

HETEROSIS, DIVERSIDAD GENETICA, ACG Y ACE DE
13 HIBRIDOS COMERCIALES DE MAIZ (*Zea mays* L.).

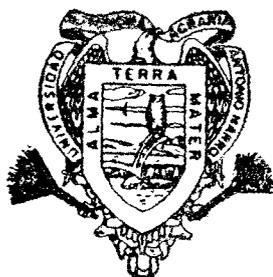
ALFREDO DE LA ROSA LOERA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE ^{Universidad Autónoma Agraria}
"ANTONIO NARRO"
DOCTOR EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"

PROGRAMA DE GRADUADOS
Buenvista, Saltillo, Coah.

ENERO DE 2000

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

HETEROSIS, ACG, ACE Y DIVERSIDAD GENETICA DE 13 HIBRIDOS
COMERCIALES DE MAIZ (*Zea mays* L.)

TESIS

POR

ALFREDO DE LA ROSA LOERA

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada
como requisito parcial para optar el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO

COMITE PARTICULAR

Asesor principal:



Dr. Gaspar Martínez Zambrano.

Asesor:



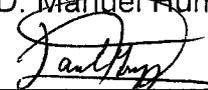
Ph. D. Froylan Rincón Sánchez.

Asesor:



Ph. D. Manuel Humberto Reyes Valdés.

Asesor:

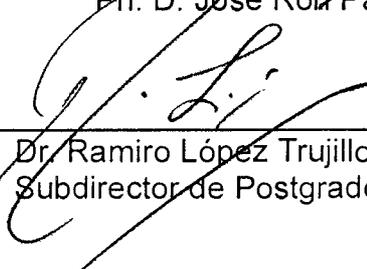


Ph. D. Jorge González Domínguez.

Asesor:



Ph. D. José Rom Parra.



Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México Enero del 2000.

DEDICATORIA

Con amor y cariño A MIS PADRES:

Margarito De La Rosa Reza
Ma. Esther Loera Díaz.

Por todos sus sacrificios realizados para hacer de mi un Hombre de bien durante el trayecto de toda mi vida.

Con Amor. A MI ESPOSA.

Ana María por su gran apoyo y comprensión.

A MIS HERMANOS:

Juan Pedro.
Jesús.
Rodolfo.
José Manuel
Laura Patricia.

Quienes me han brindado todo su apoyo en todo momento.

A MIS SOBRINOS:

Ivan Alberto.
Carlos.
Alejandra.
José Rodolfo.
Jesús

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE GENERACION

A MI "ALMA TERRA MATER"

AGRADECIMIENTOS

Mi mayor agradecimiento personal al M.C. Humberto de León Castillo, por la gran infinidad de conocimientos que de él he adquirido así como por su gran amistad y consejos que de él he recibido y por haberme permitido realizar este trabajo en sus proyectos de investigación.

Al Dr. Gaspar Martínez Zambrano, por sus valiosas aportaciones al presente trabajo de investigación, por sus sugerencias tan atinadas que mucho sirvieron para engrandecer la calidad de este trabajo.

Al Ph. D. Froylán Rincón Sánchez por sus importantes aportaciones y sugerencias para la buena presentación de este trabajo de tesis.

Al Ph.D. Humberto Reyes Valdés por su valiosa colaboración brindada en la revisión y por sus sugerencias oportunas para la realización del presente trabajo.

Al Ph. D. José Ron Parra por su participación en el comité de asesoría de la presente investigación y sus observaciones en la revisión de la misma.

Al Ph. D. Jorge González Domínguez por su participación en la revisión de este trabajo así como también por sus sugerencias y comentarios.

A los técnicos y trabajadores de campo del Instituto Mexicano del Maíz “Dr. Mario E. Castro Gil”, por contribuir directa e indirectamente, en la realización del presente trabajo. Especialmente al Sr. Virgilio Flores Gaona.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo económico y las facilidades que me brindaron para la realización de mis estudios de Doctorado en Fitomejoramiento.

COMPENDIO

Heterosis, ACG, ACE y Diversidad Genética de 13 Híbridos Comerciales de
Maíz (*Zea mays* L.)

POR

ALFREDO DE LA ROSA LOERA.

DOCTOR EN CIENCIAS

EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE DE 1998.

Dr. Gaspar Martínez Zambrano. -Asesor-

Palabras claves: maíz, híbridos, aptitud combinatoria, dialelo, heterosis,
diversidad genética.

En la presente investigación se evaluaron 78 cruzas provenientes de un dialelo de 13 híbridos comerciales de maíz con adaptación al bajo mexicano, además de los padres, con los siguientes objetivos: (1) Identificar híbridos comerciales con valor genético para iniciar un programa de mejoramiento para

producir híbridos, sintéticos y variedades; (2) Demostrar que es factible crear un programa de mejoramiento exitoso a corto plazo a partir de híbridos comerciales actualmente en uso.

Los experimentos se establecieron en tres ambientes, dos en la localidad de Celaya, Gto. en diferente fecha de siembra, y otro en Sandia, N.L. en 1997, bajo un diseño bloques al azar con dos repeticiones por localidad y dos surcos por tratamiento. Se obtuvieron los efectos de aptitud combinatoria general y específica utilizando el método IV de Griffing (1956); los efectos de heterosis y su partición fueron obtenidos por el modelo Gardner-Eberhart (1966), y las distancias genéticas por el método de Troyer (1988).

Las cruzas más sobresaliente a través de localidades fueron AS910 X AS4450, PP9538 X AS948 y PP9539 X AN453 con un rendimiento de 17.538, 17.463 y 17.355 t ha⁻¹ respectivamente, estas mismas cruzas obtuvieron los valores más altos de ACE.

Las cruzas con los valores de heterosis más altos en base a la media de los padres fueron PP9539 X AN453, PP9603 X PP9539 y PP9539 X AN447 con 11.35, 11.13 y 9.97 por ciento respectivamente. Los híbridos con los valores mas altos ACG fueron PP9539, AN447 y AS910 con 1.168, 0.684 y 0.520 t ha⁻¹ respectivamente, y los mejores en heterosis PP9539, A7500 y C220 con 2.269, 1.170 y 1.070 respectivamente.

Los híbridos más relacionados fueron AN450 y AS910 con una distancia genética de 0.033, y una heterosis de -47.68 por ciento; en tanto que los menos relacionados fueron AN454 y A7500 con una distancia de 1.418 y una heterosis de 12.26 por ciento.

Los resultados indican que los mejores híbridos y cruzas pueden ser usadas en programas de mejoramiento de diferentes formas: Las poblaciones F_2 de las mejores cruzas pueden ser usadas para derivar líneas las cuales pueden ser utilizadas en combinaciones híbridas o en sintéticos, los híbridos con los mejores valores de ACG y heterosis pueden ser usados en un programa de mejoramiento para mejorar líneas ya sea por el método de pedigrí o selección gamética, los híbridos que forman las cruzas con mejor heterosis pueden ser utilizados para mejorar cruzas simples elite explotando el patrón heterótico de los padres.

ABSTRACT

BY

ALFREDO DE LA ROSA LOERA

HETEROSIS, GCA, SCA AND GENTIC DIVERSITY OF 13 HYBRIDS OF
MAIZE (*Zea mays L.*)

DOCTOR OF SCIENCE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, DECEMBER, 1998.

Dr. Gaspar Martinez Zambrano -Adviser-

Key Words: Maize, hybrids, diallel, combining ability, heterosis, genetic diversity.

In the present research 78 crosses obtained from a diallel of 13 hybrids adapted to bajo mexicano and the parents were evaluated. The objectives of

this study were: (1) To identify commercial hybrids with high genetic value (GCA and heterosis) useful for initiating a maize breeding program to produce and improve hybrids, varieties and synthetics; (2) To demonstrate that is feasible to create a maize breeding program from commercial hybrids.

The crosses and parents were evaluated, under three environments, two at Celaya, Gto. (two planting dates) and one at Sandia, N. L. during 1996. The experiments were set up as two replicates of a randomized complete block design, having an experimental unit of two rows. Estimates of general (GCA) and specific combining ability (SCA) were obtained using the method IV of Griffing (1956). The heterosis effects were computed by using the Gardner-Eberharth (1966) model II, and the genetic distances were estimated according to the method suggested by Troyer (1988).

The best crosses were AS910 X AS4450, PP9538 X AS948 and PP9539 X AN453 having a yield of 17.538, 17.463 y 17.355 t ha⁻¹ respectively; the same crosses had the highest values of SCA. The crosses with the highest values of heterosis over the midparent were PP9539 X AN453, PP9603 X PP9539 and PP9539 X AN 447 with 11.35, 11.13 and 9.97 percent respectively. The highest positive values of GCA effects were obtained from hybrids PP9539, AN447 and AS910 with 1.168, 0.684 and 0.530 t ha⁻¹ respectively;. and the hybrids with the best heterosis were PP9539 (2.269), A7500 (1.170) and C220 (1.070). The most related hybrids were AS910 and AN450 with a genetic distance of

0.033 and heterosis of -47.68 percent whereas the most diverse were AN454 and A7500 with a genetic distance of 1.418 and heterosis of 12.26 percent.

Results indicated that the best Hybrids and crosses can be used in a breeding program in different ways: F_2 populations from the best crosses can be used to derive lines which may be utilized for hybrid combinations and synthetics, the hybrids with the best values of ACG and heterosis can be used in a maize breeding program (improve lines by the gametic, pedigree methods), the crosses among hybrids having the best heterosis can be used to improve target single crosses exploiting the heterotic pattern of the parents.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
TITULO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
COMPENDIO.....	vi
ABSTRACT.....	ix
INDICE DE CUADROS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xv
INTRODUCCION.....	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
Heterosis.....	5
Aptitud combinatoria.....	9
Divergencia Genética y Heterosis.....	11
Análisis de agrupamiento.....	18
MATERIALES Y METODOS.....	20
Material genético.....	20
Metodología.....	21
Ubicación geográfica y características climatológicas donde se realizaron los experimentos.....	21
Toma de datos.....	22
Análisis estadísticos (dialélico).....	25
Distancias genéticas.....	34
Estimación de heterosis.....	34
Análisis de Agrupamiento.....	35
RESULTADOS Y DISCUSION.....	36

CONCLUSIONES.....	71
LITERATURA REVISADA.....	73
APENDICE.....	77

INDICE DE CUADROS

Cuadro		
3.1	Material Genético utilizado en el presente trabajo.	21
3.2	Cuadro Indicativo de análisis de varianza dialélico Método (IV) Griffing (1956)	26
3.3	Cuadro indicativo de análisis de varianza combinado.	29
4.1	Cuadrados medios de los análisis de varianza individuales para las características: Rendimiento, altura de planta, humedad de grano y días a floración.	37
4.2	Cuadrados medios de los análisis de varianza combinados a través de tres ambientes, dos en Celaya Gto y uno en Sandia N.L.	42
4.3	Rendimiento, heterosis del rendimiento y ACE para rendimiento, altura de planta y humedad de grano de las 25 mejores cruzas con base en rendimiento, incluyendo los padres, evaluados en Celaya Gto. en el año 1996	46
4.4	Rendimiento, heterosis del rendimiento y ACE para rendimiento, altura de planta, días a flor y humedad de grano de las 25 mejores cruzas con base en rendimiento, incluyendo los padres, evaluados en Celaya Gto. II en el año 1996.	48
4.5	Rendimiento, heterosis del rendimiento y ACE para rendimiento, altura de planta, días a flor y humedad de grano de las 25 mejores cruzas con base en rendimiento, incluyendo los padres, evaluados en Sandia N. L. en el año 1996.	51
4.6	Estimados de aptitud combinatoria general (ACG) de 13 híbridos comerciales de maíz de dos ambientes en Celaya Gto. y uno en Sandia N.L. en el año 1996.	53

- 4.7 Valor combinado de rendimiento, heterosis del rendimiento y ACE para rendimiento, altura de planta, días a flor y humedad de grano de las 25 mejores cruzas con base en rendimiento, incluyendo los padres, evaluados en Celaya Gt.o. en dos fechas y una en Sandia N. L. en el año de 1996. 56
- 4.8 Estimados de aptitud combinatoria general (ACG) de 13 híbridos comerciales de maíz de tres ambientes dos en Celaya Gto. y uno en Sandia N.L. en el año 1996. 59
- 4.9 Cuadrados medios del análisis de varianza combinado de 13 híbridos y sus 78 cruzas posibles para la características rendimiento, analizados bajo el modelo de Gardner y Eberhart (1966). 61
- 4.10 Rendimiento, heterosis y aptitud combinatoria específica de las mejores 13 cruzas y rendimiento, heterosis varietal, aptitud combinatoria general y efecto varietal de los híbridos evaluados en tres ambientes. 63
- 4.11 Estimados de efectos de diversidad genética entre 13 híbridos comerciales de maíz en las localidades de Celaya I y II en el año de 1996 (arriba de la diagonal), y estimaciones de heterosis (abajo de la diagonal). 64

INDICE DE FIGURAS

Figura.

4.1

Agrupamiento de 13 híbridos comerciales en base a 66
distancias genéticas del rendimiento.

4.2

Agrupamiento de 13 híbridos comerciales de maíz en 68
base a heterosis del rendimiento.

4.3

Correlación entre distancias genéticas (Troyer 1988) y
heterosis de los 13 híbridos comerciales de maíz 69
utilizados en esta investigación.

INTRODUCCIÓN.

En México el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) es de gran importancia debido al consumo que hace nuestro pueblo mexicano en su dieta diaria. A pesar de esto el país no ha sido capaz de alcanzar producciones suficientes para abastecer el consumo nacional de este cereal, teniendo que realizar importaciones del extranjero, debido principalmente a que de las 8 millones de hectáreas que se siembran de maíz en México (1.6 millones de riego, 3.2 de buen temporal y 3.2 de temporal deficiente), solo 2 millones de hectáreas son sembradas con híbridos, cuando potencialmente pudieran ser sembradas 4.8 millones con híbridos y variedades de polinización libre, debido a que la mayoría de los productores no cuentan con recursos para comprar semilla híbrida y recurren a la siembra los criollos regionales, o por que la oferta de semilla de variedades mejoradas es limitada (CIMMYT, 1994).

Una forma de aumentar la media de producción es incrementar el uso de híbridos y variedades de polinización libre que estén al alcance de los agricultores de zonas de escasos recursos económicos. Para lograr lo anterior, se plantea la formación de un programa de mejoramiento genético a partir del aprovechamiento del germoplasma contenido en los híbridos comerciales. Dicho programa consistiría en estimar la heterosis y la aptitud combinatoria

general de un grupo de 13 híbridos comerciales en uso actual, y de los híbridos con mayor heterosis y con mayor aptitud combinatoria general, así como de las mejores cruzas, se derivarían líneas, esto con la finalidad de formar nuevos híbridos y variedades de polinización libre a mediano y largo plazo, con buenas características agronómicas y que puedan estar al alcance de agricultores de escasos recursos económicos. Por lo anterior se desarrolló la presente investigación con los siguientes objetivos.

Objetivos:

- Identificar un grupo de híbridos comerciales, actualmente en uso, con valor genético para iniciar un programa de mejoramiento, para desarrollar híbridos y sintéticos a corto plazo.

- Demostrar la factibilidad de crear un programa de mejoramiento exitoso a corto plazo, a partir del germoplasma contenido en los híbridos comerciales actualmente en uso.

Hipótesis:

-Existe diversidad genética entre los híbridos utilizados, representando por lo tanto una variabilidad genética amplia y suficiente para ser utilizada en un programa de mejoramiento.

REVISIÓN DE LITERATURA.

Una variedad puede ser definida como la fracción superior de una población en continuo proceso de mejoramiento que es diferente y relativamente estable y que puede ser obtenida de programas de selección recurrente como hermanos completos, medios hermanos, líneas S_1 y líneas S_2 , o de la cruce de líneas que tengan una buena combinación entre ellas no necesariamente derivadas de una misma población. (CIMMYT, 1985).

Aunque existe poca o nula información del cruzamiento entre híbridos comerciales y la determinación de heterosis entre ellos, existen varias alternativas para su uso:

- 1.- Las mejores cruces entre los híbridos se llevan a F_2 y se derivan líneas para formar nuevos híbridos y variedades de polinización libre.
- 2.- Los híbridos comerciales que tengan mayor heterosis se llevan a F_2 y se derivan líneas para formar nuevos híbridos y variedades de polinización libre.

Lo anterior da una opción a los agricultores que no tienen a su alcance el hacer uso de híbridos, y por lo tanto, pueden utilizar variedades de polinización

libre iguales o mejores que los híbridos en rendimiento y otras características, con la ventaja de que el agricultor puede seleccionar su semilla para el año siguiente, ya que en las variedades de polinización libre no existe tanta depresión por endogamia como en generaciones F_2 o posteriores de los híbridos.

HETEROSIS.

La heterosis puede ser considerada como el fenómeno genético inverso de la depresión endogámica. Su máxima expresión se observa en la F_1 pudiéndose definir como el incremento en tamaño o vigor de un híbrido, con respecto al promedio de sus progenitores. Esto comúnmente se puede medir por varios indicadores tales como: rendimiento, altura de planta, número de hojas, así como un sin fin de variables (Allard, 1967; Poehlman, 1987).

Las causas de este aumento en vigor o heterosis, no se han establecido completamente, ya que muchos investigadores han propuesto diversas teorías; unos sostienen que se deben a efectos fisiológicos y otros lo atribuyen a causas genéticas, como una acción de genes en un mismo o diferente loci (Hageman *et al.*, 1967; Rickey, 1966).

Stansfield (1978) afirma que las bases genéticas de la heterosis son aún motivo de controversia, centrada principalmente en dos teorías: 1) Teoría de la dominancia: supone que el vigor híbrido es el resultado de la acción e

interacción de genes dominantes en varios loci. 2) Teoría de la sobredominancia: supone que la heterocigocidad *per se* produce el vigor híbrido.

La teoría de la sobredominancia es la más aceptada de acuerdo a Sánchez (1955), en la cual, tanto la disminución de vigor por la homocigosis, como la heterosis obtenida a través de cruzamientos, son fenómenos mendelianos que envuelven una interacción entre genes dominantes que tienden a aumentar el vigor y genes recesivos que tienden a disminuirlo. Menciona este autor que a medida que se acentúa la pérdida de vigor, disminuye la variación entre las plantas de cada progenie.

Crees (1966) indica que para que se manifieste la heterosis, es necesario que exista diversidad genética entre los progenitores, lo que significa que la existencia de diversidad genética ocasiona la heterosis, pero si esta última no se observa, no necesariamente es falta de diversidad genética.

Falconer (1970) ha demostrado que la heterosis será expresada cuando se tenga las siguientes condiciones: (1) presencia de un nivel de dominancia y (2) diferencia relativa de frecuencia génicas de los dos padres, para determinar la magnitud de la heterosis expresada en cruas. Si una o ambas condiciones no existen, la heterosis no será expresada.

Castro *et al.* (1968) concluyen que el fenómeno de la heterosis se manifiesta gradualmente, al cruzar materiales de diferente constitución genética, así como de diferente origen geográfico.

Cortez *et al.* (1985) al evaluar diez poblaciones tropicales y sus cruzas, para estimar los efectos de genes aditivos y heterosis para cinco características agronómicas, mencionan que la mejor respuesta heterótica fue obtenida cuando se cruzaron materiales con tipos de endospermo cristalino por dentado; también mencionan que algunas combinaciones dentado por dentado fueron sobresalientes.

Beck *et al.* (1991) realizaron un estudio entre nueve materiales del CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) con el fin de: (1) estudiar la aptitud combinatoria entre las poblaciones y pools (complejos germoplasmáticos) subtropicales y templadas de maduración intermedia; (2) evaluar el potencial de las poblaciones subtropicales y templados como fuente de germoplasma exótico para programas de mejoramiento de clima templado. Los padres y las cruzas fueron evaluadas en 5 ambientes en México y 11 en Estados Unidos. Se observaron altos efectos de aptitud combinatoria general para rendimiento, en las poblaciones 42,47 y 34; la cruza que más rindió fue la población 42x47 con 7.87 t ha^{-1} , obteniéndose una heterosis del 9.1% en base al progenitor más rendidor. La población 33x45 fue la cruza con mayor aptitud combinatoria específica para rendimiento. Los resultados anteriores fueron obtenidos en México. En los Estados Unidos, los rendimientos bajos fueron

debido a problemas de adaptación y siembras tardías, sin embargo, materiales que mostraron mejor potencial, fueron el pool 41 y la población que podrían ser utilizados como fuente de mejoramiento para un programa clima templado.

