
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
Unidad Laguna

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**“Estimación de Efectos Genéticos en Híbridos Varietales de
Maíz Forrajero (*Zea mays* L.)”**

POR

Mónica Eugenia González Castro

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TÍTULO DE:

Ingeniero Agrónomo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
Unidad Laguna

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. MÓNICA EUGENIA GONZÁLEZ CASTRO ELABORADA BAJO
LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Ingeniero Agrónomo

Aprobada por:

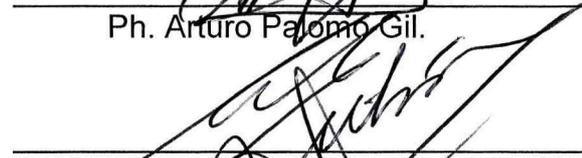
Asesor Principal:


M.C. Armando Espinoza Banda.

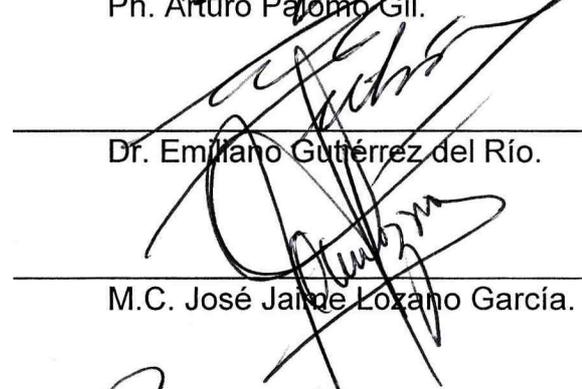
Asesor:


Ph. Arturo Palomo Gil.

Asesor:


Dr. Emiliano Gutiérrez del Río.

Asesor:


M.C. José Jaime Lozano García.

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS**


Ing. Rolando Loza Rodríguez

TORREÓN, COAHUILA

FEBRERO DEL 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

Unidad Laguna

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. MÓNICA EUGENIA GONZÁLEZ CASTRO ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Ingeniero Agrónomo

COMITÉ PARTICULAR

Presidente:


M.C. Armando Espinoza Banda.

Vocal:


PhD. Arturo Palomo Gil.

Vocal:


Dr. Emiliano Gutiérrez del Río.

Vocal suplente:


Ing. Juan de Dios Ruíz de la Rosa.

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS**


Ing. Rolando Loza Rodríguez

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

Este agradecimiento va dedicado especialmente al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT) del estado de Coahuila, por haberme brindado la oportunidad de realizar un importante trabajo como lo fue la elaboración de esta tesis.

Gracias COECYT por el otorgamiento de la **Beca Tesis**, fue de gran ayuda para llevar acabo este trabajo, el cual ha dejado experiencias favorables para mi desarrollo tanto profesional como personal.

Con todo respeto y cariño agradezco a la Lic. Ma. de Lourdes Castillo y al Lic. Andrés Farías Cortés, por sus atenciones, paciencia y su importante colaboración dentro del Programa de Apoyo Beca Tesis.

Gracias por animarnos y estimularnos a nosotros los alumnos para salir adelante y para realizar uno de los proyectos más importantes en nuestra vida como es la obtención del título profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Diosito, quien me da la dicha de vivir y habitar este mundo, de no desampararme en ningún instante de mi vida, de iluminar mi camino y darme su mano amiga en mis momentos de tristeza, angustia y desesperación. Diosito, gracias por permitirme pisar tus campos y ser parte de tu amada naturaleza, por haber hecho realidad mi sueño de culminar mis estudios universitarios.

A mi Alma Mater, por permitirme formar parte de ti, por enseñarme a valorar tantas cosas: mi vida, mi familia, mi estudio, mis amigos, mi alrededor. Eres muy especial para mí mi Alma Mater, ya que fuiste parte de mis alegrías, tristezas, emociones, tropiezos. Te voy a Extrañar.

A mis padres:

Juan Antonio González Hernández.

María del Socorro Castro Muñoz.

A quienes no sé como pagar todo lo brindado, gracias por su apoyo incondicional, por su amor, por su confianza, porque en mi alegría, en mi llanto, en mi preocupación, en mis desvelos, en mis momentos importantes, han estado conmigo. Gracias por el logro alcanzado, los amo papitos.

A mis hermanos:

Socorro, Jaqueline, Juan de Dios y Dulce (Tito).

Por su amor, su mano amiga, por no dejarme morir en ningún momento de mi vida. Los Quiero Mucho y son los mejores hermanos que Dios pudo ponerme en mi camino. Tito, gracias por ayudarme tanto, por estar conmigo siempre, por ser una gran amiga: te quiero mucho hermanita.

A mis cuñados: Sergio, Felipe y Edna.

Mis nuevos hermanos, por su gran apoyo y motivación par salir adelante.

A mis sobrinos: Jair y Felipín.

Mis lucecitas para seguir caminando en el sendero de mi vida.

A mi abue Meche, por su apoyo y su cariño, la quiero mucho abue.

A mi tía Carmen Castro y a toda la familia por su gran apoyo.

A mis profesores:

M.C. Armando Espinoza Banda, quien ha sido un gran maestro y un gran amigo, por su apoyo y dedicación, por su paciencia, por su tiempo brindado y por su confianza, por preocuparse por mí y darme sus consejos.

Dr. Emiliano Gutiérrez del Río, una persona muy trabajadora y capaz a la que admiro y respeto por ser como es, gracias por enseñarme a amar el trabajo y a tenerle dedicación.

M.C. José Jaime Lozano García, a quien admiro y a quien agradezco su amabilidad durante mi formación profesional.

Dr. Arturo Palomo Gil, una persona con buena vibra, inteligente y gentil, gracias por estar al pendiente de nosotros sus alumnos y por su gran ayuda brindada para la elaboración de este trabajo.

Dr. Salvador Godoy Ávila, a quien le guardo gran respeto y admiración por su carácter y por su responsabilidad para lograr sus objetivos, gracias doctor por

enseñanzas, por preocuparse para que uno como estudiante y como persona salga adelante. Sinceramente aprendí mucho de usted.

Ing. Juan de Dios Ruiz de la Rosa, por su gran amabilidad, por haber confiado en nosotros y habernos dado la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo, fue una experiencia muy bonita. Gracias por sus enseñanzas “Inge” y por habernos brindado su amistad.

Ing. Wong, por estar al pendiente y darme ánimos para lograr este trabajo.

A mis compañeros y amigos de clases: Chary, Hermes, Franck, Ciria, Robert, Ramiro, Matus, Clemen, Reina, Miguel, Berme, Mota, Vick, a quienes les guardo un gran cariño. Gracias por todo y sinceramente les deseo lo mejor en esta nueva etapa de nuestras vidas.

A las secretarias y trabajadores de mi Alma Mater por su gran amabilidad y ayuda.

Al Ing. Joanni Chiquete, a quien admiro por su nobleza y por sus deseos de triunfar en la vida, una persona muy especial para mí a quien agradezco su ayuda y su confianza para la realización de esta tesis. Gracias por estar a mi lado y puro para adelante.

A todos mis amigos dentro y fuera de mi Alma Mater que me brindaron su amistad y ánimos para seguir esforzándome en mi preparación universitaria.

Gracias a todos por todo...

DEDICATORIA

A MIS PADRES: Juan Antonio González Hernández.
Ma. del Socorro Castro Muñoz.

A MIS HERMANOS, CUÑADOS Y SOBRINOS:
Coco, Sergio, Jair, Jaque, Felipe, Felipín,
Juan de Dios, Edna y Dulce.

A MIS ABUELITOS: Ma. Mercedes Muñoz Castro.
Juan de Dios Castro Palomares †.
Felicitas Hernández Gámez.
Antonio González Nieto.

A MIS PROFESORES.

A MIS AMIGOS.

A MI AMOR.

A ustedes que son muy importantes para mí, que son mi fuerza para seguir paso a paso hacia adelante y que me brindaron su infinito apoyo.

¡DIOS LOS BENDIGA!

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
El maíz como cultivo forrajero	4
Híbridos	6
Heterosis	9
Aptitud Combinatoria	10
Aptitud Combinatoria General	12
Aptitud Combinatoria Específica	12
Heredabilidad.....	13
Diseños Genéticos.....	15
Diseños Carolina del Norte	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
Localización geográfica y características del sitio experimental. . . .	17
Primer etapa	18
Selección y cruzamiento de progenitores.....	18
Formación de híbridos.....	18
Fecha de siembra	19
Fertilización	19
Riegos	19
Control de plagas	20
Control de malezas	20
Cosecha.....	20
Segunda etapa.....	21
Evaluación de las cruzas.....	21
Variables agronómicas evaluadas	22
Altura de planta.....	22
Altura de mazorca.....	22
Rendimiento de forraje verde	22
Materia seca.....	22
Diseño experimental.....	23
Diseño genético	23
Estimación de los componentes de varianza.....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
Análisis Genético.....	29
Comparación de medias	32
Efectos de Aptitud Combinatoria General.....	33
Efectos de Aptitud Combinatoria Específica.....	35
Componentes de Varianza	37

V.	CONCLUSIONES	39
VI.	RESUMEN.....	40
VII.	BIBLIOGRAFÍA	42
VII.	APÉNDICE	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1	Material genético utilizado como progenitores.	18
3.2	Calendario de riegos.	19
3.3	Análisis de varianza bajo el Diseño Carolina del Norte II . .	24
4.1	Cuadrados medios del Análisis de Varianza bajo el Diseño Carolina del Norte II.	31
4.2	Valores promedio de las 10 mejores cruzas para las variables agronómicas evaluadas	32
4.3	Efectos de Aptitud Combinatoria General para los progenitores en cuatro características agronómicas.	34
4.4	Efectos de ACE para las 10 mejores cruzas.	36
4.5	Estimación de los Componentes Genéticos de cuatro variables agronómicas.	38

I. INTRODUCCIÓN

La Comarca Lagunera es una de las cuencas lecheras más importantes en el ámbito nacional. Esta región cuenta con aproximadamente 214 mil cabezas de ganado bovino lechero en producción, las cuales producen 1.73 millones de litros de leche diarios. La magnitud de este sistema de producción plantea la necesidad de proponer estrategias concernientes a la producción de forraje para su manutención, por lo que se ha seleccionado al maíz como un forraje de importancia, ya que se considera como una planta de la cual se obtiene una alta producción, además de ser energético y apetitoso puesto que permanece mayor tiempo más palatable que otros forrajes y pierde sus cualidades nutritivas más lentamente.

