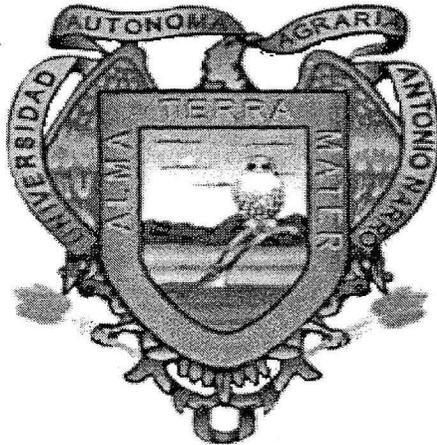


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**“PROBADORES DE GRUPOS HETERÓTICOS DIFERENTES EN LA SELECCIÓN
DE LÍNEAS S1 DE MAÍZ (*Zea mays L.*)”**

POR:

RAZIEL ANTONIO ORDÓÑEZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México

Febrero del 2008.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. RAZIEL ANTONIO ORDÓÑEZ
ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA
Y APROBADA COMO REQUISITOS PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

ASESOR:

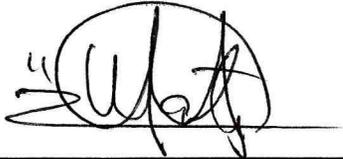

Ph. D. ARTURO PALOMO GIL

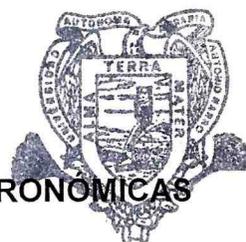
ASESOR:


Ph. D. ÁNGEL LAGARDA MURRIETA

ASESOR:


M.C. ORALIA ANTUNA GRIJALVA


M.C. VICTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila., México

Febrero del 2008.

ÍNDICE DE CONTENIDO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. RAZIEL ANTONIO ORDÓÑEZ
ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA
Y APROBADA COMO REQUISITOS PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

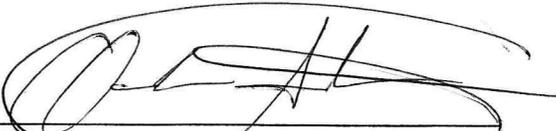
ASESOR:

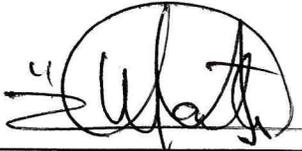

Ph. D. ARTURO PALOMO GIL

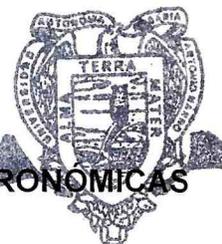
ASESOR:


Ph. D. ÁNGEL LAGARDA MURRIETA

ASESOR:


M.C. ORALIA ANTUNA GRIJALVA


M.C. VICTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila., México

Febrero del 2008.

ÍNDICE DE CONTENIDO

*** Agradecimientos ***

A ti, mi dios, por ser el dador de vida por darme la oportunidad desde la concepción y alumbrar mis pasos en cada etapa de mí vida, gracias por darme la salud y la oportunidad de concluir este el más grande de mis sueños.

A ti, que me diste la oportunidad de ser encubado en cada una de tus aulas, por alimentarme de de tus conocimientos, tu que me enseñaste que florecer en el desierto no es mas que llegar a ser mas de lo que se quiere ser, a ti que me agocijaste en el ceno de tus conocimientos y permitiste realizar cada una de mis inquietudes por eso y muchas cosas mas mil gracias, mi ALMA MATER UAAAN-UL.

Al Dr. Armando Espinoza Banda, por darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo y a la vez permitirme planear el fruto más grande de mis esfuerzos que en este momento tienes en la mano, por su dedicación y apoyo para la formación de nuevos conocimientos, gracias maestro por su apoyo y dedicación. “El alumno es como el limón”.

Al **Dr. Emiliano Gutiérrez del Rjo**, por ser la chispa que despertó en mí, el amor y dedicación por el fitomejoramiento, gracias por ser la base de mi carrera como genetista. Al **Pf. D. Arturo Palomo Gil**, por la amistad, confianza y conocimientos que siempre me brindo. Por sus cátedras y amistad estoy muy agradecido Ing. Quirate Ramírez.

Ph. D. Ángel Lagarda, por su gran colaboración para el desarrollo de mis conocimientos además de darme la oportunidad de compartir de su sabiduría y dedicarme de su tiempo. Gracias Doc.

A la señora *Rosalva Tejada*, por su amistad, confianza y apoyo que me brindo durante mi carrera; *M.C. Oralia Antuna*, por ser colaboradora y parte del equipo de genetista además de permitir que este trabajo se concluyera.

Al Departamento de fitomejoramiento y a todo el personal que allí labora en busca de nuevas promesas para la investigación científica, gracias a mi escuela mi ALMA MATER que son todos ustedes.

** Dedicatorias **

Quiero dedicar este trabajo, que representa el último esfuerzo de esta carrera, a las personas más importantes de mi vida, mis padres quienes cuyos esfuerzos han hecho posible este logro, el cual no es mío, si no en realidad suyos. Gracias por todo el apoyo que me brindaron, pero sobre todo por haberme ayudado a formar poco a poco lo que hoy soy.

En este momento tan especial en la cual se cumple uno de mis mas grandes propósitos quiero darte las gracias por haberme dado la vida y por ser la mejor mama de este mundo y por ser la que siempre esta conmigo en las buenas y las malas. Querida mama tu eres la luz que alegra mi corazón tu eres la que me vio nacer tu eres aquella mujer que sufrió tanto y que a pesar de las situaciones y de los momentos difíciles logramos superarlos, por eso y mil cosas mas te quiero mucho mama. Que dios la bendiga hoy mañana y siempre.

Gracias padre por todos los hermosos recuerdos de mi infancia, por ser la base y el sustento de la familia, gracias a ti llegue hacer el gran ser humano que eres tu, te amo desde el día en que empecé a latir en mi madre y aun no te conocía, gracias porque la mano que me detuvo cuando bebé para que no cayera era la tuya, y hasta hoy, si soy el ser humano que deseabas y eso lo soy gracias a ti, pero sobre todo gracias por ser como eres, el mejor de los padres.

Con mucho amor y cariño les dedico mi trabajo, fruto del esfuerzo y del trabajo que en mi cultivaron, los quiero mucho. Gracias con todo mi corazón, gracias por ser como son:

Ordóñez Campos Elodia.

Y

Antonio Antonio Emilio

A mis hermanos

Antonio Ordóñez Silvia N. (Chivita) por ser la princesa de la casa, compartir su infancia, momentos de alegría y de tristeza, gracias por todo el apoyo que me brindaste durante varios años de estudios, tu cariño y comprensión. Te quiero mucho hermanita, el triunfo es tuyo.

Antonio Ordóñez Lenin. Por ser el juguete máspreciado en la infancia con quien yo me podía divertir, pasar momentos de alegría y de lágrimas, aquel quien juntos abrimos brechas en la vida, por eso y por ser el mejor de mis amigos, gracias hermano.

Claudia Vianey, por ser como un ángel que a pesar de las condiciones y de los momentos pudiste florecer, por ti y por tus princesitas. Los quiero mucho y gracias por ser mi hermana.

A mis tíos

Enrique Ordóñez y Mercedes Castillo quienes con gran cariño y de manera incondicional fueron el sustento y alimentador de mis inquietudes por el estudio, gracias por estar conmigo en una de las etapas más importantes de mi vida, con gran amor y cariño les dedicó este trabajo la cual contiene el sello de sus esfuerzos. *Jorge Enrique, Miguel Eduardo y Elena*. Que dios los bendiga siempre, los quiero mucho.

A los pilares de las familias *Antonio Antonio y Ordóñez Campos* y cada uno que de ella emanen quienes fueron los cultivadores de los principios de vida, los quiero mucho, que dios los colme de mucha vida abuelos y tíos. Abuelo †*Enrique Ordóñez Gutiérrez*, que dios te tenga en su santa gloria.

Yadhira Akemi, por ser la mejor de mis amigas quien me enseñó que en la vida puedes ir mas allá cuando se quiere y además de ser el espejo donde yo puedo ver lo que me falta, gracias por todo el cariño que me has dado y tu sabes que eres la mejor de las mejores. Te quiero mucho primita.

Blanca Araceli. Por ser parte de este trabajo y por escribir una página en mi vida, por estar siempre incondicionalmente cuando necesite de tí, vivirás siempre en mis sueños como tinta indeleble por eso y muchas cosas más te querré siempre.

A ti que fuiste la luz que me ilumino el camino y escribió una pagina de mi vida, quien forjo y sembró el carácter para ir mas allá de lo que se quiere ser, a ti que me enseñaste que el termino de una vida da inicio a una vida mejor. Que dios te bendiga.

Para todos mis mejores amigos: *Rubiel, Sahahid, Conrado, Edgar, Fabiel, Ismael, Leobardo, Gualberto, Andrés*; a la IX generación de Ing. Agrónomos sección "A" de la UAAAN-UL y para cada una de las personas que me ofrecieron su amistad sin interés alguno. Por ustedes mis amigos.

INDICE DE CONTENIDO.....	I
INDICE DE CUADROS.....	III
ABSTRACT.....	IV
RESUMEN.....	V
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	5
1.1.1. Objetivo general.....	5
1.1.2. Objetivos específicos.....	5
1.2 HIPOTESIS.....	5
1.3 METAS.....	6
II. REVISION DE LITERATURA.....	7
2.1 Heterosis.....	7
2.2 Divergencia genética.....	10
2.3 Interacción Línea x Probador.....	12
2.4 Grupos heteróticos	15
2.5 Aptitud Combinatoria.....	18
2.5.1 Aptitud Combinatoria General.....	18
2.5.2 Aptitud Combinatoria Especifica.....	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1 Localización geográfica y características del área de estudio.....	25
3.2 Material genético.....	25
3.3 Diseño experimental.....	26
3.4 Manejo agronómico.....	26
3.4.1 Preparación del terreno.....	26
3.4.2 Siembra.....	26
3.4.3 Aclareo de plantas	27
3.4.5 Fertilización.....	27
3.4.6 Riegos.....	27

3.4.7 Control de plagas	28
3.4.8 Control de malezas.....	28
3.4.9 Cosecha.....	29
3.5 Características evaluadas	29
3.6. Modelo estadístico del análisis de Varianza.....	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1 Análisis por localidad.....	33
4.2 Localidad UAAAN.....	33
4.3 Localidad Venecia, Dgo.....	33
4.4 Probadores.....	36
4.5 Mestizos.....	37
4.6 Análisis combinado.....	40
4.7 Interacciones.....	41
4.8 Comportamiento medio de las líneas.....	44
4.9 Aptitud Combinatoria General (ACG).....	46
4.10 Aptitud combinatoria específica (ACE).....	46
V. CONCLUSIONES.....	50
VI. LITERATURA CITADA.....	52

ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 3.1 Cuadrados medios y sus esperanzas (ECM) para el análisis combinado de ambientes.....	31
Cuadro 4.1 Análisis de Varianza	35
Cuadro 4.2 Comparación de probadores dentro de ambientes.....	37
Cuadro 4.3. Mestizos con mayor producción de grano (RG), P8 y P26 en la localidad UAAAN.....	38
Cuadro 4.4. Mestizos con mayor producción de grano (RG) correspondiente a los probadores P8 y P26 en la localidad de Venecia.....	39
Cuadro 4.5. Análisis de varianza combinado para las variables morfológicas evaluadas en las localidades de UAAAN-UL y FAZ-UJED.....	42
Cuadro 4.6. Comparación de medias para localidades y probadores.....	43
Cuadro 4.7. Comportamiento medio de los 15 tratamientos con mayor rendimiento de grano (RG) t ha ⁻¹ en ambas localidades.....	45
Cuadro 4.8. Aptitud combinatoria general (ACG) de los 15 mestizos más sobresaliente en rendimiento (RG) a través de localidades y probadores.....	47
Cuadro 4.9. Aptitud combinatoria específica (ACE) para las 10 líneas más sobresalientes en rendimiento de grano (RG) para los probadores P8 y P26.	49

ABSTRACT

The objective of this work was to select the best GCA and SCA maize Lines and detect heterotic groups. With this purpose 56 mestizos were obtained using two elite Lines as testers. In the spring of 2007, the mestizos were evaluated in two environments (UAAAN in Torreon, Coah., and Venecia, Dgo), using a complete blocks experimental design with two replications. As checks, the two elite Lines and two commercial hybrids were included. Experimental plot was a single row two m long. Row width was 0.80 m, and a distance of 0.17 m among plants was given. Variables measured were: Female flowering (FF), male flowering (MF), plant height (PH), ear height, (EH), grain yield (GY), corn yield (CY), ear diameter (ED), ear length (EL), ear hills number (EHN), grain per hill number (GHN), cob diameter (CD), 1000 grain weight (OTGW) weight (CW). The best GY and ear yield were got at the UAAAN location. The P8 mestizo had the best performance at the UAAAN location while at Venecia the P26 was the best. On the average P26 showed the best GY, ED, OTGW, CW and CD. GCA effect was more important than SCA. Testers classify different to the best 10 lines.

Key words: Effects of ACG and ACE, Groups heteroticos, tester.