Pollak *et al.* (1991) condujeron un estudio para comparar patrones heteróticos entre cuatro poblaciones; dos poblaciones del Caribe, una dentada y una cristalina, las cuales son de utilidad en trópico y tienen adaptación a áreas templadas, y las otras fueron dos poblaciones (Ohs9) y (Ohs10) tropical y templado. Se realizó un dialélico entre los cuatro materiales anteriores obteniendo los siguientes resultados: la mejor combinación heterótica se obtuvo al cruzar las dos poblaciones del Caribe (cristalino x dentado); la población más rendidora *per se* fue una de tropical x dentado (Ohs10), las cruces entre las dos poblaciones tropical x dentado tuvieron bajo rendimiento indicando los resultados que para programas de clima templado ambas poblaciones del Caribe podrían ser útiles, como lo es en la faja maicera de Estados Unidos.

APTITUD COMBINATORIA

Sprague y Tatum (1942) definen la aptitud combinatoria (AC) como el comportamiento medio de una línea, en las combinaciones híbridas al cruzarla con otras líneas, o bien al comportamiento de una o varias líneas al cruzarlas con una variedad de amplia base genética.

La aptitud combinatoria general (ACG) se define como el efecto promedio que una línea imparte a sus cruzas, medida como la desviación de la media general, es decir, es lo que una línea hereda a sus descendientes en promedio de muchas cruzas. Aptitud combinatoria específica (ACE) se refiere a la desviación o sesgo del comportamiento predicho en base a las aptitud combinatoria generales de los padres.

Jugenheimer (1981) y Phoehlman (1987) mencionan que la ACG proporciona información sobre qué líneas puras pueden producir los mejores híbridos cuando se cruzan con otras líneas. Los mismos autores indican, en relación con la ACE, que pueden usarse probadores adecuados para determinar qué líneas pueden sustituirse en los híbridos actuales o usarse en nuevos híbridos prometedores. Obviamente la información sobre la aptitud combinatoria específica (ACE) puede no proporcionar información confiable sobre la utilidad relativa de una línea pura cuando se cruza con otros probadores. Los progenitores femeninos de cruce simple constituyen excelentes probadores para determinar aptitud combinatoria específica de cruces de tres elementos. Las líneas probadoras se usan para cruces simples.

La aptitud combinatoria general se evalúa mediante el uso de un probador que puede ser cualquier material genético que permita medir la aptitud combinatoria de un grupo de líneas con el cual se cruza. Los principales tipos de probadores son: probador de amplia base genética, probador de reducida base genética, probador emparentado y probador no emparentado. Hull (1945)

concluyó que el probador mas eficiente sería aquel que fuere homocigoto recesivo en todos los loci y que la homocigocidad para los alelos dominantes en cualquier locus, debería de evitarse.

Sprague y Tatum (1942), Matzinger (1953), y Lonquist y Rumbaugh (1968), concuerdan que una variedad de amplia base genética es el probador más eficiente.

Otros investigadores como Rawlings y Thompson (1962), Horner *et al.* (1976) y Lonquist sugieren que el mejor probador es una variedad de alta frecuencia de genes recesivos. Por otro lado, Allison y Curnov (1966) y Lonquist (1968) concluyeron que el probador más seguro es la variedad original. López (1986) concluye que el mejor probador debe ser una línea no emparentada con las líneas bajo selección.

DIVERGENCIA GENÉTICA Y HETEROSIS.

La heterosis es el fundamento en el mejoramiento de híbridos, pero existe muy poco conocimiento acerca de sus bases genéticas. Datos experimentales acumulados desde los primeros trabajos de East (1908) y Shull (1909) sugieren que la heterosis para rendimiento y otras características esta en función de la heterocigocidad de un gran número de loci.

Aumentando el número de loci heterocigotes, cruzando líneas o poblaciones no relacionadas, generalmente incrementa el nivel de heterosis en la cruce, al menos sobre un rango de diversidad genética.

Recíprocamente, la reducción en el nivel de heterocigocidad por endogamia, usualmente resulta en un decremento en vigor y desarrollo, efecto conocido como depresión endogámica.

Así como la diversidad genética es de gran importancia para la heterosis, también es importante en los cultivos para no provocar uniformidad genética. Esto causaría vulnerabilidad genética en un cultivo, provocando desastres en la agricultura (ej. cuando una área considerable es sembrada con una solo híbrido o una variedad o si los híbridos y las variedades están muy relacionados y son atacados por una enfermedad, esto causaría un gran desastre) como el causado por *Phytophthora infestans* en papa en Irlanda en 1840, o con *Helminthosporium victoriae* en avena, el cual causó grandes pérdidas en Iowa y otros estados de los Estados Unidos en 1940; o con el uso de la fuente de esterilidad T en maíz que causó grandes pérdidas en el rendimiento de maíz en los Estados Unidos. La vulnerabilidad genética puede ser reducidas incrementando la diversidad genética.

Existen varias formas de medir la diversidad genética en líneas, híbridos o poblaciones, como lo es la estimación de la heterosis. Otra forma es con el

uso de marcadores genéticos moleculares (RFLPs, RAPDs, AFLPs, etc), los cuales diferencian con gran precisión los materiales genéticos.

Moll *et al.* (1962) cruzaron dos variedades de 3 diferente regiones geográficas de los Estados Unidos y Puerto Rico, en todas la combinaciones posibles para estudiar la relación de diversidad genética y heterosis en cruza varietales. El grado de diversidad genética de las variedades fue inferido por la relación ancestral y separación geográfica, indicando los resultados obtenidos, que la gran diversidad genética de las variedades parentales está asociada con la gran heterosis de la crusa varietal, y aunque la variedades de Puerto Rico fueron bajas en rendimiento, los rendimientos más altos se obtuvieron en las cruza de variedades de Puerto Rico con la variedades de Estados Unidos. Esto sugiere que las cruza de material ampliamente divergente, pueden tener potencial útil para mejorar el rendimiento a pesar de su pobre adaptación.

Moll *et al.* (1965) cruzaron poblaciones de cuatro diferentes regiones; sudeste de los Estados Unidos, medio oeste de los Estados Unidos, Puerto Rico y sur de México, en todas la combinaciones posibles. Las resultantes F_1 fueron avanzadas a F_2 , estas cruza fueron evaluadas en las cuatro regiones de origen de las poblaciones, para medir la relación de heterosis con la diversidad genética. Los resultados indicaron que la heterosis se incrementó con el incremento de la divergencia dentro de un rango restringido de divergencia genética, pero cuando hubo extremada divergencia entre las cruza la heterosis tuvo un decremento.

Garza *et al.* (1962) presentaron un método para identificar híbridos de maíz con el mismo pedigrí. Este método consiste en comparar la progenie de autofecundación (F_2) de cada uno de los híbridos bajo observación y la progenie de las cruzas entre los dos híbridos. Si los dos híbridos tienen el mismo pedigrí, las tres poblaciones (los dos F_2 -s y la progenie de los dos híbridos) deberían dar el mismo resultado. Sus resultados indicaron que el método puede ser algo prometedor para identificar cruzas dobles la cuales difieren por 4, 3, 2 y 1 línea y antes de la aplicación del método para este propósito se sugieren pruebas con material de pedigrí conocido.

Troyer *et al.* (1988) definieron la vulnerabilidad genética como la susceptibilidad potencial de un cultivo a un futuro ataque por estrés biológico o ambiental, debido al crecimiento de biotipos uniformes creciendo en una gran área geográfica. El propósito de su estudio fue desarrollar y probar un método para medir la diversidad genética en maíz y para evaluar la vulnerabilidad genética en la faja maicera de los Estados Unidos, comparando la diversidad genética entre híbridos de dos compañías. La diversidad genética fue estimada por la formula $GD = 1 - ((H-C) / (H-S))$ donde GD = diversidad genética; H = comportamiento promedio de los híbridos; C = comportamiento de la crusa de híbrido por híbrido y S= comportamiento promedio de la descendencia de los híbridos autofecundados. El método supone que la heterosis es causada por dominancia y que la epistasis está ausente. Un valor de C más alto que H (menos depresión endogámica), indica mayor diversidad genética entre los híbridos; mientras que H menor que C (mayor depresión por endogamia),

indica menor diversidad genética. Dos híbridos idénticos tendrían un $GD = 0$; dos híbridos estrechamente relacionados un $GD = 0.25$, probablemente estén relacionados en ambos lados del pedigrí; dos híbridos con una línea en común y otra línea no relacionada ($A \times B$ y $A \times C$) tendría un $GD = 0.5$, sin embargo, esta puede diferir significativamente de 0.5 debido a la aptitud combinatoria específica de la línea no relacionada ($B \times C$); dos híbridos ligeramente relacionados tendrán un $GD = 0.75$ y probablemente tendrían líneas no relacionadas en un lado del pedigrí y distantemente relacionadas (primas) en el otro lado del pedigrí; híbridos no relacionados tendrían un $GD \geq 1.0$

Melchinger *et al.* (1990a) realizaron un trabajo, primero para comparar dos dialélicos producidos uno por 6 líneas antiguas liberadas en 1950 y 6 líneas nuevas liberadas durante los 70s, primero con respecto a: (1) variación genética para RFLPs; (2) el tamaño de la heterosis y los efectos epistáticos, y segundo para evaluar la utilidad de los RFLPs para medir distancias genéticas, predicción de heterosis y el desarrollo de cruzas simples. Los efectos genéticos fueron estimados de medias generacionales utilizando el modelo Eberhart-Gardner. Las líneas nuevas mostraron mayor rendimiento para generaciones de endogamia que las líneas antiguas, pero tuvieron menor heterosis. La media y el rango de las distancias genéticas para las líneas nuevas y antiguas fue similar, sugiriendo que a un nivel molecular la heterocigocidad no ha cambiado las correlaciones de las distancia genéticas con la F_1 . La aptitud combinatoria específica y heterosis para rendimiento y componentes de rendimiento fueron

generalmente positivos, pero demasiado pequeños para ser un valor predictivo. Los resultados mostraron que los RFLPs pueden ser usados para investigar la relación entre líneas, pero tiene una utilidad limitada para predecir heterosis de cruza simple entre líneas no relacionadas.

Lee *et al.* (1989) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la utilidad de los RFLPs para aclarar o explicar patrones heteróticos entre líneas de maíz, ocho líneas y sus 25 híbridos fueron evaluados para rendimiento de grano en dos localidades de Iowa en dos años durante un diseño bloques al azar. El dialélico permitió la estimación de los efectos de ACG y ACE. Los resultados obtenidos indicaron que el rendimiento de grano, aptitud combinatoria específica y la heterosis estuvieron significativamente correlacionadas con las distancias genéticas obtenidas por medio de RFLPs.

Melchinger *et al.* (1990b) evaluaron 20 líneas de maíz clasificadas como de primer ciclo, segundo ciclo, líneas buenas y pobres en cruza dialélica dentro de tipos. Se evaluaron ocho generaciones (padres, F_1 , F_2 , F_3 , retrocruzas y autofecundación de retrocruzas) de 67 cruza para medir efectos genéticos por el modelo Eberhart-Gardner. Ellos observaron que las correlaciones de las distancias genéticas medidas con RFLPs con F_1 , rendimiento y heterosis, heterosis específica y aptitud combinatoria específica fue positiva pero pequeña ($r \leq 0.5$), indicando estos resultados que los RFLPs pueden ser usados para investigar pedigrí entre líneas de maíz, pero también

sugieren que las distancias genéticas medidas por medio de RFLPs son de uso limitado para predecir desarrollo heterótico de cruzas simples entre líneas no relacionadas.

Smith *et al.* (1989a) examinaron 37 líneas de maíz con 31 enzimas, abarcando un amplio rango relacionado al pedigrí, indicando que la relación del pedigrí fue un mejor predictor que las distancias por isoenzimas, para la predicción de cruzas simples o de la heterosis.

Smith *et al.* (1990) calcularon distancia genéticas de 37 líneas relacionadas y no relacionadas de la faja maicera de los Estados Unidos. Las distancias genéticas calculadas en datos de RFLPs, estuvieron fuertemente correlacionados con los coeficientes de parentesco entre pares de líneas. Las distancia basadas en RFLPs tuvieron una alta correlación con el desarrollo y rendimiento de las cruzas simples y con la heterosis. Las distancia basadas en pedigrí con respecto a rendimiento y heterosis, tuvieron una correlación de 0.81 y 0.72 respectivamente, mientras que las distancias basadas en RFLPs tuvieron para rendimiento una correlación de 0.87, mientras que para heterosis fue de 0.76.

Las principales utilidades de conocer la diversidad genética y la heterosis entre líneas, híbridos, poblaciones y razas de maíz son las siguientes (Crossa *et al.*, 1990):

- * Crear variabilidad genética en programas de mejoramiento.
- * Evitar vulnerabilidad genética en los cultivos.
- * Implementar programas de selección recurrente entre dos poblaciones que muestren heterosis.
- * Desarrollo de híbridos de líneas derivadas de los híbridos, poblaciones y razas que presenten mayor heterosis.
- * Desarrollar variedades sintéticas con las mejores líneas seleccionadas de las poblaciones, razas o híbridos.
- * Mejoramiento de híbridos simples, cada línea puede ser cruzada para ser mejorada con híbridos o poblaciones que muestren heterosis entre sí.
(Selección gamética o mejoramiento por pedigrí etc.)
- * Introducir patrones heteróticos encontrados en las cruces de híbridos, poblaciones o razas, en variedades o híbridos comerciales.

Análisis de Conglomerados.

El agrupamiento de genotipos o individuos ha jugado un papel muy importante para los fitomejoradores, ya que por medio de estos métodos se pueden agrupar o separar individuos de diferente constitución genética (e.g. patrones heteróticos) y utilizarlos como una forma potencial para propósitos específicos en el mejoramiento genético.

Existen varias formas de realizar agrupamientos, la primera de ellas es agrupar genotipos o colecciones en base a características agronómicas,

morfológicas, etc., usando diferentes variables estadísticas como medias, rangos, correlaciones, desviaciones estándar, etc. Esta forma no es muy exacta para agrupar individuos similares genéticamente, pero tiene la ventaja de que puede agrupar una gran cantidad de individuos. Esta metodología ha sido usada principalmente para agrupar colecciones, (Peeters y Martinelli 1989., Rincón *et al.* 1996), pero su uso es limitado para definir patrones heteróticos.

Otra forma de realizar agrupamientos, es haciendo cruzas dialélicas y por medio de los efectos de ACE y heterosis, se pueden hacer agrupamientos de los genotipos. Esta forma de agrupar, tiene la desventaja de que el número de individuos que se pueden agrupar no es muy grande, debido a la gran cantidad de cruzas que se tienen que realizar, pero es el que da mejor información de distancia genética de los individuos estudiados, debido a la información que se obtiene al cruzar los individuos en forma dialélica, y por lo tanto todavía en la actualidad es el método con el que se pueden formar patrones heteróticos para la formación de variedades de polinización libre e híbridos.

Por último, uno de los métodos que pudieran ser mas exactos en cuanto al agrupamiento de individuos en base a su relación genética, es el uso de marcadores genéticos moleculares como los son izoenzimas, RFLPs, RAPDs, AFLPs, etc. Estos han sido utilizados ampliamente para medir diversidad genética y agrupamiento de líneas (Lee, *et al.* 1989; Smith, *et al.* 1990; Melchinger, 1990a, y Mumm 1994) o de híbridos de maíz (Smith y Smith, 1989b). Todos estos investigadores usaron análisis de conglomerados para la

agrupación de líneas o de híbridos relacionados genéticamente. Una ventaja de este método es que se puede evaluar una gran cantidad de individuos, sin embargo, se ha llegado a la conclusión que las distancias genéticas medidas por marcadores es de uso limitado para predecir patrones heteróticos entre líneas de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo en el Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario E. Castro Gil" de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el ciclo 1995-96

Material Genético.

El material genético utilizado en este trabajo de investigación fue el resultado de un dialélico entre 13 híbridos comerciales de maíz (78 cruzas) mas los 13 híbridos progenitores lo cual da un total de 91 genotipos.

Cuadro 3.1 Material Genético utilizado en el presente trabajo.

	HIBRIDO	COMPañIA	No. de Líneas
1	C220	CARGILL	3
2	C221	CARGILL	3
3	A7500	ASGROW	3
4	PP9603	DEKALB	2
5	PP9539	DEKALB	2
6	PP9538	DEKALB	2
7	AN447	I.M.M	3
8	AN454	I.M.M	4
9	AN450	I.M.M	4
10	AN453	I.M.M	4
11	AS910	ASPROS	4
12	AS4450	ASPROS	3
13	AS948	ASPROS	3

Metodología

La formación de las cruzas se llevo a cabo en el ciclo de invierno 1995-96 en la localidad de Tepalcingo Morelos, las cruzas resultantes junto con los padres fueron evaluadas en el ciclo primavera verano de 1996 en tres localidades representativas del bajo mexicano.

La siembra se efectuó para cada una de las localidades de manera independiente de acuerdo a las fechas de siembra establecidas regionalmente. En Celaya, Gto. (L₁) se realizó el 30 de abril de 1996; Celaya, Gto (L₂) 30 de junio, y Sandia el Grande N.L. (L₃) el 1 de mayo del mismo año. La parcela experimental en las tres localidades fue de dos surcos de 4.41 m de largo por 0.75 m de ancho dando una área de parcela útil de 6.615 m², con 21 plantas por surco y dos repeticiones por tratamiento. La siembra del material experimental se llevó al cabo en forma manual, depositando dos semillas por golpe, para posteriormente aclarear a una planta por mata y así asegurar al número óptimo de plantas. El desarrollo del cultivo fue bajo condiciones de riego, con la aplicación oportuna de plaguicidas cuando fue necesario.

Celaya, Gto.- Se sitúa a 20°32' latitud Norte; 100°49' longitud Oeste, con una altitud de 1754 msnm; con una temperatura media anual de 20.6°C y una precipitación pluvial anual de 597.3 mm.

Sandia el Grande, N. L.- Se sitúa a 24°49' latitud Norte; 100°04' longitud Oeste, con una altitud de 1654 msnm; con una temperatura media anual de 18.6° C y una precipitación pluvial anual de 365.0 mm.

La fórmula de fertilización aplicada (N-P-K), fue 180-90-00, la cual se distribuyo en dos partes; la primera al momento de la siembra (90-90-00), y la segunda en el primer cultivo. El número de riegos aplicados fue variable, esto estuvo en función de los requerimientos específicos de cada localidad.

Toma de Datos

Las características que se midieron en los genotipos evaluados en las tres localidades fueron las siguientes.

Días a Floración Masculina (FM). Expresado como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas de la parcela presentaban un 50 por ciento de anthesis.

Días a Floración Femenina (FH). Expresado como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas en la parcela presentaban emergencia de estigmas.

Altura de Planta (AP). Longitud en cm desde la base del tallo hasta la base de la espiga, de un muestreo de 10 plantas tomadas al azar en la parcela.

Altura de Mazorca (AM). Longitud en cm tomada desde la base del tallo, hasta el nudo de inserción de la mazorca, de un muestreo de 10 plantas tomadas al azar.

Acame de Raíz (AR). Porcentaje de plantas en la parcela que tuvieron una inclinación mayor de 30 grados con respecto a la vertical.

Acame de Tallo (AT). Porcentaje de plantas de la parcela que presentaron quebramiento en el tallo por debajo de la mazorca.

Mala Cobertura (MC). Porcentaje de plantas de la parcela cuyas brácteas no cubre el total de la mazorca.

Mazorcas Podridas (MP). Se consideraron podridas, aquellas mazorcas que tuvieron más de un 10 por ciento de granos podridos, expresado en por ciento en función del número total de mazorcas por parcela.

Número de Plantas Cosechadas (NPC). Total de plantas cosechadas en la parcela útil.

Número de Mazorcas Cosechadas (NMC). Total de mazorcas cosechadas en cada parcela útil.

Peso de Campo (PC). Peso de mazorcas por parcela al momento de la cosecha.