La hibridación es uno de los métodos de mejoramiento más antiguos. En maíz se remonta a los primeros trabajos desarrollados por Beal (1880). A finales del siglo XIX y principios de XX, se realizaron en maíz diversos estudios sobre cruces intervarietales. Richey (1922) resumió los resultados de 244 estudios encontrando que en más del 56% de los casos los híbridos superaron a los progenitores. Sin embargo, el advenimiento del proceso de endocria y cruzamiento propuesto por Shull desde 1908 (Goldman, 1999), puso término a 40 años de hibridación varietal en los Estados Unidos de América. Entre 1910 y 1920 se establecieron en EUA los programas formales de mejoramiento con base en la hibridación con líneas puras y la generación de híbridos dobles. Para 1945, después de 25 años del uso de los híbridos dobles, era evidente que no se estaba avanzando en rendimiento de tal forma que se replanteó la necesidad de realizar estudios básicos sobre la naturaleza de la heterosis y la acción génica involucrada. Fue evidente que la selección del método de mejoramiento debería estar basado en el tipo de acción génica de los caracteres cuantitativos. Dada la importancia de entender lo anterior, en 1945 en el estado de Carolina del Norte, se iniciaron investigaciones de genética cuantitativa en maíz tendientes a conocer la naturaleza de la heterosis. Comstock y Robinson

iniciaron investigaciones de genética cuantitativa en maíz tendientes a conocer la naturaleza de la heterosis. Comstock y Robinsin (1948), propusieron tres diseños para realizar estudios sobre la acción génica de las características cuantitativas. Actualmente son conocidos como diseño I, II y III de Carolina del Norte. Estos diseños permiten conocer, dependiendo de la forma de apareamiento, la magnitud e importancia de los efectos genéticos involucrados.

La investigación en maíz forrajero se ha enfocado a incrementar la producción de genotipos con alto rendimiento, de bajo costo y tolerantes a condiciones de adversas.

La falta de híbridos o materiales específicos para la Comarca Lagunera, representa un problema actual, pues no existe un programa de mejoramiento permanente en esta región, donde predominan materiales introducidos, ya que normalmente el material genético que se siembra en la Laguna proviene de otras regiones donde en general se utiliza para producción de grano; por tal razón, el propósito de este trabajo es la evaluación de un conjunto de cruzamientos que tienen como origen híbridos comerciales que participarán como progenitores para obtener información de los potenciales heteróticos de los híbridos varietales.

Objetivo.

Estimar y cuantificar la acción génica involucrada en las cruzas de maíz forrajero.

Seleccionar híbridos experimentales con alto rendimiento de forraje verde y materia seca.

Hipótesis.

Ho: Existe la posibilidad de estimar y cuantificar los Efectos Genéticos de las cruzas.

Ha: No existe la posibilidad de estimar y cuantificar los Efectos Genéticos de las cruzas.

Metas.

Estimar y cuantificar los Efectos Genéticos aditivos y no aditivos de los híbridos varietales formados a partir de híbridos comerciales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

El maíz como cultivo forrajero

Estudios e investigaciones que se han realizado en la Comarca Lagunera, indican que el maíz es recomendable económicamente cuando se usan variedades o híbridos que rinden un promedio de 6 t ha⁻¹ grano y superen las 45 t ha⁻¹ de forraje verde, usando un manejo óptimo, con alta densidad y una fertilización equilibrada, aunado a un control óptimo de plagas y malezas (FIRA 1999), sin embargo, Reta et al. (2001) señalan que el potencial productivo del maíz en esta región es superiora las 6 t ha⁻¹.

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 t ha⁻¹ de forraje fresco y 24 t ha⁻¹ de forraje seco (30% de materia seca), con un contenido de grano de 45-50% (Reta et al., 2001).

La 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 m³ de agua.

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

Hace casi diez años, 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 semillas 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. De tal forma que los logros científicos han sido convertidos, con el apoyo de las leyes de la propiedad actual 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; Wikes, 1983).

Híbridos

De la Loma (1975) menciona que el objetivo inmediato de la hibridación, es la producción de ejemplares que presenten nuevas combinaciones o agrupaciones de caracteres y con mayor vigor.

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

Poehlman (1983) ha definido al vigor híbrido como el incremento de vigor del híbrido con respecto al vigor promedio de sus progenitores, lo anterior se puede explicar de acuerdo a las siguientes teorías:

a).- Efecto estimulante que los alelos heterocigotos tiene sobre la planta híbrida.

b).- Explica el vigor híbrido como la interacción de genes dominantes favorables, suponiendo que el vigor híbrido resulta de la acción de genes dominantes de los cuales cada uno aporta un pequeño incremento al rendimiento final, esta teoría es la más aceptada.

c).-También menciona que para obtener el vigor híbrido se requiere de tres pasos:

- 1.- Producción de líneas endogámicas.
- 2.- Cruzamiento de líneas en combinaciones adecuadas y
- 3.- Cruzamientos de híbridos simples adecuados para formar híbridos dobles que sean productivos.

El maíz híbrido es la primera generación de una cruce entre líneas autofecundadas. La producción del maíz híbrido involucra: a) la obtención de

líneas autofecundadas por autopolinización controlada; b) la determinación de las líneas autofecundadas pueden combinarse en cruzas productivas y c) utilización comercial de las cruzas para la producción de semilla.

Allard (1980) dice que el vigor híbrido se define como el incremento en tamaño o en vigor de un híbrido con respecto a sus progenitores. También se propuso el término heterosis para denotar el incremento en tamaño y vigor después de los cruzamientos.

Jugenheimer (1990) menciona que la crusa de tres elementos proporciona información para hacer predicciones útiles del desempeño de híbridos de la crusa doble. Proporciona también información sobre híbridos específicos eliminando con esto la necesidad de evaluar líneas puras en cruzas radiales y simples.

Sprague y Miller (1951) hacen mención de que la obtención del maíz híbrido está básicamente fundamentado en la utilización de líneas puras. Los fitomejoradores están concientes de que es necesario un alto grado de endogamia para poder fijar los caracteres de los progenitores y de esta manera transmitirlos a su progenie.

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

Híbrido simple.

Híbrido que se obtiene mediante el cruzamiento de dos líneas endogámicas, la semilla de híbridos F_1 es la que se vende a los agricultores para la siembra, por lo común los híbridos simples son más uniformes y tienden a presentar un mayor potencial de rendimiento en condiciones ambientales favorables.

Híbridos dobles.

El híbrido doble se forma a partir de cuatro líneas autofecundadas, es decir, es la progenie obtenida de una cruce entre dos cruza simples, los híbridos dobles no son tan uniformes como las cruza simples; es importante señalar que una cruce simple produce mayor rendimiento que una triple y ésta a su vez más que una doble.

Híbridos trilineales.

Se forma con tres líneas autofecundadas, es decir, son el resultado de un cruzamiento entre una cruce simple y una autofecundada. La cruce simple como hembra y la línea como macho. Las plantas de una cruce triple no son tan uniformes como las de una cruce simple.

Heterosis

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 (Jungenheimer, 1990).

La heterosis es considerada como un fenómeno genético, donde se expresa al máximo el vigor con respecto a sus progenitores, puede definirse como el incremento en tamaño o vigor de un híbrido, con respecto al promedio de sus progenitores, medido a través de indicadores como: resistencia a insectos y enfermedades, rendimiento, altura de planta y mazorca (Allard, 1980; Poehlman, 1983).

Stanfield (1978) presentó en forma resumida 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.

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

Falconer (1985), 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 cruas.

Aptitud Combinatoria.

Márquez (1988) menciona que generalmente el término aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, es la capacidad medida por medio de su progenie, sin embargo, la aptitud combinatoria debe de determinarse no en un solo individuo de la población, si no en varios, a fin de poder realizar una selección de aquellos que exhiban la más alta.

Fuentes et al., (1997) mencionan que en la práctica estos conceptos permiten seleccionar líneas con buen comportamiento promedio en una serie de cruzamientos e identificar combinaciones híbridas específicas con un comportamiento superior al esperado en base al promedio de las líneas que intervienen en el cruzamiento.

Matzinger (1963) dice que la aptitud combinatoria general (ACG) está relacionada con los genes de efectos aditivos y/o aditivos por aditivos, mientras que la aptitud combinatoria específica consiste en los efectos de dominancia y todos los epistáticos.

