

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**ESTIMACIÓN DE LA ACG Y ACE EN CRUZAS
DIALELICAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.).**

POR

OSMAR DARINEL BARTOLON BRAVO

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAH., MÉXICO

DICIEMBRE 2006

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

**UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. OSMAR DARINEL BARTOLON BRAVO ELABORADA
BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y
APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

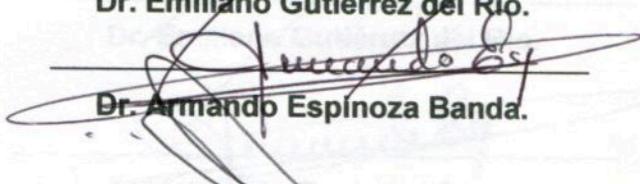
APROBADA POR:

Asesor Principal:



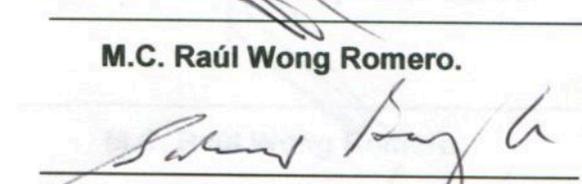
Dr. Emiliano Gutiérrez del Río.

Asesor:



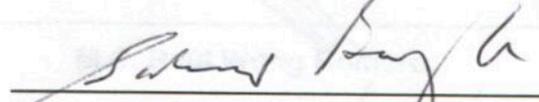
Dr. Armando Espinoza Banda.

Asesor:



M.C. Raúl Wong Romero.

Asesor:



Dr. Salvador Godoy Ávila.

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



M.E. Víctor Martínez Cueto



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE 2006.

00025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

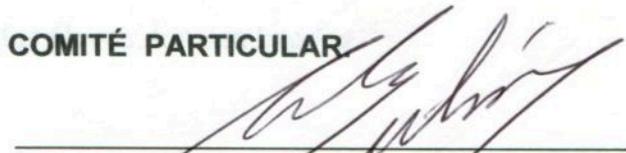
UNIDAD LAGUNA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. OSMAR DARINEL BARTOLON BRAVO ELABORADA
BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y
APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:

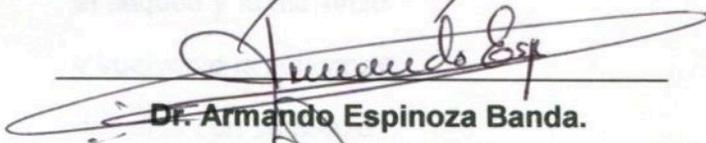
INGENIERO AGRÓNOMO.

COMITÉ PARTICULAR

Presidente:


Dr. Emiliano Gutiérrez del Río.

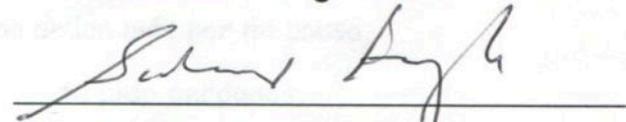
Vocal:


Dr. Armando Espinoza Banda.

Vocal:

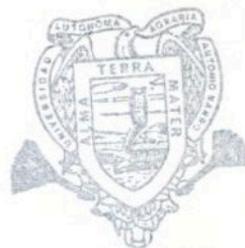

M.C. Raúl Wong Romero.

Vocal suplente:


Dr. Salvador Godoy Ávila.

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS


M.E. Víctor Martínez Cueto.



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE 2006.

ORACIÓN A LA MADRE TIERRA

Querida madre tierra,
tan soleada y hermosa,
perdona al ignorante,
que te hiere y te agota.

Que se calmen tus vientos
que azotan a su paso
las viviendas, los templos,
las flores, los sembrados.

Que tus mares perdonen
el saqueo y la matanza
y vuelvan a arrullarnos
las olas con su danza.

Que tus prados y bosques
no ardan más por mi causa,
te pido perdones,
querida madre airada.

Que tus halcones calmen
su furia desatada,
sé otra vez, madre tierra,
nuestra dulce morada.

Carmen theurel

AGRADECIMIENTOS.

Primeramente le doy gracias a **Dios** nuestro señor por darme la vida y permitirme llegar hasta estos momentos que son especiales dentro de mi vida, que me brindan una gran satisfacción.

A mi "**Alma Terra Mater**" por darme la oportunidad de estudiar una carrera y concluirla sin problemas gracias a los apoyos económicos brindados.

A MIS ASESORES.

DR. EMILIANO GUTIERREZ DEL RIO.

M.C. RAUL WONG ROMERO.

DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA.

DR. SALVADOR GODOY AVILA.

A todos ellos por brindarme su apoyo, asesoría y darme la oportunidad de adquirir conocimientos que me servirán para toda la vida.

A MIS COMPAÑEROS DE CLASE.

Por todo el tiempo que pase conviviendo con ellos en los salones de clases, en las prácticas. Gracias por todas las alegrías.

A TODOS LOS MAESTROS.

A todos los maestros de esta institución que me ilustraron con sus conocimientos, al Dr. Alfredo Aguilar Valdez, al MC. Raúl Wong Romero que fue mi asesor todos mis sinceros agradecimientos por el tiempo de dedicación, esfuerzo y enseñanza incondicional, al Dr. Emiliano Gutiérrez del Río por sus conocimientos aportados, al Dr. Salvador Godoy Ávila por ayudarme a concluir mi tesis y darme consejos que me han ayudado y me ayudaran a salir adelante, al Dr. Armando Espinoza Banda, al MC. José Jaime Lozano García y al MC. Ricardo Cobarrubias Castro por el apoyo brindado.

4 de mayo

Yamín, Saltillo, Coahuila

Ernesto López

Se hace un infinito agradecimiento a las autoridades Administrativas y Técnicas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Consejo Estatal de ciencia y tecnología de Coahuila (CONACYT- COECYT), zona Regional del Noreste, Monterrey N.L. Méx. y Centro con sede en Saltillo Coah., por el apoyo económico otorgado a través del proyecto de FONDOS MIXTOS (FOMIX) denominado **COH-2002-COI-4192.**

Agradecemos humildemente todos los esfuerzos que realizaron en los momentos más difíciles y más felices a lo largo de mi carrera.

de este momento

Froibel

Gilman Raúl

Mayra Azucena

Mirna

Darío Daniel

Por el amor, cariño, apoyo y motivación, fuente de inspiración para la realización de mis sueños.

DEDICATORIA.

A mis padres:

Paulino Bartolón Velásquez.

Cristina Bravo Pérez.

Por enseñarme el camino del bien, por medio de sus consejos y apoyarme en los momentos que más lo necesitaba y darme la oportunidad de haberme permitido concluir satisfactoriamente mis estudios.

La humildad es virtud que tiene la sabiduría para reconocer el verdadero amor y el "Sacrificio".

Agradezco humildemente todos los esfuerzos que realizaron, en los momentos más difíciles y más felices a lo largo de mi carrera.

A mis hermanos:

Froibel.

Gilmain Raúl.

Mayda Azucena.

Mirna.

Darvin Otoniel.

Por el amor, cariño, apoyo y motivación, fuente de inspiración para la realización de mis metas.

INDICE	Página
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. LITERATURA REVISADA	5
2.1 Híbridos	6
2.2 Cruzas dialélicas	8
2.3 Diseños dialélicos	9
2.4 Aptitud combinatoria.....	10
2.4.1 Aptitud combinatoria general	11
2.4.2 Aptitud combinatoria específica.....	12
2.5 Heredabilidad	13
III. MATERIALES Y METODOS.....	16
3.1 Ubicación geográfica de Torreón.....	16
3.2 Material genético	16
3.3 Descripción del material genético utilizado	17
3.4 Manejo agronómico.....	17
3.4.1 Siembra.....	17
3.4.2 Fertilización	18
3.4.3 Riego.....	18
3.4.4 Control de plagas y maleza.....	18
3.4.5 Cosecha.....	19

3.5	Componentes de Rendimiento.....	19
3.5.1	Rendimiento de Grano	19
3.5.2	Número de Granos por Hilera	20
3.5.3	Numero de Hileras por mazorca	20
3.6	Diseño y parcela experimental	20
3.7	Análisis estadístico	21
3.8	Análisis genético	21
3.9	Aptitud combinatoria.....	22
3.10	Componente de varianza	23
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1	Análisis estadístico	25
4.2	Comparación de medias de 10 progenitores de las características evaluadas	28
4.3	Efectos de aptitud combinatoria general	29
4.4	Comparación de medias de las cruzas.....	30
4.5	Efectos de aptitud combinatoria especifica.....	32
4.6	Correlaciones.....	33
4.7	Componentes de varianza	34
4.8	Correlación de los componentes de varianza.....	36
V.	CONCLUSIONES.....	38
VI.	RESUMEN.....	40