Rendimiento por hectárea (RE). Para estimar este rendimiento, se utilizó la siguiente metodología:

Se tomó una muestra aleatoria de 250 gr. de grano de varias mazorcas de la parcela para determinar el contenido de humedad al momento de la cosecha con un determinador Steinlite modelo RCT. Calculándose el porcentaje de materia seca por diferencia con el 100 por ciento. El peso seco se estimó multiplicando el porcentaje de materia seca por el peso de campo.

Finalmente el rendimiento en mazorca al 15.5 por ciento de humedad, se obtuvo al multiplicar el peso de campo por factor de conversión a ton/ha.

$$FC = \frac{10,000m^2}{APU \times 0.845 \times 1000}$$

Donde:

FC = Factor de conversión a ton/ha.

APU = Área de parcela útil (distancia entre surcos x distancia entre plantas x número óptimo de plantas por parcela) en metros.

0.845= Constante para obtener el rendimiento al 15.5 por ciento de humedad.

1000= Coeficiente para obtener el rendimiento en ton/ha.

10,000 m² = Superficie de una hectárea.

Análisis dialélico.

El valor genético de los híbridos comerciales actualmente en uso, para ser usados como fuente de germoplasma de mejoramiento se evaluó a través del comportamiento de las cruzas y de los progenitores mismos realizando un análisis de aptitud combinatoria general y específica, basándose en el análisis propuesto por Griffing (1956), utilizando el método IV (el cual solo incluye las cruzas directas F₁). El modelo lineal aditivo fue el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} = Valor fenotípico observado de la craza con progenitores i y j

μ = Media general.

g_i, g_j = Efecto de ACG del progenitor i, j

s_{ij} = Efecto de ACE de la craza (ij)

e_{ij} = Error experimental.

Cuadro 3.2 Cuadro indicativo de analisis de varianza dialélico método (IV)
Griffing (1956).

F.V.	G.L.	S.C.
BLOQUES	$r-1$	$\frac{\sum 2Y'_{..} - 2Y'_{..}}{p(p-1) - rp(p-1)}$
CRUZAS	$\frac{p(p-1)}{2} - 1$	$\frac{\sum Y'_{ij} - 2Y'_{..}}{r - rp(p-1)}$
ACG	$p-1$	$\frac{\sum G_i - 4Y'_{..}}{r(p-2) - rp(p-2)}$
ACE	$\frac{p(p-3)}{3}$	SC(Cruzas)-SC(ACG)
Error.	Por diferencia	Por diferencia.
Total	$\frac{rp(p-1)}{2} - 1$	$\sum \sum \sum Y'_{ijk} - \frac{2Y'_{..}}{rp(p-1)}$

Los efectos se estimaron de la siguiente manera.

$$g_i = \frac{1}{p(p-2)}(pX_i - 2X'_{..})$$

$$s_{ij} = X_{ij} - \frac{1}{p-2}(X_{i.} + X_{.j}) + \frac{2X_{..}}{(p-1)(p-2)}$$

Donde:

g_i = Aptitud combinatoria general. (ACG) del i-ésimo progenitor.

s_{ij} = Aptitud combinatoria específica (ACE) de la cruce entre el i-ésimo y j-ésimo progenitor.

p = Número de progenitores.

$X_{i.}$ = Total del progenitor i.

$X_{.j}$ = Total del progenitor j.

X_{ij} = Total de la cruce.

$X_{..}$ = Gran total.

Para la determinación de la confiabilidad de los datos obtenidos para los análisis de varianza, se estimó el coeficiente de variación (C. V.) mediante la fórmula siguiente.

$$C.V = \frac{\sqrt{C.M.E.E}}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

C.V = Coeficiente de variación, expresado en porcentaje.

C.M.E.E = Cuadro medio del error experimental

\bar{X} = Media general del experimento

Al encontrar diferencias significativas, con el análisis de varianza se realiza la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), mediante la siguiente fórmula.

$$DMS = t_{\alpha/2, glee} \sqrt{\frac{2CMEE}{r}}$$

Donde:

$t_{\alpha/2, (glee)}$ = el valor de t a un valor de probabilidad de los grados de libertad del error.

CMEE = Cuadrados medio del error experimental.

r = Repeticiones

Cuadro 3.3 Cuadro de análisis de varianza combinado.

Loc	l-1
Rep/Loc	r(l-1)
Cruzas	n-1
ACG	p-1
ACE	p(p-3)/2
Cruzas x Loc.	(n-1) (l-1)
ACG x Loc	(p-1) (l-1)
ACE x Loc	p(p-3) (l-1)/2
Error	l(n-1) (r-1)
Total	lnr-1

El modelo para el análisis de varianza combinado a través de localidades fue el siguiente.

$$Y_{ijknm} = \mu + \alpha_k + \beta_n(k) + \gamma_m + g_i + g_j + s_{ij} + (\alpha\gamma)_{km} + (g\alpha)_{ik} + (g\alpha)_{jk} + (s\alpha)_{ijk} + e_{ijknm}$$

Donde:

Y_{ijknm} = Dato observado en la craza m en la repetición n de la localidad k ,
formado por los progenitores i y j .

μ = efecto de la media general.

α_k = efecto de la k-ésima localidad.

$\beta_n(k)$ = efecto de la n-ésima repetición dentro de la k-ésima localidad.

γ_m = efecto de la m-ésima cruza.

g_i, g_j = efecto de ACG del i-ésimo y j-ésimo progenitor.

s_{ij} = efecto de ACE entre el i-ésimo y j-ésimo progenitor.

$(\alpha\gamma)_{km}$ = efecto de la m-ésima cruza en la k-ésima localidad

$(g\alpha)_{ik}$ = efecto de ACG del i-ésimo progenitor en la k-ésima localidad.

$(g\alpha)_{jk}$ = efecto de ACG del j-ésimo progenitor en la k-ésima localidad.

$(s\alpha)_{ijk}$ = efecto de ACE entre el i-ésimo y j-ésimo progenitor en la k-ésima localidad.

e_{ijknm} = error experimental.

Además de los análisis de varianza dialelicos, también se realizó un análisis de varianza de acuerdo al Modelo II propuesto por Gardner y Eberhart (1966), para cada una de las localidades y un combinado a través de localidades.

3.

Cuadro 3.4 Análisis de varianza individual de acuerdo al Modelo II de Gardner y Eberhart (1966).

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD
Repeticiones.	$r-1$
Cruzas e Híbridos (F_1)	$[n(n+1)/2]-1$
Híbridos.	$n-1$
Heterosis.	$n(n-1)/2$
Het. Promedio.	1
Het. Varietal.	$n-1$
Het. Especifica.	$n(n-3)/2$
Error.	$(r-1)(t-1)$
TOTAL	$rt-1$

Cuadro 3.4 Análisis de varianza combinado de acuerdo al Análisis II de Gardner y Eberhart (1966).

<i>F.V</i>	<i>G.L.</i>
AMBIENTES	$e-1$
REP/AMBIENTES	$(r-1)e$
CRUZAS E HIBRIDOS (F_1)	$[n(n+1)/2]-1$
HIBRIDOS	$n-1$
HETEROSIS	$n(n-1)/2$
HET. PROMEDIO	
HET. VARIETAL	
HET. ESPECIFICA	$n(n-1)$
CRUZ. E HIB. F_1 X AMB.	$\{[n(n+1)/2]-1\} \{e-1\}$
HIB. X AMB.	$(n-1) (e-1)$
HET. X AMB.	$[n(n-1)/2] (e-1)$
HET.PROM. X AMB.	$1(e-1)$
HET. VAR. X AMB.	$(n-1) (e-1)$
HET. ESP. X AMB.	$[n(n-3)/2] (e-1)$
ERROR.	$(r-1) (t-1) e$

En el análisis de Gardner y Eberhart el modelo matemáticos de los híbridos o poblaciones (Y_j o $Y_{j'}$) y las cruzas ($Y_{jj'}$) se expresa de la manera siguiente:

$$Y_j = \mu_v + v_j$$

$$Y_{j'} = \mu_v + v_{j'}$$

$$Y_{jj'} = \mu_v + \frac{1}{2}(v_j + v_{j'}) + h_{jj'}$$

Donde:

μ_v = Media de los padres.

v_j y $v_{j'}$ = Efecto de los híbridos j y j' .

$h_{jj'}$ = Efecto de la heterosis correspondiente a la cruce j y j' .

El efecto de heterosis fue subdividido de la manera siguiente:

$$h_{jj'} = h + h_j + h_{j'} + s_{jj'}$$

Donde:

h = heterosis promedio.

h_j = heterosis varietal contribuida por la variedad j .

$h_{j'}$ = heterosis varietal contribuida por la variedad j' .

s_{ij} = efecto de la heterosis correspondiente a la cruce i y j .

La estimación de la diversidad genética entre híbridos se estimó por medio de la fórmula de Troyer (1988) de la siguiente forma.

$$GD = 1 - \frac{H - C}{H - S}$$

Donde:

GD = Diversidad genética entre híbridos.

H = Comportamiento promedio de los híbridos.

C = Comportamiento de la cruce híbrido por híbrido

S = Comportamiento de la progenie de los híbridos

autofecundados.

La estimación de la heterosis entre los híbridos se hizo en base al progenitor medio de la siguiente forma.

$$H = \frac{F_1 - MP}{MP}$$

Donde:

H = Heterosis

F_1 = La media de la primera generación de la cruce entre los dos progenitores.

MP = Media de los progenitores

El método de análisis de agrupamiento (Cluster Analysis) que se usó para el agrupamiento de los híbridos en base a diversidad genética y heterosis fue el siguiente:

UPGMA Esta estrategia computa la distancia promedio para formar un agrupamiento (i, j). Este proceso usa las distancias de todos los pares de individuos en el cluster (n_i, n_j) las distancias entre el grupo (i, j) y otro cluster H es obtenido por:

$$D_{(ij)H} = \frac{\sum_i \sum_j D_{ik}}{N(K)N(H)}$$

Donde D_{ik} es la distancia entre individuos en el cluster (i, j) e individuos en el cluster H. N_K y N_H es el número de datos en el cluster (i, j) y H respectivamente. los parámetros usados por la fórmula combinatoria son: $\alpha_i = \alpha_j = 0.5$; $\beta = 0$; y $\gamma = -0.5$ (Everitt, 1980; Lance y Williams 1969)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En base a la hipótesis planteada en el presente trabajo, de que si existe diferente fondo genético entre los híbridos utilizados, se discute lo siguiente.

En el Cuadro 4.1 se muestran los cuadrados medios de los análisis de varianza dialélicos de las características rendimiento ($t\ ha^{-1}$), altura de planta (cm), humedad de grano (por ciento) y días a floración masculina de las 78 cruas resultantes entre 13 híbridos comerciales, evaluadas en las localidades de Celaya, Gto. (2 fechas) y Sandia, Nuevo León en el año de 1996. Se observa que hubo diferencias significativas ($p < 0.01$) entre repeticiones para las características días a floración en Celaya II y Rendimiento en Sandia, N.L. y diferencias significativas ($p < 0.05$) para las características altura de planta y días a floración en Sandia N.L.: esto fue principalmente a causa de que las condiciones edáficas no fueron lo suficientemente homogéneas en esta localidad.

Asimismo, existieron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre cruas para rendimiento en Celaya I, Humedad de grano y días a floración en Celaya II y rendimiento, humedad de grano y días a floración para Sandia N.L. y

Cuadro 4.1 Cuadros medios de los análisis de varianza individuales para las características rendimiento, altura de planta, humedad de grano y días a floración

FV	G.L.	CELAYA I					CELAYA II					SANDIA N.L.		
		REND. t ha ⁻¹	ALT. cm	H.G. %	REND. t ha ⁻¹	ALT. cm	HG %	DAF. d	REND. t ha ⁻¹	ALT. cm	H.G %	DAF. d		
REP	1	0.544	0.004	11.093	0.002	23.077	0.016	132.92**	74.37**	1476.92*	0.0034	14.16*		
CRUZAS	77	4.177**	403.28	10.722	4.603*	430.45*	6.865**	10.01**	18.34**	314.23	19.63**	16.6**		
ACG	12	8.783**	513.753	18.460*	2.256	642.89*	21.06*	42.32**	74.22**	826.78**	25.86**	84.82**		
ACE	65	3.327	382.88	9.249	5.037*	391.22	4.243*	4.038	8.02**	219.66	18.48**	4.001		
ERROR	77	1.239	423.16	1.21	2.771	291.58	0.016	2.832	3.752	272.38	0.0042	3.24		
C.V.(%)		8.02	8.04	9.27	9.22	6.50	0.81	2.2	17.98	9.91	0.000	2.11		
DMS 5%		2.202	40.73	2.178	3.295	33.8	0.25	3.33	3.835	32.68	0.00	2.876		
MEDIA		13.875	255.92	29.91	18.055	262.69	15.86	76.39	10.775	166.61	12.57	85.15		
MAXIMO		16.745	287.5	35.1	21.7848	295.00	19.6	82.0	18.745	195.00	24.7	94.00		
MINIMO		10.488	200.0	21.2	14.523	230.0	10.6	71.0	5.494	135.0	7.9	76.00		

*** Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente.

diferencias significativas ($p < 0.05$) para las características rendimiento y altura de planta en Celaya II, indicándonos esto que los híbridos usados como progenitores contienen diferencias en su patrimonio genético. En general, lo que se traduce que las cruzas sean diferentes entre sí para las características anteriormente mencionadas.

Respecto a la aptitud combinatoria general (ACG) hubo diferencias significativas ($p < 0.01$) para las características rendimiento en Celaya I, días a floración en Celaya II y rendimiento, altura de planta, humedad de grano y días a flor en Sandia, N.L. y diferencias significativas ($p < 0.05$) para las características humedad de grano en Celaya I, altura de planta y humedad de grano en Celaya II, estas diferencias nos indican que al menos un híbrido difiere de los otros usados en esta investigación, en aptitud combinatoria general (ACG), para las características mencionadas, esto debido principalmente a los efectos aditivos.

En cuanto a la aptitud combinatoria específica (ACE), existieron diferencias significativas ($p < 0.01$) para las características rendimiento, y humedad de grano en Sandia, N.L. y diferencias significativas ($p < 0.05$) para rendimiento y humedad de grano en la localidad de Celaya II, indicando que al menos una de las cruzas difiere de las demás en ACE para estas características, esto a causa de los efectos no aditivos y a las diferencias genicas de los híbridos.

Al desglosar las cruzas en ACG y ACE y a pesar de haber obtenido esas diferencias significativas, en la localidad de Celaya I para las tres características agronómicas rendimiento, altura de planta y humedad de grano se observó que los efectos del tipo no aditivo (ACE) contribuyeron con 67, 80 y 73 por ciento, mientras que los efectos aditivos (ACG) contribuyeron con 33, 20 y 27 por ciento en la varianza total de las cruzas, esto es quizá a la heterosis obtenida de las combinaciones híbridas resultantes. Para la localidad de Celaya II se presentaron los siguientes resultados, con 92, 77, 52 y 34 por ciento de efectos no aditivos (ACE) y 8, 23, 48 y 66 por ciento de efectos aditivos, casi similares que en Celaya I, excepto para días a flor donde fueron mayor los efectos aditivos, que los no aditivos esto es quizá debido a que en esta característica no existe mucho el beneficio de la heterosis, ya que la mayoría de los híbridos utilizados en este estudio tienen días a floración muy similar.

En cuanto a la localidad de Sandia, N.L. para la característica rendimiento los efectos del tipo aditivo (63 por ciento), contribuyeron más a las cruzas que los efectos del tipo no aditivo (37 por ciento) estos resultados no fueron similares a las otras localidades debido a que en esta localidad existió heterogeneidad del suelo y por lo tanto las estimaciones de varianza se vieron sobrestimadas, para las características de altura de planta, humedad de grano y días a floración los resultados fueron similar que en las otras localidades, con

59, 81, y 20 por ciento de efectos no aditivos (ACE) y 41, 19 y 80 por ciento de efectos aditivos (ACG) para las características anteriormente mencionadas.

En el Cuadro 4.1 también se observan los coeficientes de variación y las medias para cada una de las características evaluadas en las diferentes localidades, siendo los coeficientes de variación (por ciento) 8.02, 8.04 y 9.27 y las medias 13.875 ($t\ ha^{-1}$) 255.92 (cm) y 29.91 (por ciento) rendimiento, altura de planta y humedad de grano respectivamente, en Celaya I; Los coeficientes de variación (por ciento) 9.22, 6.50, 0.81 y 2.2 y medias 18.055 ($t\ ha^{-1}$), 262.69 (cm), 15.86 y 76.39 días para las características rendimiento, altura de planta, humedad de grano y días a floración para Celaya II; los coeficientes de variación (por ciento) 17.98, 9.91, 0.00 y 2.11 y medias 10.775 ($t\ ha^{-1}$), 16.61 (cm), 12.57 y 85.15 días para rendimiento, altura de planta humedad de grano y días a floración para la localidad de Sandia N.L. (el coeficiente de variación de cero para humedad de grano fue debido a que solo se analizó una repetición). Estos coeficientes de variación indican que los experimentos fueron bien conducidos y que no existió mucha variación en la heterogeneidad del suelo en la localidades donde fueron evaluados estos experimentos, excepto en la localidad de Sandia, N.L. donde se observó un coeficiente de variación alto, debido principalmente a este factor. En cuanto a las medias de rendimiento en Celaya I y Celaya II, existió una diferencia significativa a causa de la fecha de siembra, en la localidad donde se sembró en la fecha optima (Celaya II) se obtuvo una mejor media de rendimiento 18.055 $t\ ha^{-1}$, contra

13.875 t ha⁻¹, de la fecha tardía (Celaya I), debido a que los materiales sembrados en fechas tardías tienden a acortar su ciclo de vida resultando en menos días a floración y menor altura de planta (Cuadro 4.1) y por consiguiente una media de rendimiento más bajo. A pesar de esto se obtuvieron mejores medias de rendimiento que en la localidad de Sandia, ya que en la localidad de Celaya las condiciones climáticas y edáficas son más favorables para el desarrollo de este cultivo.

En el Cuadro 4.2 se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza dialélicos combinados para las cuatro características agronómicas evaluadas durante el ciclo primavera verano en el año de 1996, en la localidad de Celaya, Gto. en dos fechas de siembra y en la localidad de Sandia, N.L. Se puede observar que hubo diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre localidades para todas las características evaluadas, lo que indica que las condiciones climáticas y edáficas para cada localidad son diferentes; también se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre cruzas para todas las características evaluadas, las cuales pueden ser atribuidas a la gran diversidad genética que presentan los progenitores, haciendo posible la identificación de cruzas tardías, precoces, de porte alto o bajo y sobre todo cruzas rendidoras.

Al desglosar la fuente de variación cruzas en ACG y ACE, se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre efectos de ACG para todas

en Sandía, N.L.

FV	GL.	RENDIMIENTO t ha ⁻¹	ALTURA DE PLANTA cm	HUM. DE GRANO %	GL.	DIAS A FLOR d
LOC.	2	2082.02**	448715.118**	13232.67**	1	5971.875**
REP/LOC.	3	24.970	501.335	3.703	2	73.542
CRUZAS	77	9.813**	499.695**	16.081**	77	21.819**
ACG	12	25.425**	959.328**	37.286**	12	115.085**
ACE	65	6.931**	414.840**	12.164**	65	4.600*
CRUZAS X LOCS.	154	8.653**	324.54	10.569**	77	4.784**
ACG X LOCS.	24	29.873**	512.047**	20.367**	12	6.020**
ACE X LOCS	130	4.743**	289.466	8.761**	65	1.721
ERROR	231	2.587	329.041	2.571	154	3.035
C.V. (%)		11.30	7.94	8.24		2.16
D.M.S. (5%)		1.820	20.52	1.814		2.41
MEDIA.		14.235	228.38	19.4		81.00
MAXIMO		17.583	249.00	23.65		87.00
MININO		11.945	207.00	13.4		75.00

* ** Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente.

las características evaluadas; diferencias significativas ($p \leq 0.01$) para ACE en las características rendimiento y humedad de grano y diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para días a flor masculina.

