

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Mejoramiento de la expresión heterótica de dos grupos
germoplásmicos mediante identificación de probadores adecuados

Por:

MARIO EDUARDO ELIZARRARÁS CHICO

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo en Producción

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Marzo, 2006.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

TESIS

Magnificación de la expresión heterótica de dos grupos germoplásmicos complementarios a través de selección de líneas y probadores.

Por:

MARIO EDUARDO ELIZARRARÁS CHICO.

Que somete a la consideración de H. Jurado examinador como requisito para obtener el título de

Ingeniero Agrónomo en Producción

Aprobada por:

Dr. Humberto de León Castillo

Dr. Froylán Rincón Sánchez
Sinodal

Ing. Daniel Sámano Garduño
Sinodal

Dr. José Espinoza Velásquez
Sinodal

M.C. Arnoldo Oyervides García
Coordinador de la división de agronomía
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo, 2006.

DEDICATORIA

A mis padres:

Sr. José Guadalupe Elizarrarás Ramírez

Sra. María Guadalupe Chico Arellano

Por darme lo más valioso de este mundo, la vida, que con sacrificio y esfuerzo supieron guiarme y lograr lo que soy.

A ellos que con cariño y amor me brindaron la gran oportunidad de ser alguien en la vida. ¡GRACIAS!

A mis hermanos:

José Jaime

Rosalba

Maria Cristina

Por su constante compañía, su apoyo incondicional, por las alegrías y tristezas que juntos convivimos durante nuestra niñez y adolescencia: saben que los quiero mucho!

A mi "ALMA TERRA MATER" por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de superarme y formarme profesionalmente.

A todas y cada una de las personas que directa e indirectamente me han apoyado económica y moralmente para la culminación de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haber otorgado la beca tesis a través del proyecto de investigación 41264 a-1.

Al Dr. Humberto de León Castillo, mis más profundos y sinceros agradecimientos, por brindarme la oportunidad de realizar esta valiosa investigación, por su acertada asesoría en este trabajo, por la virtud de humildad y apoyo que siempre me demostró, y por los valiosos conocimientos aportados en mi formación como profesionista.

Al Ing. Daniel Sámano Garduño, por su disposición, colaboración y enseñanza que tuvo en el desarrollo de este trabajo de investigación, por tu apoyo y paciencia en las enseñanzas en mi formación como profesionista, pero sobre todo gracias por tu valiosa amistad y paciencia.

Al Dr. Froylán Rincón Sánchez, por su apoyo e importante colaboración en la revisión y mejoría de este trabajo.

Al Dr. José Espinoza Velásquez, por su disponibilidad y valiosas contribuciones aportadas en la revisión y mejoría de esta investigación.

A la Lic. Sandra López Betancourt: por el apoyo constante en la estructuración de este trabajo.

A la familia Rocha Martínez, por la amistad y el apoyo que me concedieron a lo largo de mi estancia en la Universidad.

A todos mis compañeros y amigos de la Generación "C" de la especialidad de Ingeniero Agrónomo en Producción, por los momentos felices que pasamos.

¡GRACIAS!

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Mejoramiento poblacional.....	4
Heterósis.....	5
Grupos y patrones heteróticos.....	7
Aptitud combinatoria.....	9

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
Material genético.....	10
Metodología.....	12
Descripción de la parcela experimental y fechas de siembra.....	12
Labores de cultivo.....	13
Variables evaluadas.....	13
Modelo estadístico.....	16
Criterios de selección.....	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
V. CONCLUSIONES.....	40
VI. RESUMEN.....	41
VII. LITERATURA CITADA.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
3.1	Genealogías de las líneas, probadores y testigos..... 11
3.2	Características geográficas y climatológicas de los ambientes de prueba..... 12
3.3	Estructura del análisis de varianza combinado para localidades..... 17
4.1	Cuadrados medios del análisis de varianza para híbridos, donde las líneas pertenecen al grupo enano y los probadores son QPM, de dos localidades (Celaya, Gto. y La Piedad, Mich.)..... 21
4.2	Cuadrados medios del análisis de varianza para híbridos, donde las líneas pertenecen al grupo QPM y los probadores son enano, dos localidades (Celaya, Gto. y La Piedad, Mich.)..... 26
4.3	Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) para las líneas evaluadas a través de 10 variables agronómicas..... 29
4.4	Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) para 16 probadores, donde las primeras 9 corresponden al grupo QPM y el resto (10-16) al grupo enano para 10 variables agronómicas..... 31
4.5	Cuadrados medios para líneas dentro de probador, análisis de varianza combinado, diez variables..... 33
4.6	Cruzas de prueba selectas por sus favorables efectos estimados en aptitud combinatoria específica para rendimiento y diez características agronómicas. 35
4.7	Descomposición genética de los híbridos en sus progenitores por ACG en rendimiento..... 36
4.8	Comparación de medias de las variables agronómicas de los 15 híbridos seleccionados por rendimiento..... 38

I. INTRODUCCIÓN

La mejora genética del maíz es una herramienta de utilidad para aumentar el rendimiento por unidad de superficie, aunado a otros componentes productivos, como nutrición de planta y protección sanitaria; todo ello para tratar de satisfacer la demanda alimenticia del hombre y sus animales domésticos.

El fitomejoramiento parte del acierto con que se logran las mejores combinaciones; es recomendable realizar una adecuada clasificación de germoplasma en “grupos” con base a características morfológicas y genéticas; los grupos, en cruzamientos dirigidos deben de exhibir un alto grado de heterosis, buen comportamiento agronómico, amplia diversidad genética y fuente derivadora de líneas endogámicas de buena aptitud.

La identificación de líneas superiores para la explotación de nuevos híbridos es más práctica cuando se atiende un patrón heterótico; es decir, el cruzamiento entre un par de líneas pertenecientes a grupos genéticos contrastantes, ya que con ellos se aumenta la posibilidad de detectar híbridos superiores (Melchinger y Gumber, 1998; Hallauer y Miranda, 1988).

La identificación de líneas élite puede hacerse con la ayuda de probadores en generaciones tempranas (S_2 e incluso S_1 en ciertos casos) de endogamia, con el fin de ahorrar trabajo, ya que se reduce el número de líneas que continúan el proceso de endogamia en cruzamientos dirigidos. Los probadores pueden ser diferentes tipos de materiales, destacando el uso de líneas, cruza simples, triples y dobles o la misma población complementaria (Duron y López, 1991).

La decisión de qué tipo de probador emplear va a depender de los objetivos del mejorador, si éste está interesado en conocer la aptitud combinatoria de las líneas y las cruza, así como la identificación de nuevos híbridos con potencial comercial, la decisión más adecuada es el uso de líneas o cruza simples; si sólo se desea ubicar líneas en el grupo complementario, lo ordinario es emplear los progenitores de materiales que exhiban el máximo de heterosis.

De León (2005) identificó un patrón heterótico prominente para el área del Bajío mexicano formado por un grupo de maíz enano y un grupo de maíz de alta calidad proteica (QPM por sus siglas en inglés). En el presente trabajo se informa de experimentos y resultados que utilizaron esta base germoplásmica combinando o cruzando líneas y cruza simples, con el fin de identificar híbridos experimentales que muestren buen potencial con fines comerciales, así como clasificar las líneas con base a su aptitud combinatoria general para las características agronómicas de interés. En paralelo, identificar qué probador dentro de cada grupo germoplásmico

discrimina de una manera eficiente a las líneas de su grupo complementario y considerarlo como el ideal para futuras pruebas.

Objetivos

1. Identificar las mejores líneas y probadores de los diferentes grupos (enanos y QPM) germoplásmicos por sus efectos de aptitud combinatoria.
2. Determinar el mejor probador para discriminar líneas dentro de cada grupo.
3. Identificar los híbridos que presenten altos rendimientos y características agronómicas superiores.

Hipótesis

Los dos grupos germoplásmicos tendrán suficiente variabilidad genética expresada en sus líneas a través de la aptitud combinatoria, así como en los probadores (cruzas simples) que presentarán diferente capacidad discriminadora sobre las líneas del grupo opuesto, originando híbridos triples con comportamiento agronómico diverso.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Mejoramiento poblacional

El mejoramiento del germoplasma básico por esquemas de selección recurrente (SR) fue propuesto para incrementar la frecuencia de alelos favorables y mejorar características cuantitativas y cualitativas en la población de interés. Márquez (1985) menciona que una alternativa para el mejoramiento de poblaciones es a través de la selección recurrente que puede ser inter o intrapoblacional.

La selección intrapoblacional involucra el mejoramiento de una población, y los métodos más comunes para hacerlo son la selección masal y la familiar en cualquiera de sus variantes: medios hermanos paternos o maternos, hermanos completos y de autohermanos (líneas S_1 ó S_2). Teóricamente, el método de hermanos completos es más eficiente que el masal y que el de medios hermanos debido a que permite un mejor control parental, por lo que la respuesta a la selección es de mayor magnitud.

La selección recurrente interpoblacional se conoce como selección recíproca recurrente (SRR) la cual es conducida por el cruzamiento y la evaluación entre individuos de dos poblaciones. Siendo la meta principal, mejorar el comportamiento de dos poblaciones en simultaneo (heterosis de la crucea íterpoblacional). Además, Almaguer *et al.* (1992) menciona que esta metodología favorece la explotación de

los efectos genéticos aditivos, de dominancia y sobre dominancia, lo cual significa la totalidad de varianza genética presente en las fuentes a mejorar

Por otra parte, Menz y Hallauer (1997) y De León *et al.* (2003), una alternativa para mejorar el rendimiento de los híbridos derivados del cruzamiento entre líneas pertenecientes a grupos heteróticos complementario, es la selección recíproca recurrente, ya que ésta implica incrementar las varianzas aditiva y no aditivas simultáneamente en ambos grupos.

Heterosis

Shull (1948) fue el primero que describió el fenómeno de heterosis como el aumento del tamaño, producción o vigor de la planta, con respecto a las líneas innatas correspondientes. Además, mencionó que si no hay tal aumento, no ocurre heterosis.