RESUMEN

Con el objeto de evaluar y seleccionar líneas con mayor efecto de ACG y ACE, además de detectar grupos heteróticos, en el 2006 se formaron 56 mestizos utilizando dos líneas élite como probadores. En la primavera del 2007, se evaluaron en dos ambientes utilizando un diseño en bloques al azar y dos repeticiones en cada ambiente. Como testigos se incluyeron las dos líneas y dos híbridos regionales. La siembra se realizó en surco simple de dos metros de largo y 0.80 m entre hilera a una distancia de 0.17m entre planta. Se tomaron datos de Floración Femenina (FF), Floración Masculina (FM), Altura de Planta (AP), Altura de Mazorca (AMz), Rendimiento de Grano (RG), Rendimiento de Mazorca (RMz), Longitud de Mazorca (LM), Diámetro de Mazorca (DMz), Número de Hileras por Mazorca (NHM), Número de Granos por Hilera (NGH), Diámetro del Olote (DO), Peso de Mil granos (PMIL) y Peso del Olote (PO). La localidad de la UAAAN se obtuvo mayor RG y RMz, que Venecia. El P8 se comportó mejor en la UAAAN y el P26 en Venecia. En promedio en ambas localidades, el P26 condicionó a un mayor Rendimiento de Grano (RG), Diámetro de Mazorca (DMz), Peso de Mil granos (PMIL), Peo del Olote (PO) y Diámetro del Olote (DO). El efecto de ACG fue de mayor importancia que ACE. Los probadores detectaron grupos de líneas diferentes dentro dentro de los 10 mejores valores de ACE.

Palabras clave: Efectos de ACG y ACE, Grupos heteróticos, Probadores.

I. INTRODUCCIÓN

La base genética del maíz (*Zea mays L*) ha sido amplia con los múltiples procesos de selección, adaptación y manejo. La variabilidad genética es resultado de la interacción genotipo x ambiente físico y abiótico en proceso evolutivo y de selección practicada por los agricultores. Un factor determinante de la diversidad genética es el manejo de los cultivos en los diversos agroecosistemas y unidades de producción, en los que pueden variar las densidades de población, fechas de siembra, dosis y época de fertilización y riego que interaccionan fuertemente con el genotipo (Terrón *et al.*, 2005).

Turren *et al.* (2005) enfatizan la necesidad de adquirir conocimientos básicos sobre el papel del genotipo y sus interacciones con los factores controlables (manejo) y no controlables (clima) de producción. Estas interacciones han sido evaluadas con base en caracteres agronómicos, fenológicos y fisiológicos, como: días a floración masculina y femenina, rendimiento de grano y altura de planta y mazorca, (Carballoso *et al.*, 2000) Longitud y diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca, rendimiento de grano, índice de grano, y sanidad de mazorca (Ortega *et al.* 1991; Hernández y Esquivel, 2004). Según Bertin y Gallia (2000), una parte de la variabilidad genéticamente controlada de *Zea mays* posiblemente se deba a genes y alelos aún no identificados que confieran la capacidad de adaptarse a factores abióticos, así como diferencias en la absorción y utilización de nutrimentos por la planta.

1.1 Importancia mundial

A nivel mundial el maíz es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y en producción total es el segundo, después del trigo en tanto que el arroz ocupa el tercer lugar. De gran importancia económica a nivel mundial como alimento humano, para ganado o como fuente de un gran número de productos industriales.

En adición a esto, el maíz está involucrado en muchos usos industriales, desde la producción de polímeros almidón, combustibles y lubricantes. Con la introducción de los maíces transgénicos, se está utilizando como fuente de hormonas, vacunas y componentes para diagnósticos médicos (Andow *et al.*, 2004).

Los Estados Unidos es el principal productor con 299.9 millones de toneladas, le sigue china con 128.0 millones de toneladas, la unión europea con 53.1 millones de toneladas, Brasil con 39.5 millones de toneladas representando el 42.5 por ciento, 18.1 por ciento, 7.5 por ciento y el 5.6 por ciento de la producción mundial respectivamente; México para este año con 22.0 millones de toneladas representa el 3.1 por ciento. En los Estados Unidos es el principal cultivo seguido de la soya; la superficie sembrada en el 2005 fue de 81,759 miles de acres, con una producción de 147.9 búshels por acre y una producción total de 11,112, 072 miles de búshels con valor de 21,040,707 miles de dólares USA (NASS., 2006).

1.2 Importancia Nacional

En México el Maíz representa la fuente energética de mayor importancia en la dieta de los sectores mayoritarios de la población por su superficie sembrada, valor de producción y por dar empleo al 20% de la población activa (Hernández *et al.*, 1995). La producción nacional de maíz para el año 2006 fue de 21,893,209.25 Ton., siendo los estados de Sinaloa, Jalisco, México, Chiapas, Michoacán, Guerrero y Guanajuato los que reportan las más alta producción, la cual se han mantenido en los 5 últimos años en el mismo rango de producción, con un rendimiento promedio de 2.3 ton/ha. (SAGARPA, 2006).

Considerando un consumo per cápita de 200 kg/año se genera una demanda de 20 millones de toneladas de maíz y un déficit de cerca de 2 millones, el cual se cubre con importaciones año con año (SAGAR, 1998).

1.3 Importancia regional

En la Comarca Lagunera, para el año 2006 se reportó una superficie cultivada con maíz para grano de 16,025 Ha.de riego, 425 de Bombeo y 13,449 de temporal de la cual se obtuvieron los siguiente promedios de producción 1.56, 3.7 y 0.952 Ton/Ha. respectivamente por la cual existe la necesidad de contar con un número de genotipos de Maíz superiores en potencial de producción y adaptación. (SAGARPA, 2006).

Las estrategias en el desarrollo de híbridos deben evolucionar a través del tiempo para satisfacer la necesidad de identificar y liberar híbridos de maíz superiores. Deben usarse procedimientos innovadores que puedan hacer el esfuerzo dedicado al desarrollo de híbridos más eficiente, mediante la reducción de las etapas de evaluación, así como el período de tiempo necesario para la identificación de genotipos superiores.

El procedimiento estándar para el desarrollo de híbridos involucra pasos definidos que deben seguirse en la evaluación de líneas para aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) y, en la predicción del comportamiento en cruzas usando datos provenientes de híbridos simples, (Vasal *et al.*, 1997), lo cual requiere mucho tiempo y recursos económicos.

La prueba temprana de líneas a través del uso de probadores es un método que ayuda al fitomejorador a depurar al inicio de un programa líneas con poco valor y seleccionar el material más prometedor (<biblio>). Así mismo el uso de diferentes probadores le ayuda a separar grupos de línea con atributos genéticos diferentes y a establecer patrones heteróticos que pueden ser explotados con la selección recíproca recurrente como base de un programa de hibridación.

1.1 OBJETIVOS.

1.1.1 Objetivo general.

Formar, evaluar y seleccionar líneas S1 con base al comportamiento agronómico de sus respectivos mestizos.

1.2.2 Objetivos específicos.

1. Determinar cual es el mejor probador por su potencial para identificar las líneas sobresalientes.
2. Identificar las mejores líneas por su comportamiento en mestizos, y aptitud combinatoria general y específica.
3. Determinar grupos heteróticos de líneas en base a sus respuestas con los probadores.

1.2 Hipótesis.

- ❖ H0: El uso de probadores diferentes permitirá identificar líneas sobresalientes y separarlas en grupos heteróticos.
- ❖ Ha: Al menos el 20% de las líneas serán mejor o igual que los probadores utilizados.

Metas.

1. Seleccionar al menos el 20% de las líneas con mayor ACG y ACE.
2. Detectar las líneas prometedoras que presenten las características agromorfológicas y arquetipos deseados.
3. En ciclos posteriores incluirlas en un programa de mejoramiento genético para formar híbridos que compitan en el mercado de semillas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Heterosis

El fenómeno de heterosis o vigor híbrido y la depresión endogámica son complementarios y los dos fenómenos son observados en los mismo estudios. Los métodos de mejoramiento en maíz durante el siglo XX han sido desarrollados para aprovechar las ventajas de la manifestación de la heterosis en cruzas de líneas endogámicas. (Hallauer y Miranda, 1981).

Márquez (1985), menciona que la hibridación consiste en el aprovechamiento de la F1 como tal, derivada de un cruzamiento. La obtención de la F1 puede ser cruzamiento en cualquier tipo de poblaciones (no necesariamente líneas puras). Los conceptos tradicionales de heterosis y depresión endogámica se dan como efecto de la heterocigosis y de la homocigosis respectivamente; sin embargo, la heterosis es complementación de *loci* génicos dominantes en los híbridos como consecuencia de su aportación hechas por los progenitores al cruzarse. (Márquez 1988).

Estos mismos autores mencionan que el establecimiento de patrones heteróticos entre variedades tiene importantes aplicaciones para la selección de líneas con potencial para la producción de semilla híbrida. Una de las primeras decisiones que los mejoradores de maíz generalmente toman en determinar la matriz de cruzas para producir entre un juego élite de líneas, es el origen de las líneas. Si los orígenes de las

líneas son conocidos, las cruza lógicas pueden ser producidas, basadas en el patrón heterótico de las poblaciones fuente.

Sobre las bases genéticas de la heterosis Hallauer y Miranda (1981), Reyes (1985) y Miranda (1997), reportan que varias hipótesis han sido desarrolladas y discutidas, pero todas ellas pueden estar incluidas en las siguientes categorías: a) Estimulación fisiológica (o interacción alélica o sobredominancia), y b) factores de crecimiento favorables dominantes. Este último autor menciona además que la heterosis aprovecha el tipo de acción genética no aditiva (dominancia, sobredominancia, epistásis). Márquez (1988) por su parte, discute la teoría de la dominancia y sobredominancia y menciona como otros factores importantes la epistasis, y el ligamiento.

Con respecto a la hibridación, Márquez (1988), menciona la importancia del mejoramiento intrapoblacional a base de selección recurrente, manifestando que una variedad de polinización libre no es más que una mezcla de híbridos conceptuales de cruza simple, es decir, un híbrido de este tipo, no es nada más que un genotipo que puede ocurrir en una población bajo apareamiento aleatorio. La selección mejora el rendimiento y otras características agronómicas de las que se obtienen mejores líneas que a su vez formen mejores combinaciones híbridas.

Vasal *et al.* (1994), mencionan que las estrategias en un programa de desarrollo de híbridos deben estar orientadas a lograr objetivos a corto plazo. Las fuentes de germoplasma que se utilicen son muy importantes, necesitan poseer características agronómicas deseables, principalmente en lo relativo altura de planta, mazorca y

calidad del tallo que permitan generar buenos progenitores. a) a) se requiere información sobre ACG y ACE, para identificar grupos heteróticos, b) fuentes de germoplasma específico para hibridación, es decir, identificar un número mínimo de grupos heteróticos para extraer líneas e híbridos en forma más eficiente y con tolerancia a la endocría, c) aptitud combinatoria general de poblaciones, utilizando esquemas de mejoramiento interpoblacional a base de selección recíproca recurrente y mejorar las fuentes de germoplasma en la base de selección recurrente para ACE, d) Estrategia en el desarrollo de progenitores, con reciclaje de líneas, tolerancia a la endocría, e) Híbridos no convencionales, f) identificación y desarrollo de probadores, g) Integración de mejoramiento de poblaciones e hibridación.

Por su parte, Alvarado *et al.* (2001), reportaron el progreso en la selección y heterosis en poblaciones tropicales y hacen referencia al patrón heterótico Blanco dentado X Blanco cristalino. Encontraron que el progreso en la selección recurrente contribuyó a incrementar las ganancias en el rendimiento cuando se puso énfasis en modificar caracteres altamente correlacionados con el rendimiento, como son la resistencia a insectos, enfermedades foliares, bajo nitrógeno, sequía, fertilidad del suelo y altas densidades de población. Para las poblaciones 23 (Blanco dentado 2), la ganancia en rendimiento fue de 9.3% respectivamente, y en los dos casos disminuyó el porcentaje de mazorcas podridas -3.9 y -1.4% respectivamente: para las poblaciones 22 (Crsitalino) y 43 (Dentado), el progreso por ciclo de selección para rendimiento fue de 4 y 1.7% respectivamente. La ganancia en la selección recíproca recurrente para la cruce entre las dos poblaciones fue de 11% y la heterosis en las dos poblaciones fue de 14%.

Navarro y Borrego (1993), de un estudio en el que involucró a 8 poblaciones de maíz y cuyo objetivo fue estimar los efectos genéticos (aditivos, dominantes y heteróticos), encontraron que los efectos de dominancia intravarietal fueron importantes en la expresión del rendimiento de grano. Similar tendencia se observó en altura de planta, donde los efectos de dominancia fueron más importantes que los aditivos. La cruce que maximizó los efectos heteróticos fue: Pob32 X Pob21.

Márquez (1988), Menciona que la práctica para formación de mestizos se hace en lotes de desespigamiento. En éste se siembra las líneas en fajas, trazadas perpendicularmente a la dirección del surcado, de unos 5 a 10 metros de largo de manera que en cada surquito de ese tamaño se siembra una línea. Los surcos donde se siembran las líneas (surcos ♀) se desespigan, es decir, se les arranca a sus plantas la espiga apenas emerja y antes de que derramen polen, mientras que las plantas de los surcos del probador permanecen con sus espigas (surcos ♂); de esta forma las líneas son polinizadas, todas, por el mismo probador efectuándose así la cruce de las líneas por éste. Desde luego que en la cosecha sólo se colectan, por separado, las mazorca de cada surco (o línea) etiquetándose convenientemente.