La contribución a la varianza del rendimiento atribuible a las cruzas esta constituida por un 40.4 por ciento de efectos aditivos (ACG) y un 59.6 por ciento de efectos no aditivos (ACE). Esta superioridad de los efectos no aditivos sobre los aditivos puede ser debido a la heterosis resultante de las combinaciones híbridas entre los progenitores. Para las características altura de planta y humedad de grano se observaron mayores efectos del tipo no aditivo que aditivo, 70 por ciento de ACE y 30 por ciento de ACG para altura de planta y 64 por ciento ACE y 36 por ciento de ACG para humedad de grano. Estos resultados se deben a que en estos caracteres también existió el beneficio de la heterosis, como lo hubo en rendimiento; en lo que respecta a días a floración se observaron mayores efectos del tipo aditivo ACG (82 por ciento) que el no aditivo ACE (18 por ciento) a causa de que los híbridos utilizados tienen días a floración similar y no es mucho el beneficio de la heterosis. En este Cuadro también se presentan el coeficiente de variación, la media, máximo y mínimo de las características evaluadas, donde se observa que los coeficientes de variación son aceptables para las características evaluadas y que existe una buena amplitud entre estas para seleccionar buenos genotipos.

Se encontraron también diferencias significativas ($p \leq 0.01$) para cruzas por localidad para todas las características evaluadas, indicando esto que las cruzas no tienen la suficiente información genética para amortiguar las condiciones de los ambientes donde fueron evaluadas, es decir, no tienen estabilidad y varía su posición de localidad en localidad, de tal modo que si en una localidad una craza tuvo un buen resultado, en otra localidad tuvo un mal resultado, lo cual es importante para seleccionar cruzas que se adapten a cada ambiente o que se comporten bien en todos los ambientes donde fueron evaluadas, según el interés del mejorador.

Para la interacción ACG por localidad existieron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) para todas las características evaluadas, en cambio para la interacción ACE por localidad solo existieron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) para rendimiento y humedad de grano. La interacción ACG x Loc. revela la importancia de los efectos aditivos en las características mencionadas, indicando también que los efectos de ACG de los padres para estas características cambia de localidad en localidad y por lo tanto se deben seleccionar aquellos que tengan mejores efectos de ACG a través de los ambientes para las características evaluadas, en cuanto a ACE X Loc, las significancias para rendimiento y humedad de grano nos indican que las cruzas no mantienen su ACE a través de los ambientes; sin embargo, aunque existieron estas diferencias significativas, se observó que para rendimiento los efectos aditivos y no aditivos contribuyeron casi en forma equilibrada a las

cruzas siendo estos 53.8 por ciento aditivos y 46.2 por ciento no aditivos; para altura de planta 25 por ciento aditivos, 75 por ciento no aditivos; para humedad de grano 30 por ciento aditivos y 70 por ciento no aditivos y para días a flor 39 por ciento aditivos y 61 por ciento no aditivos.

Al particionar la suma de cuadrados en ACG y ACE casi todos los análisis mostraron, que la mayoría de la variación era atribuida a la ACE (efectos no aditivos), estos valores indican la importancia de los efectos de dominancia en las cruzas en la expresión del rendimiento, esto concuerda con lo obtenido con (Castro, 1964; Cortez, 1985 y González, 1996) que observaron que los efectos de dominancia contribuían más a la varianza de las cruzas con respecto al rendimiento.

En el Cuadro 4.3 se presentan el rendimiento, heterosis del rendimiento y ACE para las características de rendimiento, altura de planta y humedad de grano a la cosecha, de las mejores 25 cruzas evaluadas en la localidad de Celaya, Gto. I. Se observa que la media de los padres híbridos comerciales de cruza triple y doble (14.826 t ha^{-1}), fue superior a la media de las cruzas (seis, siete y ocho líneas) 13.875 t ha^{-1} , en cierta forma esto va de acuerdo con los resultados obtenidos por Neal (1935), que a medida que se incrementa el número de líneas en los híbridos el rendimiento es menor. Además se observa que el mejor padre fue AS948 el cual tuvo una media de rendimiento de 17.682

Cuadro 4.3 Rendimiento, heterosis del rendimiento y ACE para, rendimiento, altura de planta y humedad de grano de las 25 mejores cruzas con base en rendimiento, incluyendo los padres evaluados en Celaya, Gto. I en el año de 1996.

♀	Progenitores.		REND. t ha ⁻¹	ACE. REND. t ha ⁻¹	ACE. ALTURA. cm	ACE. HG. %	HET. %
	♂						
PP9538	AS948		16.745	2.220	-13.45	-2.184	1.50
PP9538	AN447		16.035	0.926	6.10	0.874	2.28
PP9539	AN447		15.864	0.687	-41.63	0.619	9.48
PP9603	AN447		15.752	0.752	-12.99	-1.098	-0.96
PP9539	AS948		15.722	1.131	8.83	-0.339	2.69
A7500	AS948		15.709	0.889	1.53	0.211	0.32
AN450	AS4450		15.678	3.388	2.92	-8.839	3.34
PP9603	PP9538		15.518	0.654	-16.74	1.824	-0.14
A7500	AN454		15.441	1.027	-5.72	-1.048	19.60
A7500	AN447		15.405	0.001	-6.40	-0.88	3.81
PP9603	AS948		15.276	0.861	-12.54	0.792	-8.66
PP9539	AN450		15.224	1.329	6.78	0.038	8.39
C220	AS910		15.131	1.308	-14.36	0.942	0.21
C221	AN454		14.999	1.599	-10.27	-4.144	18.24
PP9603	AS910		14.984	0.606	13.14	1.328	-6.45
C220	AN447		14.981	0.536	-12.99	-0.284	-0.04
PP9538	AS910		14.958	0.469	-2.77	-1.298	-5.27
C221	AN453		14.940	2.353	-3.67	-0.598	4.32
AN447	AS4450		14.904	1.331	2.01	-0.708	-4.56
AS910	AS4450		14.889	1.938	13.14	-0.18	-5.34
A7500	PP9538		14.866	-0.403	7.91	-0.907	2.71
C221	A7500		14.858	0.308	5.87	-0.108	10.80
PP9603	PP9539		14.767	-0.164	8.60	0.869	2.89
PP9539	PP9538		14.740	-0.301	5.19	-0.808	4.35
PP9538	AN453		14.739	1.432	25.87	-1.998	-4.21
MEDIA DE CRUZAS			13.875				
	C220		13.931				
	C221		13.184				
	A7500		13.635				
	PP9603		15.768				
	PP9539		12.938				
	PP9538		15.313				
	AN447		16.043				
	AN454		12.186				
	AN450		15.153				
	AN453		15.459				
	AS910		16.268				
	AS4450		15.189				
	AS948		17.682				
MEDIA DE PADRES.			14.826				

ha⁻¹, seguido por AS910 y AN447 con 16,268 y 16,043 t ha⁻¹, respectivamente.

Las mejores cruzas fueron PP9538 x AS948, PP9538 X AN447 y PP9539 X AN447 con rendimiento de 16.745, 16.035 y 15.864 t ha⁻¹, las cruzas que obtuvieron los mejores efectos de ACE para rendimiento fueron, AN450 X AS4450, C221 X AN453 y PP9538 X AS948 con 3.388, 2.353 y 2.220 t ha⁻¹ respectivamente. Con respecto a la altura de planta, las mejores cruzas fueron PP9539 X AN447, PP9603 X PP9538 y C220 X AS910 con 41.63, -16.74 y -14.36 cm respectivamente; para humedad de grano las mejores fueron AN450 X AS4450 con -8.839 por ciento y C221 X AN454 con -1.14 por ciento. Es importante resaltar de estos resultados que las mejores cuatro cruzas en base al rendimiento fueron producidas por tres híbridos de Dekalb en combinaciones con el AS948 de Aspros y el AN 447 de la UAAAN lo anterior puede ser interpretado en el sentido de que existen diferencias genéticas entre estos híbridos y que además son híbridos de cinco o seis líneas los cuales tienden a rendir más que los híbridos formados por mayor número de líneas. En relación a la heterosis entre los híbridos, la mejor fue obtenida al cruzar A7500 X AN454 con 19.6 por ciento y C221 X AN454 con 8.24 por ciento. Estos valores altos de heterosis pueden deberse al bajo rendimiento de sus progenitores cuando se siembran fuera de la fecha óptima, e los cinco mejores híbridos con base en la heterosis, cuatro fueron formados con híbridos de la UAAAN como macho, y como hembras híbridos de las

restantes compañías excepto Aspros, lo que nos pudiera indicar que los híbridos de Aspros están mas relacionados con los de UAAAN que los de las demás compañías.

En el Cuadro 4.4 se presentan el rendimiento, heterosis del rendimiento y ACE para las características de rendimiento, altura de planta y humedad de grano a la cosecha de las mejores 25 cruzas evaluadas en la localidad de Celaya, Gto. II. Se observa que la media del rendimiento de los padres (19.262 ton/ha), fue superior a la media de las cruzas (18.054 t ha⁻¹), datos similares a los observados en Celaya I, además observa que el mejor padre fue el AN450 de la UAAAN el cual tuvo una media de rendimiento de 22.203 t ha⁻¹, seguido por el híbrido de Aspros AS910 con 21.961 t ha⁻¹.

Se observa que las mejores cruzas fueron, AS910 x AS4450 la cual tuvo un rendimiento de 21.749 t ha⁻¹, PP9538 X AS948 con 21.315 t ha⁻¹, y PP9603 X PP9539 con 21.054 t ha⁻¹, de las mejores cinco cruzas para rendimiento tres fueron hachas con híbridos de Aspros (AS4450 y AS948), uno con el híbrido PP9539 de Dekalb y uno con el AN447 de la UAAAN como machos. Como hembras en estas cruzas participaron híbridos de las restantes compañías, excepto de la Narro. Las cruzas que obtuvieron los mejores valores de ACE para rendimiento fueron, AS910 X AS4450, PP9538 X AS948 y PP9603 X PP9539 con 3.280, 3.015 y 2.457 t ha⁻¹ respectivamente; para altura de planta las mejores fueron PP9603 X AS4450, A7500 X AS948 y PP9603 X PP9539

Cuadro 4.4 Rendimiento, heterosis del rendimiento, y ACE para, rendimiento, altura de planta, días a flor y humedad de grano de las 25 mejores cruzas con base en rendimiento incluyendo los padres evaluados en Celaya, Gto. II. en el año de 1996.

♀	Progenitores		REND. t ha ⁻¹	ACE REND. t ha ⁻¹	ACE. ALTURA cm	ACE. DAF. d	ACE HG. %	HET. %
	♂							
AS910	AS4450		21.749	3.280	-7.95	-0.30	-1.595	4.991
PP9538	AS948		21.315	3.015	15.00	-1.35	-1.177	7.884
PP9603	PP9539		21.054	2.457	-15.91	1.06	-0.668	14.756
A7500	AS948		20.848	2.413	-16.36	0.20	2.295	9.184
C220	AN447		20.334	2.587	-13.18	-1.54	0.859	6.292
PP9539	AN447		20.159	1.735	-5.45	0.11	2.005	7.923
C221	AS948		20.009	1.175	-2.95	-0.21	-0.832	-1.094
C221	AS910		19.945	1.504	10.00	0.20	-0.85	-1.950
PP9539	AN454		19.762	1.377	13.64	1.20	-0.25	10.846
PP9603	AS4450		19.671	1.202	-24.32	-0.12	-0.486	-0.161
C221	AN447		19.669	1.401	16.59	-0.58	0.432	-1.617
PP9538	AN4450		19.516	2.154	-4.77	1.06	0.223	-1.774
A7500	AN454		19.502	1.674	9.77	0.42	-0.495	8.988
AN454	AS948		19.491	0.991	0.91	-0.53	0.332	-5.505
A7500	AS910		19.436	1.394	6.59	0.89	-1.927	2.038
PP9603	AN450		19.421	1.645	-10.91	-1.26	3.014	-8.749
AN454	AS4450		19.399	1.144	24.23	1.02	-0.568	0.133
PP9539	AS948		19.387	0.397	2.50	-0.03	-0.559	3.017
PP9539	AN453		19.386	1.431	-3.64	0.52	-0.786	9.072
PP9603	AS910		19.341	1.020	16.82	1.24	1.795	-8.576
C221	AN454		19.294	1.066	0.68	0.02	-2.423	1.295
C220	AS910		19.156	1.237	-2.27	1.24	-0.123	-1.280
AN453	AS910		19.096	1.416	-13.41	-1.80	2.277	-8.295
C220	AN453		18.903	1.624	-3.86	0.88	0.768	4.139
PP9603	AN454		18.818	0.710	-15.00	0.06	-1.577	-4.735
MEDIA DE CRUZAS			18.054					
	C220		16.842					
	C221		18.708					
	A7500		16.119					
	PP9603		20.039					
	PP9539		15.856					
	PP9538		17.521					
	AN447		21.267					
	AN454		19.380					
	AN450		22.203					
	AN453		19.398					
	AS910		21.961					
	AS4450		19.366					
	AS948		21.748					
MEDIA DE PADRES			19.262					

con -24.32, -16.36 y -15.91 cm respectivamente; para días a floración las cruzas que obtuvieron los mejores valores de ACE fueron AN453 x AS 910 con -1.80 días C220 X AN447 con -1.54 días y PP9538 X AS948 con -1.35 días, y para humedad de grano las mejores fueron C221 X AN454 con -2.423 seguida de AS910 X AS4450 con -1.595, y por ultimo PP9603 X AN454 con -1.577 por ciento. Un dato muy importante es que los mejores cinco valores de ACE del rendimiento concuerdan con las cinco medias de rendimiento. En relación a la heterosis entre los híbridos los mejores valores fueron obtenidos al cruzar PP9603 X PP9539 con 14.756 por ciento, seguido de PP9539 X AN454 con 10.846 por ciento y por último A7500 X AS948 con 9.184 por ciento. Estos valores de heterosis relativamente altas pueden ser debido al bajo rendimiento de sus progenitores cuando se siembran fuera de la fecha optima. Se observa también que de las cinco mejores cruzas para heterosis, tres fueron hechos con los híbridos AN451 y AN453 de la UAAAN, uno con el híbrido PP9539 de Dekalb y otro con el AS948 de Aspros como machos, y como hembra participaron híbridos de Dekalb en tres cruzas y de Asgrow en las otras dos.

En el Cuadro 4.5 se presentan el rendimiento, heterosis del rendimiento y ACE para las características de rendimiento, altura de planta y humedad de grano a la cosecha de las mejores 25 cruzas evaluadas en la localidad de Sandía, N.L., Se observa que la media del rendimiento de los padres fue de 12.727 t ha⁻¹, comparada con la media de las cruzas de 10.775 t ha⁻¹. En

Cuadro 4.5 Rendimiento, heterosis del rendimiento y ACE para, rendimiento, altura de planta, días a flor y humedad de grano de las 25 mejores cruzas con base de rendimiento incluyendo los padres evaluados en Sandia, N.L. en el año 1996.

♀	Progenitores		REND. t ha ⁻¹	ACE. REND. t ha ⁻¹	ACE. ALTURA cm	ACE. DAF. d	ACE. HG. %	HET. %
	♂							
PP9539	AN453		18.745	4.122	16.44	0.765	-2.1	23.50
PP9539	AN450		17.582	3.186	-0.606	-1.462	2.31	16.50
AN453	AS4450		17.181	4.010	2.34	-0.326	0.87	17.20
AN447	AS948		16.420	3.504	17.12	-3.644	13.21	14.90
AS910	AS4450		15.976	2.791	-11.06	-0.098	-3.9	1.50
PP9538	AS910		15.258	2.934	14.16	-1.28	2.56	-6.50
PP9539	AN447		15.194	0.531	-4.92	1.947	-1.312	14.00
AN454	AS948		14.328	2.677	-0.15	-1.871	-1.33	0.20
PP9538	AS948		14.328	2.660	22.57	-1.053	1.54	11.20
PP9539	AN454		14.243	0.845	5.303	0.22	-2.05	6.00
AN447	AS910		14.117	0.541	8.71	0.129	0.14	-23.90
AN450	AS910		13.969	0.659	-1.96	0.22	-0.14	-36.70
PP9539	AS910		13.926	-0.720	10.53	1.492	0.62	-13.80
AN450	AS4450		13.736	0.801	20.3	1.447	-2.22	-5.90
PP9539	AS4450		13.398	-0.875	-4.69	-1.28	3.14	15.60
AN454	AN450		13.314	1.254	2.8	-3.053	6.59	-24.90
AN447	AN450		13.187	-0.139	12.57	0.675	-4.38	-23.70
AN454	AS4450		12.954	1.018	6.21	0.629	1.42	-2.30
PP9539	AS948		12.891	-1.097	-3.56	0.219	-1.41	4.40
C220	AN453		12.885	2.207	-12.65	-0.462	1.45	10.00
AN450	AN453		12.743	-0.541	-3.56	0.992	1.73	-37.90
AN453	AS948		12.722	-0.154	-1.51	-0.826	-0.68	-19.70
PP9538	AN453		12.595	0.295	-4.94	0.992	-1.57	-16.90
AN447	AS4450		12.299	-0.902	3.48	0.856	-1.13	-5.20
PP9538	AS4450		12.257	0.306	-3.56	0.446	-0.82	4.50
MEDIA DE	CRUZAS		10.775					
	C220		5.925					
	C221		10.745					
	A7500		6.205					
	PP9603		9.042					
	PP9539		11.412					
	PP9538		12.215					
	AN447		14.708					
	AN454		15.342					
	AN450		17.921					
	AN453		17.244					
	AS910		20.287					
	AS4450		11.179					
	AS948		13.229					
MEDIA DE	PADRES.		12.727					

general, el comportamiento de los padres y las cruzas siguieron un patrón similar en los tres ambientes de evaluación, siendo la diferencia mayor en la localidad de Sandia, N.L., con un 15.74 por ciento de reducción en promedio, Además se observa que el mejor padre fue el híbrido AS910 con una media de rendimiento de 20.287 t ha^{-1} , seguido por el híbrido AN450, con 17.921 t ha^{-1} .

Por otro lado, las mejores cruzas fueron, PP9539 X AN453 la cual tuvo un rendimiento de 18.745 t ha^{-1} , PP9539 X AN450 con 17.582 t ha^{-1} y AN453 X AS4450 con 17.181 t ha^{-1} . De las mejores cinco cruzas por su rendimiento, tres fueron formadas por híbridos de Aspros y por dos de la UAAAN, como machos. Como progenitores hembras participaron PP9539 de Dekalb en dos cruzas, AS910 en una y en las restantes dos, los híbridos AN447 y AN453 de la UAAAN. Las cruzas que obtuvieron los mejores valores de ACE para rendimiento fueron, PP9539 X AN453, AN453 X AS4450 y AN447 X AS948 con 4.122, 4.010 y 3.504 t ha^{-1} respectivamente; para altura de planta las mejores fueron AS910 X AS4450 con -11.06 cm , C220 X AN453 con -12.65 cm ; para días a floración las cruzas que obtuvieron los mejores valores de ACE fueron AN447 x AS948 con -3.644 días , AN454 X AN450 con -3.053 días ; para humedad de grano las mejores fueron AN447 X AN450 con -4.38 , seguida de AN450 X AS4450 con -2.22 , y por último PP9539 X AN453 con -2.1 por ciento. De igual manera que en la localidad de Celaya II los mejores cinco valores de ACE para rendimiento cuatro coinciden con las mejores cuatro cruzas en cuanto a la media del rendimiento. En relación a la heterosis entre los híbridos

los mejores valores fueron obtenidos al cruzar PP9539 X AN453 con 23.563 por ciento, seguido de AN453 X AS4450 con 17.282 por ciento. Los valores altos de heterosis puede ser debido al bajo rendimiento de sus progenitores. Se observa también que de las cinco mejores cruzas por su heterosis tres fueron formados por híbridos de Aspros y dos por híbridos de la UAAAN como machos, y como hembra participo el PP9539 de Dekalb en tres cruzas, y el AN447 y AN453 de la UAAAN en una cruzada cada uno.