VII. BIBLIOGRAFIA.....	43
------------------------	----

ÍNDICE DE CUADROS

VIII. APÉNDICE.....	47
---------------------	----

Número de cuadro.....	Página
-----------------------	--------

3.3	Diagrama de flujo del método general de análisis.....	17
-----	---	----

4.1.1	Cuadros madre del análisis de varianza de dos factores y de Grupos de ocho características de maíz IIAAAR-III, Torón, Coahuila, 1964.....	27
-------	---	----

4.2.1	Comportamiento promedio de ocho características evaluadas en los cruces de maíz para grupo IIAAAR-III, Torón, Coahuila, 1964.....	28
-------	---	----

4.3.1	Método de Apéndice Combinatoria General AGC aplicado en cruces de maíz para grupo de ocho características evaluadas IIAAAR-III, Torón, Coahuila, 1964.....	30
-------	--	----

4.4.1	Comparación de medias de rendimientos de grano y características específicas evaluadas de cruces de maíz para grupo IIAAAR-III, Torón, Coahuila, 1964.....	32
-------	--	----

INDICE DE CUADROS

Número de cuadro.....	Página.
3.3 Descripción del material genético utilizado.....	17
4.1.1 Cuadrados medios del análisis de varianza dialélico método 4 de Griffing de ocho características de maíz. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.....	27
4.2.1 Comportamiento promedio de ocho características evaluadas de las líneas de maíz para grano. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.....	29
4.3.1 Efectos de Aptitud Combinatoria General ACG estimados en líneas de maíz para grano, de ocho características evaluadas. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004	30
4.4.1 Comparación múltiple de medias de rendimiento de grano y características agronómicas evaluadas de cruzas de maíz para grano. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004	32

4.5.1	Efectos de Aptitud Combinatoria Específica ACE estimados en líneas de maíz para grano, de ocho características evaluadas. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004	33
4.6.1	Correlación fenotípica para ocho variables agronómicas evaluadas.	34
4.7.1	Componentes de varianza de 8 variables agronómicas en maíz, evaluadas en el ciclo de verano UAAAN-UL, 2004.....	36
4.8.1	Correlación de los componentes de varianza en maíz	37

I INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz tiene una gran importancia en México de tipo ancestral y social, ya que la mayoría de sus pobladores basan su alimentación en este cereal.

El Maíz constituye no solo el alimento y sustento de la población, sino que también es parte esencial de su vida y cultura. La inmensa mayoría de los agricultores que se dedican a este cultivo no se han beneficiado de la reestructuración económica ni de la apertura de mercados globales y avances tecnológicos. La pobreza y falta de opciones los obligan a agotar los recursos naturales. En consecuencia, la población rural emigra hacia ciudades en busca de oportunidades, lo que aumenta la pobreza y a la vez agrava los conflictos sociales. A pesar del aumento sostenido del ingreso per cápita, existen enormes desigualdades en la distribución de ingresos, de tierra y oportunidades, lo que hace que muchos ni siquiera logran satisfacer lo más básico de sus necesidades: el sustento diario. Se estima que entre 15 y 18 millones de personas dependen en el país de la producción de esta especie para ganarse la vida. Su cultivo se extiende a lo largo y ancho de todo el territorio nacional, sobre distintos contextos geográficos, ecológicos, técnicos y sociales. Nuestro país es considerado como el centro de origen del maíz y el de mayor diversidad de especies.

En la Comarca Lagunera se han sembrado hasta 60 mil hectáreas de maíz para grano y forraje, sin embargo, por la falta de decisión, por el desinterés y la indiferencia entre los productores no se ha aplicado la alta tecnología en este cultivo, porque lo consideran de baja rentabilidad y por lo tanto como de subsistencia. En 1988 se establecieron 26,131 ha⁻¹ de maíz de grano alcanzando rendimientos de 2.05 t ha⁻¹. El rendimiento nacional por unidad de superficie actualmente es de 2.7 t ha⁻¹ mientras que en algunas regiones de la república como el Sureste es de 5.0 t ha⁻¹, en Jalisco y Valles Altos es de 6.0 t ha⁻¹, en Guanajuato e Hidalgo es de 8.0 t ha⁻¹, en Sinaloa de 8.9 t ha⁻¹ y en la Comarca Lagunera es de 3.3 t ha⁻¹, mientras que el rendimiento potencial a nivel experimental en el Bajío es de 18 t ha⁻¹, y en la Comarca Lagunera es de 13 t ha⁻¹.

Este cereal es el cultivo nacional número uno en cuanto a producción, área sembrada y área cosechada, etc; a nivel mundial, especialmente en los países industrializados es empleado principalmente como materia prima en muchos productos, ya que se obtienen productos comestibles y también subproductos que van desde almidones, aceites hasta ácidos químicos y combustibles que son de gran utilidad.

En nuestro país hay diferentes instituciones que se dedican al mejoramiento genético. Una de las ventajas más importantes con la que cuenta nuestro país es la extensa gama de áreas tanto edáficas como

climáticas por lo cual, la meta del fitomejorador es obtener genotipos con alto potencial de rendimiento que se adapten a estas regiones.

Según Hallauer y Miranda (1988) mencionan que la formación y producción de híbridos se basa en explotar el fenómeno denominado "heterosis".

Objetivos

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

Hipótesis

Ho: Las cruzas de maíz presentan igual comportamiento para rendimiento y características evaluadas. Ho $t_1 = t_2 = t_3 = \dots t_n$.

H1: El comportamiento de las cruzas de maíz son diferentes tanto para rendimiento y variables evaluadas.

H0: Los progenitores endogámicos de maíz y sus cruzas presentan efectos iguales de ACG y ACE.

H1: Se presentan efectos diferentes de ACG y ACE en maíz tanto para los progenitores endogámicos como para sus cruzas.

II LITERATURA REVISADA

La producción del maíz se practica bajo las más diferentes condiciones climáticas con diferencias tecnológicas que van desde la producción temporalera más atrasada donde se obtiene rendimientos de 0.7 t ha^{-1} , hasta los sistemas de riego donde se siembra con semillas mejoradas, fertilizantes y que pueden llegar a producir de 12 a 14 t ha^{-1} .

Eastmont y Robert (1992), mencionan que el fitomejoramiento es y seguirá siendo la herramienta más importante para mantener una elevada productividad. Hallauer y Eberhart (1976) consideran muy importante utilizar el método de selección recurrente para mejorar una población original y obtener líneas sobresalientes, híbridos y variedades sintéticas de manera continua.

El objetivo de la hibridación es la producción de materiales que presenten nuevas combinaciones genéticas que obtengan mayor vigor y producción. La hibridación es un método de mejoramiento genético donde los resultados reflejan un incremento marcado en la producción sobre los niveles de rendimiento en las variedades de polinización libre (De la Loma, 1954).

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

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

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

2.1.2 Híbrido Triple. Se forma con tres líneas autofecundadas, es decir son el resultado de un cruzamiento entre una crusa simple y una línea autofecundada. La crusa simple como hembra y la línea como un macho. Con frecuencia se puede obtener mayores rendimientos con una crusa triple que con una doble, aunque las plantas de una crusa triple no son tan uniformes como las de una crusa simple.

2.1.3 Híbrido Doble. El híbrido doble se forma a partir de cuatro líneas autofecundadas, es decir es la progenie híbrida obtenida de una crusa entre dos cruas simples, los híbridos dobles no son tan uniformes como las cruas simples, presentan mayor variabilidad; es importante señalar que una

cruza simple produce mayor rendimiento que una triple y esta a su vez más que una doble.

2.2 Cruzas dialélicas

Martínez (1975), menciona que las cruzas dialélicas, se componen de las cruzas simples que pueden lograrse entre los elementos de un conjunto básico de líneas progenitoras, constituye un procedimiento estándar de investigación en la genética de plantas y animales. Las cruzas dialélicas se emplean para estimar los componentes genéticos de variación entre los rendimientos de las propias cruzas, así como su capacidad productiva. Su empleo actual tiene su origen en el desarrollo en los conceptos de aptitud combinatoria general y específica.

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

2.3 Diseños dialélicos

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

Estos diseños pueden emplearse en muchos tipos de plantas. Su empleo depende en gran parte la habilidad para realizar los cruzamientos, así como, la cantidad de semilla producida. Una desventaja que presenta este diseño es que son imprácticos de usar, cuando hay más de 10 o 15 progenitores.

Los diseños dialélicos son comúnmente usados en fitomejoramiento para obtener información de efectos genéticos cuando los padres no son elegidos al azar, o para estimar aptitud combinatoria general y específica, heterosis y parámetros genéticos, (Burow & Coors 1994).

De los cuatro diseños básicos para analizar los datos obtenidos de experimentos de cruzas, fueron desarrollados por Griffing (1956) el IV es el específico para evaluar cruzas, resultantes de progenitores de alta endogamia, donde, Solo participan las cruzas directas o sea $p(p-1)/2$.

Este autor abordó los conceptos y la teoría estadística relacionada con los diseños dialélicos. De acuerdo si participan o no los padres y las cruza recíprocas de la F_1 , y las clasificó en cuatro métodos. En ausencia de epístasis, las tablas dialélicas dan información acerca de las propiedades intrínsecas de la población, dejando ver la importancia que tienen los análisis dialélicos para proporcionar información sobre la población particular.