2.2 Divergencia genética

Con relación a la heterosis y la divergencia genética en maíz, Moll *et al.* (1965), utilizaron dos poblaciones de cada una de cuatro regiones geográficas: Sureste de los Estados Unidos, Oeste Medio de los Estados Unidos, Puerto Rico y Sureste de México, intercruzando todas las combinaciones. El grado de divergencia fue inferido de un

estudio de la relación ancestral y la separación geográfica con la adaptación local específica. Los resultados indicaron que la heterosis se incrementó al aumentar la divergencia dentro de un rango restringido, pero en las cruzas extremadamente divergentes resultó una disminución de la heterosis, debido a que la expresión de hasta pueda estar limitada por combinaciones génicas no armónicas en el híbrido F1.

Córdova y Vasal (1996), señalan la importancia de la elección del germoplasma correcto y apropiado para su mejoramiento. Se debe comenzar con el germoplasma de más alto comportamiento que sea agronómicamente deseable y debe poseer suficiente variación genética para lograr ganancias aceptables tanto a largo como a corto plazo. También debe darse preferencia a aquellas poblaciones que tienen la tolerancia o resistencia a la mayoría de las plagas y enfermedades prevalecientes en el área donde el material será usado. Si el objetivo es usar este germoplasma para el desarrollo de híbridos, también hay que tomar en consideraciones características adicionales tales como efectos de la endogamia y la posesión de relaciones heteróticas con cuando menos unas o más poblaciones diferentes y también características de buena aptitud combinatoria.

Goodman *et al.* (2000), mencionan que a pesar de muchos esfuerzos, por germoplasma exótico participa en los híbridos de Estados Unidos, un amplio rango de materiales tropicales es disponible y el uso de material tropical élite que ha sido incorporado al mejoramiento es la forma más rápida para usar el germoplasma de maíz tropical, es virtualmente imposible en la faja maicera. Líneas tropicales avanzadas en el estado de Carolina se entrecruzaron entre líneas tropicales élite. Los resultados sugieren que la

selección en diferentes localidades con un probador muy diferente puede ser de importancia en el mejoramiento.

Vasal *et al.* (1994), mencionan que las poblaciones 21 (Tuxpeño) y 32 (Eto blanco) tienen patrones heteróticos opuestos y se están mejorando bajo un sistema de mejoramiento interpoblacional modificado y encontraron para híbridos intersintéticos que las cruzas que involucran sintéticos formados con 6-9 líneas registraron heterosis mayor del 20%. Particularmente se encontró que un sintético de tres líneas de Tuxpeño registró un nivel de heterosis muy alto en todas sus combinaciones con sintéticos de Eto.

Córdova *et al.* (2000), reportan sobre el maíz con alta calidad de proteína, que el híbrido trilineal (CML142 X CML 150) CML176, donde la cruce simple hembra es de origen tropical y la línea macho CML 176 es de origen subtropical rindió 8% más que el mejor híbrido normal testigo a través de 19 localidades tropicales y subtropicales en México durante el ciclo Otoño – Invierno 1998/99.

2.3 Interacción Línea x Probador

Un probador es aquel que clasifica correctamente el mérito de los genotipos probado dentro del grupo heterótico, de modo que diferencie efectivamente los genotipo evaluados, aumente la varianza y la ganancia genética, (Mc Lean *et al.*, 1997).

Rowlings y Thompson (1962), en sus estudios sobre el efecto de las frecuencias génicas de un probador para ACG en maíz, concluyeron que un buen probador debería ser uno que clasifique correctamente el comportamiento relativo de las líneas y que discriminen las líneas bajo prueba.

El uso de probadores en la selección de líneas al mismo tiempo de la evaluación *per se* representa una estrategia metodológica alternativa en la generación de híbridos de maíz ya que permite de una manera eficiente dirigir los cruzamientos de líneas seleccionadas y lograr las mejores combinaciones híbridas, (Fher, 1982; Vasal *et al.*, 1997).

Las fuentes de germoplasma heteróticas, pueden divergir genéticamente durante el proceso de desarrollo de líneas. Después de alguna generación de endocría podemos cruzar con probadores de grupo heterótico opuesto en cada una de dos poblaciones para que en base al comportamiento pese de las líneas y a su habilidad combinatoria, permita seleccionar mejores líneas dentro de cada grupo para hacer una recombinación y mejorar el germoplasma. (Sriwatanapongse *et al*, 1993).

Castellanos *et al.*, (1998), reportaron un estudio sobre el comportamiento relativo de probadores para identificar líneas sobresalientes de maíz, evaluando los mestizos de 21 líneas endogámicas y siete probadores, en siete localidades de Guatemala. Los análisis combinados mostraron diferencias altamente significativas para ambientes, líneas, probadores, y las interacciones de líneas y probadores con ambientes. La interacción línea-probador fue también altamente significativa. Encontraron también, que los

probadores 4, 5 y 6 registraron ACG positiva y las líneas 14, 10 y 13 tuvieron las más alta ACG con 0.70, 0.47 y 0.38 ton/ha, respectivamente. Sugieren el uso de probadores cruzas simples en un programa de hibridación.

Palacio y Ángeles (1990), reportaron un estudio sobre la comparación de probadores para evaluar líneas S1 de maíz, para lo cual 41 líneas S1 de la variedad V-522 se evaluaron *per se* y en mestizos con siete probadores diferentes en su capacidad para evaluar ACG y ACE. El mejor probador para evaluar ACG fue V-520C, variedad de amplia base genética, con frecuencia baja de alelos favorables para rendimiento; con ella se obtuvo la mayor variabilidad entre mestizos e identificó un mayor número de buenas líneas. El H-507 fue mejor que una línea y crusa simple para evaluar ACE.

Vasal *et al.*, (1997), sugieren que deberán identificarse líneas probadoras apropiadas que puedan utilizarse para evaluar líneas. El uso de líneas endogámicas como probadores puede acelerar considerablemente el desarrollo de híbridos, mediante la reducción de fases de evaluación y del período de tiempo necesario para la liberación de un híbrido. La identificación y utilización de líneas probadoras servirá como un punto común en la extrapolación de resultados de aptitud combinatoria.

Beck *et al.*, (1997), usaron como probadores las líneas CML247 y CAM254 para desarrollar híbridos a partir de poblaciones semiprolíficas en maíz (SPL y SPE); encontraron que los mejores mestizos fueron con CML254 para las dos poblaciones tanto en rendimiento como en prolificidad y superaron significativamente al testigo CML247 X CML254 y la media de los híbridos. Así también sugieren que las

poblaciones SPL y SPE parecen tener una única fuente de líneas de grano blanco cristalino y combina muy bien con Tuxpeño.

En maíz el comportamiento del cruzamiento ente poblaciones puede ser mejorado usando los esquemas de selección recurrente recíproca. Los programas de mejoramiento interpoblacionales cambian la frecuencia alélica en las poblaciones base, ofreciendo así mejores oportunidades para la producción de progenitores superiores que tendrán mejoras en diferentes *loci* lo que resultará en una expresión heterótica mayor (Vasal y Córdova, 1996).

Cuando se identifican dos grupos heteróticos de líneas, éstos pueden recombinarse en sintéticos "A" y "B" que pueden ser útiles en un esquema de selección recurrente recíproca e hibridación a la vez. Al respecto, Menz *et al.*, (1999), trabajó con los sintéticos BS21 y BS22 con seis ciclos de selección recíproca recurrente. Encontraron una ganancia de 4.4% por ciclo.

2.4 Grupos heteróticos

Existen patrones heteróticos en maíz ampliamente usados, los más comunes han sido: Cristalinos X Dentado, Wellhausen (1978), Trópico húmedo X Trópico seco, (Reyes 1985, y Sierra *et al.*, 1990), Trópico X Subtrópico. (Vasal *et al.*, 1992, Córdova *et al.*, 2001, y Gómez 1986).

Vasal *et al.* (1992), definieron los patrones heteróticos de 92 líneas blancas de maíz tropical desarrolladas en el CIMMYT, encontraron que 21 de las 34 líneas de la población 21 registraron ACE positiva; de las líneas que la población 43, siete mostraron efectos positivos de ACE para rendimiento. Los cuatro probadores se comportaron diferentes para cada grupo de líneas. Basado en los datos de los mestizos se formaron dos grupos heteróticos de líneas, las que mostraron ACE negativa con probador 1 (población 21) y positiva con el probador 3 (población 25) integraron el grupo "A" y líneas con ACE positiva con el probador 1 y negativa con el probador 3 integraron el grupo heterótico "B" los cuales han sido utilizados en el desarrollo de híbridos.

Vasal *et al.*, (1992), definieron patrones heteróticos de 88 líneas de maíz subtropical. Las líneas que tuvieron ACE positiva con el probador 4 y negativa con el probador 2 fueron incluidas en el grupo heterótico subtropical "A", y líneas que mostraron ACE negativa con el probador 4 y positiva con el probador 2 fueron incluidas en el grupo heterótico "B".

Terrón *et al.*, (1997), sobre la determinación del patrón heterótico de 30 líneas de maíz derivadas de la población 43 SR del CIMMYT y en el que usaron los probadores CML 320 (grupo heterótico "A") y CML 321 (grupo heterótico "B") y que dieron origen a 60 combinaciones híbridas línea X probador, encontraron que los valores significativo para la ACE permitieron separar las líneas en grupos heteróticos opuestos de acuerdo con su comportamiento de las cruza de prueba y con base en esta variable, siete líneas

integraron el sintético de los grupos heteróticos "A" y "B" y nueve cruzas simples superaron en rendimiento del grano al testigo comercial.

González *et al.*, (1997), de un estudio sobre la determinación de un patrón heterótico a partir de la evaluación de un dialelo de 10 líneas de maíz subtropical, encontraron que las mejores cruzas fueron 5 X10, 5 X 8, 5 X 6, 4 X 10 y 5 X 7 con rendimientos de 11 ton/ha. La cruz 5 X 10 superó al testigo CML 78 X CML 97 con 21% de rendimiento y características agronómicas superiores. La línea S98500F2-2-2-2-B-B fue la que presentó la mejor ACG. El patrón heterótico quedó integrado de la siguiente manera: Para el grupo heterótico "A" por las líneas 1, 4, 5 y 6 y para el grupo heterótico "B" por las líneas 2, 3, 7, 8, 10. Se sugiere la línea 5 sea utilizada como probador "A" y la línea 10 como probador "B".

De León *et al.*, (1997), evaluaron tres patrones heteróticos para desarrollar híbridos para regiones intermedias en México, (Trópico X Bajío), Enano X Normal y Precoz X Tardío. Encontraron que la varianza aditiva fue más significativa que la no aditiva en los tres grupos heteróticos estudiados; Así también, el patrón precoz-tardío produjo híbridos con mejores características sin embargo, manifestaron dificultades de asincronía por lo que concluyeron que el patrón Enano X Normal es la mejor estrategia para desarrollar híbridos de esa región.

Pollak *et al.*, (1991), evaluaron patrones heteróticos entre poblaciones de maíz tropicales y del Caribe y de la región templada, para la región de Puerto Rico. La mejor combinación heterótica fue entre poblaciones del Caribe cristalino y dentado.

2.5 Actitud Combinatoria

Márquez, (1988), define el termino de la actitud combinatoria como la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, dicha capacidad medida por medio de su progenie. Sin embargo, la actitud combinatoria debe determinarse no en un solo individuo de la población si no en varios, afín de poder realizar selección en aquellos que exhiban valores mas altos.

Gutiérrez *et al.*, (2002), comenta que la aptitud combinatoria se refiere a la capacidad de un individuo o de una población de combinarse con otras, la capacidad es medida por medio de su progenie y debe determinarse por varios individuos de la población no en un solo, el fin de poder seleccionar u obtener los cruzamientos más adecuados para poder sustituir los híbridos comerciales.

2.5.1 Actitud Combinatoria General

Jungenheimer (1985), nos menciona que los probadores deben seleccionarse por su capacidad para combinar las líneas con otras. La aptitud combinatoria general (ACG) es el desempeño promedio de una línea en algunas combinaciones híbridas. La actitud combinatoria general proporciona información sobre que líneas deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas. Pueden usarse probadores adecuados para determinar que líneas pueden sustituirse en los híbridos actuales o usarse en nuevos híbridos prometedores.

La prueba de ACG de las líneas se lleva a cabo a través de cruzas probadoras (Cp) llamadas común pero erróneamente Mestizos (M). Así, un mestizo no es más que un medio para la prueba de ACG de la línea; una vez que han cumplido su misión no tiene mayor valor genético, y se recurre a la semilla remanente de las líneas de los mestizos de rendimientos superior para hacer la prueba de ACE cuando se trata de líneas avanzadas, o bien cuando se realiza la prueba temprana en las líneas S1. (Vasal *et al.*, 1997).

Márquez, (1988) menciona que la prueba de ACG permite hacer una preselección de las líneas con el objeto de concentrar la asignación de recursos a la evaluación de la aptitud combinatoria específica (ACE). Estará claro que el principal factor en contra de la prueba temprana es la segregación que tiene lugar en una línea inicial (de ninguna o una sola autofecundación); pues por causa de autofecundación dará lugar en generaciones posteriores a un número de sublíneas, una de las cuales es la que representa cuando se hace de forma normal la ACG. De esta suerte entonces, lo importante es investigar si la ACG de la línea inicial guarda alguna correlación con la de su línea o sublíneas avanzadas.