El objetivo principal de la endocría, es fijar características y obtener buena aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE), las cuales pueden dar origen a una aptitud combinatoria superior. Estas líneas se cruzan para producir híbridos de maíz que pueden ser agronómicamente buenos o malos.

En el mejoramiento de plantas, es de importancia conocer los materiales usados como progenitores en un programa de hibridación, ya que se conoce que algunos progenitores combinan bien con muchos otros en la producción de progenies híbridas de alta producción; otros combinan bien con otros pocos o con ninguna. De acuerdo a esto, al estudiar y conocer la aptitud combinatoria de los

progenitores, el mejorador logra una mayor eficiencia en su programa de mejoramiento.

La estimación de la aptitud combinatoria de una línea endogámica es fundamental para la formación de híbridos y variedades sintéticas. Inicialmente, la aptitud combinatoria fue un concepto general, utilizada para la clasificación de una línea en relación con su comportamiento en cruzas, actualmente se estima en familias, variedades, cruzas simples o cualquier material que se use como progenitor (Martínez, 1983).

Aptitud Combinatoria General

Se define a la aptitud combinatoria general (ACG) como el comportamiento promedio o general de una línea en una serie de cruzas y a la aptitud combinatoria específica (ACE) como el comportamiento de las combinaciones específicas de líneas en relación al comportamiento promedio de las líneas que la forman (Sprague y Tatum, 1942).

Aptitud Combinatoria Específica

La aptitud combinatoria específica 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 (Martínez, 1983).

La aptitud combinatoria específica, es el resultado del efecto conjunto de dos líneas en particular, por lo que a diferencia de la aptitud combinatoria general, ésta es medida como la desviación de la suma de la media general más las aptitudes combinatorias de los progenitores. Esta medida no es característica de cada línea en particular, sino de una combinación especial de pares de líneas (Sprague y Tatum, 1942).

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.

Falconer (1985) define heredabilidad como el cociente de la varianza aditiva sobre la varianza fenotípica y que la función más importante de la heredabilidad es su papel predictivo, que expresa la confiabilidad del valor fenotípico como indicador del valor reproductivo, es el que determina su influencia en la siguiente generación.

Los estudios de heredabilidad son de utilidad para evaluar qué parte de la variación total observada en un carácter corresponde a factores genéticos y qué parte de factores ambientales (Brauer, 1981).

De la Loma (1975) menciona que, cuanto mayor sea la heredabilidad de un carácter cuantitativo, mayor será el parecido entre el grupo de individuos y sus descendientes y que cuanto mayor sea el componente de variación fenotípica debida al ambiente, menor será la correlación entre la manifestación del carácter en los progenitores y en sus descendientes.

Según Becker (1986) la heredabilidad es un parámetro que expresa la proporción de la varianza total que es atribuible a los efectos promedios de los genes y esto determina en parte el grado del parecido entre parientes.

Falconer (1985) menciona que al escoger algunos individuos como progenitores por sus valores fenotípicos, el éxito de cambiar las características de la población puede predecirse únicamente a partir del grado de correspondencia entre los valores fenotípicos y los reproductivos.

Diseños Genéticos.

El estudio de la herencia de caracteres cuantitativos implica desarrollar progenies obtenidas de acuerdo a un patrón de apareamiento, lo que comúnmente se llama Diseños Genéticos. Existen varios diseños genéticos y tienen cierta complejidad estadística en el grado de formar progenies, considerando la flexibilidad para aplicarlos a diversos cultivos (Hallauer y Miranda, 1981). La selección del diseño genético estará en función de los objetivos de trabajo de investigación. Deberá elegirse el más práctico y sencillo pero que proporcione la información necesaria.

Diseños de Carolina del Norte

Comstock y Robinson (1948) desarrollaron tres diseños conocidos como Diseños de Carolina del Norte I, II, III.

Diseño Carolina del Norte I.-

Es aquel diseño en el que cada macho se cruza con un grupo de hembras diferentes, de tal manera que existe un efecto de anidamiento de las hembras dentro de cada macho, lo cual lleva implícito que no existen efectos maternos, de tal manera que se generan familias de medios hermanos (por cada uno de los machos que se utilizan) y familias de hermanos completos (por la combinación específica de macho-hembra), (Comstock y Robinson, 1948).

Diseño Carolina del Norte II.-

Es el diseño en el cual se aparean un número de machos con un igual número p de hembras cada uno, de tal manera que tendremos p^2 apareamiento. Generándose familias de medios hermanos maternos y paternos.

Diseño Carolina del Norte III.-

Diseño que sirve para demostrar el ligamiento entre loci en la sobredominancia aparente. Se inicia con el cruzamiento de dos líneas homocigotas progenitoras (obteniendo una retrocruza hacia ambos progenitores), obteniéndose 2 n cruza posibles.

III MATERIALES Y MÉTODOS

En este experimento se tomaron en cuenta los ciclos Primavera-Verano en el año 2003. Este trabajo se desarrolló en dos etapas: la primer etapa se llevó a cabo en el Campo Experimental de la U.A.A.N.-U.L. y consistió en la formación de cruza y la segunda etapa consistió en la evaluación agronómica de los materiales, en tres localidades establecidas dentro de la Comarca Lagunera.

Localización geográfica y características de la Comarca Lagunera.

La Comarca Lagunera se encuentra ubicada geográficamente entre los 24°30" y los 27° de latitud norte, y entre los 102° y 104°40" de longitud oeste, con una altitud de 1,120 msnm. Su clima se clasifica como muy seco con deficiencia de lluvias en todas las estaciones, además de que cuenta con temperaturas semicálidas con inviernos benignos.

De acuerdo con Köpen, su clima es desértico con lluvias en el verano y temperatura caliente. Los registros de temperatura indican una media anual de 21°C, con una media de 27°C para el mes más caluroso. La precipitación promedio es de 220 milímetros anuales (INEGI, 2002)

Primer etapa

Selección y cruzamiento de progenitores.

En este ciclo se seleccionaron 19 maíces de tipo comercial con características agronómicas forrajeras deseables, Cuadro 1.

Cuadro 3.1 Material genético utilizado como progenitores.

No de Padre	Origen	No de Padre	Origen
1	P1-ASX1	11	P11-P2F1
2	P2-ASX2	13	P13-ANCM139
3	P3-ASX3	14	P14-A1F1
4	P4-ASX4	15	P15-ANL3
5	P5-ASX5	16	P16D1F1
6	P6-ASX6	17	P17D2F1
7	P7-CCr1	18	P18N1F1
8	P8-AN1	19	P19-ANL4
9	P9-NV1	20	P20-ANL5
10	P10-P1F1		

Formación de híbridos experimentales.

Los 19 materiales seleccionados se dividieron en dos grupos en forma aleatoria. El Grupo I se constituyó con los primeros 10 materiales del Cuadro 1, y el Grupo II del 11 al 20.

En campo, los materiales se sembraron en surcos alternos de manera que se facilitara la polinización. Así, el progenitor número uno (P1) se alternó con progenitores del 11 al 20, formando lo que se definió como rango-I; el rango-II quedó constituido por el progenitor dos (P2) alternado con los progenitores del 11 al 20, y así sucesivamente, hasta formar el rango número diez (X).

Previo al momento de la floración, se procedió a cubrir con glacies los jilotes. Cuando se llegó la floración se polinizaron 10 plantas de cada cruz.

En total, se realizaron todas las cruces posibles entre los progenitores del Grupo-I y II, generándose 190 cruces o híbridos experimentales.

Fecha de Siembra.

La Fecha de siembra se realizó el 18 de Marzo del 2003 en el Campo Experimental de la U.A.A.N.-Unidad Laguna, sembrándose en forma manual.

Se realizó un aclareo dejando una planta por mata.

Fertilización.

La fertilización se llevó a cabo de la siguiente manera:

Primera aplicación, 11 de Abril del 2003, con la fórmula 118-100-00.

Segunda aplicación, 2 de Mayo del 2003, con la fórmula 100-00-00.

Riegos.

Se aplicó una lámina total de 80 centímetros, considerando una ineficiencia en la aplicación de 15% en cada riego. La lámina se distribuyó en un riego de presembrado de 20 centímetros más cuatro riegos de auxilio de 15 centímetros cada uno. El calendario de riego se dió conforme al Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Calendario de riegos

Riegos	Aplicación (dds)¹	Etapas de desarrollo del cultivo
Primero	30 - 35	Encañe, inicio de crecimiento del tallo
Segundo	50 - 55	Inicio de crecimiento de la mazorca ²
Tercero	65 - 69	Inicio de la aparición de estigmas
Cuarto	80 - 85	Grano lechoso – masoso

¹dds: días después de la siembra; ²entre los 8 a 10 días antes que emerjan las espigas.

Control de Plagas.

La aplicación de insecticidas se realizó para gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gusano elotero (*Heliothis zea*) con aplicaciones de Decis (1 lto/ha) y Folimat 1000 (0.5 lts/ha), respectivamente.

Control de Malezas.

Para el control de malezas se llevó a cabo un deshierbe previo al primer riego de auxilio, una aplicación de herbicidas para hoja ancha con 2-4D amina y para zacate Johnson con AFCENT.

Cosecha.

El ciclo Primavera se cosechó el día 15 de Julio del 2003, esta cosecha se realizó manualmente colocando en bolsas de papel las cruces correspondientes de cada tratamiento, obteniendo semilla suficiente para la evaluación.