2.4 Aptitud combinatoria

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

En un programa de mejoramiento, cuya finalidad es la formación de híbridos, la aptitud combinatoria específica debe ser más importante, ya que se pueden explotar más a los efectos no aditivos, como dominancia y epístasis, ya que la varianza de la aptitud combinatoria general indica la porción de la varianza genética debida a los efectos aditivos de los genes. Mientras que la varianza de la aptitud combinatoria específica indica la porción de la varianza genética que puede ser debida a desviaciones de dominancia.

Según Márquez (1988), el término aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, medida por medio de su progenie. Sin embargo, la aptitud combinatoria debe determinarse no sólo en un individuo de la población sino en varios a fin de poder seleccionar aquéllos que exhiban la más alta aptitud combinatoria.

Los términos de capacidad combinatoria general y específica fueron originalmente definidos por Sprague y Tatum (1942), cuando utilizaron el sistema de cruzamientos dialélicos como un procedimiento de pruebas de líneas endocriadas. Ellos definen el término de capacidad combinatoria general como el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas, y el término capacidad combinatoria específica para designar aquellos casos en que ciertas combinaciones se comportan relativamente mejor o peor de lo que debería esperarse en base al comportamiento promedio de las líneas consideradas. En su trabajo comparan la relativa importancia entre capacidad combinatoria general y específica e interpretan el comportamiento de las cruza simples en términos de acción génica.

2.4.1 Aptitud combinatoria general

Sprague y Tatum (1942), acuñaron el término de aptitud combinatoria general (ACG) y lo emplearon para designar el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas a través de sus cruzamientos con un conjunto de líneas diferentes a su vez.

La aptitud combinatoria general proporciona información sobre que líneas puras deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas. Pueden usarse probadores adecuados para determinar que líneas pueden sustituirse en los híbridos actuales o usarse en nuevos híbridos prometedores. (Jungenheimer, 1985.).

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

2.4.2 Aptitud combinatoria específica

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

Se puede obtener información sobre la aptitud combinatoria específica ACE de los clones, esto se realiza mediante el ensayo comparativo de las cruzas simples entre ellos. Se cruzan 10 ò más de los clones originales con progenies de policruzas sobresalientes, para formar cruzas simples en todas

las combinaciones posibles (también se llama a este cruzamiento dialélico). Se compara el comportamiento de las progenies de las cruzas simples, para determinar la aptitud combinatoria específica ACE de los clones.

2.5 Heredabilidad

Heredabilidad es el término que se ha usado para indicar el grado en que el fenotipo refleja al genotipo para un carácter particular en una población de plantas; pero lo más importante es la porción de la variación fenotípica observada de planta que es reflejada en la descendencia. La heredabilidad en el sentido más amplio (genotípica, porque incluye los diferentes tipos de acción génica) se define como la relación entre la varianza genotípica y la varianza observada en una población de plantas.

$$\text{Heredabilidad } H^2 = \frac{\text{Varianza - genotípica}}{\text{Varianza - fenotípica}}$$

Falconer (1985), define heredabilidad como el cociente de la varianza aditiva sobre la varianza fenotípica.

$$\text{Heredabilidad } h^2 = \frac{\text{Varianza aditiva}}{\text{Varianza fenotípica}}$$

La función más importante de la heredabilidad es su papel predictivo, que expresa la confiabilidad del valor fenotípico como indicador del valor

reproductivo que determina su influencia en la siguiente generación. El éxito en cambiar las características de la población puede predecirse sólo a partir del conocimiento del grado de correspondencia entre los valores genotípicos y los reproductivos que es medido a través de la heredabilidad.

El conocimiento sobre este término es de vital importancia en el mejoramiento de plantas para determinar el mejor método que se debe utilizar para alcanzar más rápido el objetivo. La estabilidad de una población en cuanto a la expresión de un carácter esta determinado por factores genéticos y ambientales; para saber en que medida influye cada factor, se recurre al cálculo del parámetro de heredabilidad.

Silva (1999), menciona que la heredabilidad se utiliza para estimar los parámetros genéticos y las correlaciones fenotípicas además para identificar genotipos con altos rendimientos. Los estudios de heredabilidad son de utilidad para evaluar como una parte de la variación observada en un carácter, corresponde a factores genéticos y que parte a factores ambientales.

La heredabilidad de las plantas individuales de una población heterogénea, varía 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 en la producción de las dos plantas, se deberá en gran parte a efecto del medio ambiente (Allard, 1980). El

grado en el que pueda transmitirse la variabilidad de un carácter cuantitativo a la progenie es lo que se considera como heredabilidad o capacidad de transmisión hereditaria.

Brauer (1983), indica que la heredabilidad es 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.

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

III MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el año del 2004 en el campo experimental de la UAAAN-UL, en Torreón, Coahuila como parte del programa de mejoramiento genético en maíz del departamento de Fitomejoramiento.

3.1 Ubicación geográfica de Torreón

La Comarca Lagunera se encuentra en una zona árida ubicada geográficamente entre los paralelos 24°, 30' y 27° de latitud norte y entre los 102° y 40' de longitud Oeste, a una altura de 1,120 msnm. Con una temperatura media de 21° C y una precipitación pluvial de 200 mm anuales. Cuenta con un clima clasificado de muy seco con deficiencia de precipitación durante todas las estaciones del año y por lo tanto las temperaturas son muy elevadas. Los datos promedios que se han registrado últimamente sobre la temperatura indican 27° C para el mes más caluroso y para la precipitación pluvial de 190 mm.

3.2 Material genético

Los materiales utilizados fueron seis líneas sobresalientes del programa de la UAAAN-UL, que han sido utilizados por Antuna *et al.* (2003),

tres líneas de reciente incorporación (INIFAP) y una línea del programa del CIMMYT (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3 descripción del material genético utilizado

LINEAS	DESCRIPCIÓN
L1 ; L-AN 123 R	Línea de alta endogamia formada de var. Criolla del municipio. de Concepción, Jal. con precocidad y tolerancia a sequía. 85-2-3-1-2-1-3-5-3-2-#-2-1-1-1-#-1-#.
L2 ; L-AN 447	Línea de 8 autofecundaciones, derivada de generaciones avanzadas del Híbrido AN-447 con características de amplia adaptabilidad.
L3 ; L-AN 360PV	Línea obtenida de la población enana denominada Pancho Villa, vigorosa y con hojas anchas. Pob360 F2-f3-3-2-5-4-#-2-#-#.
L4 ; L-AN 130	Proviene de la F4 del H-507, cruzada con la población de El Bajío denominada Celaya-2.
L5 ; L-AN 123	Línea obtenida de forma divergente y contrastada de var. criolla de Jal. de hojas pálidas y onduladas.
L6 ; L-AN 388R	Línea enana, con hojas anchas y suculentas generada a partir de la F3 del híbrido AN-388.
L7; L B-32	La cual esta identificada con la genealogía H-353-245-6-10.
L8; L B-39	Cuyo origen proviene de INIFAP-B39.
L9; L B-40	Con origen de formación en INIFAP-B40.
L10; CML-319	Donde su origen se define en el pedigree desarrollado por CIMMYT. RecyW89(Cr.Arg/CIM.ShPINPH)6-3-2-4-B-B.

3.4 Manejo agronómico

3.4.1 Siembra

La siembra se realizó el 21 de agosto del 2004 en el campo experimental de la UAAAN-UL, en Torreón, Coahuila, en forma manual depositando una semilla aproximadamente cada 5 cm, la distancia entre surcos fue de 70 cm, una vez emergida las plantas, se realizó un aclareo a

los 30 días después de la siembra dejando seis plantas por metro lineal para una densidad de 85, 000 p/ha⁻¹ aproximadamente.

3.4.2 Fertilización

Se fertilizó con la fórmula 180N-100P-00K aplicando el 50% del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra y el resto del nitrógeno se incorporo en la escarda, antes del primer riego de auxilio.

3.4.3 Riego

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

3.4.4 Control de plagas y maleza

La principal plaga que se presentó en la etapa de desarrollo del cultivo fue el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) el cual se le aplico Decis con una dosis de 1 L/ ha⁻¹, además hubo ataque por pulga negra (*Chaetocnema pulicaria*) lo cual se combatió con Lorsban con dosis de 1 L / ha⁻¹. Estas aplicaciones se realizaron de forma manual. El control de maleza se llevo a cabo con la aplicación de 1 litro de Primagram (S-Metalaclor + atrazina) herbicida preemergente al momento de realizar el riego de

nacencia. Se realizó un control fitosanitario completo durante el desarrollo del cultivo.

3.4.5 Cosecha

La cosecha se realizó cuando se encontraba el grano en estado maduro y seco. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de grano (RG), rendimiento de mazorca (RMZ), estas variables expresadas en kg/ha^{-1} , diámetro de mazorca (DMZ), diámetro de olote (DOL), y longitud de mazorca (LMZ), en centímetros, número de hileras por mazorca (NHMZ), número de granos por hilera (NGH) y finalmente peso de mil granos (PMG) expresada en gramos.