Al comienzo de la hibridación de maíz, se antojó lógico que el probador para ACG fuera la población misma de donde se derivaron las líneas. Quizás por eso las cruzas que en esas épocas pioneras se hicieron entre las líneas y a los probadores se les llamó *Top crosses* que, como hemos mencionado, se les llamo en español mestizos; esto ha de haber sido por que al cruzar líneas (de bajo rendimiento, vigor, altura, etc.) con la

población de la cual provenían se “mejoraba” la progenie, lo cual está implícito en la acepción del término mestizo.

Posteriormente fueron diversificándose las fuentes de líneas y, consecuentemente, los tipos de probadores. Al tener varias ya no era posible recurrir a una sola población original. Se pensó así en usar algo que fuera como un probador universal, de amplia base genética para que aportara, en la formación de los mestizos, la mayor cantidad de gametos posibles. Sin embargo, muy pronto se vio que tal diversidad podía alcanzar a germoplasma no emparentado e inclusive la observación mostró que había tendencia a tenerse mayor grado de heterosis en cruzamientos entre material local con exótico, lo cual complicó más aún la elección de un probador de ACG que cubriera tan amplios rangos de variación genética entre las fuentes de líneas. (Falconer, 1986).

2.5.2 Aptitud combinatoria específica

Poehlman, (1987) menciona que se puede obtener información sobre la aptitud combinatoria específica (ACE) de los clones, mediante el ensayo comparativo de las cruza simples entre ellos. Se cruzan 10 o más de los clones originales con progenies de policruza sobresalientes, para formar cruza simples en todas las combinaciones posibles (también se llama a este cruzamiento dialelo). Se compara el comportamiento de las progenies de las cruza simples, para determinar la aptitud combinatoria específica (ACE) de los clones.

Martínez, (1983), dice que la aptitud combinatoria específica es un término que se emplea para mencionar aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen relativamente mejor o peor de lo que podría esperarse sobre la base del comportamiento de las líneas involucradas.

Por otra parte, a la par que esto tenía lugar, sobrevinía el problema contrario, es decir el uso de probadores de estrecha base genética originalmente para usarse en selección recurrente para ACE. Además, se necesitaban probadores de este tipo cuando solamente se trataba de hacer alguna sustitución en la estructura de un híbrido conocido, (Márquez, 1988).

Reyes (1985), menciona que para elegir a los progenitores que serán base de un programa de mejoramiento se usan dos métodos: a) el comportamiento *per se* y b) el comportamiento de las cruza en que intervienen, lo que se conoce como Aptitud Combinatoria. Por su parte, Sprague y Tatum (1942), citados por Hallauer y Miranda (1981), introdujeron los conceptos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) de la siguiente manera: ACG es el comportamiento promedio de una línea en la formación de híbridos y ACE se usa para designar aquellas combinaciones que se comportan mucho mejor o mucho peor de lo esperado en virtud del comportamiento de los progenitores.

Martín del Campo y Molina (1982), de un grupo de poblaciones de maíz encontraron que variedades de las razas Bolita y Cónico Norteño, exhibieron los efectos de ACG más alto en los grupos Precoz y Pabellón. En el grupo intermedio, una variedad de la

raza Chalqueño exhibió los efectos de ACG más altos. Las cruzas varietales que mostraron los efectos mayores de ACG, incluyeron al menos un progenitor de alta ACG.

San Vicente *et al.* (1998), evaluaron cruzas dialéicas entre poblaciones blancas. Encontraron diferencia altamente significativa para cruzas y progenitores en rendimiento y altura de planta. La ACG fue altamente significativa para todos los caracteres mientras ACE fue significativa para rendimiento y altura de planta. La variación entre cruzas fue debido principalmente a los efectos de ACG excepto para rendimiento de grano donde los efectos no aditivos fueron más importantes.

Vergara *et al.* (1998), evaluaron cruzas simples entre líneas con mazorca larga y mazorca gruesa. La línea Pob 21 X Pob 43 registró el valor más alto de ACG (0.58) dentro de las líneas con mazorca larga, mientras que en el grupo de líneas con mazorca gruesa, el valor más alto de ACG (0.48 ton/ha) fue para la línea 19 (Pob 25). El más alto rendimiento fue para la crusa 4 X 22 (Pob 21 X Pob 43) X Pob 32. Evidencian la importancia de considerar el uso de líneas con caracteres contrastante y su patrón heterótico en el desarrollo de híbridos para maximizar el comportamiento de la F1.

Cockerman, Kambal y Wedster, citados por Reyes (1985) indican que la ACG se relaciona con efectos aditivos de los genes y la ACE con desviaciones de aditividad. Las estimaciones de ACE y ACG son relativas y dependen del grupo particular de líneas endogámicas incluidas en los híbridos bajo evaluación lo cual es un principio importante frecuentemente olvidado. (Hallauer y Miranda, 1981).

Ramírez *et al.* (1998), estudiaron la aptitud combinatoria y correlaciones fenotípicas entre líneas y mestizos de maíz y encontraron que el uso de la prueba tardía para ACG, la evaluación simultánea de las líneas *per se* y el método gráfico desarrollo fue una estrategia importante para seleccionar líneas con alta aptitud combinatoria y calidad agronómica. Además fue útil para reducir el número de líneas a evaluar y en orientar anticipadamente el tipo de híbrido a formar.

Galarza *et al.* (1973), compararon la prueba *per se* y de mestizo para ACG de líneas S₁ en maíz. Encontraron que el método *per se* fue más eficiente, rápido y económico que el método de prueba temprana de mestizos. El rendimiento estuvo relacionado positiva y significativamente con prolificidad, longitud de mazorca, diámetro de mazorca y peso de 500 semillas.

Vasal y Córdova (1996), mencionan que para obtener la aptitud combinatoria, el procedimiento común es el desarrollo de mestizos haciendo uso ya sea de una base amplia, una reducida y hasta de una línea como probadores. También hay variaciones con respecto a las generaciones de endogamia en que los progenitores son evaluados para aptitud combinatoria. Para ACG se llevan a cabo pruebas tempranas, intermedias o tardías, según diferentes investigadores.

Beck *et al.* (1990), estimaron la aptitud combinatoria y patrones heteróticos para poblaciones y pools genéticos de maíz precoces e intermedios adaptados al trópico. La prueba para heterosis promedio en progenitores contra cruza, fue significativa para rendimiento de grano. La ACG fue significativa para todas las características. La ACE

fue significativamente solamente para altura de mazorca. La población 26 combinó bien con Pool 21 (6.05 ton/ha) con 7.3% de heterosis sobre el mejor progenitor. Pool 22 tuvo mayor efecto de ACG (0.37 ton/ha) y fue un progenitor en tres de cinco cruzas con rendimiento más alto. Las combinaciones con rendimiento más alto incluyeron pool 22 con Pool 20 (6.3 ton/ha), población 23 (6.24 ton/ha) y Población 26 (6.23 ton/ha). La mejor selección para iniciar un trabajo de hibridación en maíz blanco son las Poblaciones 23 y pool 20 y en maíz amarillo Población 26, Pool 21 y Pool 22.

Coutiño *et al.* (1990), estudiaron la variabilidad genética en cruzas dialélicas de maíz tropical. Encontraron heterosis en cruzas formadas con progenitores criollos y mejorados. Excepto para rendimiento, la varianza aditiva fue lo más importante en los otros caracteres cuantitativos de altas heredabilidades, lo que significa que responden bien a la selección masal y filial.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica y características del área de estudio

El trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), en Torreón, Coahuila., localizada entre los paralelos 24° 30' y 27' LN y los meridianos 102° y 104° 40' LO y una altitud de 1150 m; el clima es seco; tiene temperatura de 21 °C y una precipitación pluvial media anual de 200 mm respectivamente con invierno benigno, y terrenos del Campo Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, (FAZ-UJED). Situado en el ejido Venecia, zona caracterizada como semiárida y ubicada dentro de la Comarca Lagunera, la cual está comprendida entre los paralelos 24° 22' 12" y 26° 47' 24" de latitud Norte y los meridianos 102° 15' 36" y 104° 45' 36" de longitud Oeste de Greenwich, a una altura de 1120 metros sobre el nivel del mar (PROGRESA 1995).

3.2 Material genético

El material genético utilizado consistió en 56 líneas derivadas de la Población 60 del programa de mejoramiento genético de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, formadas en el ciclo de primavera verano del 2006, de las cuales se cruzaron con dos líneas élite como probadores de las cuales la línea-8 proviene de INIFAP y la línea-26 del Centro Internacional de Maíz y Trigo (CIMMYT). De estas cruces se obtuvieron los mestizos los cuales se evaluaron en el ciclo Primavera- Verano del 2007.

3.3 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con dos repeticiones y dos localidades. La parcela experimental consistió de un surco de 2 metros de longitud con una distancia entre planta de 0.17 m y 0.80 m entre surcos para formar una parcela útil de 1.6 m², y una densidad de 73,500 plantas por hectárea.

3.4 Manejo Agronómico

3.4.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno se llevo acabo el 15 de marzo del 2007, consistió en un barbecho, rastra, surcado e instalación del sistema de riego.

3.4.2 Siembra

La siembra se llevo acabo el 23 de marzo del 2007, depositándose la semilla a 5 cm de profundidad, la siembra se realizo en forma manual, para lo cual se utilizo maquinaria sin botes semilleros.

3.4.3 Aclareo de plantas

El aclareo de plantas se realizo a los 25 días después de la siembra dejando una planta separada de otra a una distancia de 17 cm, para obtener una población aproximada de 73, 500 plantas por hectárea.

3.4.5 Fertilización

La formula de fertilización utilizada fue 160-80-00, relazándose una primera aplicación al momento de la siembra de 80-80-00 y el resto de Nitrógeno fue aplicada en cada una de las etapas criticas del cultivo diluida en agua, inyectándose por medio del Venturi al sistema de riego hasta completar la dosis total requerida para el experimento.

3.4.6 Riegos

En la localidad de la UAAAN, los riegos se realizaron por medio de un sistema de riego por cintilla con un calibre de 0.6 L/hora /m². El primer riego fue aplicado al momento de la siembra con una duración de 24 horas. Para los riegos siguientes se hizo una calendarización para la aplicación de 12 horas cada semana, incrementado a 24 horas en las etapas críticas y de mayor demanda del cultivo, hasta completar una lámina de 65 cm durante el ciclo.

En el caso de la localidad ubicada en la FAZ-UJED, se realizo un riego de presiembra con una lámina de 20 cm y 3 de auxilio con láminas de 15 cm distribuidas en las etapas

críticas del cultivo, en las cual mantiene una mayor demanda de agua, de tal forma que se cubrieran los 65 cm de lámina requerida por el cultivo durante todo el ciclo.

3.4.7 Control de plagas

Para el control de plagas se realizaron 5 aplicaciones en total distribuidas de la siguiente manera: 2 aplicaciones para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), 2 aplicaciones para la araña roja (*Tetranychus* sp), y 1 para combatir pulgón del follaje (*Rhopalosiphum maidis*) las cuales presentaron una alta población en el desarrollo del cultivo. Para la determinación de las aplicaciones para cada una de las plagas presentes se realizaban muestreo para determinar las incidencias, en el caso del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) cuando el monitoreo presentaba un 15% y en el caso de la araña roja (*Tetranychus* sp), cuando se presentaban los primero síntomas visibles, tales como el amarillento de las hoja.

3.4.8 Control de maleza

Para el control de malezas se realizo de la siguiente manera: se llevo acabo la aplicación de herbicida preemergente para dar oportunidad a la germinación del cultivo en la mínima competencia con las malas hierbas, a los 25 dds se repitió otra aplicación para el control de zacate Johnson (*Sorghun halápense*) y correhuela (*Convólulos arvenses*) y una escarda a los 45 dds con la finalidad de aporcar y eliminar las malas hierbas que se encuentran dentro de los surcos.

3.4.9 Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual para ambas localidades, se cosecharon las plantas que se encontraban en competencia completa dentro de la parcela útil, desechando a las dos plantas orilleras. En el campo experimental de la UAAAN-UL se realizó el día 19 de Agosto y en el campo experimental de la FAZ-UJED el día 3 de Septiembre utilizando la misma metodología para ambas.

3.5 Características evaluadas

Para una adecuada evaluación de los mestizos incluidos en este trabajo, las características evaluadas durante el ciclo del cultivo fueron las que a continuación se indican:

- Días transcurridos a la floración masculina (**FM**). Se determinó con el total de días transcurridos, desde la siembra hasta que el 75 % de las plantas por parcelase encontraban liberando polen.
- Días a la floración femenina (**FF**). Dato tomado contabilizando los días transcurridos desde la siembra hasta que las plantas presentaban el 75 por ciento de los jilotes con estigmas aptos para ser fecundados.
- Altura de planta (**AP**). Es la altura desde la base del tallo hasta la parte superior de la planta, para esto se midieron 5 plantas al azar dentro de la parcela útil.

- Altura de mazorca (**AMz**). Altura comprendida desde la base del tallo al nudo de inserción de la mazorca superior de la planta de las cuales se tomaron las misma 5 plantas al azar de las cuales se tomo la altura de planta.
- Longitud de la mazorca (**LMz**). Se tomo el diámetro de 3 mazorcas desde la base hasta la punta de la misma.
- Diámetro de la mazorca (**DMz**). Este dato se obtuvo midiendo el diámetro ecuatorial de la mazorca, tomando una muestra al azar de 3.
- Rendimiento de mazorca (**RMz**). Se cosecho la parcela útil después se procedió a pesar el total de mazorcas para estimar el rendimiento de mazorcas.
- Número de hileras (**NHMz**). Se obtuvo contabilizando el número de hileras de una muestra de tres mazorcas.
- Granos por hilera (**NGH**). Para obtener este dato se contaron el número de granos que estaban contenidos dentro de una hilera, dato tomado de 3 mazorcas.
- Rendimiento de grano (**RG**). Se considera el peso neto de grano, para esto se peso el grano de todas las mazorcas colectadas en la parcela útil, cuando esta tenia un 13% de humedad.
- Peso de mil granos (**PMIL**). Dato tomado de una muestra de mil granos.
- Peso del olote (**PO**). El resultado de pesar el olote de las mazorcas obtenidas en la parcela útil.