Segunda etapa

Evaluación de las cruas.

El ciclo Verano la evaluación se realizó en tres distintas localidades ubicadas dentro de la Comarca Lagunera :

Localidad Nuevo León. Localidad establecida dentro del municipio de Matamoros, Coah., la cual se sembró el 24 de Julio del 2003, en surco sencillo a 0.75 cm entre surco y surco.

Localidad Providencia. Localidad establecida dentro del municipio de Torreón, Coah., la cual se sembró el 29 de Julio del 2003, en surco sencillo a 0.75 cm entre surco y surco.

Localidad Cuba. Localidad establecida dentro del municipio de Fco. I. Madero, Coah., la cual se sembró el 4 de Agosto del 2003 en cama melonera de 1.50 mts entre cama y cama.

El paquete tecnológico fue el que normalmente utilizan los agricultores de la región.

Variables Agronómicas Evaluadas.

Altura de Planta (AP).

Se midió de la base del tallo hasta la parte superior de la espiga (se estimó en metros). Se muestrearon 5 plantas representativas y se calculó el promedio de las mismas.

Altura de Mazorca (AM).

Se midió desde la base del tallo hasta el nudo de la inserción de la mazorca principal (medida expresada en metros). Se muestrearon 5 plantas representativas y se calculó el promedio de las mismas.

Rendimiento de Forraje Verde (REND).

Esta variable se determinó cortando un metro lineal por surco de cada parcela. Se contó número de plantas cortadas, se peso la planta completa, después el peso de las mazorcas. Estos pesos fueron tomados en kilogramos, los cuales se transformaron a $t\ ha^{-1}$.

Materia Seca (M.S.).

Se tomó una muestra de tres plantas y tres mazorcas, las cuales fueron trituradas y puestas en unas bolsas de papel, pesando 400 g de muestra. Las muestras se llevaron a la estufa de secado por un término de 48 hrs., a una temperatura de 65 grados centígrados. Después de sacarlas de la estufa se pesó la M.S. obtenida, estimando su % y se expresó en $t\ ha^{-1}$.

Diseño experimental.

En cada localidad los híbridos experimentales y sus progenitores se evaluaron en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde:

μ = Media general.

T_i y β_j = Efectos de tratamientos y repeticiones.

E_{ij} = Error experimental para cada observación (ij).

Diseño genético.

Para la estimación de los componentes de varianza se utilizó el Diseño-II de Carolina del Norte (Comstock y Robinson, 1948), este diseño hace posibles cruzamientos entre un grupo de individuos machos (m) y un grupo de individuos de hembras (m). El modelo es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + M_i + H_j + (MH)_{ij} + (LM)_{li} + (LH)_{lj} + (L \times M \times H)_{lij} + R_k + W_{ijkl}$$

$l = 1, 2, \dots, n$ (localidades)

$i = 1, 2, \dots, m$ (machos)

$j = 1, 2, \dots, h$ (hembras)

$R_k = 1, 2, \dots, r$ (repetición)

Donde:

Y_{ijkl} = Observación del k-ésimo individuo del cruzamiento del i-ésimo macho con la j-ésima hembra en la i-ésima localidad.

μ = Media general.

M_i = Efecto del i-ésimo macho.

H_j = Efecto de la j-ésima hembra.

$(MH)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo macho con la j-ésima hembra.

$(LM)_{ij}$ = Efecto del i-ésimo macho en la l-ésima localidad.

$(LH)_{ij}$ = Efecto de la j-ésima hembra en la l-ésima localidad.

$(L \times M \times H)_{ijl}$ = efecto de la ij-ésima cruza en la l-ésima localidad.

R_k = Efecto de la k-ésima repetición.

W_{ijkl} = Efecto ambiental y efecto de las desviaciones genéticas.

Se realizó un Análisis de Varianza Combinado para los diferentes caracteres estudiados en donde se incluyeron las localidades estudiadas con base al Diseño Carolina del Norte II.

Cuadro 3.3 Análisis de varianza bajo el Diseño Carolina del Norte II.

F.V.*	g.l.	C.M.	E.C.M
Localidad	(l-1)		
R(L)	(r-1)(l)		
MxR(L)	(m-1)(n-1)(l)		
Macho	(m-1)	M_7	$\sigma_e^2 + r\sigma_{lmh}^2 + m\sigma_{lm}^2 + r\sigma_{mh}^2 + r\sigma_m^2$
Hembra	(h-1)	M	$\sigma_e^2 + r\sigma_{lmh}^2 + r\sigma_{lh}^2 + r\sigma_{mh}^2 + r\sigma_h^2$
MxH	(m-1)(h-1)	M_5	$\sigma_e^2 + r\sigma_{lmh}^2 + r\sigma_{mh}^2$
LxM	(l-1)(m-1)	M_4	$\sigma_e^2 + r\sigma_{lmh}^2 + r\sigma_{lm}^2$
LxH	(l-1)(h-1)	M_3	$\sigma_e^2 + r\sigma_{lmh}^2 + r\sigma_{lh}^2$
LxMxH	(l-1)(m-1)(h-1)	M_2	$\sigma_e^2 + r\sigma_{lmh}^2$
Error	(r-1)(mhl)	M_1	σ_e^2
Total	rmhl-1		

* L= localidades, M= machos, H= hembras, R= repeticiones.

De acuerdo a los principios propuestos por el método de Jenkis citado por Chávez (1995), se estimaron los efectos de Aptitud Combinatoria General y Específica para los grupos de machos y hembras y sus respectivas cruzas para cada una de las variables.

$$g_i = \bar{Y}_i - \bar{Y}_{..}$$

$$g_j = \bar{Y}_j - \bar{Y}_{..}$$

$$S_{ij} = \bar{Y}_{ij} - g_i - g_j + Y_{..}$$

Donde:

g_i , g_j y S_{ij} = Las ACG para los i -machos, j -hembras y ACE y sus cruzas.

$\bar{Y}_i - \bar{Y}_j$ = Las medias de los machos y hembras.

Y_{ij} = Representa el valor observado para la craza $i \times j$.

$\bar{Y}_{..}$ = Es la media general de todas las $i \times j$ cruzas.

La significancia estadística de la diferencia entre la Aptitud Combinatoria General de los Híbridos Varietales que se evaluaron mediante la prueba de t o diferencia mínima significativa como lo mencionan Chaudhary y Singh (1979).

$$DMS \alpha = EE \times t (\alpha/2, glee)$$

Donde:

$DMS \alpha$ = Diferencia Mínima Significativa a una probabilidad α .

EE = Error Estándar para la comparación de medias, el cual con m machos, h hembras, l localidades y r repeticiones equivale a lo siguiente:

$$EE = \frac{2CMEE}{lrm} \text{ para ACG de hembras}$$

$$EE = \frac{2CMEE}{lrh} \text{ para ACG de machos}$$

t ($\alpha/2$, glee) = Valor de las tablas, apropiado a los grados de libertad del error experimental a una probabilidad α .

De esta manera los efectos de la Aptitud Combinatoria para las variables de estudio fueron estimados y probados.

Estimación de los Componentes de Varianza.

A partir de los Cuadrados Medios del Análisis de Varianza se estimaron los Componentes de Varianza utilizando el Diseño Carolina del Norte II (Comstock y Robinson, 1948) y se calcularon las estimaciones siguientes:

1.- Varianza del Error (σ_e^2).

$$M_1 = \sigma_e^2$$

2.- Varianza genética aditiva (σ_A^2).

$$\sigma_A^2 = 2(\sigma_m^2 + \sigma_h^2)$$

3.- Varianza genética de dominancia (σ_D^2).

$$\sigma_D^2 = 4\sigma_{mh}^2$$

4.- Varianza fenotípica (σ_f^2).

$$\sigma_f^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_e^2$$

5.- Grado de dominancia (d).

$$d = \sqrt{2\sigma_D^2 / \sigma_A^2}$$

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

$$h^2 = \sigma_A^2 / \sigma_F^2 \times 100$$

Donde:

σ^2_m = Varianza de machos.

σ^2_h = Varianza de hembras.

σ^2_{mh} = Varianza de machos por hembras.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Genético

Utilizando el Diseño Carolina del Norte II (Comstock y Robinson 1948) se desarrollaron los análisis estadísticos para analizar el material genético de este estudio.

En el Cuadro 4.1 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza y los niveles de significancia para las cuatro variables rendimiento (REND), materia seca (MS), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM).

En este cuadro se puede apreciar que para la variable rendimiento de forraje verde (REN) se observó diferencia significativa para la interacción M*H y diferencias altamente significativas para L, L*M y H. En cuanto a M, M*R(L), L*H y L*M*H no se encontró significancia para estas fuentes de variación. Lo anterior indica que los híbridos o cruza en promedio se comportaron de manera diferente en cada una de las localidades lo cual se refleja en la interacción L*M, la cual fue estadísticamente significativa. Respecto a las hembras indica que en promedio fueron diferentes dentro de localidades y que interaccionan poco con el ambiente dada la no significancia de la interacción con localidades, lo cual indica que las hembras tienen una mayor capacidad para amortiguar los efectos del medio ambiente. La fuente de variación M*H indican que las cruza entre machos y hembras utilizados son significativamente diferentes en su potencial para producción de forraje verde. La no significancia para la interacción L*M*H indica que las cruza no interaccionan de manera significativa con el ambiente por lo que se puede inferir que en este grupo existen cruza con alto grado de estabilidad, en las localidades de evaluación.