3.5 Componentes de Rendimiento

Los componentes del rendimiento, tales como longitud de mazorca (LMZ) y número de granos por hilera (NGH), influyen marcadamente en el rendimiento.

3.5.1 Rendimiento de Grano

El rendimiento de grano es el resultado de un efecto conjunto de características agronómicas y es la variable de mayor importancia económica. Los resultados obtenidos para esta variable en kilogramos por hectárea indican que la craza mas sobresaliente fue 2x7.

3.5.2 Número de Granos por Hilera

El número y tamaño de los granos contribuyen al rendimiento. El número de granos por hilera esta determinado por la longitud de mazorca, el número de hileras por mazorca, el número de mazorcas por planta y el número de plantas por unidad de área. (Jugenheimer W. R. 1981). Una sincronización deficiente entre la aparición del polen y la receptividad de los estigmas puede ocasionar la formación de mazorcas con hileras de granos incompletas.

3.5.3 Número de Hileras por Mazorca

Jugenheimer W. R. (1981), menciona que el número de hileras por mazorca se determina por el número de progenitores de los genotipos. Los híbridos que comprenden uno o dos progenitores tienen 18 hileras o más, generalmente no presentan heterosis en el número de hileras, mientras que los híbridos que comprenden progenitores con menos de 16 hileras, casi siempre presentan heterosis para el número de hileras.

3.6 Diseño y parcela experimental

Se realizaron 45 cruzas posibles directas $P(P-1)/2$ de las diez líneas de acuerdo al diseño de apareamiento genético dialélico (Griffing 1956) método 4, utilizando 10 plantas de cada línea para obtener la semilla de las cruzas. Esta labor se realizó en el ciclo de primavera del año 2004 y en el

verano se llevó a cabo la evaluación con un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, la parcela experimental fue conformada de un surco por tres metros de largo y 0.70 metros de ancho, con una distancia aproximadamente de 16-17 centímetros entre plantas para tener una población aproximada de 85,000 plantas ha⁻¹.

3.7 Análisis estadístico

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

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

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

Donde:

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

μ = Media general, τ_i y β_j = los efectos de tratamientos y repeticiones, ε_{ij} = error experimental para cada observación.

3.8 Análisis genético

Se utilizó el análisis propuesto por Griffing (1956), utilizando el método IV que incluye solo cruzas directas usando la fórmula $p(p-1)/2$ lo cual da el número total de cruzas entre los progenitores. El modelo lineal fue el siguiente:

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

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

Donde: μ = media poblacional, Y_{ijk} = el 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).

3.9 Aptitud combinatoria

Las aptitudes combinatorias se estimaron:

b).- Ecuación de ACG

$$acg = \frac{1}{n+2} \left[\sum (y_i + y_{ii}) - \frac{1}{2} y_{\dots} \dots \right]$$

b).- Ecuación de ACE

$$ace = Y_{ij} - \frac{1}{n+2} (Y_{i.} + Y_{.i} + Y_{.j} + Y_{j.}) + \frac{2}{(n+1)(n+2)} Y_{\dots}$$

Donde se deduce que el valor de $ACG = 1/2\sigma_A^2$ y el valor de $ACE = \sigma_D^2$, correspondiente a la varianza aditiva σ_A^2 y varianza de dominancia σ_D^2 respectivamente y la suma ambas proporcionan el valor de la varianza genética ($\sigma_G^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2$). (Griffing, 1956).

3.10 Componente de varianza

A partir de los cuadrados medios del análisis de varianza se estimaron los componentes de varianza utilizando las siguientes formulas.

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

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

$$\sigma_A^2 = 2 \sigma_{ACG}^2$$

En donde:

σ_A^2 = varianza aditiva.

σ_{ACG}^2 = varianza de aptitud combinatoria general.

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

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

En donde:

σ_{ACE}^2 = varianza de aptitud combinatoria específica.

σ_D^2 = varianza de dominancia.

c).- Varianza genética.

$$\sigma_G^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2$$

d).- Varianza del error.

$$\sigma_e^2 = (\text{CME})$$

e).- Varianza fenotípica.

$$\sigma_P^2 = \sigma_e^2 + \sigma_G^2$$

f).- Heredabilidad en sentido estrecho (h^2)

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

g).- Heredabilidad en sentido amplio.

$$H^2 = \sigma_G^2 / \sigma_P^2 \times 100$$

h).- Grado de dominancia (d).

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

$$\text{DMS} = t_{\alpha} \sqrt{2\text{CME}/r p}$$

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis estadístico

Los resultados del análisis de varianza se presentan en el Cuadro 4.1.1, donde se indica que para la fuente de variación repeticiones se presentaron diferencias estadísticas para algunas de las características analizadas, las variables de RMZ, RG, DMZ Y NGH, resultaron altamente significativo, mientras que para LMZ, fue significativo y para DOL, NHMZ y PMG, fue no significativo. Para la fuente de variación cruza se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para todas las variables analizadas por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0).

En lo que respecta al coeficiente de variación CV se puede observar que los valores mas altos los obtuvieron RMZ y RG con 12.26 % y 13.8 % por ser estas variables mas complejas, el resto de las variables presentaron valores desde 4.3 % hasta 11.2 % por ser pocos los genes que intervienen en la manifestación de estos caracteres.

La fuente de variación cruza se divide en aptitud combinatoria general ACG de los progenitores y aptitud combinatoria especifica ACE de sus cruza y encontramos que para aptitud combinatoria general ACG se presentan diferencias estadísticas altamente significativas para todas las variables por lo que se rechaza la hipótesis nula dos (H_0), mientras que para

Cuadro 4.1.1 Cuadrados medios del análisis de varianza dialélico método 4 de Griffing de ocho características de maíz. Ciclo verano, UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

FV	gl	RMZ (kg/ha ⁻¹)	RG (kg/ha ⁻¹)	DMZ (cm)	DOL (cm)	LMZ (cm)	NHMZ	NGH	PMG (g)
Repeticiones	1	63770624**	4543488**	0.205**	0.081ns	3.53*	0.441ns	186.6**	1152.0ns
Cruzas	44	9265711**	5786926**	0.195**	0.081**	5.19**	3.005**	38.2**	3243.3**
ACG	9	28969342**	17167088**	0.648**	0.266**	18.9**	11.884**	120.3**	10318.6**
ACE	35	4199062**	2860599**	0.078**	0.033ns	1.66ns	0.731ns	17.1ns	1423.9**
Error	44	1672797	1201268	0.036	0.027	1.06	0.757	9.4	657.2
Total	89								
CV (%)		12.26	13.8	4.3	6.14	6.23	5.6	9.2	11.2
Media		10544	7902.27	4.4	2.6	16.5	15.5	33.2	228.7

*, **, Significativo y altamente significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente, ns= no significativo. RMZ= Rendimiento de mazorca, RG= Rendimiento de grano, DMZ= Diámetro de mazorca, DOL= Diámetro de olote, LMZ= Longitud de mazorca, NHMZ= Número de hileras por mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMG= Peso de mil granos.

4.2 Comparación de medias de 10 progenitores de características evaluadas

En el Cuadro 4.2.1 se presentan los valores estimados de las medias de todas las características agronómicas evaluadas, en las que para el rendimiento de mazorca (RMZ) se tiene al padre ocho como el valor más alto con $12,282 \text{ kg/ha}^{-1}$, el más bajo corresponde al padre uno con $9,016 \text{ kg/ha}^{-1}$, este rendimiento también se ve reflejado en el rendimiento de grano (RG) donde el valor mas alto también corresponde al padre ocho con $9,225 \text{ kg/ha}^{-1}$, el valor mas bajo al padre seis con $6,918 \text{ kg/ha}^{-1}$, mientras que para el diámetro de mazorca (DMZ) se tiene al padre tres y al siete con los valores mas altos, estos valores se ve reflejado en el diámetro de olote (DOL) en donde se tiene también el valor mas alto del padre tres, seguido del padre siete, del padre dos y del padre ocho; estos tres últimos con el mismo valor.

Con respecto a longitud de mazorca (LMZ) se tiene el promedio más alto para el padre 10 y para el numero de hileras por mazorca (NHMZ) la media mas alta corresponde al padre uno, mientras que para el número de granos por hilera (NGH), el valor más alto corresponde al padre ocho con una gran diferencia con respecto a los demás padres, y finalmente para el peso de mil gramos (PMG), se tiene al padre siete con el valor más alto.

Cuadro 4.2.1 Comportamiento promedio de ocho variables evaluadas en 10 progenitores de maíz. Ciclo verano, UAAAN-UL. Torreón, Coahuila, 2004.