En el Cuadro 4.6 se presentan las estimaciones de ACG para los tres ambientes de evaluación. Se observa que los mejores efectos positivos para ACG en la localidad de Celaya, I fueron obtenidos por los híbridos A7500, AN447 y PP9539 con 0.814, 0.684 y 0.616 t ha⁻¹ respectivamente, estimaciones de ACG para altura de planta y humedad de grano revelaron que el híbrido A7500 contribuye al incremento de altura de planta con 5.576 cm y reduce la humedad de grano en -0.450 por ciento; AN447 contribuye a la reducción de altura de planta con -5.105 cm y a la humedad de grano con -0.382 por ciento, y el PP9539 contribuye a la reducción de altura en sus cruzas con -9.196 cm y a la humedad de grano a la cosecha con -0.90 por ciento.

Para la localidad de Celaya II se observa que los mejores efectos positivos para ACG fueron obtenidos por los híbridos AS948, PP9539 y AS4450 con 0.526, 0.409 y 0.280 t ha⁻¹ respectivamente. Las estimaciones de ACG para altura de planta, días a floración y humedad de grano revelaron que

Cuadro 4.6 Aptitud combinatoria general (ACG) de 13 híbridos comerciales de maíz de dos ambientes en Celaya, Gto. y uno en Sandia, N.L. en el año 1996.

HIBRIDO.	CELAYA I					CELAYA II					SANDIA N.L.							
	REND. t ha ⁻¹	ALT. cm	H.G. %	REND. t ha ⁻¹	ALT. cm	H.G. %	REND. t ha ⁻¹	ALT. cm	H.G. %	DAF d	REND. t ha ⁻¹	ALT. cm	H.G. %	DAF d	REND. t ha ⁻¹	ALT. cm	H.G. %	DAF d
C220	-0.115	2.167	1.354	-0.268	-7.482	0.937	-0.661	-5.157	-0.727	0.248	-1.465	-5.157	-0.727	0.248	-1.465	-5.157	-0.727	0.248
C221	-0.170	2.622	0.645	0.253	-4.755	1.864	1.384	-6.294	1.037	2.784	-2.970	-6.294	1.037	2.784	-2.970	-6.294	1.037	2.784
A7500	0.844	5.576	-0.450	-0.146	-6.346	0.737	-0.024	-10.157	1.110	0.021	-2.805	-10.157	1.110	0.021	-2.805	-10.157	1.110	0.021
PP9603	0.439	-2.832	-1.732	0.133	-9.073	0.219	-2.161	-6.294	1.073	-3.752	-2.603	-6.294	1.073	-3.752	-2.603	-6.294	1.073	-3.752
PP9539	0.616	-9.196	-0.900	0.409	-2.710	-1.308	-2.297	0.751	-2.272	-2.979	2.840	0.751	-2.272	-2.979	2.840	0.751	-2.272	-2.979
PP9538	0.549	-4.423	-0.455	-0.283	4.790	-1.690	-0.979	4.615	-0.708	-2.206	0.157	4.615	-0.708	-2.206	0.157	4.615	-0.708	-2.206
AN447	0.684	-5.105	-0.382	-0.040	5.472	-1.253	-0.206	0.070	-1.090	0.385	1.408	0.070	-1.090	0.385	1.408	0.070	-1.090	0.385
AN454	-0.306	9.213	0.386	-0.080	6.381	0.101	1.703	4.843	0.646	2.612	0.143	4.843	0.646	2.612	0.143	4.843	0.646	2.612
AN450	-0.598	1.014	1.099	-0.411	2.290	0.210	0.021	0.752	1.592	0.794	1.142	0.752	1.592	0.794	1.142	0.752	1.592	0.794
AN453	-1.119	2.622	0.891	-0.509	3.654	-0.362	2.385	11.206	0.100	0.566	1.368	11.206	0.100	0.566	1.368	11.206	0.100	0.566
AS910	0.063	1.241	0.591	0.133	2.063	-0.072	-0.479	7.115	-0.327	-0.661	1.393	7.115	-0.327	-0.661	1.393	7.115	-0.327	-0.661
AS4450	-0.988	2.168	-0.973	0.280	0.699	0.410	0.885	2.343	-0.445	1.112	1.018	2.343	-0.445	1.112	1.018	2.343	-0.445	1.112
AS948	0.099	-0.560	-0.073	0.526	5.017	0.210	0.430	-3.794	0.010	1.112	0.733	-3.794	0.010	1.112	0.733	-3.794	0.010	1.112

el híbrido AS948 contribuye al incremento de altura de planta con 5.017 cm, la humedad de grano con 0.210 por ciento, y días a floración con 0.430 días; el PP9539 contribuye a la reducción de altura de planta con -2.710 cm a la humedad de grano -1.380 por ciento, y a los días a floración con -2.297 días; el AS4450 contribuye al incremento de altura en sus cruzas con 0.699 cm, a la humedad de grano a la cosecha con 0.410 por ciento y a los días a floración 0.885 días. Los cinco mejores valores de ACG para rendimiento corresponden a los tres híbridos de Aspros, dos de Dekalb y uno de Cargill.

Para la localidad de Sandia, N.L. se observa que los mejores efectos positivos para rendimiento fueron obtenidos por los híbridos PP9539, AN447 y AS910 con 2.840, 1.408 y 1.393 t ha⁻¹. Las estimaciones de ACG para altura de planta, días a floración y humedad de grano revelaron que el híbrido AN447 mantiene la altura planta con 0.070 cm reduce la humedad de grano con 1.090 por ciento, e incrementa días a floración con 0.385 días; el AS910 contribuye al incremento de altura de planta con 7.115 cm, reduce la humedad de grano -0.327 por ciento, y disminuye un mínimo a los días a floración con -0.661 días; el AN453 contribuye al incremento de altura de planta en sus cruzas con 11.206 cm, a la humedad de grano a la cosecha con 0.100 por ciento y a los días a floración en 0.566 días.

En el Cuadro 4.7 se presentan los valores combinados del rendimiento, heterosis del rendimiento, ACE para las características de altura de planta días

a floración y humedad de grano a la cosecha de las mejores 25 cruzas evaluadas en dos localidades de Celaya, Gto. y una localidad en Sandia, N.L., donde se observa que la media de los padres (15.605 t ha^{-1}) fue superior a la media de las cruzas (14.235 t ha^{-1}). El comportamiento de los híbridos en las tres localidades evaluadas indican que los híbridos de 3 y 4 líneas rinden más que los híbridos de seis, siete y ocho líneas, también se observa que el mejor padre fue el híbrido AS910, con un rendimiento de 19.505 t ha^{-1} , seguido por el AN450 con 18.426 t ha^{-1} y el AS948 con 17.553 t ha^{-1} .

Las mejores cruzas para rendimiento fueron AS910 X AS4450 con un rendimiento de 17.538 t ha^{-1} que a pesar de que son de la misma compañía, tienen diferente información genética por lo cual produce el rendimiento observado, el segundo y el tercer lugar fue obtenido por las cruzas PP9538 X AS948 con $17,463 \text{ t ha}^{-1}$. y PP9539 X AN453 con 17.365 t ha^{-1} siendo también este un buen rendimiento, que era de esperarse ya que los dos híbridos involucrados en la crusa son de diferente compañía, y por lo tanto, existe diversidad genética entre estos híbridos.

Las cruzas que obtuvieron los tres valores más altos de ACE para rendimiento, fueron las mismas que obtuvieron los mejores rendimientos, estas son AS910 X AS4450, PP9538 X AS948 y PP9539 X AN453 con 2.669, 2.633 y 2.038 t ha^{-1} respectivamente; con respecto a altura de planta las mejores fueron PP9539 X AN 447 con -17.363 cm . y AN7500 X AN447 con -11.00 cm ;

Cuadro 4.7 Valor combinado de rendimiento, heterosis del rendimiento y ACE para rendimiento, altura de planta, días a flor y humedad de grano de las 25 mejores cruzas con base en rendimiento, incluyendo los padres evaluados Celaya, Gto. en dos fechas y en Sandía, N.L. en el año de 1996.

Progenitores.		REND.	ACE.	ACE.	ACE	ACE	HET.
♀	♂	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	ALTURA cm	DAF. d.	HG. %	%
AS910	AS4450	17.538	2.669	-1.681	-1.577	-0.402	0.93
PP9538	AS948	17.463	2.633	8.227	-0.645	-1.174	6.75
PP9539	AN453	17.355	2.038	6.091	-0.582	0.644	11.35
PP9539	AN450	17.188	1.741	5.227	0.977	-2.174	7.41
PP9539	AN447	17.072	0.985	-17.363	0.755	1.098	9.97
AN454	AS948	16.052	1.445	2.091	0.159	-1.402	-3.38
AN447	AS948	16.033	0.661	8.727	4.569	-0.811	-8.81
PP9539	AS948	16.000	0.144	2.682	-0.864	-0.129	3.27
PP9539	AN454	15.996	0.673	2.000	-0.655	0.508	9.23
PP9603	PP9539	15.952	1.225	-2.136	-0.172	-0.447	11.13
AN450	AS4450	15.929	1.546	2.318	-3.018	1.189	-5.69
PP9539	AS910	15.624	-0.310	11.727	0.168	-0.765	-5.31
C220	AN447	15.618	1.315	-8.591	0.536	-0.856	5.33
PP9538	AS910	15.594	0.687	4.772	0.537	0.189	-10.69
PP9538	AN447	15.420	0.359	-4.319	-0.727	0.053	-4.91
AN447	AS4450	15.314	0.291	7.227	-4.141	0.462	-6.39
AN454	AS4450	15.243	0.985	12.091	-0.100	0.871	-1.30
PP9538	AN453	15.059	0.767	10.636	-2.310	0.598	-7.52
C220	AN453	14.994	1.461	-8.136	1.050	0.189	1.29
A7500	AS910	14.910	0.847	10.091	0.750	-1.947	-5.61
AN453	AS4450	14.863	0.611	-3.318	1.823	0.508	-9.71
C221	AS910	14.856	1.054	-1.727	-0.155	-0.583	-13.48
PP9538	AN454	14.769	0.473	-6.955	1.114	0.462	-3.77
AN447	AS910	14.758	-0.690	10.772	0.700	0.553	-24.83
A7500	AN447	14.605	0.387	-11.000	-1.364	0.417	-0.40
MEDIA DE	CRUZAS	14.235					
	C220	12.233					
	C221	14.212					
	A7500	11.987					
	PP9603	14.949					
	PP9539	13.402					
	PP9538	15.016					
	AN447	17.339					
	AN454	15.636					
	AN450	18.426					
	AN453	17.367					
	AS910	19.505					
	AS4450	15.245					
	AS948	17.553					
MEDIA DE	PADRES	15.605					

para días a floración las mejores cruzas fueron AN447 x AS4450 con -4.141 días y AN450 X AS4450 con -3.018 días, y para humedad de grano las mejores fueron PP9539 X AN450 con -2.174 por ciento y A7500 X AS910 con -1.947 por ciento. Las mejores cinco cruzas por su rendimiento, estuvieron formados tres de ellos con tres híbridos de la UAAAN y dos híbridos de Dekalb y los restantes con tres híbridos de Aspros y uno de Dekalb.

Con respecto a la heterosis las mejores valores fueron obtenidos por las cruzas PP9539 X AN453 con 11.35 por ciento además de una buena heterosis esta fue una de las mejores cruzas en cuanto a rendimiento, la segunda mejor craza en cuanto a heterosis fue PP9603 X PP9539 con una valor de 11.13 por ciento sus híbridos progenitores a pesar de que pertenecen a la misma compañía con su comportamiento en craza muestran que existe diversidad genética entre ellos, no siendo así para la craza AN447 X AS910 la cual tuvo un valor de heterosis de -24.83 por ciento, demostrando que estos híbridos están relacionados genéticamente. Es importante señalar que de los mejores cinco híbridos con base en heterosis cuatro están formados con híbridos de la Narro y uno con un híbrido de Dekalb como macho, y como hembra dos híbridos de Dekalb.

En el Cuadro 4.8 se presentan las estimaciones de ACG de los 13 híbridos comerciales, donde se observa que los mejores efectos positivos para rendimiento fueron obtenidos por los híbridos PP9539 con 1.168 t ha⁻¹, AN447

Cuadro 4.8 Aptitud combinatoria general (ACG) entre 13 híbridos comerciales de maíz en tres ambientes, dos en Celaya Gto. y uno en Sandia N.L. en el año de 1996.

HIBRIDO	RENDIMIENTO t ha ⁻¹	ALTURA DE PLANTA cm	HUMEDAD DE GRANO. %	DIAS A FLORACION d
C220	-0.616	-3.510	0.581	-0.188
C221	-0.962	-2.783	1.236	2.175
A7500	-0.702	-3.601	0.532	0.038
PP9603	-0.677	-6.010	-0.086	-2.916
PP9539	1.168	-3.738	-1.436	-2.643
PP9538	0.142	1.717	-0.905	-1.598
AN447	0.684	0.217	-1.218	0.038
AN454	-0.081	6.853	0.441	2.129
AN450	0.044	0.626	1.001	0.311
AN453	-0.087	5.762	0.268	1.493
AS910	0.530	2.625	0.118	-0.598
AS4450	0.104	1.671	-0.641	0.993
AS948	0.452	0.171	0.100	0.766

con 0.684 t ha^{-1} y AS910 con 0.530 t ha^{-1} . Las estimaciones de ACG para altura de planta, humedad de grano y días a floración revelaron que el híbrido PP9539 contribuye a la reducción de altura con -3.783 cm , humedad de grano con -1.436 por ciento y días a floración con -2.643 días; el AN447 mantiene su altura con 0.217 cm , reduce la humedad de grano con -1.218 por ciento y mantiene su días a floración con 0.038 días, y por último, el AS910 el cual contribuye al incremento de altura de planta en sus cruzas con 2.625 cm , incrementa en un mínimo la humedad de grano con 0.118 por ciento y decrementa los días a floración -0.598 días.

Además de los análisis de varianza dialélicos también se realizó un análisis de varianza bajo el modelo II de Gardner-Eberhart (1966) para la característica de rendimiento (Cuadro 4.9) donde se observa que hubo diferencias significativas para todas las fuentes de variación, excepto para la heterosis promedio por ambiente. Al examinar las fuentes de variación más importantes de este análisis, la significancia de heterosis por ambiente indica que la heterosis no es estable a través de los ambientes, al desglosar la heterosis se observa que la heterosis específica por ambiente contribuye más a la heterosis quedando en segundo término la heterosis varietal por ambiente y por último la heterosis promedio por ambiente. En lo que respecta a la heterosis promedio por ambiente, además que también es una comparación de cruzas vs. padres donde los padres obtuvieron un rendimiento de 15.605 t ha^{-1} y las cruzas 14.235 t ha^{-1} existiendo una diferencia de 1.307 t ha^{-1} (heterosis

Cuadro 4.9 Cuadrados medios del análisis de varianza combinado de 13 híbridos y sus 78 cruzas posibles para la características rendimiento, analizados bajo el modelo II de Gardner y Eberhart (1966) en los tres ambientes de evaluación.

<i>F.V</i>	<i>G.L.</i>	<i>CUADRADOS MEDIOS</i>
AMBIENTES	2	253.998**
REP/AMBIENTES	3	9.313
CRUZAS E HIBRIDOS	90	14.141**
HIBRIDOS	12	38.780**
HETEROSIS	78	10.346**
HET. PROMEDIO	1	62.928**
HET. VARIETAL	12	24.450**
HET. ESPECIFICA.	65	6.931**
CRUZAS E HIB. X AMBIENTES	180	8.769**
HIB. X AMB.	24	34.729**
HET. X AMB.	156	4.775**
HET.PROM. X AMB.	2	3.356
HET. VAR. X AMB.	24	5.151**
HET. ESP. X AMB.	130	4.727**
ERROR.	270	2.748

* , ** significativo al 0.05 y 0.01 respectivamente.

promedio por ambientes) siendo no significativa, indica que esta se mantiene estable a través de los ambientes. La significancia de la heterosis varietal por ambiente indica que la heterosis de las variedades no fue estable a través de los ambientes además de que no fue muy alta debido a que varios de los híbridos usados están emparentados, sin embargo, hubo un híbrido con la más alta heterosis en los tres ambientes (Cuadro A.6). En lo que respecta a la heterosis específica por ambiente la cual fue altamente significativa revela que las heterosis de las cruzas (o ACE de las mismas) es diferente a través de las localidades, sin embargo se detectaron cruzas las cuales su heterosis específica (o ACE) se mantiene a través de los ambientes (Cuadro 4.7).

En el Cuadro 4.10 se presentan las mejores cruzas (ya discutidas), también se presentan los híbridos, su rendimiento, heterosis promedio, aptitud combinatoria general y efecto varietal. Se observa que el híbrido con mejor heterosis varietal fue el PP9539 (2.269) mismo que también presentó la mejor aptitud combinatoria general (1.168) no presentándose esta relación en los demás híbridos, indicando que la heterosis no es totalmente controlada por genes dominantes, sino que también es controlada por genes aditivos en cierto grado pero esto no es común en la mayoría de los híbridos, el segundo y tercer lugar fueron obtenidos por los híbridos A7500 y C220 con 1.107 y 1.070 respectivamente.

Cuadro 4.10 Rendimiento, heterosis y aptitud combinatoria específica de las mejores 13 cruzas y rendimiento, heterosis varietal, aptitud combinatoria general y efecto varietal de los híbridos evaluados en tres ambientes.

CRUZA	REND. t ha ⁻¹	HET. t ha ⁻¹	A.C.E. t ha ⁻¹	HIBRIDO	REND. t ha ⁻¹	HET. t ha ⁻¹	A.C.G. t ha ⁻¹	EF. VAR. t ha ⁻¹
AS910	17.538	0.163	2.669	C220	12.233	1.070	-0.616	-3.372
PP9538	17.463	1.178	2.633	C221	14.212	-0.266	-0.962	-1.393
PP9539	17.355	1.970	2.038	A7500	11.987	1.107	-0.702	-3.618
PP9539	17.188	1.274	1.741	PP9603	14.949	0.349	-0.677	-0.656
PP9539	17.072	1.702	0.985	PP9539	13.402	2.269	1.168	-2.203
AN454	16.052	-0.543	1.445	PP9538	15.016	0.436	0.142	-0.589
AN447	16.033	-1.413	0.661	AN447	17.339	-0.183	0.684	1.734
PP9539	16.000	0.523	0.144	AN454	15.636	-0.097	-0.081	0.031
PP9539	15.996	1.476	0.673	AN450	18.426	-1.366	0.044	2.821
PP9603	15.952	1.776	1.225	AN453	17.367	-0.967	-0.087	1.762
AN450	15.929	-0.906	1.546	AS910	19.505	-1.421	0.530	3.900
PP9539	15.624	-0.830	-0.310	AS4450	15.245	0.284	0.104	-0.360
C220	15.618	0.832	1.315	AS948	17.553	-0.521	0.452	1.948

MEDIA DE PADRES 15.605 t ha⁻¹
 HETEROSIS PROMEDIO -1.370 t ha⁻¹
 MEDIA DE CRUZAS 14.235 t ha⁻¹

Análisis de relación genética.

En el Cuadro 4.11 se muestran las distancias genéticas basadas en los datos del rendimiento (Celaya I y Celaya II) de las cruzas entre los híbridos de acuerdo a la fórmula de Troyer (1988) en la parte superior de la diagonal, y de los datos de la heterosis en base al progenitor medio en la parte inferior. Se observa que los híbridos con las distancias más pequeñas son los que obtuvieron las heterosis más bajas, esto se puede observar en los híbridos AN450 y AS910, los cuales tuvieron la distancia genética más baja (0.033) y también la heterosis más baja (-47.68 por ciento), otro de los híbridos que mostraron resultados similares fueron el AN453 y el AS948, los cuales tuvieron una distancia genética de (0.218) y una heterosis de (-35.34 por ciento), por el contrario. los híbridos con mayor distancia genética AN454 y A7500 con (1.418), obtuvieron también la heterosis más grande (12.26 por ciento), datos similares fueron obtenidos por los híbridos PP9539 y PP9603 que a pesar de pertenecer a la misma compañía tuvieron una distancia genética de (1.326) y una heterosis de (9.83 por ciento).