- Diámetro del olote (**DO**). Para obtener este dato se procedió a medir el diámetro central del olote, de una muestra de tres mazorcas.

3.6 Modelo estadístico del Análisis de varianza

El análisis de varianza se hizo (Cuadro 3.1) en forma combinada de ambientes, como lo indican Kempthorne (1957); Arunachalam (1974), Bhagyalakshmi *et al.* (1986); Sahagún, (1993) y Kadkol *et al.* (1984). Este tipo de análisis estima la aptitud combinatoria general (ACG) y la específica (ACE) es aproximada y se calcula según Rojas y Sprague (1952) con la interacción línea x probador (mestizo). Las estimaciones de ACE y ACG se realizaron de acuerdo a Sing et al (1996).

Cuadro 3.1. Cuadrados medios y sus esperanzas (ECM) para el análisis combinado de ambientes.

F. V	G.L.	CM	ECM
Ambiente	a-1	CM1	$\sigma_e^2 + r\sigma_{apl}^2 + r\sigma_{al}^2 + r\sigma_{ap}^2 + r\sigma_a^2$
Rep/Amb.	(r-1)a		
Probadores	p-1	CM3	$\sigma_e^2 + r\sigma_{apl}^2 + r\sigma_{pl}^2 + r\sigma_{ap}^2 + r\sigma_p^2$
Líneas	l-1	CM4	$\sigma_e^2 + r\sigma_{apl}^2 + r\sigma_{pl}^2 + r\sigma_{al}^2 + r\sigma_l^2$
AmbxProb.	(a-1)(p-1)	CM5	$\sigma_e^2 + r\sigma_{apl}^2 + r\sigma_{ap}^2$
AmbxLínea	(a-1)(l-1)	CM6	$\sigma_e^2 + r\sigma_{apl}^2 + r\sigma_{al}^2$
ProbxLínea	(p-1)(l-1)	CM7	$\sigma_e^2 + r\sigma_{apl}^2 + r\sigma_{pl}^2$
AmbxProbxLínea	(a-1)(p-1)(l-1)	CM8	$\sigma_e^2 + r\sigma_{apl}^2$
Error	(r-1)(pl-1)a	CM9	σ_e^2

La prueba de medias se realizó con la prueba de rango estudentizado de Tukey (HSD) con base a la siguiente fórmula:

$DMS = T_{\alpha} (0.05) * \sqrt{2CMEE/n}$, donde $T_{\alpha} (0.05)$ es el valor crítico del rango estudentizado, $CMEE$ = Es el cuadrado medio del error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis por localidad

El análisis de varianza para probadores (P), tratamientos (T) y la interacción (PxT), para ambas localidades se muestran en el Cuadro 4.1.

4.2 Localidad UAAAN

El efecto probador (P) fue significativo ($P < 0.01$) respecto a las variables morfológicas FM, FF, AP y AMz, así mismo para las variables relativas a la mazorca como DMz, NGH, PMIL, DO y PO, en tanto que para rendimiento de grano y de mazorca fueron significativos ($P < 0.05$).

Los efectos de tratamientos (T) y de la interacción (PxT) no fueron significativos para las variables agromorfológicas (FM, FF, AP y AMz), en tanto que para las variables de mazorca, con excepción de LM, el resto presentó diferencias altamente significativas, al igual que rendimiento de grano (RG) y mazorca (RMz).

4.3 Localidad Venecia, Dgo.

Excepto para AP, LMz y NHMz que fueron no significativas, el efecto probador fue significativo ($P < 0.01$) para el resto. Para tratamientos (T) y la interacción (PxT) no fue

significativo para FM, FF, AP, DMz y NHMz y, significativo ($P < 0.01$) para el resto de las variables.

De acuerdo a Falconer (1978), los coeficientes de variación fueron de magnitud aceptable en ambas localidades.

Cuadro 4.1. Análisis de varianza por localidad.

FV GL	UAAAN						Venecia					
	Rep 1	Prob(P) 1	Trat(T) 56	PxT 56	EE 114	CV (%)	Rep 1	Prob (P) 1	Trat (T) 56	PxT 56	EE 114	CV (%)
FM	31.1	344.6**	29.2	23.4	21.9	6.1	262.4**	203.5**	5.6	7.5	5.9	3.3
FF	52.2	439.4**	32.1	26.1	23.4	6.1	168.5**	405.3**	6.4	9.2	6.6	3.4
AP	0.88	2.44**	0.05	0.09	0.06	11.1	2.0**	0.01	0.05	0.05	0.04	10.2
AMz	0.75	0.6**	0.03	0.05	0.03	16	1.9**	0.3**	0.07**	0.04**	0.03	18.2
RMz(x10 ⁷)	1.95*	2.4*	1.2**	1.4**	0.4	16.2	0.18	1.81**	2.3**	1.6**	0.3	15.1
RG(x10 ⁷)	1.7*	2.1*	1.27**	1.3**	0.4	16.8	0.25	1.38**	2.09**	1.40**	0.22	16.3
LMz	88.19**	6.94	6.27*	5.53	3.85	11.3	1.03	0.07	3.71**	3.29**	0.93	6.54
DMz	0.006	0.935**	0.238**	0.212**	0.083	5.9	1.3**	5.91**	0.12	0.14	0.17	8.8
NHMz	4.54*	0.006	3.599**	3.109**	1.105	6.9	2.0	1.7	1.3	1.9	1.2	7.3
NGH	16.64	424.21**	19.05**	27.87**	9.28	8	16.1	145.1**	19.8**	12.7*	12.4	10.2
PMIL (x10 ⁴)	0.9*	2.0**	0.4**	0.3**	0.2	11.7	0.19	9.62**	0.22**	0.19**	0.004	6.6
PO(x10 ⁴)	1.6**	3.1**	0.5**	0.4**	0.2	17.2	0.02	3.86**	0.44**	0.32**	0.04	12.1
DO	0.004	1.789**	0.085**	0.05*	0.037	7.5	0.47**	0.88**	0.10**	0.04**	0.05	3.3

*, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad; † L=LNS= No significativo; DFM= días a floración masculina, DFF= días a floración femenina; AP= altura de planta; AMz= altura de mazorca; LM= longitud de mazorca; DMz= diámetro de mazorca; RMz= rendimiento de mazorca; NH= número de hileras; GH= granos por hilera; RG= rendimiento de grano; PMIL= peso de mil granos; PO= peso del olote; DO= diámetro del olote.

4.4 Probadores

El probador P8 en UAAAN, fue significativamente ($P < 0.01$) más tardío y de mayor altura de planta, produjo significativamente más rendimiento de grano (RG), mazorca (PMz) y mayor NGH que el probador P26, pero mazorcas con menor DMz, PMIL, DO y PO que el P26.

En Venecia en cambio, el P26 fue significativamente ($P < 0.01$) el de mayor rendimiento de grano (RG) y mazorca (RMz), mayor PMIL, PO y DO, en contraste, el P8 fue significativamente superior en NHMz, NGH y con mayor AMz (Cuadro 4.2).

De acuerdo a lo anterior, el probador P8 se comportó agrónomicamente mejor en la localidad de la UAAAN, en tanto que el P26 lo hizo en Venecia. Al parecer el P26 se adapta mejor a condiciones de estrés hídrico puesto que en esta localidad (Venecia) la aplicación de los riegos fue escasa y con intervalos muy amplios.

Cuadro 4. 2. Comparación de probadores dentro de ambientes.

Variables	UAAAN		Venecia	
	P8	P26	P8	P26
FM†	78.2 a*	75.7 b	74.7 a	72.8 b
FF	81.0 a	78.2 b	78.5 a	75.9 b
AP	2.3 a	2.1 b	2.0 a	2.0 a
Amz	1.2 a	1.1 a	1.05 a	0.97 b
RMz	13.0 a	12.4 b	10.5 b	12.3 a
RG	12.7 a	12.1 b	8.3 b	9.8 a
LMz	17.5 a	17.2 a	14.7 a	14.8 a
DMz	4.8 b	5.0 a	4.5 a	4.8 a
NHMz	15.3 a	15.3 a	14.8 a	14.7 b
NGH	39.4 a	36.7 b	35.4 a	33.8 b
PMIL	321.9 b	340.8 a	289.1 b	330.3 a
PO	222.7 b	246.3 a	157.7 b	183.8 a
DO	2.5 b	2.7 a	2.4 b	2.6 a

* Medias horizontales con la misma letra dentro de localidad, son iguales al 0.05 de probabilidad.

†FM= días a floración masculina, FF= días a floración femenina; AP= altura de planta; AMz= altura de mazorca; LM= longitud de mazorca; DM= diámetro de mazorca; RMz= rendimiento de mazorca; NHMz= número de hileras por mazorca; NGH= Número de granos por hilera; RG= rendimiento de grano; PMIL= peso de mil granos; PO= peso del olote; DO= diámetro del olote.

4.5 Mestizos (M)

En los Cuadros 4.3 y 4.4 se muestran los 10 mestizos con mayor rendimiento de grano en la localidad de la UAAAN y Venecia respectivamente. En la localidad de la UAAAN se observa que solo el mestizo 40 coincide en ambos probadores, el resto fueron diferentes y por lo tanto es probable que tengan diferente combinación de genes y de patrones heteróticos diferentes, se explica por los orígenes diferentes de probadores. El grupo de tratamientos del P8 lo conforman: 45, 02, 56, 50, 40, 25, 41, 23, 44 y 15 con rendimiento de grano que oscilan de 14.2 a 20.0 t ha⁻¹, en tanto que el de P26 esta

constituido por 32, 14, 40, 04, 17, 13, 21, 11, 31 y 12 con RG de 14.5 a 18.2 t ha⁻¹, ambos grupos estadísticamente superior a la media de su respectivo grupo (M08, M26) y de la media general. Los 10 mestizos dentro de cada grupo fueron semejantes en floración, altura de planta y mazorca, lo mismo se observa para el resto de las características.

Cuadro 4.3. Mestizos con mayor producción de grano (RG) correspondiente a los probadores P8 y P26 en la localidad UAAAN.

Mestizos Prob x Línea	FM día	FF día	AP m	AMz m	RMz t ha ⁻¹	RG t ha ⁻¹	LMz cm	DMz cm	NHMz	NGH	PMIL G	PO g	DO cm	
8	45	80.7	83.4	2.3	1.3	20.2	20.0	18.6	5.0	17.9	42.3	282.4	203	2.6
8	02	79.7	83.4	2.4	1.2	19.5	19.0	19.1	5.1	15.9	38.7	310.5	390	2.6
8	56	77.0	80.0	2.1	1.2	16.5	16.3	18.2	5.1	15.5	39.5	249.0	224	2.5
8	50	80.0	83.5	2.4	1.3	16.5	15.9	17.2	5.1	18.3	38.8	376.5	251	2.9
8	40	81.5	85.5	2.5	1.3	16.1	15.9	19.4	4.7	13.7	39.0	324.5	176	2.3
8	25	77.0	79.5	2.1	1.1	16.1	15.8	18.0	4.9	15.0	41.7	362.0	258	2.6
8	41	81.0	85.5	2.6	1.4	15.8	15.6	16.1	4.7	14.3	44.5	332.0	212	2.4
8	23	75.5	78.0	2.1	1.1	15.4	15.3	20.5	4.6	15.5	38.8	301.5	138	2.4
8	44	81.0	84.5	2.7	1.3	15.2	14.9	18.9	4.8	15.0	41.2	372.5	275	2.7
8	15	76.8	78.8	2.3	1.3	16.6	14.2	19.0	4.8	16.9	38.4	276.5	235	2.7
Med.		78.2	81.0	2.3	1.2	13.0	12.7	17.4	4.8	15.3	39.4	322	220	2.5
26	32	76.7	79	2.0	1.0	18.7	18.2	18.1	5.7	18.6	36.7	398	433	3.1
26	14	75.7	77	2.2	1.1	17.1	16.8	18.6	5.3	15.2	40.0	354	347	3.1
26	40	74.8	79	1.8	1.0	16.6	16.4	20.6	5.1	14.2	40.1	398	199	2.6
26	04	77.7	79	2.1	1.1	16.3	16.1	18.3	5.2	13.2	37.3	361	241	2.7
26	17	77.7	77	2.3	1.2	15.8	15.6	18.2	5.6	16.6	37.0	466	260	2.7
26	13	75.5	79	2.1	1.2	15.6	15.4	16.5	5.1	16.0	35.2	357	231	2.7
26	21	77.0	80	2.2	1.3	15.3	15.1	17.2	5.2	15.0	39.5	398	249	2.5
26	11	75.7	77	2.3	1.2	15.1	14.9	16.7	5.0	13.9	37.7	398	273	2.5
26	31	76.0	79	2.2	1.1	14.9	14.7	17.1	5.3	15.0	38.5	379	277	2.7
26	12	74.5	77	2.1	1.1	14.7	14.5	16.0	5.2	16.0	39.7	379	158	2.7
Med.		76.0	78.2	2.0	1.1	12.4	12.1	17.0	5.0	15.3	37.0	338	242	3.0
M. G.		76.9	79.6	2.2	1.2	12.7	12.4	17.3	4.9	15.3	38.1	331.4	234.5	2.6
Tukey	0.05	13.8	14.3	0.7	0.5	6.1	6.2	5.8	0.8	3.1	8.9	114.7	118.9	0.6

†FM= días a floración masculina, FF= días a floración femenina; AP= altura de planta; AMz= altura de mazorca; LM= longitud de mazorca; DM= diámetro de mazorca; RMz= rendimiento de mazorca; NHMz= número de hileras por mazorca; NGH= Número de granos por hilera; RG= rendimiento de grano; PMIL= peso de mil granos; PO= peso del olote; DO= diámetro del olote.