Padres	RMZ (kg ha^{-1})	RG (kg ha^{-1})	DMZ (cm)	DOL (cm)	LMZ (cm)	NHMZ	NGH	PMG (g)
P1	9016.3	6943.4	4.3	2.6	16	16.6*	32.9	195.9
P2	12005*	9224.9*	4.5*	2.7	17.1	15.3	34.9	250.1*
P3	10719	7739	4.6*	2.9*	14.9	16.1*	30.4	241.6
P4	9762.1	7280	4.3	2.6	15.6	14.5	30.9	236.1
P5	9363.2	7118.5	4.2	2.6	16.3	15.9	32.4	197.2
P6	9282	6918	4.3	2.6	16.1	16.1*	29.9	203.5
P7	11701.8*	8814.6*	4.6*	2.7	16.7	15.4	34.4	261.5*
P8	12282.8*	9225.8*	4.5*	2.7	17.5	15.6	38.1*	227.7
P9	11094.3	8314.2	4.3	2.5	16.8	15	33.6	236.6
P10	10213.7	7443.9	4.1	2.5	18.3*	14.2	33.6	236.8

RMZ = Rendimiento de mazorca, RG= Rendimiento de grano, DMZ= Diámetro de mazorca, DOL= Diámetro de olote, LMZ= Longitud de mazorca, NHMZ= Número de hileras por mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMG= Peso de mil granos.

4.3 Efectos de aptitud combinatoria general ACG

Con respecto a los efectos de aptitud combinatoria general ACG se presentan en el Cuadro 4.3.1 se tiene que para el rendimiento de mazorca (RMZ) y para rendimiento de grano (RG) el valor mas alto le corresponde al padre ocho, es decir que este progenitor tiene la mejor aptitud combinatoria general. Para diámetro de mazorca (DMZ) y diámetro de olote (DOL) el valor más alto de aptitud combinatoria general lo tiene el padre tres para ambas características. Para longitud de mazorca (LMZ) el valor más grande se

observa en el padre 10, mientras que para el número de hileras por mazorca (NHMZ) el padre uno es el más sobresaliente; para el número de granos por hilera (NGH) y el peso de mil granos (PMG) son los padres ocho y siete respectivamente los que muestran los valores mas sobresalientes.

Cuadro 4.3.1 Efectos de Aptitud Combinatoria General ACG estimados en 10 progenitores de maíz, de ocho variables evaluadas. Ciclo verano, UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

Padres	RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	PMG
	(kg/ha ⁻¹) ACG	(kg/ha ⁻¹) ACG	(cm) ACG	(cm) ACG	(cm) ACG	ACG	ACG	(g) ACG
P1	-1719	-1079	-0.1	-0.04	-0.5	1.29**	-0.2	-36.9
P2	1644**	1488**	0.2*	0.09	0.6	-0.23	1.9	24.0*
P3	196	-183.6	0.3**	0.24**	-1.8	0.72*	-3	14.4
P4	-879	-700.1	-0.1	-0.04	-1.0	-1.13	-2.4	8.3
P5	-1328	-881.6	-0.2	-0.1	-0.2	0.47	-0.7	-35.5
P6	-1420	-1107	-0.1	-0.02	-0.4	0.74*	-3.5	-28.4
P7	1302*	1026.4*	0.2**	0.04	0.1	-0.13	1.4	36.8**
P8	1956**	1489**	0.2**	0.11	1.0**	0.19	5.6**	-1.0
P9	618	463.3	-0.1	-0.14	0.2	-0.58	0.5	8.9
P10	-371	-515.6	-0.3	-0.19	1.9**	-1.4	0.5	9.1
DMS.05	924	784.0	0.1	0.11	0.72	0.61	2.5	18.3
DMS.01	1328	1126.4	0.2	0.16	1.04	0.87	3.1	26.3

RMZ = Rendimiento de mazorca, RG= Rendimiento de grano, DMZ= Diámetro de mazorca, DOL= Diámetro de olote, LMZ= Longitud de mazorca, NHMZ= Número de hileras por mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMG= Peso de mil granos.

4.4 Comparación de medias de las cruzas

La comparación de las medias de las cruzas se presenta en el Cuadro 4.4.1, observándose que para el rendimiento de mazorca (RMZ) son 15 las cruzas que componen el grupo más rendidor siendo el rendimiento igual estadísticamente entre ellas pero superior al resto de las cruzas evaluadas según los resultados de la comparación de medias de la diferencia mínima

significativa (DMS), para el rendimiento de grano (RG) son 13 cruzas las que intervienen en este grupo.

Las cruzas 2x9 y 2x7 son las que obtuvieron los resultados más altos con $14,050 \text{ kg/ha}^{-1}$ y $11,096 \text{ kg/ha}^{-1}$ para el rendimiento de mazorca (RMZ) y rendimiento de grano (RG) respectivamente.

La cruz 2x3 obtuvo el valor alto y significativo para la característica diámetro de mazorca (DMZ) con 5.05 y siendo la misma cruz para diámetro de olote (DOL) con 3.10, para longitud de mazorca (LMZ) el valor mas alto corresponde a la cruz 2x10 con un promedio de 18.5; mientras que para el número de hileras por mazorca (NHMZ) la cruz mas sobresaliente es 1x8, y para el numero de granos por hilera (NGH) fue la cruz 2x8 con 41.2 granos por hilera las que obtuvieron los valores mas elevados. Finalmente para el peso de mil granos (PMG), corresponde a la cruz 7x8 con 303.5 g la de mayor valor.

Cuadro 4.4.1 Comparación múltiple de medias de rendimiento de grano y características agronómicas evaluadas de 15 cruzas de maíz para grano. Ciclo verano, UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

Cruza	RMZ (kg/ha ⁻¹)	RG (kg/ha ⁻¹)	DMZ (cm)	DOL (cm)	LMZ (cm)	NHMZ	NGH	PMG (gr)
2x7	14046.4*	11096.7*	4.70*	2.70	18.10*	14.4	38.7*	299.0*
2x9	14050.2*	10857.8*	4.50	2.60	17.75*	14.8	38.3*	290.0*
2x8	13658.5*	10725.9*	4.75*	2.80*	18.15*	16.2	41.2*	215.0
7x8	13914.0*	10692.5*	4.80*	2.90*	17.50*	14.6	37.2*	303.5*
2x3	14014.5*	10432.1*	5.05*	3.10*	16.20	16.6*	31.1	290.5*
7x9	13579.3*	10123.2*	4.60	2.75	17.45*	16.0	35.0*	263.5*
1x8	12489.8*	10094.6*	4.55	2.65	16.90	17.2*	36.8*	206.5
5x8	12857.2*	9635.8*	4.50	2.65	17.80*	16.8*	37.9*	216.0
2x4	12584.9*	9325.6*	4.65	2.85*	17.00	14.0	31.6	294.5*
8x9	12324.4*	9061.4*	4.40	2.70	18.20*	14.6	40.7*	221.0
4x8	11915.0*	9025.2*	4.65	2.75	16.40	14.4	38.7*	232.5
3x10	12759.9*	8978.1*	4.65	2.85*	18.05*	14.4	33.2	278.0*
6x9	11848.0*	8915.6*	4.50	2.65	16.85	15.6	32.0	246.5
3x8	12138.9*	8487.4	4.85*	3.10*	16.80	16.6*	36.0*	234.5
2x10	10936.5	8435.2	4.10	2.45	18.55*	13.8	36.4*	234.0

4.5 Efectos de aptitud combinatoria específica ACE

Los resultados de aptitud combinatoria específica ACE de las cruzas (Cuadro 4.5.1) muestran que las cruzas de mayor efecto en cuanto a rendimiento de mazorca (RMZ) son 3X10 y 6x9, y para rendimiento de grano (RG), las cruzas más sobredientes son 1x8 y 3x10 respectivamente; mientras que para diámetro de mazorca (DMZ), la craza con mayor valor de ACE fue la 7x9 y para diámetro de olote (DOL), las cruzas con valores más elevados de (ACE) fueron 7x9 y 6x9 respectivamente.

Para la variable de longitud de mazorca (LMZ) la craza 3x10, obtuvo el valor más elevado de ACE con 1.31, mientras que para el número de hileras por mazorca (NHMZ), la craza con valores de ACE más altas fue 7x9.

Para número de granos por hilera (NGH) las cruzas 2x9 y 3x10 fueron las que obtuvieron los valores más altos de ACE con 2.60 y 2.54 respectivamente y finalmente para el peso de mil granos (PMG), la cruz 7x8 y 6x9 son las de mayor valor de ACE con 38.9 y 37.2 respectivamente.

Cuadro 4.5.1 Efectos de Aptitud Combinatoria Específica ACE estimados en líneas de maíz para grano, de ocho características evaluadas. Ciclo verano, UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2004.