Con los datos obtenidos de las distancias genéticas se realizó un análisis de conglomerados o (Cluster Analysis) los resultados se presentan en la Fig. 4.1. El análisis de conglomerados permite obtener una representación gráfica de los datos del Cuadro 4.11 en forma de dendograma. El agrupamiento de los híbridos confirma lo señalado por las distancias genéticas

CUADRO 4.11 Estimaciones de diversidad genética entre 13 híbridos comerciales evaluados en las localidades (Celaya I y Celaya II Gto), en el año de 1996 (arriba de la diagonal), y heterosis (abajo de la diagonal)

Padres	C220	C221	A7500	PP9603	PP9539	PP9538	AN447	AN454	AN450	AN453	AS910	AS4450	AS948
C220		0.636	1.022	0.831	1.096	0.909	1.112	1.001	0.849	0.934	0.982	0.821	0.739
C221	-13.85		1.212	0.928	1.119	0.671	0.868	1.242	0.803	0.947	0.927	0.716	0.809
A7500	0.73	6.663		0.618	1.152	1.025	1.031	1.418	0.855	1.076	0.981	1.007	1.170
PP9603	-6.00	-2.46	-14.62		1.326	0.854	0.730	0.806	0.700	0.539	0.792	0.790	0.660
PP9539	3.11	3.83	-4.85	9.83		1.088	1.269	1.354	1.082	1.140	0.949	0.721	1.086
PP9538	-3.15	-12.36	0.82	-5.14	2.86		0.929	0.990	0.886	0.888	0.662	0.522	1.160
AN447	3.61	-4.63	1.01	-9.90	8.25	-2.44		0.500	0.421	0.510	0.397	0.809	0.478
AN454	0.03	7.48	12.26	-6.92	10.56	-0.33	-20.03		0.462	0.523	0.552	0.974	0.859
AN450	-5.30	-7.03	-5.08	-11.14	2.67	-3.97	-23.97	-21.92		0.267	0.033	0.841	0.306
AN453	-2.24	-1.79	2.48	-18.92	4.48	-3.88	-19.56	-18.93	-32.44		0.565	0.371	0.218
AS910	-0.62	-2.50	-0.64	-7.84	-1.72	-12.71	-25.23	-17.61	-47.68	-17.01		1.020	0.394
AS4450	-6.38	-10.49	0.23	-7.56	-10.27	-18.98	-6.81	-0.87	-5.59	-26.62	0.67		0.282
AS948	-9.57	-6.81	5.37	-12.80	2.84	5.07	-21.12	-4.94	-30.15	-35.34	-25.38	-31.55	

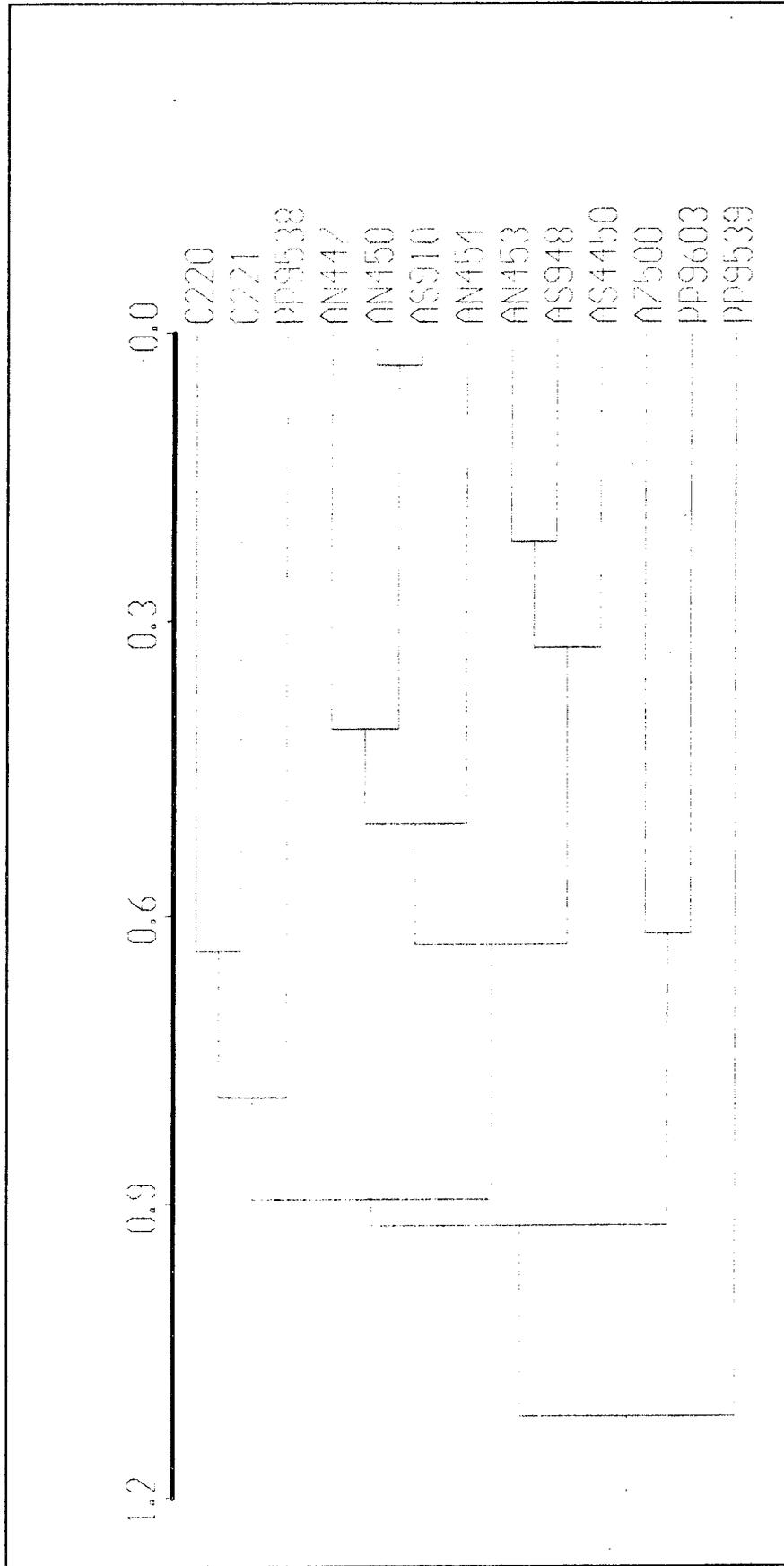


Fig. 4.1 Agrupamiento de 13 híbridos comerciales en base a distancias genéticas del rendimiento.

anteriormente, de que el AS910 y el AN450 son los híbridos mas relacionados genéticamente y de forma similar el AN453 y AS948. También se puede observar como el AN447, AN450, AS910, AN454, AN453, AS948 y AS4450 forman un mismo grupo indicando que estos híbridos están relacionados unos en mayor y otros en menor magnitud genéticamente; también se puede ver como los híbridos C220 y C221 forman un grupo bien definido. a una distancia de 0.636 lo cual es lógico ya que estos dos híbridos pertenecen a una misma compañía y pudiera ser que tienen uno o dos progenitores en común, otro grupo lo forman el A7500 y PP9603, los cuales a pesar de ser de diferente compañía es posible que compartan alguna similitud genética, y por último el híbrido PP9539 el cual se observa que no esta relacionado con ninguno de los híbridos incluidos en este estudio; lo que concuerda con los resultados de ACG para rendimiento, ya que fue el híbrido con mayor ACG.

Con los datos de la heterosis, también se realizó un análisis de conglomerados (Fig. 4.2) donde se obtuvo un dendograma similar al obtenido con las distancias genéticas, además se realizó un análisis de correlación entre las distancias genéticas y la heterosis (Fig. 4.3) donde se obtuvo una correlación de $r = 0.98$, concluyendo que tanto la estimación heterosis como la distancia genética son importantes para determinar patrones heteróticos entre materiales (híbridos, líneas y poblaciones) para el uso de estos en programas de mejoramiento y que la heterosis es un parámetro importante en un programa de mejoramiento.

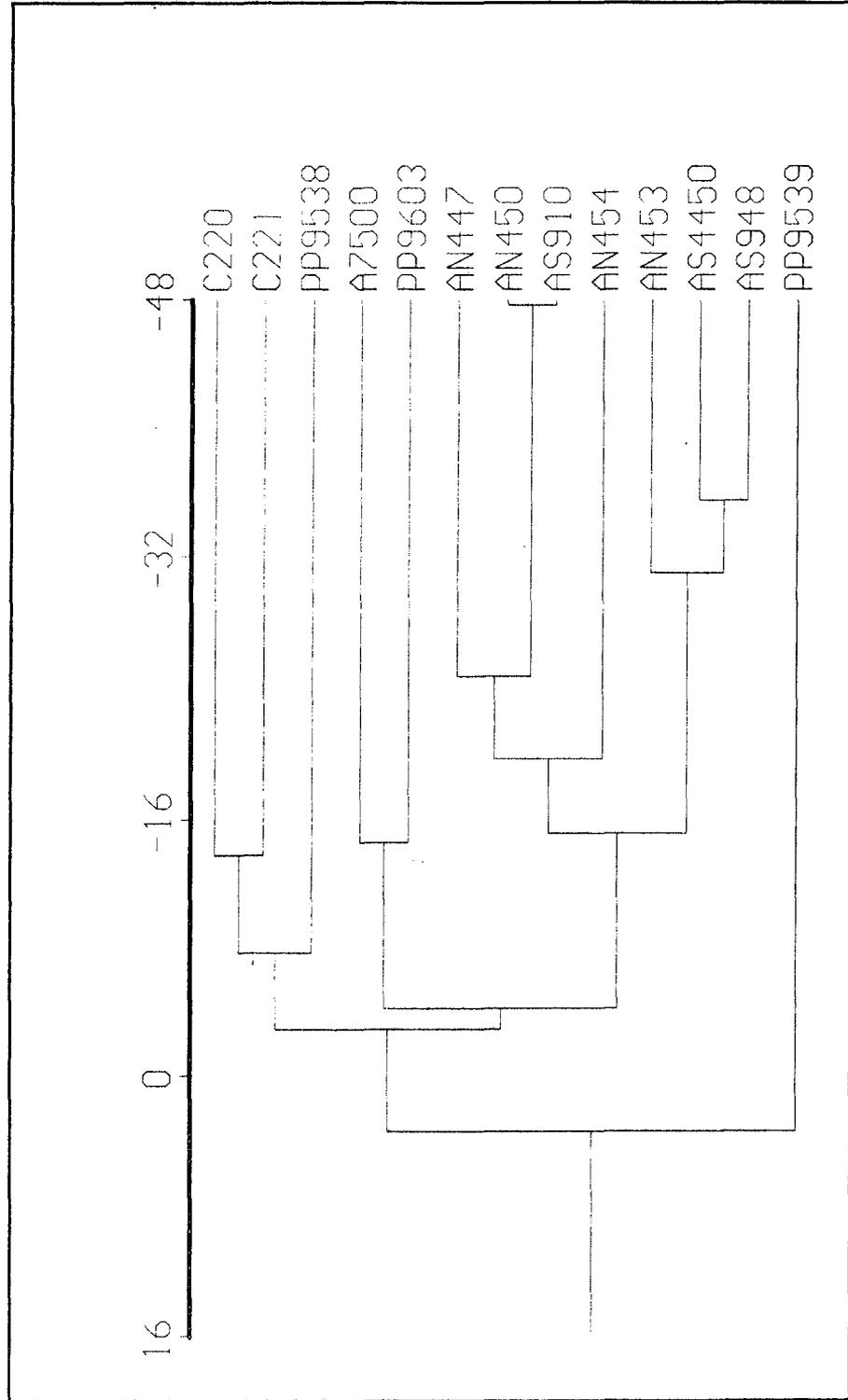


Fig 4.2 Agrupamiento de 13 híbridos comerciales en base a heterosis del rendimiento.

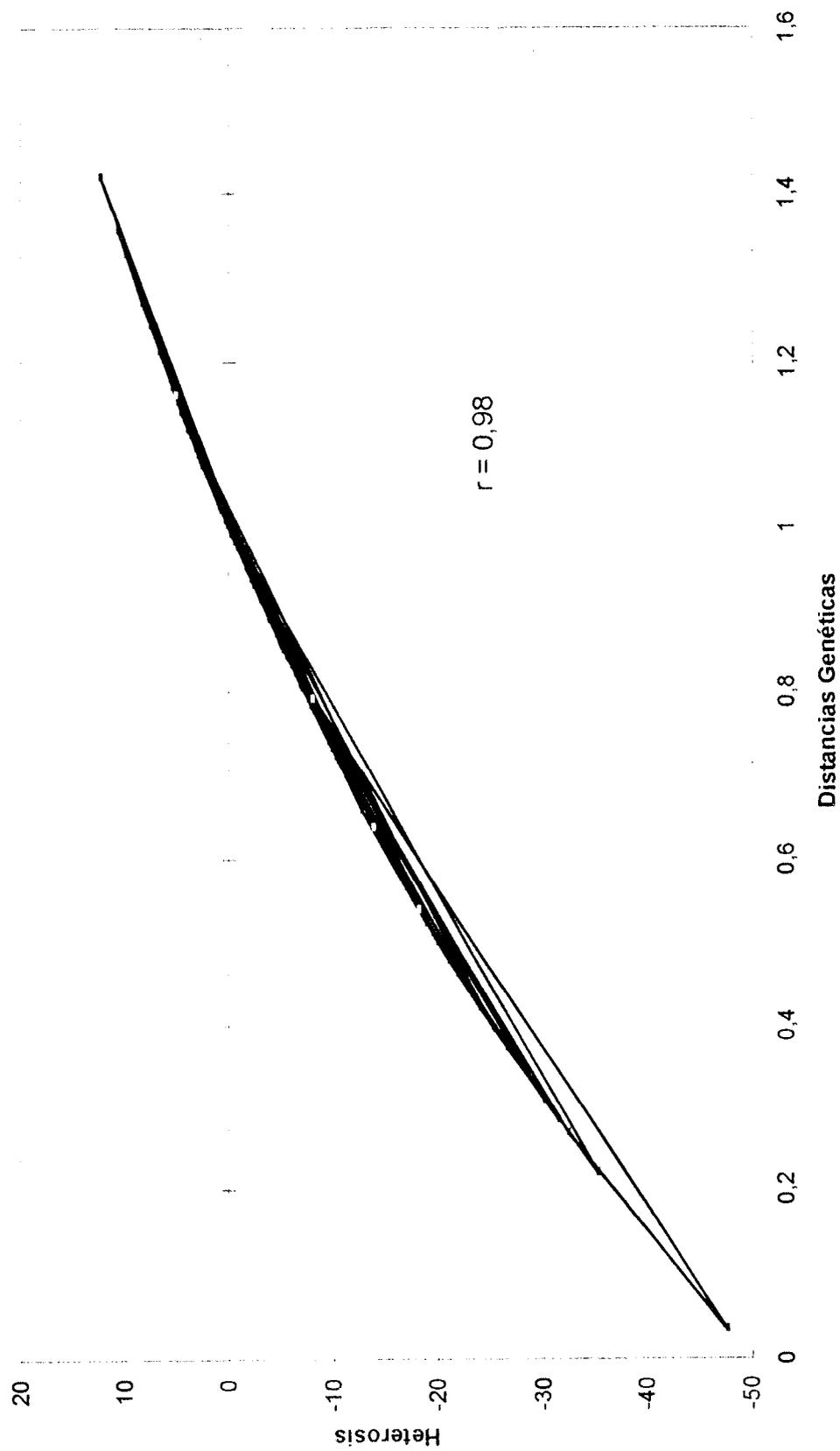


Fig. 4.3 Correlación entre distancias genéticas y heterosis de los 13 híbridos comerciales de maíz utilizados en esta investigación.

En base a las anteriores conclusiones y resultados los mejores híbridos y cruzas se pueden utilizar en programas de mejoramiento de muchas formas siendo algunas:

De las mejores cruzas en F_2 se pueden derivar líneas prometedoras para la formación de híbridos y sintéticos.

Los híbridos que forman las cruzas con mayor heterosis se pueden usar en un programa de mejoramiento de líneas formadoras de cruzas simples aprovechando el patrón heterótico de estos (selección gamética y pedigrí)

Los híbridos con mayor ACG y heterosis se pueden usar para el mejoramiento de líneas.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos e hipótesis planteadas en la presente investigación y en base a los resultados obtenidos se concluye:

Si se pudo identificar híbridos sobresalientes en base a los valores de ACG y de heterosis, que pueden ser utilizados en un programa de mejoramiento con diferentes objetivos a corto y a mediano plazo.

Si se pudo identificar cruzas sobresalientes en base a ACE y heterosis de las cuales en F_2 se pueden derivar líneas para ser usadas en combinaciones híbridas y en sintéticos, además de que los progenitores de las cruzas con mayor heterosis se pueden usar en programas de mejoramiento explotando el patrón heterótico de estos.

El análisis de conglomerados, utilizando la distancia genética y heterosis permitió estimar la relación existente entre los híbridos en estudio, donde se pudo inferir el uso de progenitores comunes.

La varianza fenotípica de la cruce entre híbridos esta determinada principalmente por efectos no aditivos, sin embargo se pudo constatar la contribución de los efectos aditivos en la heterosis en híbridos específicos.

LITERATURA REVISADA.

- Allard, R. W. 1967. Principios de la mejora genética de las plantas. Edito Omega S. A. Barcelona España.
- Allison J., C.S. and R.N. Curnov. 1966. On the choice of tester parent breeding of synthetics varieties of maize (*Zea mays* L.) *Crop. Sci.* 6:541-544.
- Beck, D.L., S.K. Vasal and J. Crossa 1991. Heterosis and combining ability among subtropical and temperate intermediate-mature maize germoplasm. *Crop. Sci.* 31:68-72.
- Castro, G. M., C. O. Gardner and J. H. Lonquist 1968. Cumulative gene effects and the nature of heterosis in maize crosses involving genetically diverse races. *Crop. Sci.* 8:91-101.
- CIMMYT. 1985. Desarrollo, mantenimiento y multiplicación de semilla de maíz de polinización libre. CIMMYT, 1985. Centro Internacional Mejoramiento de Maíz y Trigo.
- CIMMYT. 1994. CIMMYT 1993/94 World Maize Facts and Trends. Maize Seed Industries, Revisited: Emerging Roles of the Public and Private Sector in México, D.F.:CIMMYT.
- Cortez, M. H., A. Rodríguez C., Gutiérrez G., J. Duron Y., R.Giron C. and Oyervides G. 1985. Evaluation of broad-base improved population maize (*Zea mays* L.) and Cumulative gene effects and heterosis. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Crossa J., S. Tabata, and E.J. Wellhausen. 1990. Heterotic patterns among Mexican races of maize: *Crop Sci.* 30:1182-1190.
- Crees, C. E. 1966. Heterosis of the hybrid related to gene frequency differences between the populations. *Genetics* 52:139-144.
- East, E.M. 1908. Inbreeding in corn. Annu. Rep. Conn. Agric. Exp. Stn for. 1908. p. 419-428.
- Everitt B., 1980. Cluster analysis. Second edition. Halsted press. New York.

- Falconer, D. S. 1970. *Introducción a la Genética Cuantitativa*. Décima edición. Editorial continental S.A. México.
- Garza, A., A. A. Fleming, and E. B. Browne. 1962. A method of identifying maize hybrids with the same pedigree and the effect of varying number of lines in common on contrast among hybrid and sib populations. *Crop Sci.* 2:371-374
- Gonzalez, L. J. S. 1996. Integración de un patrón heterótico a partir de un sistema dialélico de diez líneas de maíz subtropicales. Tesis M.C. U.A.A./ Buenavista Saltillo, Coahuila, México.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Australian J. Biol. Sci.* 9, 463-93.
- Hageman, R. H., Leng, E. R. and Dudley, J. W. 1967. A biochemical approach to corn breeding. *Advances in Agronomy* 19:45-85
- Horner, E.S. Lutric, M.C., Chapman, W.H. and Martin, F.G. 1976. Effect of recurrent selection for combining ability with a single-cross testcross maize. *Crop. Sci.* 16:5-18.
- Hull, F. H. 1945. Recurrent selection for specific and combining ability in corn. *Am. Soc. Agron.* 37:134-145.
- Jugenheimer, R.W. 1981. *Maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas*. Editorial Limusa. México D.F.
- Lance, G. N., W.T. Williams. 1967. A general theory of classificatory sorting strategies: I. Hierarchical systems. *Comp. J.* 9:373-380.
- Lee, M., E.B. Godshalk, K.R. Lamkey, and W.W. Woodman. 1989. Association of restriction fragment length polymorphisms among maize inbreds and agronomic performance of their crosses. *Crop. Sci.* 29:1067-1071.
- Lonnquist, J.H. and M.D. Rumbaugh. 1968. Relative importance of sequence for general and combining ability in corn breeding. *Agron. J.* 50:541-544.
- Lonnquist, J.H. and M.F. Lindsay. 1970. Tester performance level of evaluation of lines for Hybrids performance. *Crop. Sci.* 10:602-624.
- Lonnquist, J.H. 1968. Further evidence on testcrosses versus lines performance in maize. *Crop. Sci.* 8:50-53.

