG donde el progenitor 10 sobresale con un valor de 5.02, y el progenitor 2 con 4.39; Por último en materia seca (MS), el progenitor 10 muestra el mejor valor para ACG, lo anterior muestra que es el progenitor con la mejor ACG.

Para los efectos de ACG el progenitor 10 (Cargill), mostró los mayores efectos para tres de las seis variables y entre ellas, el PFV y la MS, que son las de mayor importancia en la producción de forrajes

Para los efectos de ACE, dentro de las cruzas, para altura de planta (AP), las cruzas con los mayores valores fueron; 2x5 (0.46), 5x8 (0.13), 1x6 (0.13) y 5x7 (0.12), lo que indica que para altura de planta los progenitores provenientes de (Gerst) y (Asgrow) presentan buena ACE, es decir que ambos difieren en su patrón genético, en contraste la craza 6x8 con  $-0.18$  presentó el valor más bajo.

Para altura de mazorca (AM), las cruzas 5x9 (0.13) y 2x3 (0.10) presentaron los mayores valores, siendo la craza 6x8 con un valor de  $-0.13$  la más baja. Cabe mencionar que en estas dos variables (AP, y AM), no se presentó diferencia significativa.

En días a floración femenina (DFF), donde no se encontró diferencia significativa, probablemente debido a que la mayoría de los genotipos de maíz utilizados, en su mayoría no difieren en la presente investigación. De las cruzas que sobresalieron para esta variable (DFF), fueron; 7x10, 8x10 y 1x4, donde se observa que el progenitor 10 (Cargill), muestra buena ACG, por lo que al combinarse con el progenitor 7 y 8 respectivamente mostraron un valor importante de ACG. Por otro lado la craza que presentó el valor más bajo para ACE fue 4x7.

En la variable DFM, el análisis de varianza mostró diferencia significativa para ACE, el padre 10 presentó una tendencia positiva en la mayoría de los casos donde interviene, y presenta el valor mayor para ACE, en la craza 2x10, con un valor de 1.74; las cruzas que también presentan valores importantes son; 4x8 (1.57), 2x4 (1.37), 1x2 (1.16), 2x9 (1.12), y 3x5 (1.20), donde es evidente que los progenitores con mayor ACG, participaron en las cruzas con mayor ACE,

resaltando entre ellos los progenitores 2 y 10 en sentido opuesto la cruce 1x10 (-2.46), presenta el valor menor en esta variable para ACE, ya que el padre 1 (Gerst), presenta el valor más bajo para ACG, influenciando el resultado de la cruce con el padre 10 (Cargill).

Para una de las variables de mayor importancia agronómica para producción de forraje es el peso de forraje verde (PFV), donde se observaron los valores más altos de ACE, el progenitor más sobresaliente fue el 2(Gerst), combinado con el 10 (Cargill), cruce 2x10, con un valor de 14.29, seguido por la cruce 1x6 y 4x8 con un valor de 13.03 y 8.31 respectivamente, donde se combinan híbridos de diferente origen (Gerst x Asgrow), lo cual coincide con lo expuesto por Gómez y Valdivia (1988), otros valores sobresalientes son las cruces 1x2 y 2x8 con 9.09 y 6.92, donde el padre 2, presentó un valor alto de ACG (4.39). La mayor importancia de la ACE indica la factibilidad de explotar el fenómeno de vigor híbrido y por lo tanto, en la producción de híbridos (Martínez, 1975).

Para materia seca (MS), el padre 7 (Asgrow), presenta mejor ACE, ya que esta presente en las cruces con mayor ACE las cuales fueron; 3x7 (2.34), 5x7 (1.43) y 7x10 (2.57), donde resalta la participación del padre 7, el cual combinó muy bien con los progenitores 3, 5, y 10, los cuales mostraron los mayores valores de ACG. Así mismo se observan las cruces 8x10, 7x10, 4x10, donde el P-10 combinó con 7, 8 y 4, quienes también mostraron altos valores de ACG, lo cual coincide con Bernardo (1992), Hages Jonson (1993), quienes afirman que líneas con buen ACG, pueden producir cruces superiores.

**Cuadro 1.6: Efecto de ACG y ACE para seis variables agronómicas evaluadas en Torreón Coahuila en 2002.**

EFFECTOS GENETICOS	AP	AM	DFE	DFM	FV	MS
$\mu$ De híbridos	3.53	1.46	99.58	97.5	114.34	28.92
$\mu$ Padres evaluados	3.58	1.417	100.35	98.75	127.3	34.724
Heterosis promedio	98.72	103.71	99.25	98.70	135.38	83.56
Efectos de ACG						
P1	0.0476	0.0132	-1.19	-1	2.28	-0.02
P2	-0.0124	-0.016	-0.31	-0.20	4.39	-0.58
P3	0.0072	0.0069	-0.10	0.25	3.94	0.46
P4	0.0122	0.0278	-0.10	-0.45	-7.39	-2.1
P5	-0.0295	0.0086	0.30	0.5	3.1	0.76
P6	0.0163	-0.0097	0.43	0.08	-0.1	-0.22
P7	-0.0274	-0.0431	-0.23	0.04	-4.34	0.32
P8	-0.0345	-0.0097	-0.44	-0.66	-3.38	0.70
P9	-0.002	-0.0035	0.85	0.54	-3.01	-1.02
P10	0.0226	0.0257	0.80	0.91	5.02	1.74
Efectos ACE						
P1XP2	0.0122	0.0445	1.1174	1.1629	9.08	-3.9149
P1XP3	-0.0074	-0.0284	0.9091	0.2045	-1.86	-2.9199
P1XP4	-0.0624	-0.1243	1.4091	0.9129	-2.67	0.7634
P1XP5	0.0043	-0.0551	-0.0076	-0.5455	3.67	-0.1862
P1XP6	0.1334	0.0632	-0.6326	-0.6288	13.03	2.2213
P1XP7	0.0022	-0.0284	-0.9659	-1.5871	-9.07	1.3359
P1XP8	-0.0907	0.0132	-0.2576	-0.3788	-7.42	-1.9574
P1XP9	0.0268	0.0570	-1.0492	-0.5871	3.49	-0.7662
P1XP10	-0.0228	-0.0222	-1.5076	-2.4621	-1.64	-2.4978
P2XP3	0.0776	0.1007	0.5341	-0.5871	3.32	1.6692
P2XP4	0.0476	0.0049	-0.9659	1.3788	-15.38	-4.6474
P2XP5	0.4607	-0.0009	0.1174	-0.8371	-3.63	-0.7670
P2XP6	0.0934	0.0174	0.9924	0.0795	-5.22	1.3655
P2XP7	0.0372	0.0007	0.1591	-0.3788	-3.43	-1.7499
P2XP8	0.0443	-0.0076	0.3674	0.3295	6.96	1.0917
P2XP9	-0.0582	0.0361	-0.4242	1.1212	-6.92	0.4780
P2XP10	0.0622	-0.0430	-0.3826	1.7462	14.29	-1.3737
P3XP4	-0.0720	-0.0430	-0.1742	0.1629	1.31	-0.4274
P3XP5	-0.0553	-0.0489	-0.0909	1.2045	-14.13	-4.2070
P3XP6	-0.0011	-0.0305	-0.7159	-0.8788	-0.37	0.7855
P3XP7	0.0426	-0.0222	-1.0492	-1.3371	0.86	2.3451
P3XP8	0.0897	-0.0055	-0.3409	-0.6288	0.41	1.5317
P3XP9	0.0672	0.0632	0.3674	0.1629	0.82	0.2930
P3XP10	-0.1574	0.0091	-1.0909	-0.2121	-1.2	-4.3587
P4XP5	0.0647	0.0053	-0.0909	-0.5871	-11.09	-4.2387
P4XP6	-0.0311	0.0486	-0.2159	0.3295	0.12	0.0238
P4XP7	0.0126	0.0320	-1.5492	-0.6288	-0.38	-1.2666
P4XP8	0.0197	-0.0264	0.6591	1.5795	8.31	1.3251
P4XP9	0.0622	0.0424	-0.1326	0.8712	0.97	1.3163
P4XP10	0.0626	0.0382	-0.5909	-1.0038	-5.31	1.1397
P5XP6	0.0855	0.0678	-0.1326	0.3712	-9.38	-2.4008
P5XP7	0.1293	0.0011	0.0341	-0.0871	3.7	1.4338
P5XP8	0.1364	0.0678	-0.2576	-0.8788	-0.54	-1.8995
P5XP9	0.0789	0.1366	-0.5492	-0.5871	0.97	-0.0133
P5XP10	-0.0957	0.0074	-1.0076	0.0379	-2.67	-0.4049