Para la variable materia seca y, a excepción de la fuente de variación de localidades y repetición dentro de localidad que fueron significativas al 0.01 y 0.05 respectivamente, en el resto de las fuentes de variación no se observaron diferencias estadísticas significativas. Los resultados anteriores muestran que tanto hembras, machos y sus cruzas, se comportan similarmente dentro y entre cada localidad, pero que el ambiente influye en la manifestación de su potencial de producción, como lo indica la significancia entre localidades. Esto puede representar que el manejo agronómico, el tipo de suelo, pudiesen estar involucrados en estos resultados; la no significancia estadística para machos y hembras y sus interacciones estadísticamente indica que son muy similares en su comportamiento en las diferentes localidades, sin embargo la magnitud del error representado en el coeficiente de variación, indica que pudiera estar involucrado tanto el tamaño como el manejo mismo de la muestra que no permitieron detectar las diferencias existentes entre los materiales.

Respecto a la variable altura de planta (AP), las fuentes de variación L*M y L*M*H a excepción de L, M, R(L), M*R(L), H, L*H, M*H, presentan no significancia; por lo que se indica que las localidades fueron diferentes en función de la respuesta de los materiales evaluados, esto puede ser a causa del ambiente o del manejo agronómico que se llevó a cabo en cada localidad. En lo que respecta al efecto macho y hembra, se observa un efecto significativo, indicando que ambos influyen en la manifestación de la magnitud de esta variable, como se observa en la significancia de la interacción M*H. Las hembras y no los machos interaccionaron significativamente con el ambiente (localidades) para esta variable.

En cuanto a la variable altura de mazorca (AM), a excepción de L*H y L*M*H, en el resto se encontraron valores altamente significativos; lo cual indica que al igual que en la variable de altura de planta (AP), esta variable (AM) se manifestó de manera diferente en cada una de las localidades. Los efectos de hembras y machos fueron estadísticamente significativos, lo mismo que se refleja en su interacción

(M*H). En este caso, los machos y no las hembras interaccionan significativamente con el ambiente o localidades de prueba.

Los coeficientes de variación que se obtuvieron en las diferentes variables fueron de 24.70 por ciento para materia seca (MS), 21.06 por ciento para rendimiento de forraje verde (REND), 6.07 por ciento para altura de planta (AP) y 8.84 por ciento para altura de mazorca (AM). Los coeficientes de varianza con mayor aceptación son para las dos variables de altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM). En lo que respecta a los coeficientes de varianza de rendimiento (REND) y materia seca (MS) se puede detectar que no son muy aceptables.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios del Análisis de Varianza bajo el Diseño Carolina del Norte II.

F.V.	g.l.	REND (t ha ⁻¹)	MS (t ha ⁻¹)	AP (m)	AM (m)
L	2	36714.91**	826.87**	7.09**	2.59**
R(L)	3	590.30*	24.69*	0.19**	0.06**
M*R(L)	27	146.50 N.S.	6.98 N.S.	0.05**	1.33**
M	9	274.32 N.S.	10.91 N.S.	0.39**	0.22**
H	8	1028.27**	4.33 N.S.	0.17**	0.12**
M*H	72	270.24*	12.24 N.S.	0.04**	0.01**
L*M	18	473.36**	12.61 N.S.	0.03 N.S.	0.02**
L*H	16	206.88 N.S.	8.52 N.S.	0.05**	0.01 N.S.
L*M*H	144	137.38 N.S.	8.19 N.S.	0.006 N.S.	0.01 N.S.
Error	240	198.73	9.23	0.024	0.01
Total	539				
C.V.%		21.06	24.7	6.07	8.64

*, **= Significativo al 0.05 y al 0.01 de probabilidad respectivamente, ns= no significativo; REND= Rendimiento de forraje verde; MS= Materia seca; AP= Altura de planta y AM= Altura de mazorca.

Comparación de medias

En el Cuadro 4.2 se presentan las 10 mejores cruzas de los 90 materiales evaluados.

De la prueba de medias realizada, encontramos las cruzas 2X13 y 9X15 como las más sobresalientes en la variable de rendimiento de forraje verde (REND). Para la variable de materia seca (MS) las cruzas más destacadas fueron la 7X17 y la 7X18, éstas sobresaliendo por su alto potencial productivo.

Las mejores cruzas para la variable altura de planta (AP) fueron la 8X13 y la 6X19 y para la variable altura de mazorca (AM) fueron las cruzas 6X15 y 7X17, por ser de mayor altura.

Se observa en general un comportamiento distinto entre las cruzas en los diferentes caracteres ya que no se presenta un patrón definido.

Cuadro 4.2 Valores promedio de las 10 mejores cruzas para las variables agronómicas evaluadas.

Cruza	REND (t ha ⁻¹)	Cruza	MS (t ha ⁻¹)	Cruza	AP (m)	Cruza	AM (m)
2x13	83.55	7X17	16.43	8X13	2.76	6X15	1.40
9X15	81.33	7X18	16.19	6X19	2.76	7X17	1.33
6X18	80.55	9X15	15.90	6X14	2.76	4X20	1.31
8X20	79.11	5X13	15.48	8X19	2.74	2X13	1.30
7X19	78.33	8X20	14.95	2X13	2.73	1X17	1.29
1X18	77.00	10X20	14.38	8X20	2.73	7X19	1.29
5X13	77.00	1X18	14.12	1X20	2.73	2X18	1.27
7X17	76.44	6X18	13.98	4X20	2.73	1X20	1.27
1X20	76.22	5X20	13.93	8X18	2.72	2X15	1.27
2X15	76.11	5X14	13.75	2X20	2.71	7X15	1.26
MEDIA	66.77		12.29		2.57		1.16
‡dms	5.20		1.11		0.05		0.03

‡dms= Diferencia mínima significativa al 5% de probabilidad, REND= Rendimiento de forraje verde, MS= Materia Seca, AP= Altura de Planta, AM= Altura de Mazorca.

Efectos de Aptitud Combinatoria General

Para cada una de las variables agronómicas se procedió a obtener los Efectos de Aptitud Combinatoria General y Específica con los valores promedio del Análisis Combinado.

Los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) para machos y hembras se presentan en el Cuadro 4.3, en donde nos indica que los mayores efectos de ACG lo presentaron los machos 2, 7 y 6, en contraste, los machos 4, 9 y 10 fueron los valores más bajos, ésto referente a la variable de rendimiento de forraje verde (REND). Para la variable de materia seca (MS) los mejores machos fueron el 2, 7 y 5 y los más bajos 3, 6 y 9. Los machos 2 y 7 mostraron los valores más altos de ACG para ambas variables.

En cuanto a la altura de planta (AP) los machos 8, 6 y 1 presentaron los valores más altos y los machos 5, 9 y 10 los más bajos. Para altura de mazorca (AM) los machos 2, 7 y 4 presentaron los mayores valores ACG, en tanto que 5, 9 y 10 mostraron la ACG más baja.

Respecto a las hembras, las de mayores efectos de ACG fueron la 18, 13 y 20 en la variable de rendimiento de forraje verde (REND) y en materia seca (MS) fueron las hembras 17, 18 y 20.

Los mejores efectos de ACG para altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM) los presentaron las hembras 13, 14, 19 y 20 y los efectos más bajos se encontraron en las hembras 11, 15 y 16 .

Los machos 2, 8, 7 y 6 presentaron los mayores efectos de ACG y las hembras 13, 14, 18 y 20 para todas las variables señalándonos que éstos pueden

responder a una selección recurrente, no así la variable altura de planta (AP), donde fueron negativos los valores.

Cuadro 4.3. Efectos de Aptitud Combinatoria General para los progenitores en cuatro características agronómicas.

M	REND (t ha⁻¹)	M	MS (t ha⁻¹)	M	AP (m)	M	AM (m)
2	3.6	2	0.5713	8	0.11	2	-0.43
7	1.54	7	0.5029	6	0.09	7	-0.44
6	1.04	5	0.4156	1	0.04	4	-0.45
5	0.89	8	0.2043	7	0.02	8	-0.45
8	0.80	10	0.0988	4	0.02	1	-0.47
1	0.06	4	-0.0673	2	0.02	6	-0.48
3	-0.56	1	-0.2006	3	-0.01	3	-0.49
4	-0.57	6	-0.3704	5	-0.03	5	-0.51
10	-2.04	3	-0.5612	10	-0.13	10	-0.58
9	-4.78	9	-0.5931	9	-0.14	9	-0.62

H	REND (t ha⁻¹)	H	MS (t ha⁻¹)	H	AP (m)	H	AM (m)
18	5.83	20	0.8376	20	0.08	14	-0.05
13	4.50	18	0.5819	13	0.08	20	-0.45
20	3.91	17	0.2992	19	0.01	13	-0.45
14	1.64	16	0.035	18	0.01	17	-0.46
17	-0.82	13	-0.0279	16	-0.005	15	-0.47
19	-1.97	15	-0.0931	17	-0.01	19	-0.48
15	-2.99	14	-0.2052	14	-0.04	18	-0.49
16	-4.86	19	-0.4571	15	-0.04	16	-0.52
11	-5.24	11	-0.9386	11	-0.07	11	-0.58

M= Macho, H= Hembra, REND = Rendimiento de forraje verde, MS = Materia Seca, AP= Altura de Planta, AM= Altura de Mazorca.