Cruza	RMZ (kg/ha ⁻¹)	RG (kg/ha ¹)	DMZ (cm)	DOL (cm)	LMZ (cm)	NHMZ	NGH	PMG (g)
2x7	555	680	-0.13	-0.13	0.7*	-0.8	2.1*	9
2x9	1242**	1004**	0.01	-0.05	0.3	0.1	2.6*	28**
2x8	-485	-153	-0.05	-0.10	-0.1	0.7*	0.4	-36
7x8	111	274	-0.05	0.04	-0.3	-0.1	-3.1	38**
2x3	1629**	1225**	.18**	0.06	0.8*	0.6	-0.9	23**
7x9	1113*	731*	0.61	0.14**	0.4	1.2**	-0.1	-11
1x8	1708**	1782**	0.03	-0.12	-0.2	0.2	-1.7	15
5x8	1685**	1126**	0.12*	-0.05	0.4	0.6*	-0.2	23**
2x4	1276**	635	0.14*	0.09	0.8*	-0.2	-1.1	33**
8x9	-794	-793	-0.10	0.02	0.3	-0.5	1.3	-15
4x8	294	334	0.12*	-0.02	-0.2	-0.2	2.4*	-3
3x10	2390**	1775**	.21**	0.09	1.3**	-0.4	2.5*	25**
6x9	2104**	1657**	.29**	0.10*	0.5	-0.1	1.2	37**
3x8	-558	-720	-0.03	0.04	0.9**	0.2	0.3	-7
2x10	-889	-439	-0.24	-0.15	-0.6	-0.1	0.7	-27
DMS.05	830	704	0.12	0.10	0.6	0.5	1.2	16
DMS.01	1115	945	0.16	0.14	0.9	0.7	2.6	22
Media	10544	7902	4.4	2.6	16.5	15.5	33.2	228

4.6 Correlaciones

El Cuadro 4.6.1 presenta los coeficientes de correlación del rendimiento y sus componentes, observándose que el rendimiento de mazorca (RMZ) y grano (RG), correlacionan positiva y significativamente,

con la mayoría de las características, excepto con el número de hileras por mazorca (NHMZ) que resultó no significativo.

El diámetro de mazorca (DMZ) y olote (DOL) tiene una correlación significativa entre ellas y con NHMZ, mientras que para el peso de mil granos (PMG), el número de granos por hilera (NGH) y para longitud de mazorca (LMZ), la correlación con DMZ y DOL fue no significativa (ns), LMZ correlaciona en forma negativa con NHMZ y altamente significativa con NGH, NHMZ correlaciona con PMG y no correlaciona con NGH. NGH no muestra significancia en su correlación con PMG.

Cuadro 4.6.1 Correlación fenotípica para ocho variables agronómicas evaluadas.

Variable	RMZ	RGR	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	PMG
RMZ	1	0.98**	0.68**	0.44**	0.44**	-0.10ns	0.64**	0.67**
RG		1	0.64**	0.38**	0.42**	-0.06ns	0.67**	0.61**
DMZ			1	0.83**	-0.1ns	0.28*	0.24ns	0.53ns
DOL				1	-0.2ns	0.36*	0.13ns	0.28ns
LMZ					1	-0.39*	0.61**	0.20ns
NHMZ						1	-0.1ns	-0.42**
NGH							1	0.10ns
PMG								1

*, **= Significativo y altamente significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente, ns= no significativo, RMZ= Rendimiento de mazorca, RG= Rendimiento de grano, DMZ= diámetro de mazorca, DOL= Diámetro de olote, LMZ= Longitud de mazorca, NHMZ= Número de hileras por mazorca, NGH= Número de granos por hilera, PMG= Peso de mil granos.

4.7 Componentes de varianza

El Cuadro 4.7.1 presenta los componentes de varianza para cada una de las variables evaluadas, donde se observa que la varianza aditiva (σ^2_A)

obtuvo valores mucho más elevados que la varianza de dominancia (σ_D^2) tanto para rendimiento como para sus componentes, lo que nos indica que podemos formar variedades sintéticas con la recombinación de las líneas y seguir con un esquema de selección recurrente.

Los altos valores de la varianza genética (σ_G^2) y de la varianza fenotípica (σ_P^2) se deben a los altos valores obtenidos de la varianza aditiva (σ_A^2). Los valores altos de la heredabilidad en sentido amplio (H^2) y en sentido estricto (h^2), son también el resultado de los altos valores de la varianza aditiva (σ_A^2).

Para cada uno de los caracteres evaluados se realizaron estimaciones de heredabilidad en dos sentidos: amplio (H^2) y estricto (h^2), donde se encontró un porcentaje de heredabilidad alta en sentido amplio para todas las variables evaluadas desde 75.8%, para número de granos por hilera (NGH) que fue el más bajo, hasta 99.8% el más alto que corresponde a diámetro de mazorca (DMZ), mientras que para heredabilidad en sentido estricto los porcentajes fueron menores que va desde 57.6% para NHMZ hasta 86.8% para DMZ. Con respecto a grado de dominancia (d^2) muestra valores entre 0 y 1 lo que nos indica dominancia parcial que es la clasificación presentada por Falconer (1985).

Cuadro 4.7.1 Componentes de varianza de 8 variables agronómicas, en maíz, evaluadas en el ciclo de verano UAAAN-UL, 2004.

variables	RMZ (kg/ha ⁻¹)	RG (kg/ha ⁻¹)	DMZ (cm)	DOL (cm)	LMZ (cm)	NHMZ	NGH	PMG (g)
σ_A^2	6192570	3576622	14.24	5.8	4.3	2.7	25.7	2223
σ_D^2	1263132	829665	2.13	3.1	0.3	1.2	3.8	383
σ_G^2	7455702	4406287	16.37	9	4.608	4.03	29.59	2606
σ_E^2	1672797	120126	0.036	0.027	1.066	0.757	9.4	657
σ_P^2	9128499	5607555	16.4	9.027	5.674	4.787	38.99	3264
h^2	67.83	63.78	86.82	64.47	75.92	57.65	66.11	68.1
H^2	81.67	78.57	99.81	99.7	81.21	84.18	75.89	79.8
d^2	0.63	0.68	0.54	1.04	0.37	0.95	0.59	0.58

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

4.8 Correlación de los componentes de varianza

En el Cuadro 4.8.1 se presentan las correlaciones entre los parámetros genéticos donde se observa que para varianza aditiva (σ_A^2) se tiene una correlación altamente significativa para varianza de dominancia (σ_D^2), varianza genética (σ_G^2), varianza del error (σ_E^2), y varianza fenotípica (σ_P^2), mientras que para las demás varianzas fueron no significativos .

La varianza de dominancia (σ_D^2), genética (σ_G^2) y del error (σ_E^2) tuvieron una correlación altamente significativa con varianza genética (σ_G^2), y varianza fenotípica (σ_P^2), para varianza del error (σ_E^2) fue significativo, mientras que para las demás varianzas resultaron no significativo. Con respecto a la varianza fenotípica (σ_P^2) se tuvo una correlación no significativa para heredabilidad en sentido estricto (h^2), para heredabilidad en sentido

amplio (H^2) y para el grado de dominancia (d^2). Para heredabilidad en sentido estricto y amplio se tuvo una correlación no significativa con heredabilidad en sentido amplio y con grado de dominancia respectivamente.

Cuadro 4.8.1 Correlación de los componentes de varianza, en maíz.

Var.	σ_A^2	σ_D^2	σ_G^2	σ_E^2	σ_P^2	h^2	H^2	D^2
σ_A^2	1	0.99**	0.99**	0.88*	0.99**	-0.16ns	-0.28ns	-0.06ns
σ_D^2		1	0.99**	0.85*	0.99**	-0.17ns	-0.29ns	-0.06ns
σ_G^2			1	0.87*	0.99**	-0.16ns	-0.29ns	-0.06ns
σ_E^2				1	0.86*	-0.06ns	-0.16ns	-0.07ns
σ_P^2					1	-0.17ns	-0.29ns	-0.06ns
h^2						1	0.42ns	-0.65ns
H^2							1	0.39ns
d^2								1

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

V CONCLUSIONES

- ❖ Se presentan diferencias estadísticas altamente significativas en el comportamiento de las cruzas para todas las variables analizadas.
- ❖ Para ACG se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas, en cambio para ACE las que resultaron con significancia fueron RMZ, RG, DMZ y PMG.
- ❖ En lo que respecta al coeficiente de variación CV se presenta en un rango de 4.3 a 13.8. Los valores más altos se obtuvieron en RMZ y RG por ser estas variables más complejas donde intervienen más cantidad de genes.
- ❖ Los padres con los efectos más altos con respecto a las medias para RMZ corresponde al padre ocho, mientras que para la aptitud combinatoria general ACG tanto para RMZ y RG también corresponde al padre ocho.
- ❖ Sobresalieron las cruzas 2X9 y 2X7 de las variables RMZ y RG respectivamente. Por lo que es necesario explotar el potencial genético de las cruzas mencionadas.

❖ Las cruzas que mostraron el mayor efecto de ACE con base a sus cruzamientos para las variables RMZ y RG fueron las cruzas 3x10, 6x9 y 1x8.

❖ La correlación fenotípica para las variables más importantes como es RMZ y RG, correlacionan positivamente y significativamente, con la mayoría de las características, excepto con el NHMZ.

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

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

VI RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la UAAAN-UL, en el campo experimental donde se evaluó el comportamiento agronómico de cruzas de maíz. Uno de los objetivos primordiales fue la caracterización agronómica y genética de dichas cruzas con propósito de hacer mejora en la producción de grano, ya que es de gran utilidad en la alimentación de la sociedad.