P6XP7	-0.1666	-0.1055	-0.0909	-0.6705	-4.43	-0.1987
P6XP8	-0.1845	-0.1389	1.1174	-0.4621	-5.53	-0.972
P6XP9	-0.017	0.0299	-0.6742	0.3295	-14.02	-2.9108
P6XP10	-0.0916	-0.0243	-0.1326	-1.0455	-11.35	-2.8174
P7XP8	0.0343	0.0945	-0.2159	0.0795	-1.29	-2.1674
P7XP9	-0.0482	0.0132	-0.0076	-0.1288	-4.98	-3.6612
P7XP10	0.0022	0.0091	1.5341	0.9962	2.49	2.5772
P8XP9	-0.1161	-0.0201	-0.2992	-0.4205	-0.03	0.8755
P8XP10	0.0343	0.0007	1.2424	0.2045	0.09	1.3638
P9XP10	0.0518	-0.0055	0.9508	0.4962	1.60	-1.3849

AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, DDF = días a floración femenina, DFM = días a floración masculina, MS = materia seca, PVF = peso verde de forraje

## Heterosis.

En el cuadro 1.7 de las cruzas simples entre las 10 poblaciones de maíz, se calculo el grado de heterosis con base a la media de progenitores (h) y al progenitor superior (h'), para cada una de las seis características agronómicas evaluadas, en el cuadro J1-J6 se presentan los resultados correspondientes a las seis características evaluadas, y en el cuadro 1.7, se presentan resumidos dichos resultados para efectos heteróticos.

Para altura de planta (AP), las cruzas 1x6 (105.8%), 3x8 (103.3%), 5x7 (103.9%) y 5x8 (103.6%) fueron las cruzas con valores que superan a los progenitores, en base al promedio de progenitores (h); los híbridos en general se mostraron equivalentes a los progenitores, ya que solo la crusa 2x5 con 83.92% (h), fue el valor más bajo de heterosis (h) el resto mostró valores al 90%.

Basándonos en estos resultados se puede afirmar que los progenitores 1, 3, 4, 5 y 7, mostraron una heterosis más vigorosa que influyeron en las cruzas antes

mencionadas. En lo que respecta a la heterosis con base al mejor progenitor ( $h'$ ), las cruzas 1x3 (2.13%), 1x6 (4.03%), 1x9 (1.39%), 3x8 (2.98%), 3x9 (2.10%), 4x5 (2.13%), 5x7 (3.55%) y 5x8 (2.84%) mostraron una heterosis positiva.

Para en AM, a excepción de las cruzas 6x7, 6x8, y 1x10 con valores de 91.07%, 91.38% y 94.21%, mostraron los valores de  $h$  menores al 100%, lo que indica que no mostraron el efecto heterotico ( $h$ ); en contraste 29 de las 45 cruzas (64.4%), mostraron el efecto heterotico promedio superando a sus respectivos progenitores, de este grupo cabe resaltar las cruzas 3x9, 5x6 y 6x9 con valores de 112.7, 113.5 y 127.3 porciento respectivamente. Respecto a heterosis al mejor progenitor ( $h'$ ) el 46.6 porciento de las cruzas mostraron una heterosis superior, resaltando las cruzas 7x9, 5x6 y 5x9, con 9.26, 10.34 y 24.09 % respectivamente. Los progenitores 5 y 9 están presentes con valores más altos.

En DFF las cruzas 8x10, 4x8, 2x8, 2x6, 2x3, 1x2, 1x3, y 1x4 fueron las que sobrepasan ligeramente a sus respectivos progenitores con valores de 102.2%, 101.7%, 102.3%, 102%, 101%, 101.5%, 101% y 102%, las cruzas 7x10, 6x8, 5x8, 2x7 y 2x5 presentan valores similares de 100% en heterosis ( $h$ ), las cruzas restantes no superaron a los progenitores con valores por abajo del 100%, el progenitor 8 sobresale por presentar valores sobresalientes en heterosis ( $h$ ). Para el caso de  $h'$ , la crusa 1x2 con 1.54 porciento supera a sus respectivos progenitores, las restantes están por debajo del 100%.

De manera similar en DFM las cruzas 4x9, 4x8, 2x10, 2x8, 2x9 y 1x2, sobrepasan ligeramente a sus respectivos progenitores con valores por

encima del 100% de heterosis (h) cuadro 1.7, las cruzas que igualaron a sus progenitores fueron 8x10, 9x10, 3x9, 3x5 y 1x4 con valores que alcanzan el 100% de heterosis (h), el resto de los híbridos estuvieron por debajo de sus progenitores, cabe mencionar que todas las cruzas alcanzaron valores superiores al 90%. En el caso de heterosis con base al mejor progenitor, las cruzas 2x8 y 4x8, superan a sus progenitores con 1.04 y 3.13 % respectivamente, las cruzas restantes no presentan el efecto heterotico.

Para PFV todas las cruzas superaron ampliamente a sus progenitores, tanto para h como para h', esta variable presenta los valores más altos de heterosis (h), las cruzas 1x2, 2x8 y 2x10 alcanzaron los valores más altos de heterosis (h) con valores de 168.9%, 163.3% y el valor más alto de 172.3% respectivamente, y la crusa 6x9 presentó el valor más bajo en esta variable con 102.8%. respecto a h' la crusa 4x5 con -5.60% no presento efecto heterotico.

Respecto a MS las cruzas 3x7 y 3x8 con valores de 105.6 y 102.2 sobresalieron ya que sobrepasan el vigor promedio de sus progenitores, en esta variable se encontraron los valores más bajos para heterosis (h), la crusa 2x4 presentó el valor más bajo de heterosis con 59.81%. en la heterosis respecto al mejor progenitor solo en la crusa 3x7 se manifestó un valor positivo(1.42%).

En general para heterosis (h), dentro de las seis variables, las cruzas que sobresalieron lo hicieron también para ACE, con valores positivos.