Efectos Genéticos de Aptitud Combinatoria Específica

Al llevar a cabo los análisis de los efectos de Aptitud Combinatoria Específica de las cruzas se observó que en las cruzas 9x15, 7x19, 7x17, 2x16 y 2x15 en rendimiento de forraje verde (REND) y materia seca (MS) se obtuvieron los valores más altos de ACE, reflejándolo al obtener un mayor rendimiento, y en contenido de materia seca las cruzas 9x15, 7x17, 7x18, 5x13 y 8x11 respectivamente (Cuadro 4.4), coincidiendo en ambas variables 9x15, 7x17 y 5x13. En cuanto a los valores más bajos fueron las cruzas 9x16, 8x15, 1x13 y 5x19 respectivamente (Anexo I).

Los valores de ACE para altura de planta señalan que las cruzas 9x15, 6x14, 9x13 y 10x18 poseen los efectos de ACE más altos ya que se encuentran entre las 10 cruzas con mayor altura (Cuadro 4.4), en cambio para altura de mazorca (AM), entre los diez valores más altos de ACE fueron las cruzas 9x15, 9x13, 10x18 y 7x17.

Lo recomendable es contar con materiales de altura media que toleren altas densidades, con resistencia al acame, sin descuidar la relación positiva de la altura de planta con el potencial de rendimiento de grano (Amacende, 2000 y Rincón et al., 2003), que coincide a lo que manifiesta Jugenheimer (1990) quien señala que a mayor altura de planta el potencial de rendimiento de grano es mayor.

De acuerdo a lo anterior, en el presente trabajo existen materiales que cumplen con los requisitos para explotarse como forraje, pues tal como lo presenta la craza 2x13, la cual presenta el mayor rendimiento (83.55 t ha^{-1}) y con una altura máxima promedio de planta y mazorca de 2.76 m y 1.4 m respectivamente.

Cuadro 4.4 Efectos de ACE para las 10 mejores cruzas.

Cruza	REND (t ha ⁻¹)	Cruza	MS (t ha ⁻¹)	Cruza	AP (m)	Cruza	AM (m)
9X15	22.20	9x15	4.28	9x15	0.29	9x15	0.14
7x19	11.85	7x17	3.32	6x14	0.12	9x13	0.13
7x17	8.80	7X18	2.80	9x13	0.12	10x18	0.09
2x16	8.78	5X13	2.79	10x18	0.12	7x17	0.07
2x15	8.58	8x11	1.76	2x18	0.09	1x17	0.06
2x13	8.52	3x13	1.65	7x14	0.09	5x13	0.06
1x16	8.10	8x20	1.61	10x20	0.08	7x19	0.05
8x14	7.74	6x18	1.47	10x13	0.07	10x20	0.05
8x20	7.47	1x18	1.44	1x17	0.07	10x13	0.05
6x18	6.75	4x19	1.39	6x19	0.07	3x19	0.05

REND= Rendimiento de forraje verde, MS = Materia Seca, AP= Altura de Planta, AM= Altura de Mazorca.

Componentes de Varianza

En el Cuadro 4.5 se presentan los Componentes de Varianza para cada una de las variables evaluadas.

En este cuadro se observa que la varianza de dominancia (σ^2_D) predominó en las variables de rendimiento de forraje verde (REND) y materia seca (MS), en tanto que para altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM), fueron similares.

Para la variable de rendimiento (REND), la varianza de dominancia representó el 29.72 por ciento del total de la varianza fenotípica y en materia seca 7.4 por ciento, puesto que la varianza aditiva fue negativa, se considera igual a cero y por lo tanto se asume que la σ^2_D representó la varianza genética total.

Lo anterior se reflejó en la magnitud de la heredabilidad (h), donde se observa un valor de .57 por ciento para rendimiento, lo cual coincide con otras estimaciones dado que es un carácter de herencia cuantitativa o poligénica y para materia seca dicho valor se asume como cero.

La varianza de dominancia en la variable altura de planta (AP) se estimó en un 2.75 por ciento y en la variable de altura de mazorca (AM) alcanzó un 28.57 por ciento de la varianza genética total. Lo anterior implica que para AP la varianza de dominancia fue más importante, en tanto que para AM lo fue la varianza aditiva, lo que se refleja en la magnitud de la heredabilidad (Cuadro 4.5), pues para altura de planta se obtuvo un valor un 25.86 por ciento y para altura de mazorca el valor obtenido fue de 7.4 por ciento.

El mayor grado de dominancia se observó con un valor de 4.07 para la variable de rendimiento de forraje verde (REND) lo que representa un efecto posible

de sobredominancia que se manifestará con los híbridos que se formen (Falconer, 1985). En términos prácticos indica que esta variable debería ser explotada en un programa de mejoramiento por hibridación. Respecto a las variables AP y AM los grados de dominancia fueron de .60 y .24 respectivamente, lo cual indica un efecto de dominancia (Falconer, 1985).

Cuadro 4.5 Estimación de los Componentes Genéticos de cuatro variables agronómicas.

Variables	σ^2_A	σ^2_D	$\sigma^2_{D\%}$	σ^2_f	d	h²%
Rendimiento	10.66	88.57	29.72	297.96	4.07	3.57
Materia seca	0	1.91	17.14	11.14	0	0
Altura de planta	0.015	0.019	32.75	0.058	1.60	25.86
Altura de mazorca	0.011	0.0084	28.57	0.0294	1.24	37.41

σ^2_A = Varianza aditiva, σ^2_D = Varianza de dominancia, $\sigma^2_{D\%}$ = Por ciento de dominancia; σ^2_f = Varianza fenotípica; d= grado de dominancia; h²%=heredabilidad.

V. CONCLUSIONES

- De las cuatro variables evaluadas se encontró que existe variabilidad genética para machos y hembras en rendimiento de forraje verde, altura de planta y altura de mazorca. Para materia seca no se presentó variabilidad genética, puesto que no hubo diferencias significativas.
- En la variable de rendimiento las cruzas más sobresalientes fueron 2X13, 9X15 y para la variable de materia seca 7x17 y 7x18 fueron las mejores.
- El macho 2, 6, 7 y 8 y las hembras 13, 14, 18 y 20 presentaron los mayores efectos de ACG en todas las variables evaluadas excepto en la variable de altura de planta.
- Para los efectos de ACE las mejores cruzas para rendimiento y materia seca fueron 9X15, 7x17, 6x18 y 8x20 y para altura de planta y altura de mazorca señalan que las cruzas 9x15, 9x13, 10x18, 10x13, 10x20 y 1x17 observadas como las más sobresalientes.
- La varianza no aditiva predominó en tres de las variables estudiadas REND, AP y MS.
- El mayor valor de la heredabilidad se observó en las variables altura de mazorca (AM) y altura de planta (AP).
- La variable rendimiento de forraje verde presentó el mayor grado promedio de dominancia.

VI. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en tres localidades: Cuba, Providencia y Nuevo León, ubicadas en los municipios de Fco. I. Madero, Torreón y Matamoros en el estado de Coahuila respectivamente. Se realizó en dos etapas, la primera consistió en la formación de cruzas y la segunda en la evaluación de las mismas, durante los ciclos de Primavera - Verano del año 2003. Las evaluaciones se realizaron en un ensayo uniforme en bloques al azar con dos repeticiones.

El objetivo principal de este trabajo fue el de estimar y cuantificar los efectos genéticos involucrados en las cruzas de maíz forrajero, además de seleccionar híbridos experimentales con altos rendimientos de forraje verde, materia seca y adaptación.

Se evaluó el comportamiento agronómico de 90 cruzas de maíz derivadas de 19 híbridos de origen comercial, utilizando el Diseño II de Carolina del Norte propuesto por Comstock y Robinson (1948). Se estimaron los efectos de aptitud combinatoria general y específica para los dos grupos de machos y hembras. Con los cuadrados medios del análisis de varianza se estimaron los componentes genéticos de varianza debido a efectos aditivos y no aditivos, donde se obtuvo información de las variables.

Los efectos más importantes fueron los no aditivos con una magnitud del 29.72 por ciento para rendimiento de forraje verde, para materia seca un 17.14 por ciento y un 32.75 por ciento para altura de planta. Los aditivos fueron de menor magnitud, pero sólo importantes para altura de mazorca.

El híbrido de mayor rendimiento promedio se obtuvo con la cruz 2x13 con 83.55 t ha⁻¹.

La mayor aptitud combinatoria general se observó en los machos 2, 7, 6 y 8, en tanto que en las hembras fueron: 13, 14, 18 y 20; en cuanto a la aptitud combinatoria específica las mejores cruzas para rendimiento y materia seca fueron 9X15, 8X20 y 7X17, y para altura de planta y altura de mazorca señalan que las cruzas 9X15, 9X13 y 10X18.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- 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. p. 207.
- Allard R. W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Cuarta edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. p. 98.
- Amacende L. S. 2000. Estimación de los componentes genético sen un importante patrón heterótico de maíz (*Zea mays* L.) bajo el diseño II de Carolina del Norte. Tesis de maestría en ciencias. UAAANS attillo Coahuila. México. p.p. 34-35.
- Beal, W. J. 1880. Indian corn. Rep. Mich. Bd. Agric. 19: 279-289.
- Becker, W. A. 1986. Manual de genética cuantitativa. Primera edición en español. Academic Enterpirises. Pullman, WA. USA. 174 p.
- Brauer H. O. 1981. Fitogenética Aplicada. Editorial ELSA. Mèxico. p. 518.
- Chávez A. J. L. 1995. Mejoramiento de plantas 2. Métodos específicos para plantas alógamas. Ed. Trillas. p.p. 92-93.
- Chaudhary, B. D. and R. K. Sing. 1979. Biometrical methods in Quantitative Genetic Analysis. p. 304. Kalyany Publishers. Ludhiana, India.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) 1987. CIMMYT-Hechos y tendencias mundiales relacionadas con el maíz 1986: Aspectos económicos en la producción de semilla de variedades comerciales de maíz en los países en desarrollo. México. p.p. 210-223.