Cubero (1999), señala que la heterosis o vigor híbrido se debe al aumento de aquellos caracteres que antes sufrieron una reducción por endogamia y surgen tras el cruzamiento entre especies, variedades o líneas puras.

Una definición práctica de heterosis la proporciona Falconer (1970) estableciendo que es el fenómeno opuesto a la endogamia, por lo que al cruzar dos líneas endogámicas, las progenies mostraran un incremento en aquellos caracteres que previamente sufrieron reducción por la endogamia.

La heterosis se considera como un fenómeno genético, en donde la mayoría de las progenies expresa al máximo el vigor con respecto a sus progenitores. Puede definirse como el incremento en tamaño o vigor de un híbrido con respecto al promedio de sus progenitores, medido a través de indicadores como: resistencia a insectos y enfermedades, rendimiento, altura de planta y mazorca (Allard, 1967).

En maíz, Moll *et al.*, (1962) encontraron que los cruzamientos entre progenitores de diversas áreas geográficas tendieron a producir híbridos con mayor heterosis que las cruzas entre padres de orígenes geográficos similares.

Al respecto, Robles (1986) indica que para obtener mayores expresiones de heterosis, entre más divergentes sean las expresiones de un carácter en los progenitores, se espera mayor expresión en el carácter del híbrido.

Vasal *et al.* (1995), informaron que algunas cruzas de líneas entre poblaciones rindieron hasta más del 12% que las cruzas derivadas entre líneas dentro de las poblaciones.

Grupos y patrones heteróticos

En cualquier programa de mejoramiento es recomendable tener una eficiente clasificación del germoplasma disponible, agregándolos al menos en dos grupos plenamente definidos. Lo anterior se puede lograr por dos vías: la primera, mediante una separación empírica de los materiales consistentes en agrupar individuos con características morfológicas similares, por ser de una misma región geográfica (De León, 2003); la segunda, y más efectiva, es agrupar individuos que no muestren

heterosis al cruzarse entre ellos y que muestren por otra parte, respuesta heterótica similar al cruzarse con otros grupos germoplásmicos (Hallauer y Miranda, 1988; Melchinguer y Gumber, 1998).

Pérez *et al.*, 1991; Xingming *et al.*, 2001, han reportado que los cruzamientos dialélicos son eficientes para la ubicación de los progenitores en grupos heteróticos, catalogándolos a partir de la estimación de efectos genéticos como la ACE.

Una vez que se tienen constituidos dos o más grupos germoplásmicos se crea la necesidad de conocer el comportamiento de las cruza entre ellos y definir un patrón heterótico. González *et al.*, (1997) a utilizado los cruzamiento dialélico entre diferentes materiales, para determinar un patrón heterótico, esta metodología permite identificar el cruzamiento más heterótico para emplear a sus padres como probadores que serán útiles en la clasificación del nuevo germoplásma en grupos heteróticos bien definidos. Por otro lado Terrón *et al.*,(1997) menciona que esta identificación se puede hacer cruzando línea con probadores (cruza de prueba), donde los valores de ACE permiten separar las líneas en grupos heteroticos opuestos

La heterosis normalmente depende de la diferencia en las frecuencias genéticas y los progenitores deben pertenecer a grupos hetetóticos opuestos (Saxena *et al.*, 2000; Vergara *et al.*, 1997). Por otro lado, Malacarne *et al.* (1999) determinaron que para eficientar el uso de la heterosis y predecir el comportamiento de los híbridos, es necesaria la explotación de la información acerca de patrones heteróticos, clasificar el germoplasma élite y agrupación de líneas nuevas dentro de grupos heteróticos.

La identificación de patrones heteróticos ha facilitado la explotación de la heterosis en el mundo. De León *et al.* (1999) proponen que una estrategia para la formación de híbridos potenciales para el Bajío mexicano es el uso del patrón enano x normal (ExN). Para Brasil, la variedad *Tuxpeño cruzada con ETO* fue la que mostró más alto rendimiento, el compuesto brasileño *Composto BSF* mostró una buena heterosis con la *Mezcla Tropical Blanca (Población 22)* del CIMMYT Miranda y Vencovsky (1984).

Para las regiones templadas de Estados Unidos las líneas que en cruces exhiben alta heterosis son B73 y Mo17 además contribuyen al patrón heterótico más utilizado en el desarrollo de híbridos para las regiones templadas del mundo (Díaz *et al.*, 1998).

Gevers (1997) encontró que al cruzar germoplasma de otros países (E.U y Australia) con el germoplasma local de Sudafrica, estos presentaron una alta heterosis para el rendimiento, principalmente la población amarilla I137TN, en combinaciones con los grupos heteróticos tipos Lancaster y Reid.

Aptitud combinatoria

De acuerdo con Sprague y Tatum (1942) y Márquez (1988), la aptitud combinatoria (AC) es la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otro(a), dicha capacidad medida en el promedio de las progenies;

estos autores han definido la aptitud combinatoria general (ACG) como el comportamiento de una línea en combinación híbridas, y la aptitud combinatoria específica (ACE) como los casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen mejor (*o peor*) de lo que podrían esperarse en base al comportamiento promedio de las líneas involucradas.

Molina y García (1996) mencionan que una línea de alta ACG, es aquella que contiene en su genotipo una alta proporción de genes dominantes favorables al carácter de interés, y su contra parte, una línea con alta proporción de genes recesivos, generalmente de baja ACG.

Gutiérrez *et al.* (2004) indican que mediante el conocimiento de la aptitud combinatoria de los progenitores, el genotecnista logrará una mayor eficiencia en su programa de mejoramiento, pues le permite seleccionar líneas de en comportamiento promedio en una serie de cruzamientos e identificar combinaciones híbridas específicas con un comportamiento superior a lo esperado, con base en el promedio de líneas que intervienen en el cruzamiento.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El capítulo incluye la descripción del material genético, los ambientes de evaluación, características del diseño de siembra y parcela experimental, labores culturales, datos agronómicos registrados, análisis estadísticos y fórmulas empleadas para cálculos específicos.

Material genético

El trabajo fue realizado con materiales derivados de dos grupos germoplásmicos, uno adaptado al Bajío (grupo enano) el otro al subtropico (grupo QPM) que presentado una buena adaptación a la región de El Bajío, cuya descripción se presenta a continuación:

Grupo enano. Población de plantas braquíticas($br_2 br_2$), que se caracteriza por soportar altas densidades de siembra. Mostrando una gran adaptación (plasticidad), excelente respuesta a la fertilización y riegos formando buenas combinaciones híbridas. Exhiben madurez diversa por lo que se pueden encontrar familias precoces a intermedias, entrenudos cortos debajo de la mazorca, hojas breves erectas, y espigas compactas, grano preferentemente dentado. Esta población ha pasado por varios ciclos de selección.

Grupo QPM (quality protein maize). Constituido a partir de líneas proporcionadas por el Programa de Maíz del subtropico Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), su particularidad es que muestran un alto contenido de los aminoácidos, lisina y triptofano, su grano es cristalino.

A partir de estos grupos, se generaron dos series de híbridos triples, constituidos por cruzamientos entre líneas enanas y probadores (cruzas simples) del grupo QPM, y otra donde los híbridos triples fueron formados con líneas QPM, y las formadas con líneas QPM y probadores (cruzas simples) del grupo enano, cuya genealogía se presenta en el Cuadro 3.1. En la evaluación del comportamiento de estas series de híbridos triples, se usaron como testigos un grupo selecto de híbridos comerciales y experimentales para la región de El Bajío, cuya descripción se observa en el mismo cuadro.

Cuadro 3.1. Genealogías de las líneas, probadores y testigos utilizadas.

LINEAS		PROBADORES (cruzas simples)					
ENANAS	QPM	QPM	ENANAS			TESTIGOS	
1 MLS4-1	11 CML-173	1 CML-173 x CML-174	10 PE-112-3 x PE-114-2			1 AN-447++	
2 255-18-19-60	12 CML-174	2 6310*Bulk-2 x 6320-6	11 PE-112-3 x PE-114-3			2 AN-450+	
3 LBCPC4S4	13 CML-186	3 6310*Bulk-3 x 6310*Bulk-11	12 PE-112-3 x PE-210-5			3 AN-452++	
4 PE-202-1	14 6310*Bulk-2	4 6310*Bulk-11 x CML-181	13 PE-112-7 x PE-210-5			4 AN-453+	
5 PE-212-1	15 6310*Bulk-3	5 6310*Bulk-3 x 6310*Bulk-12	14 PE-114-3 x 255-18-19-60-A-A			5 (10-11 x ML) X CML-373++	
6 PE-112-3	16 CML-181	6 6310*Bulk-13 x 6320-5	15 PE-114-3 x PE-112-3			6 LINCE++	
7 PE-114-2	17 6310*Bulk-11	7 6320-6 x 6310*Bulk-13	16 PE-210-5 x PE-114-2			7 LEOPARDO++	
8 PE-112-7	18 6310*Bulk-12	8 6310*Bulk-3 x 6310*Bulk-13				8 ZAPATISTA++	
9 PE-114-3	19 6320-3	9 CML-181 x 6310*Bulk-11				9 AGRARISTA++	
10 PE-210-5	20 6320-5					10 RESISTENTE++	
	21 6320-6						

+ = híbridos experimentales, ++ = híbridos comerciales

Metodología

Los cruzamientos fueron realizados en la localidad de Tepalcingo, Morelos ciclo Otoño-Invierno del 2001-2002, empleándose como hembras las cruza simples de cada grupo, que fueron cruzadas con las líneas del otro grupos (línea x probador) con el propósito de obtener el mayor número de cruzamientos, generando 82 cruza triples del grupo QPM x enano, y 69 del grupo enano x QPM. Estas cruza fueron evaluadas durante el ciclo P-V 2002 en dos localidades representativas de la región del Bajío Mexicano que se describen en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Características geográficas y climatológicas de los ambientes de prueba.

Ambiente	Altitud (msnm)	Latitud Norte	Longitud Oeste	Precipitación media anual (mm)	Temperatura media (°C)
Juventino Rosa, Gto.	1697	20° 38'	101° 00'	727	18.5
La Piedad, Mich.	1695	20° 20'	102° 46'	935	19.9

García, 1987.