Cuadro 1.7. Porcentaje de heterosis en base al promedio de progenitores (h) y al mejor progenitor (h<sup>+</sup>) de 45 cruzas.

cruza	AP (%)		AM (%)		DDF (%)		DFM (%)		PFV (%)		MS (%)	
	h <sup>+</sup>	h										
1x2	0.00	100.3	5.08	112.7	1.54	102.0	0.00	101.0	61.19	168.9	-36.3	67.14
1x3	2.13	101.0	-1.69	99.15	-1.00	101.0	-3.00	97.98	35.24	144.8	-27.9	73.26
1x4	-3.47	97.89	-11.6	89.08	-0.50	101.5	-1.02	100.0	31.98	135.4	-25.5	84.32
1x5	-2.08	98.95	-5.08	98.42	-3.43	99.24	-4.48	96.73	22.52	137.2	-26.3	78.65
1x6	4.03	105.8	5.08	105.9	-3.94	98.48	-5.00	95.96	44.97	159.1	-17.6	86.58
1x7	-1.39	100.0	-6.78	97.35	-4.98	96.95	-7.46	93.70	24.40	125.7	-12.7	92.36
1x8	-5.56	96.11	1.69	102.5	-0.52	99.74	-4.08	96.91	30.47	138.8	-23.1	81.16
1x9	1.39	101.7	3.39	109.9	-6.73	96.76	-4.04	96.45	47.96	149.5	-25.3	80.53
1x10	-4.00	97.96	-8.06	94.21	-7.25	96.00	-8.37	93.23	39.52	148.3	-32.5	71.82
2x3	-0.69	100.7	5.17	111.9	-0.50	101.0	-3.00	98.98	48.40	151.8	-10.3	93.10
2x4	-2.07	99.65	-3.33	104.5	-3.48	97.98	-2.08	97.92	2.30	109.8	-44.5	59.81
2x5	-17.2	83.92	2.19	105.8	-1.96	100.2	-3.48	98.73	22.71	131.5	-32.9	75.26
2x6	-1.34	100.0	0.00	106.4	0.00	102.0	-3.00	98.98	19.87	125.8	-6.52	93.85
2x7	-4.83	96.84	-3.70	99.05	-1.00	100.5	-3.96	98.48	28.13	135.6	-20.2	80.06
2x8	-4.83	97.18	-5.17	100.9	2.05	102.3	1.04	101.0	46.90	163.3	-2.77	97.25
2x9	-7.31	93.33	7.69	108.7	-3.37	99.75	2.02	103.6	24.11	128.7	-14.6	87.37
2x10	-3.33	98.31	-12.9	95.58	-3.38	99.50	-0.49	102.5	69.77	172.3	-28.9	79.54
3x4	-2.84	97.51	-5.00	96.61	-1.00	99.00	-2.50	99.49	24.55	136.6	-23.9	84.76
3x5	-2.84	97.16	0.00	102.8	-1.96	98.77	-0.50	100.0	5.52	110.7	-38.9	66.27
3x6	-2.68	100.0	-3.45	96.55	-1.00	98.51	-3.50	96.50	26.73	130.1	-10.6	92.39
3x7	0.00	100.3	-3.45	100.0	-2.99	97.01	-4.95	95.52	28.83	139.3	1.42	105.6
3x8	2.98	103.3	1.72	101.7	-1.99	99.75	-4.00	97.96	33.93	151.9	-1.55	102.2
3x9	2.10	102.8	6.90	112.7	-2.88	98.78	-0.50	100.0	31.73	139.6	-16.0	89.00
3x10	-2.00	101.0	-1.61	101.6	-3.86	97.55	-1.97	98.76	38.20	139.3	-36.9	68.22
4x5	2.13	102.5	3.33	108.0	-1.96	98.77	-3.96	98.48	-5.60	108.1	-49.2	60.75
4x6	-6.71	96.19	5.00	106.8	-0.99	99.50	-2.50	99.49	9.74	123.3	-22.4	83.89
4x7	0.71	100.7	0.00	105.2	-3.48	96.52	-4.95	97.46	28.44	130.4	-23.8	81.83
4x8	0.00	100.3	-1.67	100.0	0.00	101.7	3.13	103.1	49.40	155.1	-8.90	98.13
4x9	0.70	101.8	1.67	108.9	-2.88	98.78	0.51	102.0	26.56	131.2	-12.9	91.79
4x10	-2.00	101.4	1.61	103.3	-3.38	98.04	-4.90	97.98	17.30	127.7	-22.8	92.25
5x6	-1.34	101.8	10.34	113.5	-0.98	99.26	-1.00	99.25	6.42	108.8	-34.9	72.74
5x7	3.55	103.9	2.19	102.9	-1.96	98.77	-1.49	98.51	20.73	136.4	-18.8	91.37
5x8	2.84	103.6	6.90	109.9	-2.45	100.0	-4.48	97.71	14.02	134.8	-33.2	74.99
5x9	0.00	100.7	24.09	127.3	-2.88	98.06	-1.49	99.25	17.85	130.7	-29.3	80.95
5x10	-7.33	95.53	1.61	107.8	-2.90	97.81	-1.48	99.01	24.16	131.2	-20.8	79.43
6x7	-11.4	91.35	-12.0	91.07	-1.48	99.01	-3.98	96.26	7.55	119.2	-9.92	90.73
6x8	-10.7	92.36	-8.62	91.38	-1.48	100.7	-4.00	97.96	6.46	123.6	-11.2	89.10
6x9	-5.37	96.58	3.45	109.1	-3.85	97.32	-0.50	100.0	-5.38	102.8	-27.8	74.07
6x10	-6.67	93.65	-4.84	98.33	-2.42	98.54	-3.45	97.27	11.30	115.2	-33.0	74.70
7x8	1.43	101.8	6.90	110.7	-2.49	99.24	-3.48	98.73	30.96	137.9	-13.4	86.81
7x9	-3.50	97.53	9.26	111.3	-3.85	97.80	-1.49	99.25	21.30	123.9	-26.1	75.35
7x10	-6.00	97.24	-6.45	100.0	-0.97	100.5	-0.99	99.50	35.35	145.3	-12.2	98.52
8x9	-7.69	93.62	-1.72	103.6	-3.85	99.50	-2.53	98.97	29.65	139.4	-5.75	96.41
8x10	-5.33	98.27	-3.23	100.0	-0.97	102.2	-2.46	100.2	32.00	148.7	-14.1	96.09
9x10	-2.00	100.3	-4.84	103.5	-0.48	99.76	-0.49	100.7	36.52	143.7	-30.2	79.66

AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, DDF = días a floración femenina, DFM = días a floración masculina, MS = materia seca, PVF = peso verde de forraje

### 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 AP y DFM, es mayor la varianza aditiva; por lo tanto estas variables (AP y DFM), presentan en consecuencia la heredabilidad más alta con 57.10% y 33.98% respectivamente. Para AM, la varianza aditiva y la varianza de dominancia tuvieron valores muy semejantes.

Para las variables DFF, PFV y MS, los valores de la varianza de dominancia ( $\sigma^2 D$ ) son mayores que los de la varianza aditiva ( $\sigma^2 A$ ), reflejándose en el grado de dominancia ( $d^2$ ), ya que para MS fue de 3.09, para DFF de 2.41 y para FV de 2.03, esto nos indica que efectos de genes con dominancia o sobredominancia, y baja heredabilidad, lo cual se puede explotar en la producción de híbridos. La superioridad se discute en el ámbito de las teorías genéticas de dominancia y sobre dominancia (Márquez, 1988).