- López, P.E. 1986. Comparación entre diferentes probadores para evaluar líneas de maíz. Universidad Autónoma Agraria "Antonio N. B. Buenavista, Saltillo, Coah. Folleto de Divulgación Vol. 1 No. 7.
- Matzinger, D.F. 1953. Comparison of three types of tester for the evaluation of inbred lines of corn. *Agron. J.* 45:493-495.
- Melchinger A.E., Lee M, Lamkey K.R. Hallauer A.R. Woodman W.L. 1990. Genetic diversity for restriction fragment length polymorphisms and its relationship to heterosis for two diallel set of maize inbreds. *Theor. Appl. Genet.* 80:488-496.
- Melchinger A.E., Lee M., Lamkey K.R., Woodman W.L. 1990b. Genetic diversity for restriction fragment length polymorphisms and its relationship to heterosis effects estimated from generation means in four set of maize inbreds. *Crop Sci.* 30:1033-1040.
- Moll, R. H., W.S. Salhuana, and H. F. Robinson . 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. *Crop Sci.* 2:197-198.
- Moll, R. H., J.H. Lonquist, J. V. Fortuno, and E. C. Johnson. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics* 52:139-144.
- Mumm R. H., J. W. Dudley. 1994. A classification of 148 U. S. Maize inbred lines. Cluster analysis based on RFLPs *Crop. Sci.* 34:842-851
- Neal, N. P. 1935. The decrease in yielding capacity in advanced generation hybrid corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 27:666-670.
- Peeters, J. P., J. A. Martinelli. 1989. Hierarchical cluster analysis as a tool to manage variation in germoplasm collection. *Theor. Appl. Genet.* 78:47-48.
- Poehlman, J. M. 1987. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Editado por Limusa. Séptima reimpresión . México D. F.
- Pollak, L. M., S.T. Carmona and A. R. Sotomayor. 1991. Evaluation of heterosis patterns among caribbean and tropical x temperate maize populations. *Crop. Sci.* 31:1480-1483.
- Rawlings, J.O. and D.L. Thompson. 1962. Performance level as criterion for choice of maize tester. *Crop. Sci.* 2:217-220.
- Rickey, F. D. 1966. Hybrid vigor and corn breeding. *J. Am. Soc. Agron.* 38:833-840.

- Rincón, F., B. Johnson., J. Crossa y S. Taba. 1996. Cluster analysis, a approach to sampling variability in maize accessions. *Maydica* 41:307-316
- Sánchez M. E. 1955. Fitogenética. Editorial Salvat. Madrid España.
- Shull, G.H. 1909. Apure line method of corn breeding. *Am. Breed. Assoc. Rep* 5:51-59
- Smith J.S.C., Smith O.S. 1989a. The description and assesement of distance between inbreds lines of maize. II The utility of morphologica biochemical and genetic descriptors and a scheme for testing c distinctiveness between inbred lines. *Maydica*. 34:141-150
- Smith J.S.C., O.S. Smith. 1989b. Comparison of heterosis among Hybrids as neasure of hybrid relatedness with that to be expected on the bases c pedigree. *Maize Genet. Coop. Newl.* 63:86-87
- Smith, O. S. , J.S.C. Smith, S.L. Bowen, R. A. Tenborg, and S.J. Wall. 1990. Similarities among a group of elite maize inbreds as measured b pedigree, F_1 , grain yield, grain yield heterosis, and RFLPs. *Theor. App Genet.* 80:833-840.
- Sprague, G.F. and L.A. Tatum. 1942. General versus specific combinig ability i single crosses of corn. *J. Am. Soc. Agron.* 34:923-932.
- Stansfield. D. W. 1978 Teoría y problemas de genética. Libros McGrahaw-Hil México 13, D. F.
- Troyer, A.F. , S.J. Openshaw, and k:h: Knittle. 1988. Mesaurement of geneti diversity among popular corn hybrids. *Crop Sci.* 28: 481-485.

A P E N D I C E

Cuadro A.1 Rendimiento y otras características agronómicas de 78 cruzas posibles entre 13 híbridos comerciales de maíz y los 13 híbridos progenitores evaluados en la localidad de Celaya I G

		ALTURA		ACAME		MAZ.	UNIF.		RNED	H.G
		PTA.	MAZ.	RAIZ	TALLO	POD.	PTA.	MAZ.	Ton/ha	*
C220	C221	238	196	0	2	4	3	3	10.737	32.4
C220	A7500	258	195	1	0	3	3	2	14.522	29.2
C220	PP9603	260	193	1	0	3	3	2	14.705	28.7
C220	PP9539	253	192	1	0	3	3	2	14.131	29.9
C220	PP9538	260	195	0	1	8	3	3	13.133	29.5
C220	AN447	240	199	0	1	3	3	2	14.981	30.6
C220	AN454	273	186	2	3	5	3	2	14.094	30.9
C220	AN450	273	198	5	0	6	3	3	14.095	32.8
C220	AN453	253	189	6	0	6	3	3	13.195	33.3
C220	AS910	243	173	0	0	7	3	2	15.131	32.8
C220	AS4450	260	177	0	0	3	3	3	12.471	31.1
C220	AS948	288	187	1	1	2	3	2	14.053	32.8
	C220	235	190	0	0	3	3	2	13.931	31.2
C221	A7500	270	176	1	3	2	3	2	14.858	30.0
C221	PP9603	263	175	0	0	3	3	3	14.396	26.5
C221	PP9539	260	169	2	5	5	3	3	13.742	27.9
C221	PP9538	245	182	2	2	9	3	2	12.696	32.2
C221	AN447	270	187	7	1	4	3	3	13.401	33.3
C221	AN454	258	164	9	1	5	3	2	14.999	26.8
C221	AN450	263	173	0	0	3	3	2	14.710	29.2
C221	AN453	258	187	1	4	6	3	3	14.940	30.9
C221	AS910	250	172	2	0	7	3	2	14.258	32.6
C221	AS4450	250	165	2	1	4	3	2	12.518	33.8
C221	AS948	278	181	3	1	5	3	2	13.379	30.7
	C221	260	166	7	2	9	3	2	13.184	29.5
A7500	PP9603	248	182	0	0	4	2	2	14.076	26.5
A7500	PP9539	250	172	3	1	5	3	2	13.541	30.0
A7500	PP9538	265	167	0	2	5	3	3	14.866	28.1
A7500	AN447	250	165	6	0	4	3	2	15.405	28.2
A7500	AN454	265	152	1	5	5	3	2	15.441	28.8
A7500	AN450	275	160	1	1	10	3	2	14.729	33.5
A7500	AN453	258	168	5	1	3	3	2	14.713	30.0
A7500	AS910	273	169	5	1	6	3	2	14.340	32.1
A7500	AS4450	260	172	2	0	1	3	2	13.598	28.0
A7500	AS948	263	165	6	0	4	3	2	15.709	29.6
	A7500	268	156	2	0	1	3	2	13.635	29.7
PP9603	PP9539	253	172	0	0	5	3	2	14.767	28.2
PP9603	PP9538	233	158	3	0	10	3	2	15.518	29.6
PP9603	AN447	235	188	1	3	2	3	2	15.752	26.7
PP9603	AN454	273	170	1	2	14	3	2	12.687	27.6
PP9603	AN450	265	160	0	0	10	3	2	13.492	30.6
PP9603	AN453	245	159	3	0	9	3	3	12.651	27.9
PP9603	AS910	265	182	1	1	4	3	2	14.984	30.1
PP9603	AS4450	263	166	1	0	1	3	2	13.037	28.9
PP9603	AS948	240	163	1	0	4	3	2	15.276	28.9
	PP9603	240	167	0	0	1	3	2	15.768	25.1
PP9539	PP9538	248	164	0	2	2	3	3	14.740	27.8
PP9539	AN447	200	167	0	1	3	3	2	15.864	29.3
PP9539	AN454	243	173	2	0	8	3	2	13.982	29.9

Cuadro A.1 Continuación...

PP9539	AN450	253	198	5	4	3	3	2	15.224	30.2
PP9539	AN453	255	182	1	1	11	3	2	13.933	31.3
PP9539	AS910	268	191	0	0	0	3	2	14.225	29.7
PP9539	AS4450	235	174	0	2	3	3	2	13.415	26.6
PP9539	AS948	255	175	1	0	3	3	2	15.722	28.6
	PP9539	233	173	0	0	3	2	2	12.938	30.2
PP9538	AN447	253	171	0	0	2	3	2	16.035	30.0
PP9538	AN454	253	178	1	2	2	3	2	14.365	33.4
PP9538	AN450	250	188	1	0	4	3	2	14.240	29.9
PP9538	AN453	280	192	1	2	6	3	2	14.739	28.4
PP9538	AS910	248	175	0	0	2	3	2	14.958	28.8
PP9538	AS4450	253	185	1	5	5	3	2	10.518	29.4
PP9538	AS948	238	193	1	0	1	3	2	16.745	27.2
	PP9538	238	177	0	0	4	3	2	15.313	28.1
AN447	AN454	280	165	3	2	3	3	2	13.152	31.6
AN447	AN450	258	174	1	1	5	4	3	13.081	32.6
AN447	AN453	263	186	2	1	5	3	2	13.329	29.4
AN447	AS910	268	176	0	1	1	3	2	13.653	26.9
AN447	AS4450	255	168	1	1	4	4	2	14.904	28.4
AN447	AS948	245	167	0	0	6	4	2	14.480	28.5
	AN447	283	182	2	0	2	3	2	16.043	28.5
AN454	AN450	258	172	3	0	7	4	2	11.834	33.2
AN454	AN453	270	182	5	2	4	4	3	11.534	31.3
AN454	AS910	260	173	1	1	11	3	2	13.340	30.8
AN454	AS4450	273	189	3	2	3	3	2	13.375	27.3
AN454	AS948	270	183	1	1	3	3	3	14.337	31.8
	AN454	270	175	14	4	15	4	2	12.186	31.2
AN450	AN453	255	160	5	2	9	3	3	10.794	32.9
AN450	AS910	215	166	2	4	9	4	3	10.710	35.1
AN450	AS4450	260	181	1	0	2	3	2	15.678	21.2
AN450	AS948	238	177	1	0	3	4	3	11.347	30.0
	AN450	275	184	1	0	3	3	2	15.153	32.2
AN453	AS910	248	181	2	0	11	4	2	12.135	31.0
AN453	AS4450	268	155	0	0	11	3	3	10.752	31.9
AN453	AS948	250	164	5	0	9	4	3	11.488	30.8
	AN453	243	189	0	0	1	3	2	15.459	31.2
AS910	AS4450	270	179	1	0	2	3	2	14.889	29.4
AS910	AS948	253	176	1	1	2	3	2	14.579	26.4
	AS910	268	176	0	0	5	3	2	16.268	32.3
AS4450	AS948	250	182	1	0	9	3	3	10.488	33.0
	AS4450	275	168	3	0	7	2	2	15.189	32.7
	AS948	263	177	0	1	2	3	2	17.682	33.1
4510	4512	233	167	1	3	1	3	3	9.395	34.9
4507	4508	263	167	0	1	14	4	3	12.337	32.1
4509	4510	228	152	0	0	1	3	3	12.333	29.7
4501	4511	223	167	2	0	1	3	2	16.418	33.7
4511	4513	255	172	2	0	6	3	2	15.916	31.9
4513	4511	265	170	3	1	6	3	2	14.209	31.2
4501	4502	278	172	2	20	4	3	2	15.063	29.8
4510	4512	250	182	0	1	3	3	3	10.843	33.7
4509	4510	218	188	2	0	4	3	2	11.951	29.4

Cuadro A.2 Rendimiento y otras características agronómicas de 78 cruizas posibles entre 13 h comerciales de maíz y los 13 híbridos progenitores evaluados en la localidad de Celaya II

		D.A FLOR		ALTURA		ACAME		MALA PTA. MAZ MAZ		REND.		
		M	H	PTA. MAZ.		R.	T.	COB.	FUS.	POD FUS	Ton/ha	
C220	C221	78	79	238	125	1	1	5	4	2	8	16,783
C220	A7500	76	77	258	118	1	0	13	1	2	7	15,964
C220	PP9603	73	74	260	120	0	0	5	0	2	6	16,701
C220	PP9539	75	76	240	118	0	1	7	4	4	8	16,608
C220	PP9538	73	74	250	128	0	0	13	4	2	6	17,700
C220	AN447	74	75	248	125	0	0	3	1	1	4	20,334
C220	AN454	77	78	258	135	3	1	5	0	0	7	17,086
C220	AN450	77	78	275	138	2	0	4	0	3	6	18,253
C220	AN453	79	80	255	135	3	0	0	5	2	5	18,903
C220	AS910	77	78	255	123	0	0	4	1	1	5	19,156
C220	AS4450	76	77	270	158	1	1	12	3	1	5	18,235
C220	AS948	77	78	265	160	1	0	1	4	2	7	17,984
	C220	76	77	240	130	1	0	3	0	0	5	16,842
C221	A7500	79	80	253	135	3	0	4	6	2	5	18,152
C221	PP9603	76	77	270	145	2	0	5	9	1	5	18,638
C221	PP9539	75	76	260	120	1	2	4	5	3	5	17,808
C221	PP9538	75	76	245	130	0	0	9	2	2	6	16,107
C221	AN447	77	78	280	153	1	0	0	2	1	5	19,669
C221	AN454	80	81	265	148	4	4	0	11	1	7	19,294
C221	AN450	76	77	268	140	0	4	4	10	0	8	17,638
C221	AN453	82	83	258	135	9	0	4	2	3	6	17,848
C221	AS910	78	79	270	130	4	0	6	6	2	5	19,945
C221	AS4450	81	82	235	125	0	0	1	2	3	6	17,549
C221	AS948	78	79	260	138	3	0	2	4	2	6	20,009
	C221	80	81	265	133	2	1	2	4	1	3	18,708
A7500	PP9603	74	75	248	120	3	0	10	11	3	8	14,523
A7500	PP9539	77	78	235	110	1	1	11	4	6	8	17,224
A7500	PP9538	77	78	260	125	2	1	7	4	3	8	16,686
A7500	AN447	77	78	248	128	3	1	5	8	5	7	18,470
A7500	AN454	79	80	273	143	9	4	5	7	1	6	19,502
A7500	AN450	76	77	268	138	1	0	4	2	4	6	17,203
A7500	AN453	76	77	278	155	5	3	4	10	2	7	18,414
A7500	AS910	75	76	265	140	1	1	6	5	2	7	19,436
A7500	AS4450	75	76	255	125	2	1	10	5	1	7	18,631
A7500	AS948	77	78	245	133	4	0	5	4	1	2	20,848
	A7500	78	79	265	140	0	2	8	3	0	6	16,119
PP9603	PP9539	73	74	235	90	2	1	8	8	6	7	21,054
PP9603	PP9538	76	77	265	133	4	0	12	6	6	9	17,124
PP9603	AN447	73	74	240	115	5	1	1	9	3	9	17,513
PP9603	AN454	76	77	245	118	13	4	8	12	1	6	18,818
PP9603	AN450	73	74	245	118	1	0	7	6	4	6	19,421
PP9603	AN453	77	78	290	145	4	3	10	4	5	6	17,242
PP9603	AS910	75	76	273	140	4	0	8	6	2	5	19,341
PP9603	AS4450	75	76	230	125	2	0	9	4	3	4	19,671
PP9603	AS948	74	75	253	125	4	0	3	2	3	7	18,074
	PP9603	71	72	250	113	4	1	6	2	2	6	20,039
PP9539	PP9538	73	74	278	130	0	1	13	6	4	7	16,982

cuadro A.2 Continuación...

PP9539	AN447	74	75	260	135	1	1	7	4	0	7	20,159
PP9539	AN454	77	78	280	145	6	1	4	11	4	7	19,762
PP9539	AN4450	71	72	273	138	0	1	11	5	3	7	18,758
PP9539	AN453	77	78	260	133	13	1	6	5	5	8	19,386
PP9539	AS910	71	72	265	145	1	0	23	7	5	8	18,721
PP9539	AS4450	75	76	270	123	6	0	4	7	3	10	15,310
PP9539	AS948	75	76	268	128	2	0	6	4	1	7	19,387
	PP9539	74	75	238	108	0	0	6	1	1	10	15,856
PP9538	AN447	75	76	260	133	1	0	5	4	5	8	18,200
PP9538	AN454	78	79	265	145	5	3	5	7	7	7	17,728
PP9538	AN4450	77	78	265	150	1	1	14	4	8	6	19,516
PP9538	AN453	78	79	283	135	1	0	8	2	10	11	17,842
PP9538	AS910	77	78	273	145	2	1	4	4	6	8	16,566
PP9538	AS4450	75	76	275	158	1	1	7	2	1	6	17,801
PP9538	AS948	75	76	288	153	1	0	7	2	3	5	21,315
	PP9538	73	74	250	133	0	0	5	1	1	7	17,521
AN447	AN454	78	79	270	155	3	1	2	10	4	11	15,539
AN447	AN4450	77	78	295	160	5	0	5	8	6	9	17,034
AN447	AN453	80	81	265	148	6	0	1	10	3	8	16,852
AN447	AS910	77	78	275	153	1	1	5	1	9	10	16,506
AN447	AS4450	77	78	285	153	4	0	4	9	3	7	18,739
AN447	AS948	78	79	288	150	4	5	2	12	6	8	17,200
	AN447	75	76	275	148	6	0	2	5	1	4	21,267
AN454	AN4450	78	79	255	135	9	1	1	15	4	10	16,431
AN454	AN453	81	82	270	155	13	1	4	6	2	7	16,392
AN454	AS910	76	77	273	135	3	0	7	8	6	7	16,333
AN454	AS4450	80	81	295	170	8	1	4	4	1	5	19,399
AN454	AS948	78	79	275	143	10	0	9	7	2	5	19,491
	AN454	85	81	290	155	29	4	0	19	4	6	19,380
AN450	AN453	80	81	268	150	12	1	9	7	6	8	16,470
AN450	AS910	77	78	260	143	4	1	6	13	2	8	14,881
AN450	AS4450	78	79	250	130	2	2	2	5	2	7	18,372
AN450	AS948	80	81	258	140	8	1	2	5	2	7	18,152
	AN450	76	77	268	140	9	0	7	1	4	5	22,203
AN453	AS910	77	78	255	128	3	0	4	4	5	8	19,096
AN453	AS4450	81	82	248	153	6	0	5	6	7	9	16,657
AN453	AS948	77	78	265	140	2	0	9	12	3	9	15,958
	AN453	76	77	265	158	0	1	6	2	0	6	19,398
AS910	AS4450	77	78	258	148	0	0	4	1	2	5	21,749
AS910	AS948	77	78	255	130	1	1	4	8	3	8	16,392
	AS910	76	77	265	140	1	0	5	3	1	5	21,961
AS4450	AS948	78	79	290	145	1	0	2	6	4	9	17,631
	AS4450	77	78	253	130	2	0	7	1	3	6	19,366
	AS948	75	76	260	135	2	0	4	0	1	5	21,748
4510	4512	76	77	248	115	2	0	36	1	3	8	16,766
4507	4508	78	79	240	130	1	11	4	10	11	11	16,040
4509	4510	75	76	235	125	1	1	2	8	2	11	15,173
4501	4511	78	79	283	150	11	0	6	5	0	2	21,324
4511	4513	76	77	260	135	1	0	4	6	0	4	21,203
4513	4511	77	78	258	155	11	1	1	4	2	5	21,233
4501	4502	73	74	243	130	3	12	5	12	2	7	19,248
4510	4512	78	79	260	135	3	0	30	0	7	9	17,467
4509	4510	76	77	225	110	0	1	1	5	1	11	15,334

Cuadro A.3 Rendimiento y otras características agronómicas de 78 cruzas posibles entre 13 híbridos comerciales de maíz y los 13 híbridos progenitores evaluados en la localidad de Sandia, N. L.