Descripción de la parcela experimental y fechas de siembra

El diseño de siembra fue en bloques incompletos con un arreglo alfa-látice con dos repeticiones por localidad. La parcela experimental en todos los ensayos de rendimiento fue de un surco de 0.75 m de ancho, con 21 plantas a 0.19 m entre planta y planta. Las fechas de siembra por ambiente de evaluación fueron: en Celaya, Gto., el 7 de mayo de 2002 y en La Piedad, Mich. el 12 de mayo de 2002.

Labores culturales

Siembra. Se realizó manualmente depositando dos semillas por golpe, para asegurar una planta, en el ciclo Primavera-Verano del año 2002.

Fertilización. La fórmula aplicada en los dos ambientes fue 180-90-00 unidades de Nitrógeno y Fósforo respectivamente, todo el Fósforo y la mitad del Nitrógeno fue aplicado al momento de la siembra, el resto del Nitrógeno fue aplicado al primer cultivo.

Riegos. Fueron variables y estuvieron sujetos a la humedad disponible en cada ambiente de evaluación, el único común fue el aplicado a la siembra.

Control de malezas. En todos los ambientes de evaluación se utilizó un herbicida preemergente denominado Primagram Gold[®] (cuyo ingrediente activo es S-Metalaclor + atrazina) a razón de 4 L ha⁻¹ aplicado después del riego de siembra.

Cosecha. Se cosechó por parcela útil, en forma manual para posteriormente registrar el peso de campo y contenido de humedad.

Variables experimentales registradas

Días a floración masculina y femenina (Dfm y Dff). Número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha cuando el cincuenta por ciento de las plantas presentaron anteras dehiscentes (floración masculina) y estigmas receptivos (floración femenina).

Altura de planta (Ap). Es la distancia en centímetros entre la base de la planta y la inserción de la hoja bandera al tallo.

Altura de mazorca (Am). Es la distancia en centímetros desde la base de la planta hasta el nudo de inserción de la mazorca principal.

Prolificidad (Prol.) Número de mazorcas cosechadas entre número de plantas cosechadas por parcela expresada en por ciento.

Acame de raíz (AR). Es el por ciento de plantas acamadas por parcela, considerando aquellas que presentaban una inclinación mayor de 30° con respecto a la vertical.

Acame de tallo (AT). Es el número de plantas, que presentaron el tallo quebrado por debajo de la mazorca principal expresado en por ciento.

Mala cobertura (MC). Es el por ciento de plantas cuya mazorca no se encontró cubierta totalmente por el totemoxtle (brácteas) en relación con el total de las mazorcas cosechadas en cada parcela.

Plantas con Fusarium spp. (PF). Por ciento de plantas que se observaron total o parcialmente dañadas por este hongo en cada parcela, con respecto al total de las plantas establecidas.

Calificación de mazorca (Cal. Maz). Es una calificación visual de las mazorcas cosechadas por parcela útil que considera llenado de grano, sanidad, tamaño y uniformidad. La escala es de 1 a 5 (1 muy buena, 5 muy mala).

Peso de campo (PC). Es el peso total de mazorcas cosechadas por parcela útil, expresado en kilogramos.

Por ciento de humedad (%H). Para obtener este dato, se tomó un número de mazorcas representativas de la parcela, a las cuales se les desgranó de 3 a 5 hileras para obtener cerca de 250 gramos; esta muestra fue sometida a medida en

un aparato *Dickie Jhon*, que determina la humedad del grano. Esta medición se hace al momento de la cosecha.

Rendimiento (Rend) Es la producción estimada por parcela experimental reportada en t ha⁻¹ de mazorca al 15.5 % de humedad. Éste se obtuvo al multiplicar el peso seco (PS) por el factor de conversión (FC).

$$PS = \frac{(100 - \%H)}{100} \times PC$$

Donde:

% H = porcentaje de humedad del grano a la cosecha por parcela y PC = peso de campo en kg.

$$FC = \frac{10000}{APU \times 0.845 \times 1000}$$

Donde:

APU = área de parcela útil. Es el producto de la distancia entre surcos por la distancia entre matas por el número exacto de plantas por parcela; 0.845 = constante para transformar el rendimiento de peso seco al 15.5 % de humedad; 1000 = constante para obtener el rendimiento en t ha⁻¹; y 10,000 = valor correspondiente a la superficie de una hectárea en m².

Rendimiento ajustado por covarianza. Cuando el número de plantas cosechadas fue muy variable entre parcelas dentro de experimentos se realizó un análisis de covarianza, para estimar el efecto de esta variable en la expresión del rendimiento. Una vez comprobado que la covariable mostró efecto significativo mediante la prueba de F, el rendimiento fue ajustado mediante la siguiente fórmula.

$$\hat{Y}_{ij} = Y_{ij} - b_i (x - \bar{X})$$

Donde: \hat{Y}_{ij} = rendimiento corregido por covarianza; Y_{ij} = rendimiento observado; b_i = coeficiente de regresión estimado x = número de plantas cosechadas en la parcela \bar{X} = promedio de plantas cosechadas en el experimento.

Modelo estadístico general

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + R_{j(i)} + T_k + TL_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Descomposición de sumas de cuadrados

$$\left. \begin{array}{l} \text{Subdivisión de los tratamientos} \\ Y_{ijkmn} = \mu + L_i + R_{j(i)} + CT_k + T_m + C_n + CTL_{ki} + TL_{mi} + CL_{ni} + \varepsilon_{ijkmn}. \\ \text{Subdivisión de las cruzas de prueba} \\ Y_{ijklmn} = \mu + L_i + R_{j(i)} + I_l + P_p + IP_{kl} + T_m + C_n + IL_{ki} + PL_{li} + IPL_{kli} + TL_{mi} + CL_{ni} + \varepsilon_{ijklmn} \end{array} \right\}$$

Donde:

i = localidades., j = repeticiones., k = tratamientos., l = línea., p = probador., m = testigo., n = cruzas triples vs testigos.

Y_{ijk} , Y_{ijkmn} , Y_{ijklmn} = son las variables de respuesta; μ = efecto de la media general; L_i = efecto de la i -ésima localidad; $R_{j(i)}$ = efecto de j -ésimo bloque dentro de la i -ésima localidad; T_k = efecto del k -ésimo tratamiento; CT_k = efecto de la k -ésima cruz triple; I_l = Efecto de la l -ésima línea; P_p = Efecto del p -ésimo probador; IP_{kl} = Efecto de la k -ésima línea por el l -ésimo probador; T_m = Efecto del m -ésimo testigo; C_n =

Efecto de la cruza triples contra testigos; LT_{ik} = efecto del k-ésimo tratamiento por la i-ésima localidad; CTL_{ki} = efecto de la k-ésima cruza triple por la i-ésima localidad; IL_{ki} = Efecto de la k-ésima línea por la i-ésima localidad; PL_{li} = Efecto de la l-ésimo probador por la i-ésima localidad; IPL_{kli} = Efecto de la k-ésima línea por el l-ésimo probador por la i-ésima localidad; TL_{mi} = Efecto del m-ésimo testigo por la i-ésima localidad; CL_{ni} = Efecto de la cruza triples contra testigos por la i-ésima localidad; ϵ_{ijk} , ϵ_{ijkmn} , ϵ_{ijklmn} = Error experimental.

3.3. Estructura del análisis de varianza combinado para localidades.

F.V.	G.L.
Loc	l-1
Rep/Loc	(r-1)l
Tratamiento	t-1
Cruzas Triples (C.tr)	c-1
Líneas	j-1
Probadores	p-1
Línea x Probador	(j-1)(p-1)
Testigo (T)	e-1
C. tr vs T	1
Tratamiento x Loc	(t-1)(l-1)
Cruzas Triples x Loc	(c-1)(l-1)
Línea x Loc	(j-1)(l-1)
Probador x Loc	(p-1)(l-1)
Línea x Probador x Loc	(l-1)(p-1)(l-1)
Testigo x Loc	(e-1)(l-1)
C. tr vs T x loc	1
Error	Diferencia
Total	lrtcjp-1

Coefficiente de variación (CV), se calculó para cada variable utilizando la fórmula convencional.

$$CV = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{X}} \times 100$$

Donde: CMEE = es el cuadrado medio del error experimental, y \bar{X} = la media general.

Estimación de efectos de ACG para líneas.

$$g_l = \frac{\chi_{i...}}{PrL} - \frac{\chi_{...}}{lPrL}$$

g_l = Aptitud combinatoria general de líneas.

Estimación de efectos de ACG para probadores.

$$g_p = \frac{\chi_{.j..}}{lrL} - \frac{\chi_{...}}{lPrL}$$

g_p = aptitud combinatoria general de probadores.

Estimación de efectos de ACE de los híbridos.

$$g_h = \frac{\chi_{ij..}}{rL} - \frac{\chi_{i...}}{PrL} - \frac{\chi_{.j..}}{lrL} + \frac{\chi_{...}}{lPrL}$$

g_h = aptitud combinatoria específica de híbridos.

(Sing and Chaudary. 1985).

Donde: l = No. de líneas. P = No. de probadores. r = No. de repeticiones. L = No. de localidades. $\chi_{.j..}$ = sumatoria de la-iesima línea., $\chi_{...}$ = sumatoria total. Se empleo como DMS dos veces el error estándar de la media.

Criterios de selección

Se realizó un análisis de varianza por localidad para observar si existen diferencias entre localidades, bloques, cruza de prueba. En el análisis de varianza, las fuentes de variación se descompusieron en líneas, probador y líneas por probador para observar a quien se le atribuye la diferencia.

Si se detectan diferencias en las fuentes de variación líneas y probadores, la selección se realizará en base a los efectos favorables (rendimiento y prolificidad (+) y (-) para el resto de las variables) de ACG, atendiendo la superioridad de las líneas o probadores, preferentemente en rendimiento, precocidad, sanidad y altura de planta y mazorca, buscando que sus efectos sean estadísticamente diferentes de cero. Sin embargo, también se dará oportunidad a aquellas líneas o probadores que muestren una tendencia favorable de comportamiento en las variables evaluadas a pesar de que éstas no sean estadísticamente diferentes de cero; esta practica es deseable para los fines del programa de mejoramiento.