Cuadro 4.4. Mestizos con mayor producción de grano (RG) correspondiente a los probadores P8 y P26 en la localidad de Venecia.

Mestizo		FM†	FF	AP	AMz	RMz	RG	LMz	DMz	NHMz	NGH	PMIL	PO	DO
Prob x Línea		día	día	m	m	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	cm	cm			G	g	cm
P8	37	71.5	75.0	2.1	1.1	17.8	15.1	15.5	4.4	13.7	36.0	341.0	160.2	3.4
P8	50	75.0	79.0	2.1	1.1	16.6	14.2	16.0	4.8	16.3	37.5	309.0	197.7	2.4
P8	55	75.0	79.0	2.2	1.2	16.3	14.0	14.9	4.7	16.7	37.0	284.5	208.3	2.5
P8	57	71.5	76.5	2.3	1.2	15.2	12.7	16.1	4.8	15.7	37.7	320.0	187.7	2.6
P8	42	77.5	81.0	2.1	1.2	15.0	12.6	15.5	4.5	13.7	34.7	309.5	161.8	2.2
P8	54	76.0	79.5	2.0	1.0	14.3	12.4	15.2	4.3	14.3	37.3	244.0	277.9	2.3
P8	44	76.5	81.0	2.3	1.2	14.5	12.1	16.0	4.5	14.7	34.2	305.5	181.2	2.5
P8	10	75.0	81.0	1.8	0.9	14.3	11.8	14.6	4.6	13.7	34.5	320.0	155.7	2.3
P8	49	75.0	79.0	2.1	1.0	14.3	11.2	17.0	4.5	14.0	38.2	326.0	207.9	2.5
P8	21	71.5	75.0	2.1	1.1	13.1	10.9	13.7	4.7	16.0	37.2	273.5	127.0	2.4
Media		74.7	78.5	2	1.05	10.5	8.3	15.0	4.46	14.83	35.4	289	158	2.4
P26	05	73.0	76.0	2.4	1.4	19.6	16.7	15.6	4.8	14.0	34.3	373.0	222.3	2.4
P26	21	72.0	75.0	2.1	1.1	17.7	14.9	15.4	4.8	14.3	35.9	358.5	87.0	2.6
P26	49	71.5	74.4	2.1	0.8	17.0	14.7	15.1	5.0	18.4	31.0	291.7	182.9	2.5
P26	42	71.5	74.4	2.2	1.1	17.1	14.4	17.0	4.4	15.0	35.0	350.8	163.9	2.5
P26	03	72.0	75.0	2.2	0.9	16.3	13.8	15.2	4.9	14.0	34.7	318.5	269.5	2.7
P26	06	73.0	76.0	2.3	1.0	16.1	13.5	14.7	4.9	15.0	33.7	337.0	263.7	2.7
P26	25	74.5	78.0	2.2	1.1	16.0	13.4	16.8	4.8	14.3	38.2	331.5	282.6	2.5
P26	33	73.5	77.0	1.9	0.9	15.7	13.0	14.9	5.0	15.3	34.7	348.0	200.9	2.8
P26	44	71.5	74.4	1.7	0.6	15.4	13.0	16.3	4.9	13.7	33.3	310.7	191.9	2.7
P26	32	72.0	75.0	2.1	1.0	15.8	12.8	14.3	4.8	15.7	32.5	378.5	143.9	2.7
P26	37	72.0	75.0	1.9	0.9	15.0	12.4	16.4	5.1	14.0	38.2	340.5	220.7	3.2
Media		72.8	75.9	2.0	0.98	12.3	9.8	15.0	4.78	14.66	33.8	330	184	2.6
Media gral.		73.8	77.2	2.0	1.01	11.4	9.0	15	4.62	14.75	34.6	310	171	2.5
Tukey	0,05	7.2	7.6	0.6	0.5	5.1	4.4	2.9	1.2	3.2	10.3	60.5	61.1	0.6

†FM= días a floración masculina, FF= días a floración femenina; AP= altura de planta; AMz= altura de mazorca; LMz= longitud de mazorca; DMz= diámetro de mazorca; RMz= rendimiento de mazorca; NHMz= número de hileras por mazorca; NGH= Número de granos por hilera; RG= rendimiento de grano; PMIL= peso de mil granos; PO= peso del olote; DO= diámetro del olote.

En la localidad de Venecia (Cuadro 4.4) coincidieron cuatro (37, 42, 44 y 21) entre los mejores 10 mestizos de cada probador, lo cual indica que comparten genes similares en contraste con el resto, que pueden diferir en su contenido genético. Los mestizos 37, 50 y 55 del P8 fueron estadísticamente superior en RG que el resto con 15.1, 14.2 y 14.0 t ha⁻¹, aunque similares en FM, FF AP y AMz. En tanto que del probador P26, el

de mayor rendimiento fue el 05 con 16.7 t ha^{-1} estadísticamente igual al resto de ese grupo y similares en FM, FF, AP y AMz.

4.6 Análisis combinado

En el cuadro 4.5, se presenta el análisis de varianza combinado para los mestizos evaluados en las localidades de Venecia y UAAAN, donde para localidades (A) se observó diferencias significativas para RMz y PO, y altamente significativas para las variables RG y NGH. Por lo anterior se asume que ambas localidades fueron diferentes y que influyeron en la manifestación de dichas variables, lo anterior coincide con Castellanos *et al.* (1998), al evaluar mestizos en siete ambientes. En el Cuadro 4.6, se observa que las variables fueron significativamente de mayor magnitud en la localidad UAAAN, donde fueron en promedio de mayor rendimiento de grano (RG) y mazorca (RMz) y, así mismo para las variables relacionadas con la magnitud de la mazorca NGH y PO.

Respecto al efecto probador (P), de acuerdo al análisis de varianza, excepto para RMz, LMz, y NHMz, ambos probadores fueron diferentes estadísticamente ($P < 0.01$) para FM, FF, AP, AMz, RG, DMz, PMIL, PO y DO, resultados semejantes encontraron Castellanos *et al.* (2000), al usar siete probadores. Lo anterior se puede observar en el Cuadro 4.6, donde las variables FM, FF, AP, AMz y NGH son superiores estadísticamente con respecto al probador P26 la cual indica que el P8 condiciona una mayor altura y días a floración, en tanto que P26 condiciona un incremento con las variables relacionadas con el rendimiento (RG, DMz, PMIL, PO y DO) resultaron de mayor magnitud para dicho probador (P26). En consecuencia se puede constatar que el

probador P26 en promedio fue superior al probador P8 y presentó mayor adaptabilidad en ambas localidades. Bhagyalakhshmi *et al.* (1986), en caña de azúcar encontraron significancia en probadores para cuatro de los seis caracteres evaluados en su experimento. Sin embargo debido al retraso de riego en la localidad Venecia, los mestizos que corresponden al P8 presentaron mayor efecto al estrés hídrico notándose en la disminución del rendimiento, lo que se explica por el mayor intervalo de floración, pues de acuerdo a Vasal *et al.* (1996), a menor intervalo de floración (ASI) mayor resistencia al estrés hídrico, como puede observarse en las siguientes intervalos de floración para cada uno de los probadores de 3.34 días para P8 y de 2.79 días para P26.

Para la fuente de variación para líneas (L), es decir para ACG, presentó diferencias en la capacidad de combinación con los probadores en las variables FM, FF, RMz, RG, LMz, DMz, NHMz, NGH, PMIL, PO y DO. Es decir que para AP y AMz las líneas mostraron la misma capacidad de combinatoria.

4.7 Interacciones

La interacción AxP fue significativa ($P < 0.01$) para las variables AP, RMz, RG, DMz y PMIL, el resto no fue significativo, lo que indica que el probador responde diferencialmente al ambiente lo cual se observa en el Cuadro 4.2, lo cual coincide con la sugerencia de Goodman *et al.* (2000), de utilizar probadores y localidades diferentes es de importancia en un programa de mejoramiento. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Terrón *et al.* (1997). En tanto la interacción AxL, solo fue significativa

($P < 0.05$) para AMz y DO ($P < 0.01$), es decir que excepto estas dos variables, el resto se comportó en promedio igual en ambos ambientes. Castellanos *et al.* (1998), encontró resultados semejantes para las interacciones línea y probadores con ambiente.

Cuadro 4.5. Análisis de varianza combinado para las variables morfológicas evaluadas en las localidades de UAAAN-UL y FAZ-UJED.

FV	A	B(A)	P	L	AxP	AxL	PxL	AxPxL	EE	CV	Med
GL	1	2	1	56	1	56	56	56	226	%	
FM†	1134.2	294.0**	537.9**	1208.7*	9.1	13.3	16.4	14.5	13.9	4.9	75.3
FF	665.1	7.7**	56.2**	24.1**	0.34	14.4	17.6	17.8	15.0	4.9	78.4
AP	1.98	1.47**	1.37**	0.05	1.08**	0.05	0.09*	0.05	0.05	10.6	2.09
Amz	2.25	1.36**	0.89**	0.05	0.02	0.06*	0.05	0.03	0.03	16.7	1.08
RMz x10 ⁷	19.1*	1.1	3.6	1.9**	16.9**	1.7	1.5	1.5**	0.35	15.7	12.05
RGx10 ⁷	132.1**	0.99	2.6**	1.7**	13.5**	1.6	13.5	14.3**	0.32	16.9	10.7
LMz	770.6	44.0**	2.8	5.9**	4.2	4.1	4.9	3.9**	2.4	9.6	16.1
DM	8.85	0.64*	5.85**	0.20**	1.03*	0.16	0.20	0.15	0.12	7.4	4.76
NHMz	30.52	3.33	0.96	3.32**	0.73	1.53	3.49**	1.59*	1.13	7.07	15.00
NGH	1378.3**	16.4	531.5**	21.2**	36.2	17.8	20.9	19.6*	10.8	9.06	36.31
PMILx10 ⁴	5.40	0.58	10.25**	0.34**	1.41**	0.23	0.34**	0.16**	0.10	9.70	320.56
PO x10 ⁴	46.33*	0.79**	7.01**	0.55**	0.06	0.02	0.41	0.33**	0.10	15.8	202.64
DO	0.85	0.24**	2.54**	0.12**	0.07	0.07**	0.06*	0.04	0.04	7.96	2.54

*, **= Significativo al 1% y al 5% de probabilidad; †FM= días a floración masculina, FF= días a floración femenina; AP= altura de planta; AMz= altura de mazorca; LMz= longitud de mazorca; DMz= diámetro de mazorca; RMz= rendimiento de mazorca; NHMz= número de hileras por mazorca; NGH= Número de granos por hilera; RG= rendimiento de grano; PMIL= peso de mil granos; PO= peso del olote; DO= diámetro del olote.

Cuadro 4.6. Comparación de medias para localidades y probadores.

Variables	Localidad		Probador	
	UAAAN	Venecia	Probador 8	Probador 26
FM†	76.95 a*	73.75 a	76.43 a*	74.26 b
FF	79.61 a	77.21 a	79.77 a	77.05 b
AP	2.16 a	2.00 a	2.15 a	2.04 b
Amz	1.15 a	1.02 a	1.13 a	1.04 b
RMz	12.7 a	11.4 b	11.8 a	12.4 a
RG	12.4 a	9.0 b	10.5 b	10.9 a
LMz	17.30 a	14.75 a	16.12 a	15.96 a
DMz	4.89 a	4.62 a	4.64 b	4.87 a
NHMz	15.30 a	14.75 a	15.05 a	14.95 a
NGH	38.05 a	34.57 b	37.39 a	35.23 b
PMIL	331.44 a	309.67 a	305.57 b	335.55 a
PO	234.5 a	170.76 b	109.24 b	215.03 a
DO	2.59 a	2.50 a	2.47 b	2.61 a

* Medias horizontales con la misma letra dentro de localidad, son iguales al 0.05 de probabilidad (Tukey 0.05). †FM= días a floración masculina, FF= días a floración femenina; AP= altura de planta; Amz= altura de mazorca; LMz= longitud de mazorca; DMz= diámetro de mazorca; RMz= rendimiento de mazorca; NHMz= número de hileras por mazorca; NGH= Número de granos por hilera; RG= rendimiento de grano; PMIL= peso de mil granos; PO= peso del olote; DO= diámetro del olote.

Respecto a la interacción P x L que representa los efectos de ACE, se observó significancia para las variables AP, NHM, PMIL y DO, indica que entre las líneas, algunas combinaron mejor que otras con los probadores y, estas diferencias pueden ser aprovechadas para la formación de híbridos, además de poder separar líneas en grupos heteróticos opuestos por su comportamiento en las cruces de prueba (Terrón, *et al.*, 1997, González *et al.*, 1997). En contraste, Castellanos *et al.* (1998) encontró

diferencias altamente significativas para la interacción Líneas x Probador para rendimiento de grano. Puesto que NHMz y PMIL son consideradas como componentes de rendimiento (Hallauer y Miranda, 1981, Russell 1985), estos caracteres pueden ser usados para seleccionar indirectamente el rendimiento.