Allard (1980), menciona que la heredabilidad, de las plantas individuales de una población heterogénea, varían en rendimiento, en altura, en resistencia a las bajas temperaturas o en otras características de naturaleza cuantitativa. Si se relacionan al azar dos plantas de una población de esta naturaleza y se determina su rendimiento, la diferencia entre la producción de las dos plantas, se deberá en gran parte a efectos de herencia y en parte a efectos del medio ambiente.

**Cuadro 1.8. Cuadro de varianza, heredabilidad en el sentido amplio y en el sentido estrecho y dominancia, para seis características evaluadas en dos repeticiones, UAAAN-UL**

Variable	$\sigma^2 A$	$\sigma^2 D$	$\sigma^2 G$	$\sigma^2 P$	$h^2(\%)$	$d^2$
AP	4.94	3.70	8.64	8.65	57.10	1.22
AM	2.34	2.87	5.21	5.21	44.91	1.56
DDF	0.64	1.87	2.19	2.89	22.14	2.41
DFM	0.52	0.29	0.81	1.53	33.98	0.99
FV	28.16	58.53	86.69	94.13	29.91	2.03
MS	1.16	5.54	6.70	8.27	14.02	3.09

$\sigma^2 A$  = 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; AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, DDF = días a floración femenina, DFM = días a floración masculina, MS = materia seca, PVF = peso verde de forraje

## V. CONCLUSIONES.

- ✓ Para la significancia de los cuadrados medios para tratamientos no se encontró diferencia significativa para AP y AM, en contraste DFF, DFM, FV, y MS presentaron diferencia estadísticamente significativa, por lo que no hay restricciones para los análisis con el dialélico II de Griffing. Los coeficientes de variación están dentro de los rangos aceptables para experimentos agrícolas.
- ✓ Para DMS, los híbridos de las cruzas igualaron a los progenitores 5, 10, 1, y 3; con valores de 42.08 ton/ha, 41.8 ton/ha, 36.7 ton/ha y 35.4 ton/ha respectivamente, las mejores cruzas fueron; 7x10, 3x7, 8x10, 3x8, 5x7 y 5x10, con valores de 36.6 ton/ha, 35.9 ton/ha, 35.8 ton/ha, 34.9 ton/ha, 34.1ton/ha y 33.3 ton/ha respectivamente. Para peso de forraje verde (PFV), la mejor craza que con 101.5 ton/ha fue 2x10, En los días a floración masculina (DFM), las cruzas con mayor precocidad, fueron; 1x10, 1x7 con 93 días y estadísticamente iguales ( $P < 0.05$ ), a 1x6, 1x9, 1x8 y 2x4 así mismo estas cruzas fueron diferentes a sus respectivos progenitores. AP y AM no presentaron diferencia significativa.
- ✓ Los cuadrados medios y los niveles de significancia, dentro del análisis con el modelo II de Griffing (1956), las variables DFM, FV y MS presentaron diferencia significativa en las cruzas, por otro lado AP, AM y DFF no presentaron diferencia significativa. Para ACG, en las variables DFF, DFM,

FV y MS, hubo diferencia significativa, en contraste con AP y AM, donde no se encontró diferencia significativa. En lo que respecta a la aptitud combinatoria específica (ACE), presentó diferencia significativa en DFM, FV y MS, para AP, AM y DFF no se presentó diferencia significativa. Los valores de ACG fueron superiores a los de ACE.

- ✓ En el cuadro 1.6, se muestra el análisis de resultados obtenidos para efectos de ACG y ACE, Para los efectos de ACG el progenitor 10 (Cargill), mostró los mayores efectos para tres de las seis variables y entre ellas, el PFV y la MS, que son las de mayor importancia en la producción de forrajes. Para una de las variables de mayor importancia agronómica para producción de forraje, el peso de forraje verde (PFV), donde se observaron los valores más altos de ACE, el progenitor más sobresaliente fue el 2(Gerst), combinado con el 10 (Cargill), en la cruce 2x10, con un valor de 14.29. Para materia seca (MS), el padre 7 (Asgrow), presenta mejor ACE, ya que esta presente en las cruces con mayor ACE las cuales fueron; 3x7 (2.34), 5x7 (1.43) y 7x10 (2.57).
  
- ✓ La variable agronómica PFV, presentó los valores más altos de heterosis (h), en la cruce 2x10 con 172.3%, y todas las cruces fueron superiores a los progenitores, en MS las cruces 3x7 y 3x8 fueron las únicas que superaron a sus respectivos progenitores, y dentro de esta misma variable la cruce 2x4 presentó el valor más bajo de heterosis (h), con 59.81%,

dentro de todas las variables evaluadas, el resto de las variables se mostró muy estable en sus porcentajes de (h).

- ✓ Para AP y DFM, la varianza aditiva es mayor que la varianza de dominancia, por lo tanto la heredabilidad es mayor para estas variables, en AM las varianzas de dominancia y aditiva son muy similares, en tanto que en DFF, PFV y MS, la varianza de dominancia es mayor a la varianza aditiva, por lo que el grado de dominancia presenta los valores mayores en estas variables con 2.41, 2.03 y 3.09 respectivamente.
  
- ✓ Los resultados de la heredabilidad en sentido estrecho se presento en una proporción moderada, las variables que presentaron los mejores valores fueron; altura de planta con 57.10%, altura de mazorca con 44.91 % y días a floración masculina con 33.98%.

## VI. RESUMEN.

El presente trabajo tubo lugar en Torreón Coahuila, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en el ciclo primavera-verano 2002. Los objetivos en este estudio fueron la selección de híbridos-varietales, con potencial productivo, alta calidad forrajera y para condiciones cambiantes de tipo local, e identificar, identificar y cuantificar la respuesta genética de las cruzas (híbrido x híbrido) en base a los parámetros y características evaluadas.

Se evaluaron 45 cruzas más 10 progenitores, se utilizó el diseño de bloques al azar con 2 repeticiones y 55 tratamientos, para pasar posteriormente al análisis estadístico utilizando el modelo II de Griffing. La parcela experimental fue en cama melonera, con una distancia entre cama de 1.5 m, la distancia entre surcos de 0.75 m, una longitud de 3 m, una distancia entre plantas de 0.18m para una densidad de 80,000 plantas por hectárea, la siembra tubo lugar el día 18 de marzo del 2002, se dio un riego de aniego y tres de auxilio con lapsos entre riegos de 20 días, la fertilización fue a base de urea (46%N) y superfosfato triple (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), las variables evaluadas fueron, altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), días a floración femenina y masculino (DFF), (DFM), el peso de forraje verde(FV) y la materia seca(MS).