Comstock R. E. Y H. F. Robinson. 1948. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degrees of dominance. *Biometrics*. 4:254-266.

De la loma J. L. 1975. *Genética General y Aplicada*. Editorial UTEHA. México.

Dudley, J. W. and R. H. Moll. 1969. Interpretation and use of estimates of heredability and genetic variances in plant breeding. *Crop Sci.* (3): 257-262. USA.

Duvick, D. N. 1999. Heterosis: feeding people and protecting natural resources. In: J. G. Coors and Pandey. (eds.). *Genetics and exploitation of heterosis in crops*. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wi. p.p. 19-31.

Falconer D. S. 1985. *Introducción a la genética cuantitativa*. Trad. de la 1ª. ed. en inglés por Fidel Márquez Sánchez. México, Continental. p. 430.

FIRA, -Banco de México. 1999. *Análisis de rentabilidad de la producción de leche*. Subdirección regional norte. Residencia Estatal: Comarca Lagunera. Torreón, Coah.

Fuentes M. L., J. L. Larios, C. Quemé, Pérez y S. Castellanos. 1997. *Evaluación regional de cruzas híbridas y predicción de híbridos de maíz de grano blanco*. CIMMYT-PRM. Guatemala. p. 32.

Goldman, I. L. 1999. Inbreeding and out breeding in the development of a modern heterosis concept. In: *Genetics and exploitation of heterosis in crops*. Coors, J. G. And S. Pandey ed. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

Gutiérrez, D. R. E. 1992. *Mejoramiento Genético de Maíz (Zea mays) a partir de una población nativa*. SOMEFI. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Hanson, W. D. 1963. Heritability. In Hanson, W. D. and H. F. Robinson (eds) *Statistical genetics and plant breeding*. Pub. 982. Nat'l. Acade. Sci.- Nat'l. Res. Council, Washington, D. C. p.p. 125-139. USA.

- Hallauer R. A. 1975. Relation of general gene action and type of tester in maize breeding procedures. 30th Proc. Corn and Sorghum research conference. p.p. 150-165.
- Hallauer R. A. and Miranda F. O. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. The Iowa State University Press Ames, Iowa, 50010. First Edition. p. 468.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2002. Anuario estadístico. Impreso en México. Aguascalientes, México. p.15.
- Jugenheimer, W. R. 1990. Maíz Variedades Mejoradas. Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. Trad. R. Piña G. 4^a edición. Ed. Limusa, México. p.p. 87-97, 148-152, 217-219, 841.
- Márquez S. F. 1992. La interacción genotipo-ambiental en genotecnia vegetal. In: Memorias Simposio Internacional Genotipo-Ambiente en genotecnia vegetal. Guadalajara, Jal., México. p.p. 1-27.
- 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. Métodos, teoría, resultados. Tomo II. Primera edición. Editorial AGTESA. México. p.p. 563-665.
- Martínez G.A. 1983. Diseños y análisis de experimentos de cruces dialélicas. Segunda edición. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p. 252.
- Matzinger, D. F. 1963. Experimental estimates of genetics parameters and their applications in self-fertilizing plants. In W.D. Hanson and H.F. Robinson (eds). Statistical genetics and plant breeding. Nas-Nrc No. 982.
- Myers, N. 1983. Wealth of wild species. Boulder CO: Westview press.
- Poehlman, M. J. 1983. Mejoramiento genético de las cosechas. Primera edición. Editorial LIMUSA. México. p. 423.

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

SAGARPA. 2002. Altibajos y repunte en el campo lagunero. Sector agropecuario. En: Resumen económico anual de la Comarca Lagunera. Edición Especial, El Siglo de Torreón. Torreón, Coahuila. p.p. 37-39.

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

Sprague, G. F. and G. F. P. A. Miller. 1951. The influence of visual selection during inbreeding on combining ability in corn. Agron. J. 44:258-262.

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

VIII. APÉNDICE

Cuadro A1. Promedio de cuatro variables evaluadas en la Comarca Lagunera 2003.

Cruza	REND (t ha⁻¹)	Cruza	MS (t ha⁻¹)	Cruza	AP (m)	Cruza	AM (m)
2X13	83.55	7x17	16.43	8X13	2.76	6X15	1.40
9X15	81.33	7x18	16.19	6X19	2.76	7X17	1.33
6X18	80.55	9x15	15.90	6X14	2.76	4X20	1.31
8X20	79.11	5X13	15.48	8X19	2.74	2X13	1.30
7X19	78.33	8X20	14.95	2X13	2.73	1X17	1.29
1X18	77.00	10X20	14.38	8X20	2.73	7X19	1.29
5X13	77.00	1X18	14.12	1X20	2.73	2X18	1.27
7X17	76.44	6X18	13.98	4X20	2.73	1x20	1.27
1X20	76.22	5X20	13.93	8X18	2.72	2X15	1.27
2X15	76.11	5X14	13.75	2X20	2.71	7X15	1.26
3X18	75.88	2X19	13.75	2X18	2.71	2X20	1.26
7X18	75.44	2X14	13.60	6X16	2.71	5X13	1.25
10X13	75.44	10X16	13.52	8X16	2.70	2X16	1.25
4X20	75.33	4X20	13.44	1X19	2.70	8X17	1.25
10X18	75.33	4X17	13.43	1X17	2.68	4X17	1.25
5X20	74.89	5X16	13.40	7X19	2.68	1x19	1.24
2X16	74.44	1X20	13.36	9X15	2.68	6X19	1.24
7X13	74.22	3X13	13.36	8X17	2.67	3x19	1.24
4X14	73.44	8X11	13.33	4X13	2.67	8X15	1.23
2X18	73.33	2X15	13.23	5X13	2.67	8X20	1.23
2X20	73.22	4X18	13.18	6X20	2.67	4X18	1.23
9X13	73.11	4X19	13.17	7X13	2.66	4X15	1.23
3X13	72.77	4X16	13.08	5X20	2.66	3X13	1.22

Cuadro A1. Promedio de cuatro variables evaluadas en la Comarca Lagunera 2003.

Cruza	REND (t ha⁻¹)	Cruza	MS (t ha⁻¹)	Cruza	AP (m)	Cruza	AM (m)
2X13	83.55	7x17	16.43	8X13	2.76	6X15	1.40
9X15	81.33	7x18	16.19	6X19	2.76	7X17	1.33
6X18	80.55	9x15	15.90	6X14	2.76	4X20	1.31
8X20	79.11	5X13	15.48	8X19	2.74	2X13	1.30
7X19	78.33	8X20	14.95	2X13	2.73	1X17	1.29
1X18	77.00	10X20	14.38	8X20	2.73	7X19	1.29
5X13	77.00	1X18	14.12	1X20	2.73	2X18	1.27
7X17	76.44	6X18	13.98	4X20	2.73	1x20	1.27
1X20	76.22	5X20	13.93	8X18	2.72	2X15	1.27
2X15	76.11	5X14	13.75	2X20	2.71	7X15	1.26
3X18	75.88	2X19	13.75	2X18	2.71	2X20	1.26
7X18	75.44	2X14	13.60	6X16	2.71	5X13	1.25
10X13	75.44	10X16	13.52	8X16	2.70	2X16	1.25
4X20	75.33	4X20	13.44	1X19	2.70	8X17	1.25
10X18	75.33	4X17	13.43	1X17	2.68	4X17	1.25
5X20	74.89	5X16	13.40	7X19	2.68	1x19	1.24
2X16	74.44	1X20	13.36	9X15	2.68	6X19	1.24
7X13	74.22	3X13	13.36	8X17	2.67	3x19	1.24
4X14	73.44	8X11	13.33	4X13	2.67	8X15	1.23
2X18	73.33	2X15	13.23	5X13	2.67	8X20	1.23
2X20	73.22	4X18	13.18	6X20	2.67	4X18	1.23
9X13	73.11	4X19	13.17	7X13	2.66	4X15	1.23
3X13	72.77	4X16	13.08	5X20	2.66	3X13	1.22
5X14	72.22	2X16	13.02	8X11	2.66	8X13	1.22
6X13	72.22	2X20	12.99	7X14	2.66	8X19	1.22
8X18	71.44	2X17	12.95	4X16	2.65	6X17	1.22
4X13	71.33	8X19	12.87	7X17	2.65	1x15	1.22
8X19	71.11	2X13	12.84	1x16	2.64	9X13	1.21
8X14	71.11	5X17	12.80	6X13	2.64	4X14	1.21
8X17	71.11	3X20	12.77	6X17	2.64	9X15	1.21
6X14	70.88	5X18	12.73	2X16	2.64	1x18	1.21

Continuación.....