		DÍAS A FLOR		ALTURA		ACAME		MALA		REND Ton/ha	H.G. %
		M	H	PTA.	MAZ.	RAIZ	TALLO	COB.	FUS.		
C220	C221	88	92	175	95	0	0	7	3	8,475	8,1
C220	A7500	85	88	153	80	0	0	16	0	6,431	14,9
C220	PP9603	82	84	158	88	0	0	6	0	9,787	10,8
C220	PP9539	83	84	145	65	0	0	6	0	10,018	9,4
C220	PP9538	83	87	155	78	0	0	7	0	8,415	14,3
C220	AN447	86	88	163	73	0	0	7	3	11,539	10,8
C220	AN454	89	91	168	103	0	0	7	0	8,496	13,1
C220	AN450	87	90	173	108	1	1	8	0	9,552	12,6
C220	AN453	86	88	160	85	0	2	12	0	12,885	13,4
C220	AS910	87	91	160	93	1	0	17	0	7,166	13,7
C220	AS4450	86	88	173	88	0	0	4	2	8,648	12,5
C220	AS948	86	88	163	80	1	0	4	0	11,771	9,3
	C220	87	91	130	58	0	0	5	0	5,925	13,8
C221	A7500	88	92	158	88	0	0	8	6	8,479	16,2
C221	PP9603	85	87	153	90	0	0	10	1	5,494	14,5
C221	PP9539	85	88	155	80	1	1	13	0	8,265	11,4
C221	PP9538	83	87	170	80	0	0	6	0	9,429	15,7
C221	AN447	88	92	168	95	1	0	2	0	8,793	13,1
C221	AN454	94	93	158	78	0	0	7	2	6,885	16,0
C221	AN450	89	93	153	83	0	0	5	2	7,679	19,7
C221	AN453	88	99	180	103	0	0	17	0	6,665	11,8
C221	AS910	86	92	160	93	0	0	9	1	10,366	9,4
C221	AS4450	89	93	163	85	1	0	9	1	10,271	12,2
C221	AS948	91	98	140	78	0	0	11	0	5,824	14,2
	C221	87	90	168	98	0	0	9	0	10,745	12,0
A7500	PP9603	82	87	158	83	0	0	8	0	7,237	16,9
A7500	PP9539	81	84	173	88	0	0	13	0	9,220	14,3
A7500	PP9538	83	88	168	93	0	1	18	2	8,616	9,9
A7500	AN447	86	89	145	83	0	0	4	1	9,939	8,7
A7500	AN454	90	95	158	70	0	0	12	2	6,276	16,0
A7500	AN450	88	92	153	75	0	0	12	1	9,515	12,6
A7500	AN453	85	87	175	90	1	1	11	0	8,958	14,7
A7500	AS910	82	87	175	103	0	1	10	0	10,954	15,6
A7500	AS4450	87	92	140	83	0	0	14	0	6,312	10,4
A7500	AS948	88	92	135	75	0	0	13	0	6,507	12,9
	A7500	86	91	150	75	0	0	8	0	6,205	14,5
PP9603	PP9539	76	79	163	78	0	0	11	0	12,034	10,8
PP9603	PP9538	81	87	165	98	0	0	18	4	6,204	12,2
PP9603	AN447	83	88	150	78	0	0	4	0	8,032	13,5
PP9603	AN454	83	87	178	93	0	0	5	6	8,010	8,7
PP9603	AN450	80	83	148	80	1	1	9	4	10,673	15,4
PP9603	AN453	84	87	188	105	1	0	18	0	8,230	14,7
PP9603	AS910	82	85	155	88	0	2	10	0	8,500	14,0
PP9603	AS4450	82	86	160	85	0	0	8	1	7,323	18,9
PP9603	AS948	84	88	158	88	0	0	8	1	9,136	12,3
	PP9603	82	84	145	60	0	0	5	0	9,042	14,6
PP9539	PP9538	82	84	160	80	0	1	8	3	11,061	8,2
PP9539	AN447	85	86	163	75	0	1	12	0	15,194	7,9

cuadro A.3 Continuación..

PP9539	AN454	85	86	178	88	0	0	18	0	14,243	8,9
PP9539	AN450	82	83	168	88	0	0	25	0	17,582	14,2
PP9539	AN453	84	85	195	120	0	0	22	0	18,745	8,3
PP9539	AS910	83	84	185	95	0	0	8	1	13,926	10,6
PP9539	AS4450	82	84	165	80	0	0	19	0	13,398	13
PP9539	AS948	84	86	160	73	0	0	8	0	12,891	8,9
	PP9539	83	84	173	75	0	0	14	1	11,412	8,2
PP9538	AN447	84	88	165	83	0	0	3	0	12,025	7,9
PP9538	AN454	86	89	173	78	0	0	11	1	12,215	13,3
PP9538	AN450	84	87	165	98	2	0	19	2	8,622	13,1
PP9538	AN453	85	88	178	95	0	1	8	0	12,595	10,4
PP9538	AS910	81	85	193	103	0	0	9	0	15,258	14,1
PP9538	AS4450	85	88	170	98	0	0	7	0	12,257	10,6
PP9538	AS948	83	87	190	98	0	0	6	1	14,328	13,4
	PP9538	82	84	175	100	1	0	11	0	12,215	9,1
AN447	AN454	88	91	165	85	1	1	6	0	11,031	9,3
AN447	AN450	87	88	180	98	0	2	5	1	13,187	8,7
AN447	AN453	86	90	168	98	0	0	12	0	12,215	13,1
AN447	AS910	85	88	183	83	0	0	12	0	14,117	11,3
AN447	AS4450	88	91	173	98	0	0	7	1	12,299	9,9
AN447	AS948	83	86	180	105	0	0	3	1	16,420	24,7
	AN447	86	88	175	93	0	0	3	0	14,708	11,4
AN454	AN450	86	90	175	90	0	0	3	0	13,314	21,4
AN454	AN453	88	94	173	83	0	0	10	1	11,074	11,4
AN454	AS910	87	91	183	98	1	0	14	0	12,046	13,8
AN454	AS4450	90	95	180	103	0	0	9	0	12,954	14,2
AN454	AS948	87	93	168	73	0	0	4	1	14,328	11,9
	AN454	90	94	210	113	0	0	3	1	15,342	14,4
AN450	AN453	88	92	175	103	0	0	15	3	12,743	16
AN450	AS910	86	89	173	93	0	0	6	1	13,969	13,7
AN450	AS4450	89	91	190	90	0	0	9	1	13,736	11,5
AN450	AS948	88	95	158	73	1	0	5	1	11,285	9,5
	AN450	85	87	190	108	1	0	10	0	17,921	15,2
AN453	AS910	85	90	178	88	0	0	7	6	10,334	13,1
AN453	AS4450	87	90	183	98	1	0	10	0	17,181	13,1
AN453	AS948	86	88	173	85	0	1	11	0	12,722	12
	AN453	84	89	185	95	0	0	5	0	17,244	14,9
AS910	AS4450	86	88	165	80	0	0	7	1	15,976	7,9
AS910	AS948	87	93	170	83	0	0	4	0	12,003	10,1
	AS910	83	87	190	100	1	0	1	0	20,287	15,1
AS4450	AS948	88	95	165	83	1	0	2	0	10,144	11,8
	AS4450	87	91	170	90	0	0	5	0	11,179	9,3
	AS948	84	88	158	80	0	1	8	2	13,229	14,4
4510	4512	86	87	173	100	7	0	43	0	15,406	9,3
4507	4508	83	87	178	98	0	0	7	1	14,243	12,1
4509	4510	84	87	148	73	0	0	14	1	9,890	10,4
4501	4511	87	90	175	100	1	0	5	0	15,131	12,6
4511	4513	87	90	188	88	0	1	7	1	15,744	8,6
4513	4511	88	93	153	85	5	0	10	3	8,972	14,4
4501	4502	82	83	155	85	0	2	3	0	9,425	14,1
4510	4512	87	89	173	108	0	0	36	4	9,797	13,4
4509	4510	86	87	145	65	0	0	10	0	8,137	10,1

Cuadro A.4 Rendimiento y otras características agronómicas de 78 cruzas posibles entre 13 híbridos comerciales de maíz y los 13 híbridos progenitores evaluados en la localidad de Cclaya I Gto. (dos fechas de siembra) y en Sandia, N. L.

		ALTURA		D.A FLOR		ACAME		MAZ		MAZ		PTA	REND.	H.G.
		PTA.	MAZ.	M	H	R	T	POD	COB	FUS	FUS			
C220	C221	217	136	83	85	0	1	3	6	8	7	11,998	18,93	
C220	A7500	223	132	81	82	1	0	2	14	7	1	12,306	20,33	
C220	PP9603	226	118	77	79	0	0	3	5	6	0	13,731	18,83	
C220	PP9539	213	108	79	80	0	0	3	7	8	4	13,586	18,35	
C220	PP9538	222	117	78	81	0	0	5	10	6	4	13,083	19,53	
C220	AN447	217	128	80	81	0	0	2	5	4	5	15,618	19,27	
C220	AN454	233	129	83	84	1	1	2	6	7	0	13,225	20,78	
C220	AN450	240	128	82	84	3	0	4	6	6	0	13,967	20,77	
C220	AN453	223	120	82	84	3	1	4	6	5	5	14,994	21,30	
C220	AS910	219	117	82	84	0	0	4	10	5	1	13,818	21,03	
C220	AS4450	234	126	81	82	0	0	2	8	5	5	13,118	19,87	
C220	AS948	238	135	82	83	1	0	2	3	7	4	14,603	20,12	
	C220	202	106	82	84	0	0	1	4	5	0	12,233	20,40	
C221	A7500	227	119	83	86	1	1	2	6	5	12	13,830	21,90	
C221	PP9603	228	120	80	82	1	0	2	7	5	10	12,843	19,32	
C221	PP9539	225	114	80	82	1	3	4	9	5	5	13,272	18,32	
C221	PP9538	220	113	79	82	1	1	6	8	6	2	12,744	22,35	
C221	AN447	239	132	82	85	3	0	2	1	5	2	13,954	21,10	
C221	AN454	227	125	87	87	4	2	3	3	7	13	13,726	19,40	
C221	AN450	228	123	82	85	0	1	2	5	8	12	13,343	22,43	
C221	AN453	232	132	85	91	3	1	4	11	6	2	13,151	20,75	
C221	AS910	227	120	82	85	2	0	5	8	5	7	14,856	19,60	
C221	AS4450	216	116	85	87	1	0	3	5	6	4	13,446	21,62	
C221	AS948	226	122	85	89	2	0	4	7	6	4	13,071	20,67	
	C221	231	122	84	86	3	1	5	6	3	4	14,212	20,10	
A7500	PP9603	218	111	78	81	1	0	3	9	8	11	11,945	20,00	
A7500	PP9539	219	110	79	81	1	1	6	12	8	4	13,328	19,63	
A7500	PP9538	231	120	80	83	1	1	4	13	8	6	13,389	18,07	
A7500	AN447	214	120	81	83	3	0	4	5	7	9	14,605	17,33	
A7500	AN454	232	118	84	87	3	3	3	9	6	10	13,740	20,33	
A7500	AN450	232	119	82	84	1	0	7	8	6	4	13,816	21,07	
A7500	AN453	237	132	80	82	4	2	3	7	7	10	14,028	20,20	
A7500	AS910	238	131	78	82	2	1	4	8	7	5	14,910	20,77	
A7500	AS4450	218	113	81	84	1	0	1	12	7	5	12,847	18,33	
A7500	AS948	214	116	83	85	3	0	3	9	2	4	14,355	20,53	
	A7500	228	120	82	85	1	1	0	8	6	3	11,987	20,22	
PP9603	PP9539	217	97	75	76	1	0	5	10	7	8	15,952	17,68	
PP9603	PP9538	221	114	78	82	2	0	8	15	9	10	12,949	18,78	
PP9603	AN447	208	102	78	81	2	1	3	2	9	9	13,766	18,63	
PP9603	AN454	232	120	80	82	5	2	7	6	6	18	13,172	16,95	
PP9603	AN450	219	109	77	78	1	0	7	8	6	10	14,529	21,77	
PP9603	AN453	241	128	80	83	3	1	7	14	6	4	12,708	19,15	
PP9603	AS910	231	122	79	81	1	1	3	9	5	6	14,275	20,63	
PP9603	AS4450	218	118	78	81	1	0	2	8	4	5	13,343	21,25	
PP9603	AS948	217	118	79	81	2	0	3	5	7	4	14,162	18,77	
	PP9603	212	98	76	78	1	0	2	5	6	2	14,949	17,63	
PP9539	PP9538	228	113	77	79	0	1	3	11	7	9	14,261	16,58	
PP9539	AN447	208	113	79	80	0	1	1	9	7	4	17,072	17,48	
PP9539	AN454	233	117	81	82	3	0	6	11	7	11	15,996	17,73	
PP9539	AN450	231	121	76	77	2	2	3	18	7	5	17,188	19,95	

adro A.4 Continuación...

9539	AN453	237	128	80	81	5	1	8	14	8	5	17,355	17,65
9539	AS910	239	125	77	78	0	0	2	16	8	8	15,624	18,27
9539	AS4450	223	108	79	80	2	1	3	12	10	7	14,041	18,07
9539	AS948	228	113	79	81	1	0	2	7	7	4	16,000	17,23
	PP9539	214	100	78	79	0	0	2	10	10	2	13,402	17,05
9538	AN447	226	118	79	82	0	0	4	4	8	4	15,420	16,58
9538	AN454	230	123	82	84	2	2	5	8	7	8	14,769	20,03
9538	AN450	227	132	80	82	1	0	6	16	6	6	14,126	19,18
9538	AN453	247	131	81	84	1	1	8	8	11	2	15,059	16,45
9538	AS910	238	130	79	81	1	0	4	6	8	4	15,594	19,18
9538	AS4450	233	133	80	82	1	2	3	7	6	2	13,525	18,23
9538	AS948	238	125	79	81	1	0	2	7	5	3	17,463	17,93
	PP9538	221	120	77	79	0	0	2	8	7	1	15,016	16,37
147	AN454	238	134	83	85	2	2	4	4	11	10	13,241	19,33
147	AN450	244	131	82	83	2	1	5	5	9	9	14,434	17,38
147	AN453	232	130	83	85	3	0	4	7	8	10	14,132	18,37
147	AS910	242	125	81	83	0	1	5	9	10	1	14,758	17,58
147	AS4450	238	130	82	84	2	0	4	6	7	10	15,314	17,70
147	AS948	238	129	81	83	1	2	6	3	8	13	16,033	22,87
	AN447	244	137	81	82	3	0	1	3	4	5	17,339	17,60
154	AN450	229	121	82	84	4	0	6	2	10	15	13,860	23,68
154	AN453	238	128	84	88	6	1	3	7	7	7	13,000	19,68
154	AS910	238	123	81	84	2	0	9	11	7	8	13,906	20,43
154	AS4450	249	140	85	88	4	1	2	7	5	4	15,243	19,10
154	AS948	238	123	83	86	3	0	3	6	5	8	16,052	20,07
	AN454	257	140	87	88	14	3	9	2	6	20	15,636	21,53
150	AN453	233	134	84	86	6	1	7	12	8	10	13,336	21,81
150	AS910	216	123	81	83	2	2	5	6	8	14	13,186	21,00
150	AS4450	233	120	83	85	1	1	2	6	7	6	15,929	16,73
150	AS948	218	105	84	88	4	0	3	4	7	6	13,595	18,23
	AN450	244	136	80	82	4	0	3	8	5	1	18,426	21,00
53	AS910	227	115	81	84	2	0	8	5	8	10	13,855	20,58
53	AS4450	233	132	84	86	2	0	9	7	9	6	14,863	20,85
53	AS948	229	124	81	83	2	0	6	10	9	12	13,389	18,88
	AN453	231	128	80	83	0	0	1	5	6	2	17,367	20,45
110	AS4450	231	131	81	83	0	0	2	5	5	2	17,538	17,28
110	AS948	226	120	82	85	1	1	3	4	8	8	14,325	17,72
	AS910	241	132	80	82	1	0	3	3	5	3	19,505	21,23
450	AS948	235	121	83	87	1	0	7	2	9	6	12,754	20,90
	AS4450	233	128	82	84	2	0	5	6	6	1	15,245	19,73
	AS948	227	124	79	82	1	1	1	6	5	2	17,553	20,63
4510	4512	218	111	81	82	3	1	2	39	8	1	13,856	19,92
4507	4508	227	125	80	83	0	4	12	5	11	11	14,207	19,38
4509	4510	203	103	80	81	0	0	1	8	11	9	12,465	18,62
4501	4511	227	135	82	84	5	0	0	6	2	5	17,625	21,32
4511	4513	234	122	81	83	1	0	3	5	4	7	17,621	19,33
4513	4511	225	127	82	85	6	1	4	6	5	6	14,805	20,77
4501	4502	225	126	77	78	2	11	3	4	7	12	14,579	20,02
4510	4512	228	123	82	84	1	0	5	33	9	4	12,703	21,12
4509	4510	196	98	81	82	1	0	2	6	11	5	11,807	19,60

Cuadro A.5 Cuadrados medios de los análisis de varianza para rendimiento de 13 híbridos y sus 78 cruzas posibles, utilizando el modelo II de Gardner - Eberhart (1966) evaluados en dos localidades en Celaya, Gto. y una en Sandia, N.L.

REP.	F.V	G.L.	CUADRADOS MEDIOS		
			CELAYA I	CELAYA II	SANDIA
	I		0.318	0.810	69.927**
POBLACIONES.	90		4.441	5.576*	21.661**
VARIEDADES.	12		7.555**	4.448	96.255**
HETEROSIS.	78		3.962**	5.750**	10.185*
HET. PROMEDIO	1		10.985*	16.153*	42.502**
HET. VARIETAL	12		6.888**	8.745**	19.211**
HET. ESPECIFICA	65		3.327**	5.037*	8.022**
ERROR	90		1.222	2.873	3.671
		MEDIA DE PADRES	14.826 t ha ⁻¹	19.262 t ha ⁻¹	12.727 t ha ⁻¹
		MEDIA DE CRUZAS	13.875 t ha ⁻¹	18.055 t ha ⁻¹	10.774 t ha ⁻¹
		HETEROSIS PROMEDIO	-0.951 t ha ⁻¹	-1.270 t ha ⁻¹	-1.953 t ha ⁻¹

* , ** Significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente.

Cuadro A.6 Rendimiento, heterosis y aptitud combinatoria general de los 13 híbridos utilizados en esta investigación, en cada uno de los ambientes de evaluación

HIBRIDO	CELAYA I			CELAYA II			SANDIA	
	REND. t ha ⁻¹	HET.	ACG. t ha ⁻¹	REND. t ha ⁻¹	HET.	ACG. t ha ⁻¹	REND. t ha ⁻¹	HET.
C220	13.931	0.333	-0.115	16.842	0.942	-0.268	5.925	1.936
C221	13.184	0.651	-0.170	18.708	0.529	0.253	10.745	-1.980
A7500	13.635	1.440	0.844	16.119	1.425	-0.146	6.205	0.456
PP9603	15.768	-0.032	0.439	20.039	-0.255	0.133	9.042	-0.762
PP9539	12.938	1.561	0.616	15.857	2.112	0.409	11.412	3.137
PP9538	15.314	0.306	0.549	17.521	0.589	-0.281	12.215	0.412
AN447	16.043	0.076	0.684	21.267	-1.043	-0.040	14.709	0.417
AN454	12.186	1.014	-0.306	19.381	-0.140	-0.080	15.343	-1.165
N450	15.154	-0.761	-0.598	22.204	-1.882	-0.411	17.921	-1.456
AN453	15.459	-1.435	-1.119	19.399	-0.578	-0.509	17.245	-0.891
AS910	16.269	-0.659	0.063	21.961	-1.216	0.133	20.288	-2.389
AS4450	15.189	-1.169	-0.988	19.367	0.228	0.280	11.179	1.792
AS948	17.682	-1.328	0.099	21.748	-0.717	0.525	13.229	0.482