La selección de probadores se practico tomando en cuenta un criterio que los clasificó en base a la capacidad que tienen para discriminar líneas; este criterio utiliza el valor de sus cuadrados medios exhibido por las líneas dentro de cada probador.

Por último, los híbridos experimentales o cruza de prueba que muestren gran potencial genético y agronómico fueron identificados con base a los efectos de ACE, así como por su superioridad estadística en relación al comportamiento agronómico promedio de los híbridos comerciales utilizados como testigos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos e hipótesis planteados en esta investigación, en esta sección se presentan los resultados del análisis de varianza combinando las dos localidades, apropiado para la determinación de un patrón heterótico; se practicaron dos diferentes análisis, el primer análisis está formado por líneas enanas y probadores QPM (cruza simple), mientras que el segundo está integrado por líneas QPM y su probador grupo enano (cruza simple); esto permitió identificar las líneas elites de cada población, así como los probadores ideales para cada grupo germoplásmico del patrón en cuestión.

En el Cuadro 4.1 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza combinado de dos localidades de ocho características agronómicas.

En la fuente de variación localidades (Loc) se encontraron diferencias ($P \leq 0.01$) para 7 de las 8 variables; estas diferencias pueden atribuirse a las condiciones climáticas y edáficas de cada localidad; la relación mazorca/planta no presenta diferencia significativa, lo cual se atribuye a que la expresión de esta variables fue similar en las localidades. En la fuente de bloques dentro de localidad se detectó diferencia significativa ($P \leq 0.01$) para las variables altura de planta, calificación de mazorca, calificación de planta y rendimiento, y prolificidad, ($P \leq 0.01$) por esta razón que se considera que el diseño estadístico fue eficiente al

Cuadro 4.1. Cuadros medios del análisis de varianza para híbridos, donde las líneas pertenecen al grupo enano y los probadores son QPM, de dos localidades (Celaya, Gto. y La Piedad, Mich.)

F.V		DFM	DFF	AL P	RMAPA	CAL. MAZ	CAL. PLA	PROL	REND
	gl								
localidad (Loc)	1	32,716.92 **	30,214.64 **	47,315.22 **	102.55	18.32 **	4.39 **	23,485.68 **	263.60 **
Bloques/Loc	2	17.01	14.36	2,047.01 **	27.40	1.28 **	1.95 **	1,347.57 *	34.42 **
Tratamientos	93	31.92 **	31.13 **	475.87 **	44.28	0.53 **	0.43	821.03 **	10.51 **
Cruzas (C)	83	22.04 **	21.14 **	451.86 **	42.08	0.49 **	0.43	857.09 **	10.22 **
Líneas (L)	9	35.83 **	27.50 **	870.29 **	61.89	1.09 **	0.56	1,327.98 **	26.35 **
Prob. (P)	8	101.61 **	103.59 **	1,812.05 **	101.95 *	0.69 *	1.15 **	1,496.83 **	21.35 **
L*P	64	9.74	9.50	231.68	32.89	0.37	0.32	688.88 **	6.52 *
Testigos (T)	9	111.11 **	108.24 **	749.40 **	67.98 **	1.01 **	0.16	570.32	13.74 **
C vs T	1	138.34 **	165.58 **	7.88	11.38	0.02	3.29 **	99.52	5.64
Tratam x Loc	93	9.24	9.29	237.57	47.16	0.32	0.28	438.02 *	6.80 **
C x Loc	83	9.17	9.01	236.31	48.58	0.28	0.27	450.01 **	6.68 **
L x Loc	9	10.91	9.92	163.52	53.05	0.41	0.31	728.68 *	15.17 **
P x Loc	8	21.84 **	23.67 **	352.13	37.06	0.31	0.63	585.52 *	6.67
L x P x Loc	64	7.05	6.86	230.59	44.59	0.26	0.21	401.85	5.74
Testigo x loc	9	10.22 *	10.19 *	224.96	23.16	0.57 **	0.40	374.01	8.38 *
C vs T x L	1	7.05	24.27	437.44	140.72	0.74	0.08	14.76	2.62
Error	185	6.96	7.13	252.32	36.82	0.26	0.32	305.35	4.30
Media		86.95	88.48	232.84	54.47	3.17	3.18	116.50	15.91
C. V		3.03	3.01	6.82	11.14	16.04	17.84	15.00	13.04
Máximo		107	106	305	85	5	5	260	25
Mínimo		67	69	154	30	1	2	74	9
Error estandar		1.32	1.34	7.96	3.04	0.26	0.28	8.76	1.04

*, ** Significativos a los niveles de probabilidad ≤ 0.05 y ≤ 0.01 respectivamente. F.V= fuente de variación. gl= grados de libertad. Tratamientos = cruzas y testigos; Prob= probador; L*P= línea por probador; Loc= localidad; C vs T= Cruzas contra Testigos; C vs T*Loc= Cruzas contra testigo por localidad; Tratam*Loc= cruzas y testigos por localidad; C*Loc = cruzas por localidad; L*Loc= Líneas por localidad; P*Loc= Probador por localidad; L*P*L= Líneas por probador por localidad; Testigo*Loc= testigo por localidad. C. V= coeficiente de variación. DFM= días a floración masculina, DFF= días a floración femenina, AL P= altura de planta, RMAPA= relación mazorca-planta, Cal. MAZ= calificación de mazorca, Cal. PLA= calificación de planta, PROL= prolificidad y REND= rendimiento.

lograrse la minimización de la varianza del error. En las variables días a floración masculina y femenina y relación planta/mazorca, no existió diferencia significativa, esto se debió a que los materiales fueron consistentes en bloque, es decir, se comportaron de igual manera.

En las cruzas de prueba y los testigos (tratamientos) solamente se observó diferencias significativas ($P \leq 0.01$), para días a floración masculina y femenina, altura de planta, calificación de mazorca, prolificidad y rendimiento, esto indica que existe una gran variación entre cruzas y testigos, lo cual permitirá seleccionar las que muestren buen potencial agronómico.

Las diferencias estadísticas encontradas en la fuente de tratamientos, permitió descomponer dicha fuente en cruzas triples y testigos para observar cual contribuye más en esas diferencias. El componente cruza triple presentó, a excepción de RMAPA y de CAL PLA, variables que exhibieron diferencias ($P \leq 0.01$) entre genotipos. Siendo esto un indicativo de la diversidad genética presente en cada uno de los grupos germoplásmicos y a la capacidad que tienen los progenitores de combinarse bien o mal.

De la misma forma, los testigos mostraron diferencias ($P \leq 0.01$) en 6 características agronómicas. Estas diferencias pueden ser atribuidas a dos aspectos, primero, que los testigos los conforman híbridos experimentales e híbridos comerciales y el segundo, debido a la diferente finalidad con que se ha liberado dicho híbrido.

Al tomar en cuenta el valor de los cuadrados medios de cruza triple y testigos se aprecia, que son mayores los de este último componente, contribuyendo

mayormente de esta manera en la variación de los tratamientos, aunque para rendimiento su contribución fue similar a la de cruzas triples.

Para conocer el potencial agronómico que tienen las cruzas triples experimentales en comparación con los testigos, se realizó un contraste entre estas dos fuentes. Los resultados indican que, solamente las cruzas de prueba fueron diferentes a los testigos en los días a floración masculina y femenina y en calificación de plantas. Lo anterior es un indicativo para el mejorador de que estos dos grupos germoplásmicos forman un buen patrón heterótico, que puede originar híbridos superiores a los ya existentes en el mercado. Además, este nuevo patrón heterótico genera híbridos precoces y con mejor arquitectura de planta que los testigos, ya que estos últimos son 3 días más tardíos y presentaron peor calificación de planta en comparación con las cruzas de prueba.

Debido a la variación detectada en las cruzas triples estas fueron subdivididas en tres componentes (líneas, probadores y línea x probador) para un estudio más detallado. Los resultados indican que las líneas presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para todas las variables agronómicas evaluadas, a excepción de relación mazorca/planta y calificación de mazorca. Esto es de importancia por que aun cuando las líneas provienen del mismo grupo germoplásmico, presentan suficiente variabilidad genética, lo que permitirá hacer selección, considerando aquellas que presenten mejores atributos.

En probadores, sólo las variables relación mazorca/planta y calificación de mazorca presentaron diferencias al nivel del cinco por ciento de probabilidad, mientras que para el resto estas diferencias fueron del uno por ciento. Estas

diferencias encontradas entre los probadores es un indicativo de una amplia diversidad genética en el grupo QPM ya que al cruzar líneas dentro de ella a originado cruza simples diferentes. Esta diversidad genética se puede corroborar si se toma en cuenta el valor del cuadrado medio que tuvo el probador en cada una de las variables que fue superior a la variabilidad de las líneas, a excepción de rendimiento, donde las líneas tuvieron un cuadrado medio ligeramente mayor al del probador.

Respecto a la interacción línea por probador sólo las variables prolificidad y rendimiento presentaron diferencia significativa de 1 y 5 por ciento respectivamente; es decir, las líneas presentan diferente comportamiento cuando se cruzaron con diferente probador, Por lo que se crea la necesidad de identificar líneas y probadores que muestren una buena combinación.

Las únicas variables que fueron influenciadas por la interacción de cruza y testigos (tratamientos) por localidad fueron rendimiento esto que es una característica cualitativa que esta controlado por muchos pares de genes y que esta fuertemente influenciado por el ambiente. Es por eso que el rendimiento de los materiales evaluados cambia de una localidad a otra.

De forma resumida se puede referir que al desagregar la fuente interacción tratamiento por localidad: todas las subdivisiones que muestren diferencia estadística al 1 y 5 por ciento de probabilidad indican que cambiaron de orden relativo en las localidades, es decir no fueron similares como es el caso de C.t x Loc y Lin x Loc para prolificidad y rendimiento, prob x Loc para días a floración

masculina y femenina y prolificidad y para testigos por localidad para días a floración masculina y femenina, calificación de mazorca y rendimiento.