Los materiales utilizados fueron seis líneas sobresalientes del programa de la UAAAN-UL, tres líneas de reciente incorporación y una línea del programa del CIMMYT. Se realizaron 45 cruzas posibles directas P (P-1)2 de las diez líneas de acuerdo al diseño de apareamiento genético dialélico (Griffing 1956) método 4, utilizando 10 plantas de cada línea para obtener la semilla de las cruzas; la parcela experimental fue conformada de un surco por tres metros de largo y 0.70 metros de ancho, con una distancia aproximadamente de 16-17 centímetros entre plantas para tener una población aproximada de 85,000 plantas ha⁻¹. El diseño utilizado para su evaluación fue bloques al azar con dos repeticiones.

Los datos que se tomaron en el campo fueron para las siguientes variables: rendimiento de mazorca (RMZ), rendimiento de grano (RG), diámetro de mazorca (DMZ), diámetro de olote (DOL), longitud de mazorca

(LMZ), número de hileras por mazorca (NHMZ), número de granos por hilera (NGH) y peso de mil granos (PMG).

Para cruzas se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para todas las variables. Con respecto a coeficiente de variación los valores más altos los obtuvieron RMZ y RG con 12.26 % y 13.8 % respectivamente, mientras que el valor más bajo corresponde a DMZ con 4.3. Para ACG en todas las variables se presentaron valores estadísticamente altamente significativas, mientras que en ACE se presentaron valores altamente significativos solo para RMZ, RG y para DMZ.

En las evaluaciones promedios de todas las cruzas se tiene a cruzas más altas de todas las características evaluadas, para RMZ se tiene a la craza más sobresaliente que es 2x9, con $14050.2 \text{ kg/ha}^{-1}$, para RG se tiene a la craza 2x7 con $11096.7 \text{ kg/ha}^{-1}$, para DMZ y DOL es la craza 2x3. Para LMZ es 8x10, para el NHMZ y NGH son las cruzas 1x3 y 2x8 respectivamente, finalmente para el PMG, la media corresponde a la craza 7x8. Mientras que para los efectos de ACE las cruzas que presentaron mayor efecto en RMZ fueron 3X10, 6X9 y 1x8 y para RG se tiene a las tres más sobresalientes: 5x6, 1x8 y 3x10, para DMZ y DOL 7x9 y 1x3, respectivamente. Para la variable LMZ 3x10, para el NHMZ la más alta fue 7x9 y finalmente para el PMG la resultante es la craza 5x6.

Con respecto a las correlaciones se tiene a las variables más importantes que son RMZ y RG las cuales correlacionan positivamente y significativamente, con la mayoría de las características, excepto con NHMZ que fue no significativo. Mientras que para los componentes de varianza se observo que correlacionaron muy fuerte entre ellas.

VII BIBLIOGRAFÍA

- Allard, R.W. 1980. Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Editorial EOSA. España. 498 p.
- Antuna G. O., F. Rincón S., E. Gutiérrez del R., N. A. Ruiz T. y L. Bustamante G. 2003. Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz . Rev. Fitotec. Méx. Vol. 26(1): 11-17.
- Brauer, H. O. 1983. Fitogenética Aplicada. Editorial ELSA. México. 518 p.
- Burow MD, Coors JG (1994) DIALLEL: A Microcomputer program for the simulation and analysis of diallel crosses. Agronomy J. 86:154-158.
- Crees, C. E., 1956. Heterosis of the hybrid to gene frequency differences between two populations. Genetics 53: 269-274.
- Chávez A., J. L. y López E. 1995. Mejoramiento de plantas 1. UAAAN. México. 158 p.
- Chávez A. J. L. 1994. Mejoramiento de plantas 2, métodos específicos de plantas alogamas. Editorial trillas, S.A. de C.V. 50 p.

De la Loma, J. L. 1954. Genética General Aplicada. Segunda edición.
Editorial UTEHA. México. 427 p.

Eastmond A. y M. L. Robert, 1992. Biotecnología y Agroecología:
paradigmas opuestos. Agro – ciencia 3: 7-22.

Falconer D. S. 1985. Introducción a la genética cuantitativa. Sexta impresión.
Editorial continental. México D. F. P 430.

Geiger H. H, G Seitz, A. E Melchinger, G. A Schmidt. 1982. Genotypic
correlations in forage maize I. Relationships among yield and quality
traits in hybrids. Maydica 37:95 – 99.

Gutiérrez R. E., A. Palomo, A. Banda y E. Lázaro. 2002. Aptitud combinatoria
y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca
Lagunera. Revista Fitotecnica Mexicana. 25: 271-277.

Griffing, B. 1956. Concept of General and specific combining ability in
relation in diallelic crossing system. Aust. Jour. Boil. Sci. 9: 463 – 491.

Hallauer R. A., and Miranda F.O. 1988. Quantitative Genetics in maize
breeding. The Iowa State University Press Ames, Iowa, 50010. First
Edition 468 p.

- Hallauer, A. R. and S.A. Eberhart. 1976. Reciprocal full – sib selection. *Crop Sci.* 10: 315-316.
- Jungenheimer W. R. 1981. Maíz. Variedades Mejoradas, método de cultivo y producción de semillas. Editorial LIMUSA. México. P. 841.
- Jungenheimer W. R. 1985. Maíz. Variedades mejoradas, método de cultivo y producción de semillas. Editorial LIMUSA. México. P. 841.
- Martínez, G. A. 1975 diseño y análisis de los experimentos de cruza dialélicas. CEC-CP-ENA. Chapingo, México. 229 p.
- Márquez S. F. 1988. Genotecnia vegetal. Tomo II. Primera edición. Editorial AGTESA. México. P 563.
- Peña et al. 2003. Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. *Téc. Pecu. México* 41:63-74 p.
- Sprague G. F. and L. A. Tatum. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 34: 953-932.

Silva S. R. 1999. Heredabilidad y correlaciones fenotípicas en líneas avanzadas de trigo. XVII Congreso Nacional SOMEFI. Sociedad Mexicana de Fitogenética 2002. P 246.

VIII APENDICE

Problemas	Resolvidos	Erros	Tempo	Tempo	Tempo	Tempo
1	1	0	10	10	10	10
2	2	0	20	20	20	20
3	3	0	30	30	30	30
4	4	0	40	40	40	40
5	5	0	50	50	50	50
6	6	0	60	60	60	60
7	7	0	70	70	70	70
8	8	0	80	80	80	80
9	9	0	90	90	90	90
10	10	0	100	100	100	100
11	11	0	110	110	110	110
12	12	0	120	120	120	120
13	13	0	130	130	130	130
14	14	0	140	140	140	140
15	15	0	150	150	150	150
16	16	0	160	160	160	160
17	17	0	170	170	170	170
18	18	0	180	180	180	180
19	19	0	190	190	190	190
20	20	0	200	200	200	200
21	21	0	210	210	210	210
22	22	0	220	220	220	220
23	23	0	230	230	230	230
24	24	0	240	240	240	240
25	25	0	250	250	250	250
26	26	0	260	260	260	260
27	27	0	270	270	270	270
28	28	0	280	280	280	280
29	29	0	290	290	290	290
30	30	0	300	300	300	300
31	31	0	310	310	310	310
32	32	0	320	320	320	320
33	33	0	330	330	330	330
34	34	0	340	340	340	340
35	35	0	350	350	350	350
36	36	0	360	360	360	360
37	37	0	370	370	370	370
38	38	0	380	380	380	380
39	39	0	390	390	390	390
40	40	0	400	400	400	400
41	41	0	410	410	410	410
42	42	0	420	420	420	420
43	43	0	430	430	430	430
44	44	0	440	440	440	440
45	45	0	450	450	450	450
46	46	0	460	460	460	460
47	47	0	470	470	470	470
48	48	0	480	480	480	480
49	49	0	490	490	490	490
50	50	0	500	500	500	500

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

FV	gl	RMZ (kg/ha ⁻¹)	RG (kg/ha ⁻¹)	DMZ (cm)	DOL (cm)	LMZ (cm)	NHMZ	NGH	PMG (g)
Tratamiento	44	9265715**	5786864**	0.2**	0.08**	5.2**	3.0**	38.2**	3243.3**
Repetición	1	63770727**	45431075**	0.2**	0.08ns	3.5**	0.4ns	186.6**	1154.0ns
Error	44	1672758	1201362	0.03	0.02	1	0.7	9.4	657.2
Total	89								
CV (%)		12.26	13.87	4.3	6.1	6.2	5.6	9.3	11.2
Media		10544	7902.27	4.4	2.6	16.5	15.5	33.2	228.7

Cuadro A2. Comparación múltiple de medias de rendimiento de grano y características agronómicas evaluadas de cruzas de maíz. Ciclo verano, UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2004.