1X14	69.88	10X18	12.66	8X15	2.63	5X19	1.21
5X18	69.88	1X16	12.62	4X19	2.63	7X14	1.20
5X15	69.66	8X16	12.60	6X15	2.62	4X13	1.20
2X14	68.77	3X17	12.60	10X20	2.62	7X20	1.19
4X18	68.66	6X14	12.52	6X18	2.62	5X20	1.19
1X19	68.66	10X15	12.45	1X15	2.62	4X19	1.19
4X17	68.55	8X17	12.37	3X13	2.62	8X14	1.19
6X11	68.33	7X15	12.37	6X11	2.61	2X14	1.19
1X17	68.22	10X19	12.33	1X18	2.61	8X18	1.19
3X14	68.11	9X14	12.28	7X20	2.60	3X20	1.18
6X20	67.95	6X13	12.25	8X14	2.60	6X14	1.18
10X20	67.44	2X18	12.24	10X13	2.60	2X19	1.18
6X19	66.99	1X17	12.21	3x19	2.60	2X17	1.18
3X17	66.88	8X18	12.19	1X14	2.60	5X17	1.18
7X20	66.77	7X14	12.13	7X11	2.60	10X20	1.18
5X16	66.66	6X11	12.13	7X16	2.60	7X13	1.18
7X11	66.33	9X20	12.06	4X18	2.60	8X16	1.18
5X17	66.22	10X13	12.03	3X18	2.60	4X16	1.18
3X16	66.11	10X11	11.95	4X14	2.59	6X16	1.17
6X17	65.55	6X16	11.94	10X18	2.58	7X18	1.17
8X13	65.00	4X13	11.92	9X20	2.58	6X20	1.17
2X19	63.77	3X16	11.91	3X20	2.58	10X13	1.17
10X17	63.44	1X11	11.90	3X17	2.57	6X13	1.17
9X14	63.22	8X14	11.87	4X17	2.55	10X18	1.17
4X19	63.00	7X13	11.87	2X14	2.55	3X15	1.16
8X11	62.66	7X20	11.86	5X18	2.55	7X11	1.15
7X14	62.66	1X14	11.83	3X14	2.54	1x16	1.15
10X15	62.55	9X19	11.82	5X19	2.54	3X16	1.15
1X11	62.33	1X19	11.82	5X14	2.54	3X18	1.15
6X16	61.78	3X15	11.73	3X11	2.53	7X16	1.15
2X11	61.33	8X15	11.67	4X11	2.53	6X18	1.14
3X11	61.11	7X19	11.64	5X17	2.52	8X11	1.13
10X19	60.88	5X15	11.63	2X11	2.51	6X11	1.13
9X20	60.88	6X17	11.56	3X16	2.50	5X18	1.12
9X19	60.88	7X16	11.49	2X19	2.50	2X11	1.12

Continuación.....

1X15	60.78	1X15	11.40	10X19	2.50	3X14	1.11
10X16	60.66	3X18	11.20	2X17	2.50	9X20	1.11
3X15	60.44	6X20	11.19	2X15	2.50	5X16	1.10
3X20	60.44	7X11	11.17	1X11	2.49	3X11	1.10
4X11	60.11	10X14	11.17	7X18	2.49	5X15	1.10
2X17	60.11	2X11	11.05	7X15	2.48	1x11	1.09
9X18	59.88	10X17	11.03	5X11	2.48	1x14	1.09
4X15	59.77	3X14	11.03	1X13	2.47	1x13	1.08
3x19	59.33	3X11	10.96	5X16	2.47	4X11	1.08
10X14	59.22	6X19	10.96	3X15	2.46	5X14	1.07
7X16	59.22	4X15	10.84	4X15	2.44	5X11	1.06
10X11	58.77	6X15	10.77	10X16	2.44	10X17	1.06
9X11	58.33	4X14	10.70	5X15	2.42	10X15	1.05
8X16	57.44	8X13	10.62	10X15	2.41	10X14	1.04
5X11	57.33	9X17	10.54	10X17	2.40	10X19	1.04
6X15	57.33	5X11	10.42	9X18	2.39	9X17	1.04
4X16	56.77	9X11	10.35	9X17	2.37	10X16	1.03
7X15	56.66	4X11	10.27	9X14	2.37	9X16	1.02
5X19	56.33	9X18	10.27	9X16	2.34	9X11	0.95
8X15	54.44	5X19	10.22	10X11	2.32	9X18	0.95
9X17	54.33	3x19	10.02	9X11	2.29	9X19	0.91
1X13	49.44	1X13	9.57	9X19	2.22	10X11	0.90
9X16	47.10	9X16	9.38	10X14	2.09	9X14	0.881

REND= Rendimiento de forraje verde, MS = Materia Seca, AP= Altura de Planta, AM= Altura de Mazorca.

Cuadro A2. Efecto de ACE para la variable de rendimiento de forraje verde (REND).

	11†	13	14	15	16	17	18	19	20
1‡	0.59	-22.03	1.25	-3.19	8.10	2.06	4.18	3.66	5.32
2	-0.392	8.52	-3.39	8.58	8.78	-9.58	-3.00	-4.77	-1.21
3	0.006	1.92	0.11	-2.90	4.62	1.35	3.69	-5.03	-3.82
4	-0.98	0.49	5.46	-3.56	-4.69	3.03	-3.50	-1.35	5.07
5	-5.22	4.69	2.77	4.85	3.72	-0.76	-3.75	-9.49	3.16
6	5.61	-0.23	1.27	-7.62	-1.31	-1.58	6.75	1.00	-3.92
7	3.10	1.26	-7.44	-8.79	-4.37	8.80	1.14	11.85	-5.60
8	0.18	-7.21	7.74	-10.27	-5.41	4.21	-2.11	5.37	7.47
9	1.44	6.48	-0.54	22.20	-10.15	-6.97	-8.07	0.73	-5.16
10	-0.85	6.07	-7.28	0.68	0.66	-0.60	4.63	-2.00	-1.34

†= hembras, ‡ machos.

Cuadro A3. Efecto de ACE para la variable de materia seca (MS).

	11†	13	14	15	16	17	18	19	20
1‡	0.74	-2.49	-0.06	-0.60	0.51	-0.18	1.44	0.17	0.42
2	-0.88	-0.001	0.93	0.45	0.14	-0.21	-1.21	1.33	-0.71
3	0.16	1.65	-0.50	0.08	0.16	0.56	-1.11	-1.25	0.19
4	-1.02	-0.28	-1.32	-1.29	0.84	0.90	0.36	1.39	0.37
5	-1.35	2.79	1.24	-0.99	0.68	-0.21	-0.56	-2.03	0.37
6	1.14	0.35	0.79	-1.06	0.008	-0.66	1.47	-0.51	-1.57
7	-0.69	-0.90	-0.46	-0.33	-1.31	3.32	2.80	-0.70	-1.77
8	1.76	-1.85	-0.42	-0.73	0.09	-0.43	-0.89	0.82	1.61
9	-0.41	1.03	0.78	4.28	-2.32	-1.46	-2.01	0.57	-0.48
10	-0.49	-0.34	-1.02	0.14	1.11	-1.66	-0.31	0.38	1.14

†= hembras, ‡ machos.

Cuadro A4. Efecto de ACE para la variable de altura de planta (AP).

	11†	13	14	15	16	17	18	19	20
1‡	-0.06	-0.22	0.02	0.04	0.02	0.07	-0.02	0.06	0.01
2	-0.01	0.05	-0.007	-0.051	0.044	-0.08	0.09	-0.11	0.02
3	0.03	-0.01	0.02	-0.05	-0.05	0.02	0.02	0.02	-0.06
4	-0.004	-0.007	0.02	-0.11	0.05	-0.03	-0.01	0.01	0.03
5	0.006	0.05	0.03	-0.07	-0.06	-0.006	-0.006	-0.01	0.02
6	0.004	-0.10	0.12	0.002	0.03	-0.01	-0.06	0.07	-0.09
7	0.06	-0.02	0.09	-0.07	-0.002	0.06	-0.12	0.05	-0.09
8	0.03	-0.009	-0.05	-0.01	0.008	-0.009	0.01	0.02	-0.05
9	-0.07	0.12	-0.02	0.29	-0.09	-0.04	-0.05	-0.23	0.05
10	-0.056	0.07	-0.31	0.01	-0.002	-0.02	0.12	0.03	0.08

†= hembras, ‡ machos.

Cuadro A5. Efecto de ACE para la variable altura de mazorca (AM).

	11†	13	14	15	16	17	18	19	20
1‡	-0.007	-0.14	-0.05	0.008	-0.01	0.06	0.02	0.03	0.03
2	-0.017	0.03	0.008	0.01	0.04	-0.08	0.04	-0.06	-0.01
3	0.015	0.006	-0.01	-0.03	-0.001	-0.001	-0.02	0.05	-0.04
4	-0.04	-0.05	0.04	-0.005	-0.008	0.001	0.01	-0.03	0.05
5	0.003	0.06	-0.03	-0.07	-0.02	-0.003	-0.02	0.04	-0.004
6	0.04	-0.04	0.04	-0.06	0.01	0.004	-0.03	0.04	-0.05
7	0.02	-0.07	0.02	0.01	-0.04	0.07	-0.04	0.05	-0.07
8	0.01	-0.02	0.02	-0.003	-0.006	0.003	-0.01	-0.003	-0.02
9	0.004	0.13	-0.10	0.14	0.007	-0.03	-0.08	-0.13	0.02
10	-0.08	0.05	0.01	-0.04	-0.02	-0.05	0.09	-0.04	0.05

†= hembras, ‡ machos.