En el Cuadro 4.2 se presenta los resultados correspondientes al otro grupo de cruza líneas x probadores, donde las líneas pertenecen al grupo QPM y el probador al grupo enano (se evita el detalle por considerarse muy semejante al cuadro anterior), pero si se enuncian algunas de las diferencias principales entre los resultados de los dos análisis.

Las diferencias que se consideran como importantes son dos: la primera, el grupo QPM ya sea representado por líneas o probadores presenta la mayor variabilidad genética para todas las características agronómicas evaluadas, reflejado en cuadrados medios de mayor valor en comparación al grupo enano, que solo fue ligeramente superior en rendimiento cuando este grupo es representado por líneas, la segunda, es que la variabilidad del grupo QPM es mayor cuando ésta es representada por líneas, también reflejado en los valores del cuadrado medio de todas las variables.

Cuadro 4.2. Cuadrados medios del análisis de varianza para híbridos, donde las líneas pertenecen al grupo QPM y el probador es enano, dos localidades (Celaya, Gto. y La Piedad, Mich.).

F. V		DFM	DFF	AL P	RMAPA	CAL. MAZ	CAL. PLA	PROL	REND
	gl								
localidad (Loc)	1	39,738.61 **	35,912.81 **	13,287.01 **	1,548.80 **	5.78 **	6.61 **	495.01	24.23 *
Bloques/Loc	2	7.46	8.83	4,132.66 **	20.93	0.35	0.08	1,581.81 **	21.18 **
Tratam	79	42.59 **	44.13 **	2,646.63 **	71.84 **	1.00 **	0.63 **	596.79 **	21.86 **
Cruzas (C)	69	32.75 **	34.13 **	2,776.65 **	63.95 **	0.93 **	0.64 **	579.64 **	21.55 **
Líneas (L)	10	168.06 **	179.31 **	16,585.74 **	207.84 **	3.97 **	2.89 **	2,075.31 **	112.60 **
Prob. (P)	6	8.97	10.86	620.59	47.30	1.43 **	0.45	360.24	11.83 *
L*P	52	8.83	8.53	418.45	38.15	0.31	0.25	311.53	5.98
Testigos (T)	9	93.50 **	91.50 **	1,330.71 *	128.56 *	1.61 **	0.66 *	767.27 *	26.53 **
C vs T	1	263.31 **	307.54 **	5,518.86 **	105.44	0.20	0.03	245.79	1.03
Tratam x Loc	79	6.96	7.45	407.64	49.21	0.24	0.33	327.11	7.43 **
C x Loc	69	7.35	7.90	416.94	51.79 *	0.24	0.34	333.69	7.77 **
L x Loc	10	17.26 **	22.93 **	406.10	82.85 *	0.60 *	0.81 **	375.48	17.84 **
P x Loc	6	4.06	5.89	525.71	90.65 *	0.14	0.40	144.87	7.98
L x P x Loc	52	5.65	5.15	428.92	43.25	0.18	0.24	350.36	5.87
Testigo x loc	9	4.73	4.73	249.16	34.78	0.19	0.34	135.84	3.00
C vs T x L	1	0.22	0.30	1,191.94	0.71	0.90	0.09	1,594.69 *	23.92 *
Error	158	5.79	6.15	336.49	36.31	0.25	0.28	272.88	4.09
Media		86.78	88.23	223.46	50.81	3.51	3.73	112.63	14.82
C.V		2.77	2.81	8.21	11.86	14.30	14.30	14.67	13.64
Máximo		107	109	295	78	5	5	190	23
Mínimo		67	69	105	24	2	2	70	6
Error Estándar		1.20	1.24	9.17	3.01	0.25	0.27	8.26	1.01

*, ** Significativos a los niveles de probabilidad ≤ 0.05 y ≤ 0.01 respectivamente. F.V= fuente de variación. gl= grados de libertad. Tratam= cruzas y testigos; Prob= probador; L*P= línea por probador; Loc= localidad; C vs T= Cruzas contra Testigos; C vs T*Loc= Cruzas contra testigo por localidad; Tratam*Loc= cruzas y testigos por localidad; C*Loc = cruzas por localidad; L*Loc= Líneas por localidad; P*Loc= Probador por localidad; L*P*L= Líneas por probador por localidad; Testigo*Loc= testigo por localidad. C. V= coeficiente de variación. DFM= días a floración masculina, DFF= días a floración femenina, AL. P= altura de planta, RMAPA= relación mazorca-planta, Cal. MAZ= calificación de mazorca, Cal. PLA= calificación de planta, PROL= prolificidad y REND= rendimiento.

Los coeficientes de variación de las variables evaluadas oscilaron de 2.7 a 17.8 por ciento en los dos análisis, donde los valores más altos correspondieron a las características que fueron estimadas en por ciento como prolificidad, o categóricamente tales como calificación de planta y de mazorca. Sin embargo todos se encuentran en el rango técnicamente aceptable en un ensayo uniforme de rendimiento. Indicando también una buena conducción del experimento.

En el Cuadro 4.3 se presentan los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de las líneas evaluadas, 10 del grupo enano y 11 del grupo QPM, a través de las variables agronómicas de interés.

En este cuadro se puede apreciar que las líneas muestran un efecto inconsistente a través de todas las variables agronómicas, es decir no existe ninguna línea que muestre efectos favorables en todas las variables. Pero se puede resaltar el comportamiento que tienen las líneas 4, 11, 17 y 20, que presentan efectos positivos y estadísticamente diferentes de cero para rendimiento y, en las demás características agronómicas, si bien no muestran efectos favorables, estas son estadísticamente iguales a cero.

También es necesario mencionar que existen líneas dentro de los dos grupos que en cruzamientos pueden reducir los días a floración, altura de planta y mazorca, así como también, problemas tales como acames, mala cobertura y plantas con *Fusarium* que en algún momento dado pueden ser utilizadas como fuentes donadoras de genes.

Es necesario remarcar que la línea 12 (CML-174) para la variable altura de planta y mazorca presento los valores negativos más alto (-65.89 y -39.90, respectivamente) para ACG, por lo cual a esta línea se le considera que tiene un fondo genético enano por lo que al cruzarse con el grupo enano, origino progenies enanas, esto hizo que los híbridos donde intervino esta líneas, no expresaran su potencial genético debido a la competencia que les originaron los híbridos normales.

Nuevamente aquí se puede confirmas que el grupo QPM presenta mayor variabilidad ya que presentá el mayor número de líneas con efectos estadísticamente diferentes de cero.

Cuadro 4.3 Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) para las líneas evaluadas a través de 10 variables agronómicas.

Lin	Genealogía	REND	DFM	DFF	A.P	A.M	A.R	A.T	M.C	P.F	PROL
GRUPO ENANO											
1	MLS4-1	1.18 *	0.96 *	1.07 *	0.38	-0.15	-0.98	9.48 *	9.48 *	7.33 *	-13.97 *
9	PE-114-3	1.07 *	1.41 *	1.29 *	9.64 *	2.85	-0.34	-1.86	-1.86	0.59	2.79
4	PE-202-1	0.71 *	0.41	0.16	4.93	3.68	-0.09	1.03	1.03	0.27	2.08
5	PE-212-1	0.40	-0.54	-0.65	3.85	6.99 *	-0.03	1.64	1.64	1.72	4.63
2	255-18-19-60	-0.21	-1.58 *	-1.13 *	2.03	4.99	5.09 *	1.11	1.11	-1.40	-0.17
8	PE-112-7	-0.27	0.80	0.71	-5.90 *	-5.57	-0.17	-2.13	-2.13	-2.06	-1.95
3	LBCPC4S4	-0.55	-0.09	-0.34	-3.23	-0.84	4.86 *	0.64	0.64	-2.01	7.22 *
7	PE-114-2	-0.55	-0.23	-0.18	-4.23	-5.23	-2.09	-5.36 *	-5.36 *	-1.90	-0.12
10	PE-210-5	-0.64	-3.36 *	-2.80 *	-7.40	-2.21	-4.28	0.06	0.06	2.77	19.95 *
6	PE-112-3	-1.47 *	-0.18	-0.15	-5.79 *	-6.71 *	-5.87 *	-4.69	-4.69	-2.98	-4.84
GRUPO QPM.											
20	6320-5	3.42 *	0.32	0.14	34.36	34.31 *	12.49 *	2.31	-1.03	-3.53	33.95 *
17	6310*Bulk-11	1.41 *	-1.86	-1.90	9.00	-2.80	2.78	-1.12	1.36	-4.03 *	-6.76 *
19	6320-3	1.28 *	4.00 *	4.03 *	26.14	18.06 *	1.71	-0.55	1.86	-4.67 *	11.02 *
18	6310*Bulk-12	1.26 *	1.85	2.10 *	2.21	9.06 *	-2.11	-0.84	-4.89 *	-5.60 *	-6.55 *
14	6310*Bulk-2	1.20 *	2.10 *	1.93	20.79 *	10.13 *	0.92	-1.12	-13.49 *	-2.03	6.09 *
11	CML-173	1.06 *	-3.33	-3.33	-4.29 *	-7.83	-0.08	2.02	8.83 *	1.26	-0.01
21	6320-6	0.71	3.35 *	3.57 *	10.36 *	13.20 *	-0.94	-0.41	0.29	-1.38	12.59 *
15	6310*Bulk-3	-0.21	-2.08	-2.16	-5.39 *	-0.54	-3.11	-0.99	-5.18	2.38	2.10
16	CML-181	-0.31	-2.18	-2.43	6.32	5.31 *	-2.58	2.95	7.61 *	4.26 *	-4.30
13	CML-186	-1.57 *	-1.87	-1.95	-4.99 *	-8.53 *	2.84	-1.76	2.60	-1.68	-11.30 *
12	CML-174	-5.14 *	-0.36	-0.22	-65.89 *	-39.90 *	-2.51	1.45	-0.71	12.90 *	-5.51

* Significativos al niveles de probabilidad ≤ 0.05 . Lin= Líneas DFM= días a floración masculina, DFF= días a floración femenina, A. P= altura de planta, A. M = altura de mazorca, A:R = acame de raíz, A:T= acame de tallo, M:C= mala cobertura, P:F= plantas con fusarium, PROL= prolificidad, REND= rendimiento.