Dentro de los resultados los genotipos presentaron diferencia entre ellos mismo, en el análisis de varianza, siendo los mejores genotipos para materia seca

(MS), las mejores cruzas fueron; 7x10, 3x7 y 8x10, con valores de 36.685 ton/ha, 35.97 ton/ha y 35.88 ton/ha respectivamente. Para la variable de forraje verde se hicieron presentes los progenitores 5 y 6 siendo rebasados por la que fue la mejor cruz 2x10 con un resultado de 152.4 ton/ha, en los días a floración tanto femenino como masculino (DFF, DFM), las cruzas más precoces fueron 1x7, 1x10 y 1x8, siendo en ambos casos las de mejores resultados en cuanto a precocidad, superando ampliamente a los progenitores. En altura de planta (AP), la mejor de las cruzas fue 1x6. Para altura de mazorca (AM), se observó una clara superioridad de los híbridos de las cruzas sobre los progenitores, siendo los mejores híbridos de las cruzas 5x9, 5x6 y 4x6, con valores de 1.7 m, 1.6 m y 1.57 m respectivamente.

Dentro del análisis estadístico del modelo II de Griffing (1956), para los cuadrados medios de ACG Y ACE, se encontró que dentro de las cruzas hubo diferencia estadística, con excepción de las variables de altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM), y en el caso de días a floración femenina, no muestra diferencia estadística para ACE.

Para materia seca (MS) y peso de forraje verde (FV), considerados como componentes de calidad y rendimiento de forraje, para forraje verde (FV), el P<sub>10</sub>, P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub>, presentaron mayor ACG. Respecto a materia seca los progenitores con mayor ACG fueron P<sub>10</sub>, P<sub>8</sub> y P<sub>5</sub>. Las mejores cruzas para forraje verde, las cuales presentaron mejor ACE, P<sub>1</sub>xP<sub>6</sub>, y P<sub>1</sub>xP<sub>2</sub>, y P<sub>2</sub>xP<sub>10</sub>, respecto a la variable de materia seca (MS), las cruzas P<sub>7</sub> x P<sub>10</sub>, P<sub>1</sub>xP<sub>6</sub> y P<sub>3</sub>xP<sub>7</sub>, presentaron mayor ACE.

Dentro del análisis de varianzas para AP y DFM, la varianza aditiva es mayor que la varianza de dominancia, por lo tanto la heredabilidad es mayor para estas variables, en AM las varianzas de dominancia y aditiva son muy similares, en tanto que en DFF, PFV y MS, la varianza de dominancia es mayor a la varianza aditiva, por lo que el grado de dominancia presenta los valores mayores en estas variables con 2.41, 2.03 y 3.09 respectivamente.

## VII. LITERATURA CITADA.

- Aguilar, V. A., García H. L. A. y Luévano G. A. 2000. El impacto social y económico de la ganadería lechera en la región Lagunera. Séptima edición. Grupo industrial LALA, Torreón, Coah. 207 p.
- Bucio, A. L. and J. Hill. 1966. Environmental and genotype-environmental components of variability. II. Heterozigotes. *Heredity*, 21: 399-405.
- Comstock, R. E. y Moll, R. N. 1963. Genotype environment interactions. *Simposium on statistical genetics and plant breeding*. Was-NPC pub. 982, pp. 164-165
- Contreras, G. F. E., Faz C. R., Núñez H. G. y Herrera S. R. 1999. Parcelas demostrativas de nuevos híbridos de maíz y variedades de sorgo para ensilaje. In: G. Núñez H., F. E. Contreras G., R. Faz C. Y R. Herrera S. (eds) *Componentes Tecnológicos para la producción de ensilados de maíz y sorgo*. CELALA-CIRNC-INIFA-SAGAR. p. 30-46.
- Darts, B. C. 2001. Agricultura sustentable una perspectiva moderna. *Informaciones agronómicas*. 4: (5) 2-4.

- Duvick, D. N. 1999. Heterosis: feeding people and protecting natural resources. P. 19-31. In: J. G. Coors and S. Pandey. (eds.) Genetics and exploitation of heterosis in crops. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wi. p. 19-31.
- Eastmond A. y M. L. Robert, 1992. Biotecnología y agroecología: ¿Paradigmas opuestos?. *Agrociencia* 3: 7-22.
- Eberhart, S. A. and Russell A. W. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- Finlay, K. W. and G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 14: 742-754.
- FIRA, -Banco de México. 1999. Análisis de rentabilidad de la producción de leche. Subdirección regional norte. Residencia Estatal: Comarca Lagunera. Torreón, Coah.
- Gutiérrez D.R.E. 1992. Mejoramiento Genético de Maíz (*Zea mays*) a partir de una población nativa. SOMEFI. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. P.
- Griffing, B. 1956a. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity*, 10: 31-50.

Griffing, B. 1956b. Concept of general and specific combining ability in relation in diallelic crossing system. *Aust. Jour. Biol. Sci.* 9:463-491.

Hernández, E. J. 1991. Agricultura sostenible: Costos y beneficios. In memorias del primer simposium nacional. Agricultura sostenible: Una opción para el desarrollo si deterioro ambiental. Comisión de estudios ambientales C.P. y M.O.A. Internacional. 392p.

<http://corn.agronomy.wisc.edu/Publications/WCM/2001/EarlierPlantingDatesForCorn.htm> 27 de octubre de 2002

<http://corn.agronomy.wisc.edu/Publications/WCM/2001/JunePlantingOptions.htm> 27 de octubre de 2002

[http://www.infoaserca.gob.mx/fygnacional/frj\\_ca1.asp](http://www.infoaserca.gob.mx/fygnacional/frj_ca1.asp) 27 de octubre de 2002

<http://www.sagarpa.gob.mx/pronase/productos/dvmaiz.html#cafime> 27 de octubre de 2002

Knight, R. 1970. The measurement and interpretation of genotype- environmental interactions. *Euphytica*, 19: 225-235.

- Livera, M. M. 1992. Micrometeorología aplicada al fitomejoramiento: su enseñanza en el C.P. XIV Congreso Nacional de Fitogenética. Tuxtla Gutiérrez, Chis. P. 50.
- Márquez, S., F. 1988. Genotecnia vegetal. Tomo II. AGTESA. México. 563 p.
- Márquez, S., F. 1992. La interacción genético - ambiental en genotecnia vegetal. Memorias. Simposio internacional genotipo - ambiente en genotecnia vegetal. Guadalajara, Jal., México. 1-27.
- Márquez, S., F. 1993. Métodos de mejoramiento genético del maíz. UACH. México. 77 p.
- Martínez, G. A. 1975. Diseño y análisis de los experimentos de cruza dialélicas. CEC-CP-ENA. Chapingo, México. 229 p.
- Miller, P. A., Williams C. J. and Robinson. F. H. 1959. Variety x environment interactions in cotton variety tests and their implications on testing methods. Agron. J. 51: 132-134.
- Miller, P. A., Robinson F. H. and Pope. A. O. 1962. Cotton variety testing: additional information on variety x environment interactions. Crop Sci. 2: 349-352.

Myers, N. 1983. Wealth of wild species. Boulder CO: Westview press.

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

Ron, P. J. 2000. Evaluación de cruzas con materiales adaptados y exóticos de maíz en el centro-occidente de México. Híbridos comerciales. XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. Memorias. 131 p.

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

Rowe, P. R. and Andrew. A. R. 1964. Phenotypic stability for a systemstic series of corn genotypes. Crop Sci. 4: 563-567.

SAGARPA, 2000. Altibajos y repunte en el campo lagunero. Sector agropecuario. En: Resumen económico anual de la Comarca Lagunera. Edición especial, El Siglo de Torreón. Torreón, Coah. p: 37-39.

SARH, 1993. Anuario estadístico de la producción agropecuaria y forestal. SARH, Cd. Lerdo, Dgo. 251p.