Cruza	RMZ (kg/ha ⁻¹)	RG (kg/ha ⁻¹)	DMZ (cm)	DOL (cm)	LMZ (cm)	NHMZ	NGH	PMG (g)
2x7	14046.4*	11096.7*	4.70*	2.70	18.10*	14.4	38.7*	299.0*
2x9	14050.2*	10857.8*	4.50	2.60	17.75*	14.8	38.3*	290.0*
2x8	13658.5*	10725.9*	4.75*	2.80*	18.15*	16.2	41.2*	215.0
7x8	13914.0*	10692.5*	4.80*	2.90*	17.50*	14.6	37.2*	303.5*
2x3	14014.5*	10432.1*	5.05*	3.10*	16.20	16.6*	31.1	290.5*
7x9	13579.3*	10123.2*	4.60	2.75	17.45*	16.0	35.0*	263.5*
1x8	12489.8*	10094.6*	4.55	2.65	16.90	17.2*	36.8*	206.5
5x8	12857.2*	9635.8*	4.50	2.65	17.80*	16.8*	37.9*	216.0
2x4	12584.9*	9325.6*	4.65	2.85*	17.00	14.0	31.6	294.5*
8x9	12324.4*	9061.4*	4.40	2.70	18.20*	14.6	40.7*	221.0
4x8	11915.0*	9025.2*	4.65	2.75	16.40	14.4	38.7*	232.5
3x10	12759.9*	8978.1*	4.65	2.85*	18.05*	14.4	33.2	278.0*
6x9	11848.0*	8915.6*	4.50	2.65	16.85	15.6	32.0	246.5
3x8	12138.9*	8487.4	4.85*	3.10*	16.80	16.6*	36.0*	234.5
2x10	10936.5	8435.2	4.10	2.45	18.55*	13.8	36.4*	234.0
4x7	11731.0*	8413.5	4.70*	2.80*	15.85	14.6	32.2	281.5*
8x10	11467.5*	8383.2	4.30	2.70	19.05*	14.4	39.9*	213.0
4x9	10602.2	8240.0	4.40	2.50	16.00	14.4	34.1	226.5
5x7	10682.7	8179.8	4.45	2.70	17.40*	15.6	33.5	222.0
5x9	10672.9	8171.6	3.90	2.50	17.50*	15.0	37.5*	186.5
1x2	9873.1	8075.3	4.65	2.80*	15.65	16.2	33.3	225.5
6x7	10338.6	8058.5	4.45	2.60	15.20	16.2	32.2	231.5
1x7	10388.8	8039.4	4.65	2.80*	16.30	16.8*	35.8*	214.0
5x6	9901.5	7898.5	4.20	2.55	16.40	17.6*	27.8	215.0
9x10	10888.7	7854.2	4.20	2.45	19.25*	13.6	35.2*	226.0
3x7	11068.1	7812.9	5.00*	3.00*	14.95	16.4*	32.0	275.0*
2x5	9508.8	7442.7	4.25	2.80*	15.85	16.6*	36.2*	189.0
1x4	9636.5	7433.0	4.15	2.65	16.00	16.2	33.9	210.5
5x10	9922.7	7340.5	4.20	2.60	18.00*	14.2	33.2	241.5
3x9	9978.0	7223.6	4.65	2.75	12.95	15.8	22.5	257.5*
3x6	9663.7	7072.2	4.70*	2.95*	13.00	17.6*	27.4	217.5
3x4	9570.2	7069.3	4.35	2.80*	14.45	14.2	28.9	251.5
1x10	9560.7	6993.3	4.05	2.40	18.90*	15.6	31.7	244.5
6x8	9780.2	6926.0	4.55	2.90*	16.95	16.4*	35.3*	208.0
7x10	9567.1	6914.7	4.25	2.35	17.75*	14.0	33.4	263.5*
2x6	9378.1	6633.0	4.55	2.90*	16.95	15.2	27.6	213.0
1x3	9204.0	6624.1	4.70*	3.10*	14.25	18.0*	32.1	206.0
1x6	8114.3	6406.5	4.20	2.70	15.10	17.2*	34.8	115.0
4x10	8725.3	6377.3	4.10	2.60	16.15	13.6	30.6	231.0
3x5	8073.7	5951.2	3.95	2.55	13.85	15.8	30.7	164.0
6x10	8094.7	5718.4	3.85	2.35	19.30*	14.8	29.4	200.0
4x5	6675.0	5001.8	4.05	2.50	13.75	14.2	25.4	212.0
4x6	6418.6	4633.8	3.95	2.50	15.40	15.0	23.3	185.0
1x5	5974.9	4444.7	4.30	2.60	16.30	17.6*	30.2	129.0
1x9	5904.7	4379.7	3.70	2.25	15.20	15.2	27.5	212.5

Cuadro A3. Efectos de Aptitud Combinatoria Específica ACE estimados en líneas de maíz para grano, de ocho características evaluadas. Ciclo verano, UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2004.

Cruza	RMZ	RG	DMZ	DOL	LMZ	NHMZ	NGH	PMG
1x2	-596	-236	0.14*	0.04	-0.99	-0.38	-1.5	9.6
1x3	181	-15	0.11	0.19**	0.06	0.46	2.3*	-0.3
1x4	1690**	1309**	-0.07	0.02	1.00	0.51	3.5**	10.3
1x5	-1522	-1497	0.22**	0.04	0.57	0.31	-1.9	-27.3
1x6	708	690	-0.01	0.05	-0.41	-0.36	5.5**	-48.4
1x7	261	189	0.09	0.09	0.11	0.11	1.4	-14.7
1x8	1708**	1782**	0.03	-0.12	-0.19	0.18	-1.7	15.7
1x9	-3539	-2907	-0.50	-0.17	-1.06	-1.03	-5.9	11.7
1x10	1107*	685	-0.01	-0.07	0.90**	0.18	-1.7	43.4**
2x3	1629**	1225**	0.18**	0.06	0.81*	0.58	-0.9	23.2**
2x4	1276**	635	0.14*	0.09	0.80*	-0.16	-1.0	33.4**
2x5	-1351	-1065	-0.10	0.10*	-1.07	0.83**	1.8	-28.3
2x6	-1390	-1650	0.04	0.12*	0.23	-0.83	-3.9	-11.3
2x7	555	680	-0.13	-0.13	0.71*	-0.76	2.1*	9.3
2x8	-485	-153	-0.05	-0.10	-0.14	0.71*	0.3	-36.7
2x9	1242**	1004**	0.01	-0.05	0.28	0.08	2.6*	28.2**
2x10	-889	-439	-0.24	-0.15	-0.64	-0.08	0.6	-27.4
3x4	-290	50	-0.24	-0.10	0.71*	-0.91	1.2	-0.0
3x5	-1338	-885	-0.49	-0.29	-0.61	-0.91	1.3	-43.7
3x6	342	460	0.11	0.02	-1.25	0.61*	0.8	2.6
3x7	-975	-932	0.08	0.01	0.03	0.28	0.4	-5.0
3x8	-558	-720	-0.03	0.04	0.96**	0.16	0.2	-7.6
3x9	-1381	-958	0.07	-0.05	-2.05	0.13	-8.1	5.3
3x10	2390**	1775**	0.2**	0.09	1.31**	-0.43	2.5*	25.6**
4x5	-1660	-1318	-0.03	-0.05	-1.52	-0.66*	-4.5	10.4
4x6	-1825	-1461	-0.27	-0.14	0.33	-0.13	-3.8	-23.6
4x7	764	184	0.14*	0.096	0.11**	0.33	0.0	7.6
4x8	294	334	0.12*	-0.02	-0.24	-0.18	2.3*	-3.4
4x9	318	574	0.1**	-0.02	0.18	0.58*	2.8**	-19.4
4x10	-567	-309	0.03	0.12*	-1.39	0.61*	-0.6	-15.2
5x6	2105**	1985**	0.12*	-0.02	0.60	0.86**	-1.0	50.1**
5x7	164	132	0.04	0.05	0.93**	-0.26	-0.3	-8.1
5x8	1685**	1126**	0.12*	-0.05	0.42	0.61*	-0.1	23.7**
5x9	838*	687	-0.16	0.04	0.94**	-0.41	4.5**	-15.7
5x10	1078*	835**	0.2**	0.19**	-0.27	-0.38	0.2	39.0**
6x7	-88	237	-0.10	-0.12	-1.05	0.06	1.1	-5.70
6x8	-1300	-1357	0.03	0.10*	-0.21	-0.06	0.0	8.7
6x9	2104**	1657**	0.2**	0.10*	0.51	-0.08	1.8	37.2**
6x10	-657	-561	-0.21	-0.14	1.23**	-0.06	-0.7	-9.5
7x8	111	274	-0.05	0.04	-0.33	-0.98	-3.0	38**
7x9	1113*	731**	0.61	0.14**	0.44	1.18**	-0.1	-11.0
7x10	-1907	-1498	-0.14	-0.20	-0.98	0.01	-1.7	-11.2
8x9	-794	-793	-0.10	0.02	0.33	-0.53	1.3	-15.5
DMS.05	830	704	0.12	0.10	0.65	0.54	1.97	16.4
DMS.01	1115	945	0.16	0.14	0.87	0.73	2.64	22.0
MEDIA	10544	7902	4.4	2.6	16.5	15.5	33.2	228.7

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

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