En el Cuadro 4.4 se presentan los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de los probadores evaluados 9 del grupo QPM y 7 del grupo enano a través de las variables agronómicas de interés.

Otra vez el grupo QPM, pero ahora a través de probadores presentó la mayor variabilidad al presentar más probadores con efectos diferentes de cero, siendo las variables de floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca las que presentan mayor variabilidad. Para rendimiento, únicamente el probador 6310*Bulk-13 x 6320-5 presentó efectos positivos y estadísticamente diferente de cero, pero existen otros probadores que fueron iguales a cero que pueden contribuir en forma positiva al rendimiento.

De los 16 probadores los que sobresalen el 3 y el 11, que aunque presentes efectos iguales a cero para todas las variables, éstos presentan efectos negativos a excepción de rendimiento.

Cuadro 4.4 Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) para 16 probadores, donde las primeras 9 corresponden al grupo QPM y el resto (10-16) al grupo enano para 10 variables agronómicas.

Prob	genealogías	REND	DFM	DFF	AP	AM	AR	AT	MC	PF	PROLIF
PROBADOR QPM											
6	6310*Bulk-13 x 6320-5	1.42 *	1.77 *	89.92 *	5.74 *	5.74 *	6.02 *	1.98	1.14	0.74	4.83
2	6310*Bulk-2 x 6320-6	0.70	1.75 *	90.26 *	12.59 *	12.59 *	-0.90	-3.82	2.84	-3.89 *	14.13 *
3	6310*Bulk-3 x 6310*Bulk-11	0.40	-0.45	-87.94	-3.34	-3.34	-1.78	-3.86	8.69 *	-2.56	0.72
5	6310*Bulk-3 x 6310*Bulk-12	0.22	1.67 *	90.48 *	-5.62 *	-5.62 *	-2.31	-0.34	2.85	-1.58	-10.35 *
9	CML-181 x 6310*Bulk-11	-0.11	-1.01 *	-87.15 *	6.33 *	6.33 *	-2.51	-1.19	1.23	0.02	-4.55
4	6310*Bulk-11 x CML-181	-0.26	-0.29	-87.75	5.24 *	5.24 *	3.11	-0.69	4.87	0.13	-5.39
8	6310*Bulk-3 x 6310*Bulk-13	-0.37	-1.40 *	-87.17 *	-6.48 *	-6.48 *	-1.84	1.98	0.73	0.33	0.75
7	6320-6 x 6310*Bulk-13	-0.53	1.17 *	89.68 *	-3.00	-3.00	2.34	3.76	1.22	5.05 *	4.88
1	CML-173 x CML-174	-1.18 *	-2.86 *	-85.83 *	-8.50 *	-8.50 *	-1.78	1.36	1.12	0.75	-1.75
PROBADOR ENANO											
13	PE-112-7 x PE-210-5	0.66	0.60	0.50	4.72	1.42	-1.81	-0.03	-0.50	-1.33	0.03
11	PE-112-3 x PE-114-3	0.62	-0.27	-0.44	-1.06	-1.88	-0.37	-2.36	-2.25	-1.36	-2.47
15	PE-114-3 x PE-112-3	0.04	0.49	0.54	-0.07	-0.19	0.44	-1.74	1.95	-3.85 *	-2.45
14	PE-114-3 x 255-18-19-60-A-A	-0.00	0.44	0.49	1.68	3.94	1.07	1.31	-2.93	1.23	-2.40
16	PE-210-5 x PE-114-2	-0.21	-1.00 *	-1.02 *	1.29	0.88	-0.53	1.58	0.56	1.23	4.27
10	PE-112-3 x PE-114-2	-0.35	-0.28	-0.21	-8.44 *	-7.24 *	-2.13	-2.69 *	-0.50	0.20	-2.03
12	PE-112-3 x PE-210-5	-0.56	0.14	0.23	1.93	2.67	2.88 *	3.22 *	3.04	3.18 *	3.97

* Significativos al niveles de probabilidad ≤ 0.05 . Lin= Líneas DFM= días a floración masculina, DFF= días a floración femenina, AP= altura de planta, AM = altura de mazorca, AR = acame de raíz, AT= acame de tallo, MC= mala cobertura, PF= plantas con fusarium, PROLIF= prolificidad, REND= rendimiento.

Para considerar el mejor probador para la discriminación de las líneas se debe de tomar en cuenta la variación que presenten éstas dentro de cada probador, pudiendo conocer la intensidad de ésta variación a través de los valores de los cuadrados medios de línea dentro de probador, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 4.5.

Si consideramos que el probador ideal para discriminar líneas, es aquel que cuenta con una alta frecuencia de genes recesivos, para que permita a las líneas expresar su valor genético, entonces el grupo enano es el que presenta los mejores probadores discriminadores de líneas para la mayoría de la variables agronómicas ya que presenta cuadrados medios mayores en comparación del grupo QPM. Pero es necesario tener identificados probadores en cada grupo para que puedan ser utilizados en trabajos posteriores.

Pero los probadores que tienden a discriminar líneas en más de una variable son 4, 5 y 7 para el grupo QPM y el 10, 11 ,12 y 51 para el grupo enano.

Cuadro 4.5. Cuadros medios para líneas dentro de probador, análisis de varianza combinado, diez variables.

Prob	GENEALOGÍA	REND	DFM	DFF	A.P	A.M	A.R	A.T	M.C	P.F	PROLIF	C.M	C.P
Probador de QPM													
6	6310*Bulk-13 x 6320-5	14.23	10.06	14.06	214.76	281.57	203.74	80.75	286.72	111.09	474.50	0.65	0.42
9	CML-181 x 6310*Bulk-11	13.74	8.91	8.73	317.08	394.97	68.69	101.78	166.23	14.72	352.07	0.11	0.29
7	6320-6 x 6310*Bulk-13	10.52	20.01	14.78	304.34	467.67	475.96	195.94	286.10	543.69	1,225.88	0.29	0.29
4	6310*Bulk-11 x CML-181	9.29	14.86	13.56	451.32	787.90	153.44	62.75	305.11	90.94	415.97	0.94	0.26
5	6310*Bulk-3 x 6310*Bulk-12	8.76	14.46	14.36	616.91	343.58	117.25	88.23	764.78	45.34	290.00	0.53	0.10
1	CML-173 x CML-174	8.08	9.18	12.11	334.90	177.21	122.89	59.83	270.04	41.03	878.67	0.54	0.54
8	6310*Bulk-3 x 6310*Bulk-13	7.25	12.13	9.88	96.25	141.49	109.17	118.75	600.11	71.30	416.25	0.31	0.51
2	6310*Bulk-2 x 6320-6	4.56	13.47	6.47	251.35	417.01	199.00	23.11	152.16	17.92	2,814.86	0.44	0.24
3	6310*Bulk-3 x 6310*Bulk-11	4.09	11.59	9.92	150.49	276.13	196.69	40.25	267.32	26.69	212.94	0.34	0.42
Probador de Enano.													
14	PE-114-3 x 255-18-19-60-A-A	38.26	24.35	25.79	2,944.28	1,935.74	51.45	46.33	105.23	101.78	776.23	0.86	0.73
11	PE-112-3 x PE-114-3	26.29	37.25	40.13	5,252.75	2,080.80	136.13	3.13	377.34	85.25	593.31	0.82	0.69
13	PE-112-7 x PE-210-5	22.86	17.90	20.01	1,136.57	736.82	19.99	24.38	612.22	103.92	514.19	1.01	0.55
10	PE-112-3 x PE-114-2	22.06	42.84	47.68	2,159.43	844.32	62.79	2.33	273.14	164.36	292.91	1.07	1.11
12	PE-112-3 x PE-210-5	21.91	36.20	39.31	3,256.20	1,375.22	176.92	24.08	278.70	752.89	858.92	0.69	0.72
15	PE-114-3 x PE-112-3	20.30	44.45	43.23	4,163.23	1,644.00	61.54	18.16	976.80	80.39	274.62	1.57	0.51
16	PE-210-5 x PE-114-2	9.89	37.05	34.31	2,046.70	1,468.60	94.67	90.34	569.76	282.40	810.25	0.30	0.35

Prob= Probador. REND=rendimiento, DFM= días a floración masculina, DFF= días a floración femenina, A. P= altura de planta, A. M = altura de mazorca. A.R = acame de raíz, A. T= acame de tallo, M.C= mala cobertura, P.F= plantas con fusarium spp, PRILIF= prolificidad, C. M= calificación de mazorca, C.P= calificación de planta

Con el fin de conocer la acción conjunta que tienen líneas y probadores en la expresión de los híbridos se calcularon los efectos de ACE de los cruzamientos. En el Cuadro 4.6 sólo se presentan los mejores 15 híbridos en cuanto a ACE de rendimiento.

El comportamiento de los híbridos en cada una de las variables agronómicas se debió principalmente a los efectos de genes aditivos ya que los genes de acción de dominancia, epistaxis e interacciones tuvieron un efecto no sobresaliente; esto se reflejó en la ausencia de diferencias estadísticas en los valores de ACE de las cruzas, solamente para rendimiento, cuatro cruzas presentaron efectos estadísticamente diferentes de cero, pero para seleccionar a la mejor craza en ACE, se deben considerar el resto de las características que aunque no sean estadísticamente superiores, si presentan rangos de interés. Como es el caso de las cruzas 84, 1, 87, 88 y 8.

Cuadro. 4.6. Cruzas de prueba selectas por sus favorables efectos estimados en aptitud combinatoria específica para rendimiento y diez características agronómicas.