Shaw, R. H. 1989. El cultivo del maíz. Requerimientos climáticos. Revista Germen. SOMEFI.

Shulka, G. K. 1972. Some statical aspects of partitioning genotype-enviromental components of variability. *Heredity*, 29: 237-245.

Sprague, G. F. and Federer. T. W. 1951. A comparasion of variance components in cron yield trials. II. Error, year x variety, location x variety, and variety components. *Agron. J.* 43: 535-541.

Sprague, G.F. *Corn and Corn Improvement*. American Society of Agronomy 27 de octubre de 2002 Madisson, Wisconsin. USA. 1977.

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

Sauer, C. 1967. *Land and life. A selection from the writing of Carl Ortwin Sauer*. J. Leighly (ed). Berkeley of California Press.

Tai, G. C. C. 1971. Genotypic stability and its application in potato regional trials. *Crop Sci.* 11: 184-190.

Vasal S. K. y Córdova. H. 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. P. 32-54.

Wilkes, G. 1983. Current status of crop germoplasm. Critical reviews in plant science. 1(2): 133-181.

[www.viarural.com.ar](http://www.viarural.com.ar) (infoagro, 2001) 27 de octubre de 2002 .

[www.theimagebank](http://www.theimagebank). (infoagro, 2001) 27 de octubre de 2002.

Yates, F. and W. G. Cochran. 1938. The analysis of group of experiments. J. Agric. Sci. 23: 556-580.



**Cuadro J-1. Heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al mejor progenitor (h<sup>''</sup>) para altura de planta en las 45 cruzas directas posibles de los 10 progenitores. UAAAN-UL.2002**

<b>Cruza</b>	<b>F1</b>	<b>Pi</b>	<b>Pj</b>	<b>Pi+Pj/2</b>	<b>h''</b>	<b>h</b>
1x2	3.625	3.6	3.625	3.6125	0.00	100.35
1x3	3.6	3.6	3.525	3.5625	2.13	101.05
1x4	3.475	3.6	3.5	3.55	-3.47	97.89
1x5	3.525	3.6	3.525	3.5625	-2.08	98.95
1x6	3.875	3.6	3.725	3.6625	4.03	105.80
1x7	3.55	3.6	3.5	3.55	-1.39	100.00
1x8	3.4	3.6	3.475	3.5375	-5.56	96.11
1x9	3.65	3.6	3.575	3.5875	1.39	101.74
1x10	3.6	3.6	3.75	3.675	-4.00	97.96
2x3	3.6	3.625	3.525	3.575	-0.69	100.70
2x4	3.55	3.625	3.5	3.5625	-2.07	99.65
2x5	3	3.625	3.525	3.575	-17.24	83.92
2x6	3.675	3.625	3.725	3.675	-1.34	100.00
2x7	3.45	3.625	3.5	3.5625	-4.83	96.84
2x8	3.45	3.625	3.475	3.55	-4.83	97.18
2x9	3.36	3.625	3.575	3.6	-7.31	93.33
2x10	3.625	3.625	3.75	3.6875	-3.33	98.31
3x4	3.425	3.525	3.5	3.5125	-2.84	97.51
3x5	3.425	3.525	3.525	3.525	-2.84	97.16
3x6	3.625	3.525	3.725	3.625	-2.68	100.00
3x7	3.525	3.525	3.5	3.5125	0.00	100.36
3x8	3.63	3.525	3.475	3.5	2.98	103.35
3x9	3.65	3.525	3.575	3.55	2.10	102.82
3x10	3.675	3.525	3.75	3.6375	-2.00	101.03
4x5	3.6	3.5	3.525	3.5125	2.13	102.49
4x6	3.475	3.5	3.725	3.6125	-6.71	96.19
4x7	3.525	3.5	3.5	3.5	0.71	100.71
4x8	3.5	3.5	3.475	3.4875	0.00	100.36
4x9	3.6	3.5	3.575	3.5375	0.70	101.77
4x10	3.675	3.5	3.75	3.625	-2.00	101.38
5x6	3.675	3.525	3.725	3.625	-1.34	101.38
5x7	3.65	3.525	3.5	3.5125	3.55	103.91
5x8	3.625	3.525	3.475	3.5	2.84	103.57
5x9	3.575	3.525	3.575	3.55	0.00	100.70
5x10	3.475	3.525	3.75	3.6375	-7.33	95.53
6x7	3.3	3.725	3.5	3.6125	-11.41	91.35
6x8	3.325	3.725	3.475	3.6	-10.74	92.36
6x9	3.525	3.725	3.575	3.65	-5.37	96.58
6x10	3.5	3.725	3.75	3.7375	-6.67	93.65
7x8	3.55	3.5	3.475	3.4875	1.43	101.79
7x9	3.45	3.5	3.575	3.5375	-3.50	97.53
7x10	3.525	3.5	3.75	3.625	-6.00	97.24
8x9	3.3	3.475	3.575	3.525	-7.69	93.62
8x10	3.55	3.475	3.75	3.6125	-5.33	98.27
9x10	3.675	3.575	3.75	3.6625	-2.00	100.34

**Cuadro J-2. Heterosis en base al promedio de los progenitores ( $h$ ) y al mejor progenitor ( $h''$ ) para altura de mazorca en las 45 cruzas directas posibles de los 10 progenitores. UAAAN-UL.2002**

<b>cruza</b>	<b>F1</b>	<b>Pi</b>	<b>Pj</b>	<b>Pi+Pj/2</b>	<b>H''</b>	<b>H</b>
1x2	1.55	1.475	1.275	1.375	5.08	112.73
1x3	1.45	1.475	1.45	1.4625	-1.69	99.15
1x4	1.325	1.475	1.5	1.4875	-11.67	89.08
1x5	1.4	1.475	1.37	1.4225	-5.08	98.42
1x6	1.55	1.475	1.45	1.4625	5.08	105.98
1x7	1.375	1.475	1.35	1.4125	-6.78	97.35
1x8	1.5	1.475	1.45	1.4625	1.69	102.56
1x9	1.525	1.475	1.3	1.3875	3.39	109.91
1x10	1.425	1.475	1.55	1.5125	-8.06	94.21
2x3	1.525	1.275	1.45	1.3625	5.17	111.93
2x4	1.45	1.275	1.5	1.3875	-3.33	104.50
2x5	1.4	1.275	1.37	1.3225	2.19	105.86
2x6	1.45	1.275	1.45	1.3625	0.00	106.42
2x7	1.3	1.275	1.35	1.3125	-3.70	99.05
2x8	1.375	1.275	1.45	1.3625	-5.17	100.92
2x9	1.4	1.275	1.3	1.2875	7.69	108.74
2x10	1.35	1.275	1.55	1.4125	-12.90	95.58
3x4	1.425	1.45	1.5	1.475	-5.00	96.61
3x5	1.45	1.45	1.37	1.41	0.00	102.84
3x6	1.4	1.45	1.45	1.45	-3.45	96.55
3x7	1.4	1.45	1.35	1.4	-3.45	100.00
3x8	1.475	1.45	1.45	1.45	1.72	101.72
3x9	1.55	1.45	1.3	1.375	6.90	112.73
3x10	1.525	1.45	1.55	1.5	-1.61	101.67
4x5	1.55	1.5	1.37	1.435	3.33	108.01
4x6	1.575	1.5	1.45	1.475	5.00	106.78
4x7	1.5	1.5	1.35	1.425	0.00	105.26
4x8	1.475	1.5	1.45	1.475	-1.67	100.00
4x9	1.525	1.5	1.3	1.4	1.67	108.93
4x10	1.575	1.5	1.55	1.525	1.61	103.28
5x6	1.6	1.37	1.45	1.41	10.34	113.48
5x7	1.4	1.37	1.35	1.36	2.19	102.94
5x8	1.55	1.37	1.45	1.41	6.90	109.93
5x9	1.7	1.37	1.3	1.335	24.09	127.34
5x10	1.575	1.37	1.55	1.46	1.61	107.88
6x7	1.275	1.45	1.35	1.4	-12.07	91.07
6x8	1.325	1.45	1.45	1.45	-8.62	91.38
6x9	1.5	1.45	1.3	1.375	3.45	109.09
6x10	1.475	1.45	1.55	1.5	-4.84	98.33
7x8	1.55	1.35	1.45	1.4	6.90	110.71
7x9	1.475	1.35	1.3	1.325	9.26	111.32
7x10	1.45	1.35	1.55	1.45	-6.45	100.00
8x9	1.425	1.45	1.3	1.375	-1.72	103.64
8x10	1.5	1.45	1.55	1.5	-3.23	100.00
9x10	1.475	1.3	1.55	1.425	-4.84	103.51