Para la interacción AxPxL, se observaron efectos significativos ($P < 0.05$) para las variables NHMz y NGH y significativas ($P < 0.01$) para RMz, RG, LMz, PMIL y PO, en cambio para altura de planta, mazorca y floración el efecto fue no significativo.

4.8 Comportamiento medio de las líneas

En el cuadro 4.7 se presentan los rendimientos medios de las líneas en ambas localidades y probadores, ordenadas con base al rendimiento de grano (RG). La línea 40, fue la de mayor RG con 13.5 t ha^{-1} significativamente igual al resto de las líneas (14) y a la media general (10.7 t ha^{-1}), a los híbridos comerciales (14.9 t ha^{-1}) y superior a la media de ambos probadores (P8 y P26). Respecto a las características de altura (AP, AMz) y floración masculina y femenina también fueron similares ($P < 0.05$), en cambio la línea 40 presentó fue significativamente superior al resto en DMz con 6.0 cm y a los híbridos comerciales. La mayor longitud de mazorca ($P < 0.05$) fue para la línea 49 con 22 cm, superando a los híbridos comerciales, probadores y muy superior a la media general. La línea 57 en cambio presentó el mayor NHMz con 19.1 hileras, superior a los testigos comerciales, probadores y a la media general. Las variables NGHz y PMIL en cambio fueron semejantes para todas las líneas. Diez de los 15 fueron estadísticamente

iguales para PO y, para DO, siete de los 15 fueron iguales donde la línea 37 presentó el mayor diámetro con 3.0 cm.

Cuadro 4.7. Comportamiento medio de los 15 tratamientos con mayor rendimiento de grano (RG) t ha⁻¹ en ambas localidades.

TRAT	FM†	FF	AP	AMz	RMz	RG	LM	DMz	NHMz	NGH	PMIL	PO	DO
40	75.8	79.6	2.1	1.1	14.8	13.5	17.7	6.5	13.9	38.2	333.0	160.0	2.4
32	74.7	77.6	2.1	1.1	14.8	13.4	15.4	4.9	16.6	35.8	328.6	224.1	2.7
42	76.3	79.6	2.1	1.1	14.6	13.2	17.6	4.6	14.6	35.7	335.6	189.5	2.4
44	76.9	80.5	2.2	1.1	14.3	13.0	17.7	4.7	14.3	36.4	337.7	242.2	2.6
25	75.9	77.6	2.1	1.1	14.4	13.0	17.1	4.8	14.9	38.8	336.5	236.7	2.6
49	75.4	78.5	2.2	1.0	14.4	12.9	22.0	4.8	15.9	35.5	321.7	215.7	2.6
37	73.9	77.1	2.2	1.1	14.3	12.9	16.3	4.8	14.2	37.5	333.5	231.8	3.0
21	74.3	77.3	2.2	1.2	14.4	12.8	15.9	4.9	15.5	39.2	335.3	175.5	2.5
2	78.8	80.6	2.2	1.1	13.9	12.5	16.5	4.5	14.4	35.5	327.1	260.6	2.5
45	77.2	80.5	2.2	1.1	13.8	12.4	16.8	4.7	15.3	38.5	310.6	160.6	2.4
50	75.8	79.0	2.2	1.1	13.8	12.4	17.0	5.0	16.3	37.5	333.0	225.9	2.7
5	76.5	80.4	2.1	1.2	13.7	12.2	18.4	4.7	15.1	36.4	347.4	213.3	2.5
6	75.4	78.3	2.1	1.1	13.4	12.0	17.6	4.4	14.9	36.8	328.8	236.8	2.5
12	74.3	77.4	2.2	1.2	13.5	12.0	15.8	5.0	15.6	37.2	345.6	206.7	2.6
57	75.2	78.4	2.1	1.1	13.4	12.0	15.7	4.5	19.1	34.3	316.9	179.4	2.5
M 15	75.7	78.8	2.1	1.1	14.1	12.7	17.2	4.9	16.0	36.9	331.4	210.6	2.6
M. Gral.	75.3	78.4	2.1	1.1	12.0	10.7	16.1	4.8	15.3	36.3	319.8	200.8	2.5
Híbridos	75.5	78.6	1.9	0.9	16.8	14.9	17.9	4.8	14.4	39.5	384.4	208.5	2.6
Prob.	79.8	83.5	1.8	0.9	4.5	3.5	12.9	3.5	12.4	20.3	252.5	137.2	2.2
(Tukey													
0.05)	7.6	7.9	0.4	0.3	3.8	3.7	3.2	0.7	2.2	6.8	63.9	66.9	0.4

†FM= días a floración masculina, FF= días a floración femenina; AP= altura de planta; AMz= altura de mazorca; LMz= longitud de mazorca; DMz= diámetro de mazorca; RMz= rendimiento de mazorca; NHMz= número de hileras por mazorca; NGH= Número de granos por hilera; RG= rendimiento de grano; PMIL= peso de mil granos; PO= peso del olote; DO= diámetro del olote.

4.9 Aptitud Combinatoria General (ACG)

Como un reflejo del Cuadro 4.7, la aptitud combinatoria general (ACG) que se presenta en el Cuadro 4.8, las líneas se ordenaron con base al mayor valor de ACG para RG y, donde ocho de los 15 presentaron un valor de ACG superior a 2.0 t ha^{-1} y de 2.4 t ha^{-1} para RMz. Es de resaltar las cualidades de la línea 40 que exhibe el mayor valor de ACG para RG, pero a la vez se caracteriza por tener menor DO, PO y NHMz que contrasta con mayor PMIL, NGH, DMz, y LMz. Seis de los 15 líneas (40, 42, 44, 49, 5 y 6), muestran la mayor ACG para longitud de mazorca (LMz), carácter correlacionado con el RG de acuerdo con Russell (1985); doce de las 15 presentaron valores altos de ACG para PMIL, carácter correlacionado positiva y significativamente con RG (Russell, 1985, Galarza *et al.*, 1973), es interesante distinguir dos grupos en cuanto a peso de olote (PO), diez de los quince presentan valores altos de ACG, y el resto (Cinco), valores negativos y coinciden en ese mismo orden para la variable DO.

4.10 Aptitud combinatoria específica (ACE)

En el Cuadro 4.9, se presentan los valores de ACE para ambos probadores (P26 y P8). Aún y cuando los efectos del modelo para la interacción LxP muestran significancia solo para cuatro (AP, NHMz, PMIL y DO) de las trece variables estudiadas; Becker *et al.* (1990), al estimar aptitud combinatoria encontraron que la ACE solo fue significativa para altura de mazorca al respecto se pueden hacer inferencias acerca de la magnitud de los valores de ACE en ambos grupos de probadores. Navarro y Borrego (1993), encontraron los efectos no aditivos fueron más importantes para altura de planta al

evaluar ocho poblaciones de maíz, y Galarza *et al.* (1973), encontró correlaciones fenotípicas significativas entre RG y peso de 500 granos, lo cual pudiese ser considerado para la selección indirecta del RG a través del peso de grano (PMIL).

Cuadro 4.8. Aptitud combinatoria general (ACG) de los 15 mestizos mas sobresaliente en rendimiento (RG) a través de localidades y probadores.

TRAT	FM†	FF	AP	AMz	RMz	RG	LMz	DMz	NHMz	NGH	PMIL	PO	DO
40	0.5	1.2	0.0	0.0	2.8	2.8	1.6	1.7	-1.4	1.9	13.2	-40.8	-0.1
32	-0.6	-0.8	0.0	0.0	2.8	2.7	-0.7	0.1	1.3	-0.5	8.8	23.3	0.2
42	1.0	1.2	0.0	0.0	2.6	2.5	1.5	-0.2	-0.7	-0.6	15.8	-11.3	-0.1
44	1.6	2.1	0.1	0.0	2.3	2.3	1.6	-0.1	-1.0	0.1	17.9	41.4	0.1
25	0.6	-0.8	0.0	0.0	2.4	2.3	1.0	0.0	-0.4	2.5	16.7	35.9	0.1
49	0.1	0.1	0.1	-0.1	2.4	2.2	5.9	0.0	0.6	-0.8	1.9	14.9	0.1
37	-1.4	-1.3	0.1	0.0	2.3	2.2	0.2	0.0	-1.1	1.2	13.7	31.0	0.5
21	-1.1	-1.2	0.1	0.1	2.4	2.1	-0.2	0.1	0.2	2.9	15.5	-25.3	0.0
2	3.5	2.2	0.1	0.0	1.9	1.8	0.4	-0.3	-0.9	-0.8	7.3	59.8	0.0
45	1.9	2.1	0.1	0.0	1.8	1.7	0.7	-0.1	0.0	2.2	-9.2	-40.2	-0.1
50	0.5	0.6	0.1	0.0	1.8	1.7	0.9	0.2	1.0	1.2	13.2	25.1	0.2
5	1.2	2.0	0.0	0.1	1.7	1.5	2.3	-0.1	-0.2	0.1	27.6	12.5	0.0
6	0.1	-0.1	0.0	0.0	1.4	1.3	1.5	-0.4	-0.4	0.5	9.0	36.0	0.0
12	-1.1	-1.0	0.1	0.1	1.5	1.3	-0.3	0.2	0.3	0.9	25.8	5.9	0.1
57	-0.1	0.0	0.0	0.0	1.4	1.3	-0.4	-0.3	13.8	-2.0	-2.9	-21.4	0.0

†FM= días a floración masculina, FF= días a floración femenina; AP= altura de planta; AMz= altura de mazorca; LMz= longitud de mazorca; DMz= diámetro de mazorca; RMz= rendimiento de mazorca; NHMz= número de hileras por mazorca; NGH= Número de granos por hilera; RG= rendimiento de grano; PMIL= peso de mil granos; PO= peso del olote; DO= diámetro del olote.

Se observa en general, que las líneas con mayor ACE del probador P26, difieren de las del probador P8, lo cual indica que los probadores son diferentes, pues P26 es una línea de origen tropical, en tanto que P8 es de trópico seco, que coincide con lo reportado por Reyes (1985), y Sierra *et al.* (1990) al cruzar maíces de Trópico Húmedo X Trópico seco y, por tal razón separan las líneas en grupos diferentes, que de acuerdo

a Melchinger y Gumber, (1998), se pueden catalogar como grupos heteróticos diferentes. Córdova *et al.* (2000), encontraron que la cruce entre líneas Tropical X Subtropical rindió 8% mas que el híbrido regional.

El uso de ambos probadores fue de utilidad para separar grupos de líneas y facilitar su inclusión en un programa de formación de híbridos (Vasal *et al.*, 1997), Así que de acuerdo a selección indirecta se pueden utilizar las variables NHMz y PMIL para incrementar el rendimiento en cada grupo (Alvarado *et al.*, 2001), y explotarlo posteriormente en cruza. La separación en dos grupos, líneas de P26 y P8, es de relevancia para hacer una recombinación dentro de cada grupo y continuar el mejoramiento del germoplasma (Sriwatanapongse *et al.*, 1993). Otra opción es formar sintéticos de ambos grupos y trabajarlos en un esquema de selección recíproca recurrente (Vasal y Córdova 1996); Menz *et al.*, (1999) trabajó con los sintéticos BS21 y BS22 con seis ciclos de selección recíproca recurrente con ganancias de 4.4% por ciclo.

Cuadro 4.9. Aptitud combinatoria específica (ACE) para las 10 líneas más sobresalientes en rendimiento de grano (RG) para los probadores P8 y P26.