OBS	HIB	LINEA	PROB	REND	DFM	DFF	AP	AM	AR	AT	MC	PF	PROLIF
1	1	10	7	3.14 *	-1.04	-1.37	20.00 *	11.38	1.66	-3.51	-0.10	-6.05	7.00
2	83	14	14	2.47 *	0.02	-0.03	6.89	14.24	0.25	-3.38	3.14	2.53	5.01
3	84	15	14	2.39 *	-0.54	-0.44	-0.68	-0.59	2.03	-3.51	4.08	-2.63	6.75
4	2	4	9	2.12 *	1.37	0.69	7.34	6.84	-0.69	-7.03	7.56	0.98	-0.70
5	3	6	2	2.03	0.94	1.14	-1.70	-0.66	6.48	1.32	-3.58	-0.86	2.78
6	4	9	9	2.01	0.36	0.31	0.13	6.17	-0.68	-4.14	7.94	-1.59	15.84
7	85	13	15	1.96	-0.06	-0.20	4.41	9.53	5.46	0.31	-9.07	2.26	-2.05
8	86	12	16	1.80	1.43	1.13	7.71	-0.16	-1.97	-2.72	-5.88	5.60	-1.30
9	5	9	1	1.77	0.46	0.89	5.96	4.35	12.34 *	-2.19	7.59	-0.81	-7.46
10	87	19	13	1.76	-1.27	-1.14	-4.00	-3.67	-1.15	2.88	-9.14	2.72	7.40 *
11	6	1	6	1.68	-1.21	-1.74	8.48	12.51	-0.33	0.86	0.44	2.20	6.73
12	7	5	2	1.66	2.55	2.64	-4.34	1.65	0.40	0.48	-3.58	-0.05	58.31
13	88	14	15	1.64	-0.78	-1.08	-8.86	2.12	0.38	-0.33	-6.98	-2.65	-0.94
14	8	6	1	1.60	-0.95	-1.18	-6.11	-6.09	0.62	3.14	-11.04	-0.25	-5.34
15	89	17	10	1.52	1.71	1.75	0.05	-0.40	-2.90	0.62	2.61	-1.95	0.24

* Significativo al nivel de probabilidad $p < 0.05$. HIB= Híbridos. REND=rendimiento, DFM= días a floración masculina, DFF= días a floración femenina, AP= altura de planta, AM = altura de mazorca. AR = acame de raíz, AT= acame de tallo, MC= mala cobertura, PF= plantas con fusarium spp, PROLIF= prolificidad.

En el Cuadro 4.7 se presenta la estructura genética para rendimiento de los progenitores, considerada ésta como valores desagregados del estimado de rendimiento en los efectos de aptitud combinatoria general de sus progenitores y el efecto de la ACE del híbrido.

Para la formación de un híbrido sobresaliente se debe buscar que al menos uno de sus progenitores muestre buenos efectos de ACG, esto se puede observar en los resultados obtenidos, en donde 6 de los 10 mejores híbridos cumplen con esta condición que aunque también muestran efectos positivos de ACE no son estadísticamente diferentes de cero. Para las cruzas 1, 84 y 8 el potencial de rendimiento se debió principalmente a los efectos de dominancia, solamente el híbrido dos tubo un progenitor sobresaliente en ACG pero también los valores de ACE fueron de consideración.

Cuadro 4.7. Descomposición genética de los híbridos en sus progenitores por ACG en rendimiento.

No.	HIB	MEDHIB	ACE	LINEA	ACG	PROB	ACG
1	6	20.23 ^A	1.68	1	1.18 *	6	1.42 *
2	13	19.20 ^{AB}	1.12	4	0.71 *	6	1.42 *
3	4	18.92 ^{AB}	2.01	9	1.07 *	9	-0.11
4	7	18.71 ^{AB}	1.66	5	0.40	2	0.70
5	2	18.67 ^{AB}	2.12*	4	0.71 *	9	-0.11
6	87	18.54 ^{AB}	1.76	19	1.28 *	13	0.66
7	1	17.91 ^B	3.14*	10	-0.64	7	-0.37
8	88	17.72 ^B	1.64	14	1.20 *	15	0.04
9	84	17.01 ^C	2.39*	15	-0.21	14	0.00
10	8	14.90 ^C	1.60	6	-1.47 *	1	-1.18 *

* Nivel de significancia a $P < 0.05$, HIB = híbrido, MEDHIB = media del híbrido, ACE = aptitud combinatoria específica, ACG = aptitud combinatoria general, PROB = probador.

De los 151 híbridos evaluados en este trabajo se deben seleccionar solamente aquellos que presenten un buen potencial de rendimiento y que además presenten características agronómicas deseables con el fin de seguirlos observando y que en un futuro no muy lejano pueden ser liberados comercialmente es por eso que en el Cuadro 4.8 se concentran los mejores 15 híbridos en base a rendimiento.

Todos los híbridos evaluados superaron estadísticamente a la media de los testigos para la variable de rendimiento. El híbrido 6 mostró mayor potencial para rendimiento (20.2 t ha^{-1}) y no es igual a los nueve híbridos presentados dentro del mismo grupo estadístico, sin embargo exhibe problemas agronómicos en altura de mazorca, plantas con *Furarium* y en acame de tallo.

El primer grupo para rendimiento quedó integrado por 9 híbridos (6, 13, 4, 7, 2, 87, 83, 24, 9, 102), entre ellos el híbrido 4 destaca por ser de ciclo intermedio, sin problemas de acame, ni de *Fusarium*, y por su tendencia a producir más de una mazorca por planta.

A pesar que el híbrido 94 se encuentra dentro del segundo grupo estadístico para rendimiento (al rededor de 18 t ha^{-1}), presenta una floración igual a la media de los testigos con una altura de planta y mazorca aceptable (223 y 115 cm), sin problemas de acame de raíz t tallo, con respecto a mala cobertura y plantas con *Fusarium* los porcentajes que presenta son bajos.

Cuadro 4.8. Comparación de medias de las variables agronómicas de los 15 híbridos seleccionados por rendimiento.

C	HIB	LINEA	PROB	REND	DFM	DFF	A. P	A.M	A.R	A. T	M.C	P.F	PROL										
E x Q	6	1	6	20.2	A	88	ABCD	89	BCD	248	ABCDE	149	A	13	BCDE	20	A	11	CD	18	A	114	DEFGH
E x Q	13	4	6	19.2	AB	88	ABCD	89	BCD	249	ABCD	138	ABCDEF	19	AB	13	AB	19	ABCD	15	AB	111	FGH
E x Q	4	9	9	18.9	AB	88	ABCD	89	BCD	249	ABCD	136	ABCDEFG	5	DEFG	0	C	22	ABCD	7	BCD	131	CD
E x Q	7	5	2	18.7	AB	91	A	92	A	245	ABCDEF	143	ABC	8	CDEFG	6	BC	12	BCD	6	BCD	194	A
E x Q	2	4	9	18.7	AB	88	ABCD	88	CDE	252	AB	138	ABCDEF	5	DEFG	0	C	25	AB	9	ABCD	114	DEFGH
Q x E	87	19	13	18.5	AB	90	AB	91	AB	249	ABCD	129	CDEFGH	4	DEFG	6	BC	17	BCD	5	BCD	131	CD
Q x E	83	14	14	18.5	AB	89	ABC	90	ABC	251	ABC	141	ABCD	7	CDEFG	0	C	11	CD	10	ABC	121	DEF
E x Q	24	5	6	18.4	AB	89	ABC	91	AB	236	BCDEFGH	139	ABCDE	26	A	7	BC	12	BCD	7	BCD	131	CD
E x Q	9	1	4	18.3	AB	89	ABC	90	ABC	236	BCDEFGH	131	BCDEFGH	14	BCD	3	C	16	BCD	10	ABC	98	H
Q x E	102	20	12	18.3	AB	87	CBDE	88	CDE	256	A	147	AB	18	ABC	6	BC	23	ABC	5	BCD	146	BC
E x Q	29	9	3	17.9	B	89	ABC	90	ABC	240	ABCDEFGH	121	EFGH	10	BCDEFG	3	C	9	D	2	CD	118	DEFG
Q x E	1	10	7	17.9	B	84	E	86	E	243	ABCDEFG	138	ABCDEF	8	CDEFG	8	BC	32	A	10	ABC	149	B
Q x E	94	18	11	17.8	B	89	ABC	91	AB	223	H	115	H	0	G	0	C	16	BCD	3	CD	114	DEFGH
E x Q	17	7	6	17.8	B	86	CDE	87	DE	226	GH	126	CDEFGH	12	BCDEF	5	BC	14	BCD	9	ABCD	130	CDE
Q x E	88	14	15	17.7	B	88	ABCD	89	BCD	234	BCDEFGH	125	DEFGH	7	CDEFG	0	C	6	D	0	D	115	DEFGH
			Media de híbridos	18.46		88		89		242		134		10		5		16		8		128	
			EE	1.04		1.30		1.31		8.51		8.67		5.08		4.05		6.79		4.81		8.37	
			M. de testigos	15.11		89		91		233		124		9.59		3.48		14.9		7.18		115	
			DMS	2.09		2.6		2.6		17.0		17.3		10.2		8.1		13.6		9.6		16.7	

C= cruza. E= enano. Q= QPM. HIB = híbrido, PROB= Probador, REND=rendimiento, DFM= días a floración masculina, DFF= días a floración femenina, A. P= altura de planta, A. M = altura de mazorca. A.R = acame de raíz, A. T= acame de tallo, M.C= mala cobertura, P.F= plantas con fusarium spp, PROL= prolificidad. EE= Error Estandar. DMS= Diferencia mínima significativa.

Otro híbrido sobresaliente dentro del mismo grupo estadístico fue el 88 mostrando un potencial en rendimiento de $17,7 \text{ t ha}^{-1}$, con dos días mas precoz que los testigos , presentando un buen porte de planta y con problemas de acame de raíz y mala cobertura bajos.

V. CONCLUSIONES

El análisis de la información conjunta de localidades y de acuerdo con los objetivos e hipótesis planteadas en esta investigación, se concluyó lo siguiente;

Los grupos estudiados constituyen un prominente patrón heterótico para el Bajío mexicano, donde el grupo QPM expreso mejor potencial cuando se utiliza como hembra, ambos grupos presentan alta variabilidad genética lo que permite seleccionar líneas y probadores. Las líneas que presentan efectos positivos de ACG y estadísticamente diferentes de cero para rendimiento y efectos agronómicamente favorables para las demás características fueron 4, 11, 17 y 20. Para el grupo enano el probador 3 presentaron los mejores efectos de ACG para la mayoría de las variables y dentro del grupo QPM el mejor fue 11.