**Cuadro J-3. Heterosis en base al promedio de los progenitores ( $h$ ) y al mejor progenitor ( $h''$ ) para días a floración femenina en las 45 cruzas directas posibles de los 10 progenitores. UAAAN-UL.2002**

cruza	F1	Pi	Pj	Pi+Pj/2	H''	H
1x2	99	96.5	97.5	97	1.54	102.06
1x3	99.5	96.5	100.5	98.5	-1.00	101.02
1x4	100	96.5	100.5	98.5	-0.50	101.52
1x5	98.5	96.5	102	99.25	-3.43	99.24
1x6	97.5	96.5	101.5	99	-3.94	98.48
1x7	95.5	96.5	100.5	98.5	-4.98	96.95
1x8	96.5	96.5	97	96.75	-0.52	99.74
1x9	97	96.5	104	100.25	-6.73	96.76
1x10	96	96.5	103.5	100	-7.25	96.00
2x3	100	97.5	100.5	99	-0.50	101.01
2x4	97	97.5	100.5	99	-3.48	97.98
2x5	100	97.5	102	99.75	-1.96	100.25
2x6	101.5	97.5	101.5	99.5	0.00	102.01
2x7	99.5	97.5	100.5	99	-1.00	100.51
2x8	99.5	97.5	97	97.25	2.05	102.31
2x9	100.5	97.5	104	100.75	-3.37	99.75
2x10	100	97.5	103.5	100.5	-3.38	99.50
3x4	99.5	100.5	100.5	100.5	-1.00	99.00
3x5	100	100.5	102	101.25	-1.96	98.77
3x6	99.5	100.5	101.5	101	-1.00	98.51
3x7	97.5	100.5	100.5	100.5	-2.99	97.01
3x8	98.5	100.5	97	98.75	-1.99	99.75
3x9	101	100.5	104	102.25	-2.88	98.78
3x10	99.5	100.5	103.5	102	-3.86	97.55
4x5	100	100.5	102	101.25	-1.96	98.77
4x6	100.5	100.5	101.5	101	-0.99	99.50
4x7	97	100.5	100.5	100.5	-3.48	96.52
4x8	100.5	100.5	97	98.75	0.00	101.77
4x9	101	100.5	104	102.25	-2.88	98.78
4x10	100	100.5	103.5	102	-3.38	98.04
5x6	101	102	101.5	101.75	-0.98	99.26
5x7	100	102	100.5	101.25	-1.96	98.77
5x8	99.5	102	97	99.5	-2.45	100.00
5x9	101	102	104	103	-2.88	98.06
5x10	100.5	102	103.5	102.75	-2.90	97.81
6x7	100	101.5	100.5	101	-1.48	99.01
6x8	100	101.5	97	99.25	-1.48	100.76
6x9	100	101.5	104	102.75	-3.85	97.32
6x10	101	101.5	103.5	102.5	-2.42	98.54
7x8	98	100.5	97	98.75	-2.49	99.24
7x9	100	100.5	104	102.25	-3.85	97.80
7x10	102.5	100.5	103.5	102	-0.97	100.49
8x9	100	97	104	100.5	-3.85	99.50
8x10	102.5	97	103.5	100.25	-0.97	102.24
9x10	103.5	103.5	103.5	103.5	-0.48	99.76

**Cuadro J-4. Heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al mejor progenitor (h<sup>o</sup>) para días a floración masculino en las 45 cruzas directas posibles de los 10 progenitores. UAAAN-UL.2002**

<b>cruza</b>	<b>F1</b>	<b>Pi</b>	<b>Pj</b>	<b>Pi+Pj/2</b>	<b>H<sup>o</sup></b>	<b>H</b>
1x2	98	98	96	97	0.00	101.03
1x3	97	98	100	99	-3.00	97.98
1x4	97	98	96	97	-1.02	100.00
1x5	96	98	100.5	99.25	-4.48	96.73
1x6	95	98	100	99	-5.00	95.96
1x7	93	98	100.5	99.25	-7.46	93.70
1x8	94	98	96	97	-4.08	96.91
1x9	95	98	99	98.5	-4.04	96.45
1x10	93	98	101.5	99.75	-8.37	93.23
2x3	97	96	100	98	-3.00	98.98
2x4	94	96	96	96	-2.08	97.92
2x5	97	96	100.5	98.25	-3.48	98.73
2x6	97	96	100	98	-3.00	98.98
2x7	97	96	100.5	98.25	-3.96	98.48
2x8	97	96	96	96	1.04	101.04
2x9	101	96	99	97.5	2.02	103.59
2x10	101.5	96	101.5	98.75	-0.49	102.53
3x4	97.5	100	96	98	-2.50	99.49
3x5	100.5	100	100.5	100.25	-0.50	100.00
3x6	96.5	100	100	100	-3.50	96.50
3x7	96	100	100.5	100.25	-4.95	95.52
3x8	96	100	96	98	-4.00	97.96
3x9	99.5	100	99	99.5	-0.50	100.00
3x10	99.5	100	101.5	100.75	-1.97	98.76
4x5	97	96	100.5	98.25	-3.96	98.48
4x6	97.5	96	100	98	-2.50	99.49
4x7	96	96	100.5	98.25	-4.95	97.46
4x8	99	96	96	96	3.13	103.13
4x9	99.5	96	99	97.5	0.51	102.05
4x10	97	96	101.5	98.75	-4.90	97.98
5x6	99.5	100.5	100	100.25	-1.00	99.25
5x7	99	100.5	100.5	100.5	-1.49	98.51
5x8	96	100.5	96	98.25	-4.48	97.71
5x9	99	100.5	99	99.75	-1.49	99.25
5x10	100	100.5	101.5	101	-1.48	99.01
6x7	96.5	100	100.5	100.25	-3.98	96.26
6x8	96	100	96	98	-4.00	97.96
6x9	99.5	100	99	99.5	-0.50	100.00
6x10	98	100	101.5	100.75	-3.45	97.27
7x8	97	100.5	96	98.25	-3.48	98.73
7x9	99	100.5	99	99.75	-1.49	99.25
7x10	100.5	100.5	101.5	101	-0.99	99.50
8x9	96.5	96	99	97.5	-2.53	98.97
8x10	99	96	101.5	98.75	-2.46	100.25
9x10	101	99	101.5	100.25	-0.49	100.75

**Cuadro J-5. Heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al mejor progenitor (h'') para peso de forraje verde en las 45 cruzas directas posibles de los 10 progenitores. UAAAN-UL.2002**

cruza	F1	Pi	Pj	Pi+Pj/2	H''	H
1x2	140.4	79.1	87.1	83.1	61.19	168.95
1x3	123.3	79.1	91.2	85.135	35.24	144.83
1x4	104.4	75.1	79.1	77.1	31.98	135.41
1x5	123.3	79.1	100.6	89.87	22.52	137.20
1x6	139.5	79.1	96.2	87.665	44.97	159.13
1x7	98.4	77.4	79.1	78.265	24.40	125.73
1x8	103.2	69.6	79.1	74.33	30.47	138.84
1x9	119.6	79.1	80.8	79.965	47.96	149.57
1x10	125.25	79.1	89.8	84.435	39.52	148.34
2x3	135.3	87.1	91.2	89.135	48.40	151.79
2x4	89.1	75.1	87.1	81.1	2.30	109.86
2x5	123.5	87.1	100.6	93.87	22.71	131.56
2x6	115.35	87.1	96.2	91.665	19.87	125.84
2x7	111.6	77.4	87.1	82.265	28.13	135.66
2x8	127.95	69.6	87.1	78.33	46.90	163.35
2x9	108.1	80.8	87.1	83.965	24.11	128.74
2x10	152.4	87.1	89.8	88.435	69.77	172.33
3x4	113.55	75.1	91.2	83.135	24.55	136.59
3x5	106.2	91.2	100.6	95.905	5.52	110.73
3x6	121.95	91.2	96.2	93.7	26.73	130.15
3x7	117.45	77.4	91.2	84.3	28.83	139.32
3x8	122.1	69.6	91.2	80.365	33.93	151.93
3x9	120.1	80.8	91.2	86	31.73	139.65
3x10	126	89.8	91.2	90.47	38.20	139.27
4x5	95	75.1	100.6	87.87	-5.60	108.11
4x6	105.6	75.1	96.2	85.665	9.74	123.27
4x7	99.45	75.1	77.4	76.265	28.44	130.40
4x8	112.2	69.6	75.1	72.33	49.40	155.12
4x9	102.3	75.1	80.8	77.965	26.56	131.21
4x10	105.3	75.1	89.8	82.435	17.30	127.74
5x6	107.1	96.2	100.6	98.435	6.42	108.80
5x7	121.5	77.4	100.6	89.035	20.73	136.46
5x8	114.75	69.6	100.6	85.1	14.02	134.84
5x9	118.6	80.8	100.6	90.735	17.85	130.71
5x10	124.95	89.8	100.6	95.205	24.16	131.24
6x7	103.5	77.4	96.2	86.83	7.55	119.20
6x8	102.45	69.6	96.2	82.895	6.46	123.59
6x9	91.05	80.8	96.2	88.53	-5.38	102.85
6x10	107.1	89.8	96.2	93	11.30	115.16
7x8	101.4	69.6	77.4	73.495	30.96	137.97
7x9	98.05	77.4	80.8	79.13	21.30	123.91
7x10	121.5	77.4	89.8	83.6	35.35	145.33
8x9	104.8	69.6	80.8	75.195	29.65	139.37
8x10	118.5	69.6	89.8	79.665	32.00	148.75
9x10	122.55	80.8	89.8	85.3	36.52	143.67

**Cuadro J-6. Heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al mejor progenitor (h<sup>''</sup>) para materia seca en las 45 cruzas directas posibles de los 10 progenitores. UAAAN-UL.2002**

cruza	F1	Pi	Pj	Pi+Pj/2	H''	H
1x2	23.37	36.725	32.89	34.8075	-36.36	67.14
1x3	26.445	36.725	35.465	36.095	-27.99	73.26
1x4	27.36	36.725	28.17	32.4475	-25.50	84.32
1x5	30.99	36.725	42.08	39.4025	-26.35	78.65
1x6	30.25	36.725	33.15	34.9375	-17.63	86.58
1x7	32.05	36.725	32.675	34.7	-12.73	92.36
1x8	28.245	36.725	32.88	34.8025	-23.09	81.16
1x9	27.435	36.725	31.41	34.0675	-25.30	80.53
1x10	28.2	36.725	41.8	39.2625	-32.54	71.82
2x3	31.82	32.89	35.465	34.1775	-10.28	93.10
2x4	18.26	32.89	28.17	30.53	-44.48	59.81
2x5	28.21	32.89	42.08	37.485	-32.96	75.26
2x6	30.99	32.89	33.15	33.02	-6.52	93.85
2x7	26.245	32.89	32.675	32.7825	-20.20	80.06
2x8	31.98	32.89	32.88	32.885	-2.77	97.25
2x9	28.09	32.89	31.41	32.15	-14.59	87.37
2x10	29.705	32.89	41.8	37.345	-28.94	79.54
3x4	26.97	35.465	28.17	31.8175	-23.95	84.76
3x5	25.695	35.465	42.08	38.7725	-38.94	66.27
3x6	31.695	35.465	33.15	34.3075	-10.63	92.39
3x7	35.97	35.465	32.675	34.07	1.42	105.58
3x8	34.915	35.465	32.88	34.1725	-1.55	102.17
3x9	29.76	35.465	31.41	33.4375	-16.09	89.00
3x10	26.355	35.465	41.8	38.6325	-36.95	68.22
4x5	21.34	28.17	42.08	35.125	-49.29	60.75
4x6	25.72	28.17	33.15	30.66	-22.41	83.89
4x7	24.895	28.17	32.675	30.4225	-23.81	81.83
4x8	29.955	28.17	32.88	30.525	-8.90	98.13
4x9	27.345	28.17	31.41	29.79	-12.94	91.79
4x10	32.275	28.17	41.8	34.985	-22.79	92.25
5x6	27.36	42.08	33.15	37.615	-34.98	72.74
5x7	34.15	42.08	32.675	37.3775	-18.85	91.37
5x8	28.105	42.08	32.88	37.48	-33.21	74.99
5x9	29.745	42.08	31.41	36.745	-29.31	80.95
5x10	33.315	42.08	41.8	41.94	-20.83	79.43
6x7	29.86	33.15	32.675	32.9125	-9.92	90.73
6x8	29.415	33.15	32.88	33.015	-11.27	89.10
6x9	23.91	33.15	31.41	32.28	-27.87	74.07
6x10	27.995	33.15	41.8	37.475	-33.03	74.70
7x8	28.455	32.675	32.88	32.7775	-13.46	86.81
7x9	24.145	32.675	31.41	32.0425	-26.11	75.35
7x10	36.685	32.675	41.8	37.2375	-12.24	98.52
8x9	30.99	32.88	31.41	32.145	-5.75	96.41
8x10	35.88	32.88	41.8	37.34	-14.16	96.09
9x10	29.16	31.41	41.8	36.605	-30.24	79.66