Los probadores que tienden a discriminar líneas en más de una variable son 4, 5 y 7, para el grupo QPM y el 10, 11, 12 y 15 para el grupo enano.

Los híbridos 6, 4, 94, 88 presentaron un buen potencial de rendimiento y características agronómicas sobresalientes, a explotarse en el Bajío Mexicano.

VI. RESUMEN

El mejoramiento genético a través de variedades híbridas ha contribuido al aumento de la producción por unidad de superficie. La obtención de mejores combinaciones híbridas se logra al realizar la clasificación de germoplasma en grupos, los cuales, deben exhibir, buen comportamiento agronómico, amplia base genética, excelente comportamiento como fuente derivadora de líneas y en cruzamientos dirigidos, un alto grado de heterosis.

Este trabajo de investigación consistió en la evaluación de 151 híbridos triples formado por el cruzamiento entre dos grupos germoplásmicos que forman un buen patrón heterótico para El Bajío mexicano; un grupo está constituido por plantas enanas perteneciente al programa de mejoramiento genético del IMM de la UAAAN, y el otro grupo constituido por maíz QPM (Quality protein maize) del CIMMYT. El primer grupo lo representaron 9 cruza simples utilizadas como probadores del otro grupo y 10 líneas; el segundo grupo lo constituyeron 7 probadores y 11 líneas. La experimentación tubo como objetivo seleccionar líneas con un alto valor genético, identificar probadores que tengan la capacidad de discriminación de líneas bajo prueba y seleccionar híbridos con buenos atributos agronómicos.

La formación de los cruzamientos entre líneas y probadores se realizó en Tepalcingo, Morelos durante el ciclo Otoño-Invierno del 2001-2002, empleándose

como hembras las cruza simples de cada grupo, formándose híbridos únicamente entre materiales que coincidieron en floración. La evaluación de los híbridos y 10 testigos se realizó durante el ciclo P-V 2002 en dos localidades representativas de la región del Bajío Mexicano (Juventino Rosas, Gto. y La Piedad, Mich), bajo un diseño de bloqué incompletó, con un arreglo de alfa-látice. El análisis de los datos se realizó a través de la metodología línea por probador en el programa SAS.

Se identificaron líneas con buen comportamiento genético dentro de cada grupo, el grupo QPM presentó el mayor número de líneas entre las que destacan las denominadas como: 11, 17 y 20, mientras que el grupo enano sólo arrojo una líneas sobresaliente, 4. En la selección del probador con mayores efectos para AGC fue el probador 3 para el grupo QPM, mientras que para el grupo enano destacó el 11.

En la sección del mejor probador que tienden a discriminar líneas en más de una características agronómicas destacan 4, 5 y 7, para el grupo QPM y para el grupo enano sobresalieron 10, 11, 12 y 15. Se seleccionaron híbridos con características agronómicas y además que presentaran buen rendimiento entre los que destacan los numerados como: 6, 4, 94 y 88.

LITERATURA CITADA

Allard, R. W. 1967. Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 472p. Traducido al español por J. L. Montoya.

Almaguer S., Ma. G., Oyervides G., A., López P. E., Rodríguez H, S. A. (1992). Selección recíproca recurrente en dos poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) de amplia base genética para el trópico seco mexicano. Revista Agraria 8(1):58-72. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Buavista, Saltillo, Coah. México.

Cubero J, I. 1999. Introducción a la Mejora Genética Vegetal. Ediciones Mudi-prensa. Madrid. Barcelona. México. 365p.

De León C., H., Ramírez, E., Martínez, G., Oyervides, A., De La Rosa, A. 1999. Evaluación de diversos patrones heteróticos en la formación de híbridos de maíz para el Bajío de mexicano. Agronomía Mesoamericana 10(1):31-35.

De León C., H., Sámano G D., Hernández S, S., De La Rosa L, A., Oyervides G, A., Rincón S., F. 2003. Mejoramiento de un patrón heterótico de maíz mediante selección recíproca recurrente. (en línea) disponible en:
http://www.uaaan.mx/DirInv/Avances_2002/Maiz/Seleccion.pdf

De León, C. H. 2005. Estudio y clasificación de grupos germoplásmicos para la constitución de patrones heteróticos en maíz. Tesis de Doctorado en Ciencias,

Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 92p.

Díaz De la C, J., Taba, S., Rivas, R. M. 1998. Patrones heteróticos de las accesiones del banco de germoplasma para el pre-mejoramiento. *In: Congreso de Fitogenética, 17. Acapulco'98. Memorias; Acapulco, Gro. (México); 5-9 Oct 1998.* Ramírez V., P.; Zavala G., F.; Gómez M., N.O.; Rincón Sánchez, F.; Mejía, A. (eds.). Montecillo, Texcoco. (México): SOMEFI. p. 217.

Durón I., J. R. y López P., E. 1991. Comparación entre probadores para la evaluación de líneas S₂ de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Agraria Vol. 7(2): 200–212.* Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México.

Falconer, D. S. 1970. Introducción a la Genética Cuantitativa. C.E.C.S.A. Eds. Mexico, D. F. 430 p. Traducido al español por F Márquez Sanchez.

García E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria. México, 20 D. F. 246 p.

Gevers, H. O. 1997. Patterns of heterosis in South African maize breeding. In *Book of Abstracts. The genetics and exploitation of heterosis in crops; an International Symposium. Mexico.* pp 102-103.

González, S., Córdova, H. S., Rodríguez., De León, H. y Serrato, V. M. 1997. Determinación de un patrón heterótico a partir de la evaluación de un dialelo de diez líneas de maíz subtropical. *Agronomía Mesoamericana* 8(1) 1-7.

Gutiérrez D. R. E., Espinoza B., A., Palomo G., A., Lozano G. y Antuna G, O. 2004. Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la Comarca Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana.* pp. 7-10.

- Hallauer, A. R., Miranda, J. B. 1988.** Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press. Ames. U.S.A 468 p. Disponible en: http://www.genetics.org/cgi/reprint/33/5/439?ijkey=5a9e3014d7cf05b9180470096478c8e0f81d11e8&keytype2=tf_ipsecsha
- Malacarne, M. F., San V, G., Félix M. 2003.** Patrones heteróticos de líneas tropicales blancas de maíz. *Agronomía Trop.* 53: 32-40. Disponible en la World Wide Web: http://www2.bvs.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2003000400004&lng=es&nrm=iso. ISSN 0002-192X.
- Marquez S. F. 1985. Genotecnia Vegetal.** Tomo I. Método, Teorías y Resultados. AGT Editor, S.A. México, D.F. 357 p.
- Márquez, S. F. 1988.** Genotecnia Vegetal. Tomo II. AGTESA. México. 563 p.
- Melchinger, A. E and Gumber, R. K. 1998.** Overview of heterosis and heterotic groups in agronomic crops. *In: Concepts and Breeding of Heterosis in Crop Plants.* Lamkey, K. R. and J. E. Staub. (Eds). Madison, Wisconsin. pp: 29-44.
- Menz, M. and Hallauer, A. R. 1997.** Reciprocal recurrent selection in who tropical population adapted ta Iowa. *Maydica* 42:239-246.
- Miranda, J. B. and Vencovsky, R. 1984.** Analysis of a diallel crosses among open-pollinated varieties of maize (*Zea mays* L.). *Maydica*, 29: 217-234.
- Molina G. J. y García Z., J. J. 1996.** Uso de líneas de alto y bajo aptitud combinatoria general (ACG) como probadores de la ACG de líneas autofecundadas de maíz. *In: Memoria del XVI Congreso de Fitogenética.* Sahagún C, J., Ramírez V, P. y Castillo G. F. (eds). Texcoco, México. P. 230.

- Moll, R.H., Salhuana, W.S. and Robinson, H. F. 1962.** Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. *Crop Sci.* 2:197–198.
- Pérez T., R. A., Carballo, Q., A, Castillo G., F., Covarrubias, P, J. 1991.** Identificación de patrones heteroticos en un grupo de variedades precoces de Maíz. *Agrociencia serie Fitociencia.* 2(2): 69-79.
- Robles, S. R. 1986.** *Genética Elemental y Fitomejoramiento Práctico.* Editorial Limusa. México. 339p.
- Saxena, V. K., Malhi, N. S., Singh, N. N., Vasal, S. K. 2000.** Heterosis in maize: Grouping patterns. In: *Proceeding of the Seventh Asian Regional Maize Workshop (eds Vasal, S.K., F.G Cenicero and F. Xing Ming. PCARRD, Los Banos , Abstracts.* Pp. 14.
- Shull, G. H., 1948.** What is “heterosis”? *Shull* 33 (5): 439. (1948) o (en línea) disponible en línea.
<http://www.genetics.org/cgi/reprint/33/5/439>
- Singh, K. R. and Chaudary D. B. 1985.** Line x Tester analysis. 3^a Edición. *Biometrical Methods in quantitative Genetic Analysis.* 205-214 p.
- Sprague, G. G., Tatum, L. A. 1942.** General vs specific combining ability in single cross of corn. *Journal Am. Soc. Agron.* 34:923-932.
- Terrón, A., Preciado E., Córdova H., Milckelson H y López R. 1997.** Determinación de patrones heteroticos de 30 líneas de maíz derivadas de la población 43SR. *Agronomía Mesoamericana* 8(1):01-07.

Vasal, S.K., Dhillon, B.S., Srinivasan, G., McLean, S.D., Crossa, J. and Zhang, S.H. 1995. Effect of S_3 recurrent selection in four tropical maize populations on their selfed and randomly mated generations. *Crop Sci.*, 35: 697-702.

Vergara N. A., Vasal, S. K., Malean, S. D., Srinivasan, G. and Rodríguez, H., S 1997. Heterosis and combining ability among long and short-ear maize inbred lines. Book of Abstracts. The genetics and exploitation of heterosis in crops; *an International Symposium*. Mexico. pp 198-199.

Xingming, F., Ping, T. Bihua, H. and Feng, L. 2001. Analysis combining ability and heterotic groups of yellow grain quality protein maize inbreds. Seventh Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference. pp 143-148.