	FM†	FF	AP	AMz	RMz	RG	LMz	DMz	NHMz	NGH	PMIL	PO	DO
P26													
L-33	1.69	1.97	-0.06	0.00	3.70	3.65	0.84	0.12	0.15	0.81	-1.08	0.32	0.16
L-31	1.19	1.41	0.12	0.04	3.41	3.20	1.04	0.31	1.04	2.38	24.98	34.57	0.11
L-05	-1.42	-1.68	0.19	0.23	3.22	3.19	-0.15	0.01	-0.44	-0.46	-13.72	-21.64	-0.06
L-17	0.03	-0.35	0.17	0.06	2.68	2.47	-0.46	0.25	0.09	-1.77	32.25	19.70	0.06
L-11	-2.96	-2.55	-0.02	-0.08	2.02	2.06	-1.19	-0.01	-0.57	0.97	-7.72	-3.35	-0.05
L-07	-1.24	-1.03	0.16	0.09	1.70	1.67	0.91	0.16	0.75	2.38	-8.58	33.23	0.02
L-21	1.29	1.50	0.04	0.07	1.62	1.59	0.68	-0.07	-0.77	-0.08	24.86	-26.39	-0.02
L-18	-0.56	-0.65	-0.04	-0.03	1.91	1.58	0.20	0.14	-0.10	0.65	41.54	17.48	0.08
L-13	-1.10	-1.08	-0.07	0.05	1.76	1.55	-0.12	0.07	-0.11	-0.41	32.49	23.77	-0.19
L-32	0.49	0.90	-0.03	-0.05	1.65	1.34	0.88	0.16	0.43	0.08	42.43	27.52	0.18
P8													
L-24	-1.71	-2.10	0.02	0.13	3.14	3.04	1.76	0.27	0.77	4.92	31.02	13.04	0.01
L-50	0.71	0.97	-0.04	0.03	2.87	2.91	-0.58	0.07	0.80	-1.00	13.96	14.36	0.01
L-19	0.06	-0.20	0.02	-0.02	2.72	2.79	0.10	0.00	-0.72	-0.49	0.45	-6.06	-0.04
L-56	-1.73	-1.17	0.18	0.11	2.40	2.20	0.19	0.10	0.41	0.19	26.57	32.34	0.01
L-41	1.62	1.72	0.18	0.03	2.03	2.04	0.28	0.20	0.48	2.85	5.64	4.74	0.10
L-48	1.15	1.40	0.04	0.20	2.24	2.01	-0.28	0.02	-0.04	0.26	21.99	5.80	0.01
L-54	-1.63	-2.09	0.14	0.10	1.95	1.83	0.15	0.25	1.01	0.56	13.00	25.35	0.02
L-55	0.81	0.72	0.02	0.12	1.49	1.66	1.17	-0.03	-0.81	2.60	-23.86	36.57	-0.04
L-37	-1.31	-1.56	0.03	0.00	1.30	1.22	-0.39	-0.15	-0.31	-0.75	4.89	-18.29	0.12
L-01	-1.41	3.07	0.05	0.04	1.26	1.20	0.92	0.15	-0.26	1.75	17.03	15.97	0.04

†FM= días a floración masculina; FF= días a floración femenina; AP= altura de planta; AMz= altura de mazorca; LMz= longitud de mazorca; DMz= diámetro de mazorca; RMz= rendimiento de mazorca; NHMz= número de hileras por mazorca; NGH= Número de granos por hilera; RG= rendimiento de grano; PMIL= peso de mil granos; PO= peso del olote; DO= diámetro del olote.

V. CONCLUSIONES

De los resultados se concluye lo siguiente:

1. El probador P8 en UAAAN, fue significativamente ($P < 0.01$) más tardío de mayor altura de planta, produjo significativamente más rendimiento de grano (RG) y mazorca (PMz) y mayor NGH que el probador P26, pero mazorcas con menor DMz, PMIL, DO y PO que el P26.
2. En Venecia en cambio, el P26 fue significativamente ($P < 0.01$) el de mayor rendimiento de grano (RG) y mazorca (RMz), mayor PMIL, PO y DO, en contraste, el P8 fue significativamente superior en NHMz, NGH y con mayor AMz.
3. El probador P8 se comportó agrónomicamente mejor en la localidad de la UAAAN, en tanto que el P26 lo hizo en Venecia.
4. De los 10 mejores mestizos, en la UAAAN solo coincidió el Mestizo-40 en ambos probadores, y en Venecia coincidieron cuatro (37, 42, 44 y 21).
5. En el análisis combinado, el efecto localidad (A) fue diferente para RMz, RG, NGH y PO y de mayor magnitud en la UAAAN.UL.
6. Los probadores fueron diferentes en FM, FF, AMz, RG, DMz, PMIL, PO y DO.

7. En promedio el P26, condicionó a un mayor RG, DMz, PMIL, PO y DO.
8. El efecto de líneas que estima la ACG fue de mayor importancia para 11 de las 13 variables evaluadas y, donde la Línea 40 presentó el mayor valor de ACG.
9. Para el efecto de la interacción PxL que estima la ACE, solo fue relevante para AP, NHMz, PMIL y DO.
10. Los probadores detectaron grupos de líneas diferentes dentro de los 10 mejores valores de ACE.

VI. LITERATURA CITADA

- Alvarado, G., Ávila G., Ramírez A., y Narro L. 2001. Progreso en selección y heterosis en poblaciones tropicales de maíz (*Zea mays L.*) II. Patrón heterótico Blanco dentado X Blanco cristalino. En: Resúmenes de la XLVIII Reunión anual del PCCMCA del 2 al 5 de abril año 2001, en San José, Costa Rica, C. A. p. 60.
- Arunachalam, V. 1974. The fallacy behind the use of modified line x tester designo Indian J. Genet. And Plant Breeding. 34(2):280-287.
- Azar C., Mather, D., E. and Hamilton, R. J. 1997. Heterosis and endosperm texture in crosses involving maize landraces of the St. Lawrence-Great Lakes region of America. Maydica 42: 53-57.
- Barreto, H. J., Edmeades, G. O., Chapman, S.C. and Crossa, J. L. 1993. El diseño Alfa Laticé en fitomejoramiento y agronomía, Generación y análisis. En síntesis de resultados experimentales del PRM 1992. 4: 273-283.
- Beck D., L., Vasal S. K. and Crossa J. L. 1990. Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical early and intermediate maturity maize (*Zea mays L.*) germplasm. Maydica 35: 279-285.
- Beck D., Beltrán, L. J. C., Sánchez., Edmeades. G. O., Benzinger, M., Sierra, M., Cano, O. and Ortega, A. 1997. Yield potential of hybrids developed from tropical semiprolific populations. In: Book of Abstracts: The genetics and exploitation of heterosis in crops. An international symposium, México. P 104-105.
- Bhagyalakshmi, K. V, Natarajan, B. V, Nagarajan, R. 1986. Combining ability studies in sugarcane. Indian J. Genet. 46(3):515-520.

- Castellanos, J. S., Hallauer, A. R. and Córdova, H. S. 1998. Relative performance of tester to identify elite lines of corn (*Zea mays L.*) *Maydica* 43: 217-226.
- Castro, G. M. 1964. Rendimiento y heterosis de cruzas intervarietales en México. Tesis MC. Colegio de Postgraduados Chapingo, Méx. 61 p.
- Córdova, O. H., y Vasal, S. K. 1996. Estrategias en el desarrollo y mejoramiento del germoplasma de maíz orientado a la agricultura sustentable. En Memorias del Curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. Buenavista Saltillo, Coah. P 99-123.
- Córdova, O. H., Barreto, H. J. y Crossa, J. L. 1994. Impacto del desarrollo de Híbridos de Maíz en Centroamérica. *Agronomía Mesoamericana* 5: 78-87.
- Córdova, O. H, Lopez, M., Ortega, C. A., Gevers, H., Singh, N. N., Sallah, P., Haad, W., Shihuang, Z., and Pixley, K. 2000. The improvement and promotion of quality protein maize in selected developing countries. CIMMYT Progress Report. 1990. 20p.
- ✓ Córdova, O. H., Vergara, N., De León, C., y Crossa J. L 2001. Progreso en selección y heterosis en poblaciones tropicales de maíz (*Zea mays L.*).I Patrón heterótico TUXPEÑO X ETO BLANCO. En: Resúmenes de la XLVII Reunión Anual del PCCMCA del 2 al 5 de Abril año 2001 San José Costa Rica, C. A. p 59.
- Coutiño, E. B., Ángeles H. A., y Martínez G. A. 1990. Variabilidad genética en cruzas dialélicas de maíz (*Zea mays L.*) formadas con poblaciones tropicales sobresalientes. *Agrociencia Serie Fitociencia*.1 (1): 143-156.
- Crossa, J. L., Taba S., and E., Wellhusen, J. 1990. Heterotic patterns among Mexican races of maize, *Crop sci.* 30.1182-1190.

- ✓ De León, C. H., Ramírez, E. R., Martínez, G. A., Oyervides, G. Z. 1997. Evaluation of heterotic patterns to develop maize hybrids for midaltitude regions of México. In: Book of abstracts "The genetics and exploitation of heterosis in crops" An international symposium, México. p 92-93.
- Eberhart S. A. and Russell, W. A. 1996. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- Falconer, D. S. 1986. Introducción a la genética cuantitativa. Ed. CECSA 28 Edición. 338 p.
- Galarza S. M., Ángeles H. H. A., y Molina G. J. D. 1973. Estudio entre la prueba de Líneas *per se* y la prueba de mestizos para evaluar aptitud combinatoria general de líneas S₁ de maíz (*Zea mays L.*). *Agrociencia* 11:121-139.
- García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen 32 ed. 252. p.
- González J. S., Córdova O. H., Rodríguez, H. S., De León y Serrato V. 1997. Determinación de un patrón heterótico a partir de la evaluación de un dialelo de 10 líneas de maíz subtropical. *Agronomía Mesoamericana*. 8(1):17.
- Goodman, M. M., Moreno, F. J., Castillo, N., Holley R. and Carson M. L. 2000. Using tropical maize germoplasm for temperate breeden. *Maydica* 45: 221-234.
- Gutiérrez del R. E., Palomo, G. A., Espinoza, B. A., De la Cruz, L. E. 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para el rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. *Rev. Fitotecnia México*. 25 (3):271-277.
- Hallauer A. R. and Miranda F. V. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University press. Ames, Iowa.p 337-369.

- Jugenheimer, R. W. 1985 Corn improvement, seed production and uses. Malabar, FI, USA, Robert E. Krieger Publishing.
- Kadkol, G. P.; and Sharma, R. P. 1984. Combining ability and heterosis in sunflower. Indian J. Genet. 44(3):447-451.
- Kempthorne, O. 1957. An Introduction to Genetic Statistics. John Wiley and Sons, New York, USA. pp. 468-471.
- Kim S. K. y Ajála S. O. 1996. Combining ability of tropical maize germplasm in wes Africa II. Tropical vs temperate X tropical origins. Maydical 41: 135-141.
- Márquez S. F. 1985. Genotecnia vegetal. Métodos, Teoría Resultados. Tomo I. AGT Editor. México. 357 p.
- Márquez S. F. 1988. Genotecnia vegetal. Métodos, Teoría Resultados. Tomo II. AGT Editor. México. 665 p.
- Martín del Campo V. S., y Molina G. J. D. 1982. Aptitud combinatoria, heterosis y estabilidad en tres poblaciones de maíz en el Norte- Centro de México. Agrociencia 47: 103- 116.
- Martínez G. A 1983. Diseños y análisis de experimentos de cruzas dialelicas. Segunda edición. Colegio de posgraduados, Chapingo, México. P 252.
- Melchinger A. E. 1997. Genetic diversity and Heterosis. In: Book of abstracts The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. An International Symposium. México. p. 54.
- Melchinger A. E., and Gumber, R. K. 1998. Overview of heterosis and heterotic groups in agronomic crop. In: Lamkey, K.R., and J.E. Staub. (Eds.). Concepts and Breeding of heterosis in crop plants. 1988. Madison Wisconsin. Pp 29-44.

- Menz, R. M., Hallauer, A. R. and Russell, W. A. 1999. Comparative response of two reciprocal recurrent selection methods in BS21 and Bs22 maize populations. *Crop Sci.* 39: 89-97.
- Miranda F. J. B. 1997. Inbreeding and heterosis. In: Book of abstracts The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. An International Simposium. México.. p. 12
- Moll R. H., Lonquist, F. J. V. and Johnson E. C. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics.* 52: 19- 144.
- Mungoma C. and Pollak L. M.. Heterotic patterns among ten corn belt and exotic maize populations. *Crop sci.* 28: 500-504.
- NASS, 2006. National Agricultural Static Service. www.usda.nass.gov (21 de mayo del 2006).
- Navarro G. E. y Borrego E. F. 1993. Efectos genéticos y heterosis en poblaciones parentales y poblaciones derivadas de maíz (*Zea mays L.*). *Agronomía Mesoamericana* 4: 7-10.
- Ordáz A. 1991. Heterosis in crosses between American and Spanish populations of maize *Crop Sci.* 31: 931-935.
- Palacios V. O. and Ángeles A. H. H. 1990. Comparation de probadores para evaluar líneas S1 de maíz (*Zea mays L.*) *Agrociencia serie Fitotecnia* 1(1) 123-141.
- Poehlman J. M. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas. Primera edición. Editorial LIMUSA. México. P 453.

- ✓ Pollak L. M., Torres C. S. and Sotomayor R. A. 1991. Evaluation of heterotic patterns among Caribbean and tropical X temperate maize Populations. *Crop Sci.* 31: 1480-1483.
- Preciado, E., Terrón, A., Córdova, H., Mickeson H. y López. R. 1997. Respuestas correlacionadas para el rendimiento en la selección de híbridos de maíces precoces subtropicales. *Agronomía Mesoamericana.* 8(1): 35- 43.
- Ramírez D. J. L., Ron P. J., Sánchez J., García A. y J. Maya. 1998. Aptitud combinatoria general y correlaciones fenotípicas entre líneas y mestizos de maíz. *Agronomía Mesoamericana.* 9 (2):69-76.
- Reyes C, P. 1985. *Citogenética Básica y Aplicada.* AGT Editor S. A. México.
- Reyes C, P. *Bioestadística aplicada.* Ed. Trillas 1ª. Edición. 217p.
- Reyes C., P. 1990. *Diseño de experimentos aplicados Ad.* Trillas 3ª. Edición 348 p.
- Rivera F. C. H. 1977. Efecto de la divergencia genética en la heterosis de cruzas intervarietales de maíz. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
- Rowlings J. O. y Thompson D. I. 1962. Performance level as criterion for the choice of maize testers. *Crop Sci.* 2: 217-220.
- Russell, W. A. 1990. Genetic improvement of maize yield. In *Advances in Agronomy*, 46: 245-299.
- SAGAR 1998. Centro de estadística agropecuaria
- SAGARPA. 2006. (www.siap.gob.mx).
- Shagún, C. J. 1993. Funcionalidad de cuatro modelos para las evaluaciones genotípicas en series de experimentos. *Rev. Fitol. Mex.* 16(2):161-171.

- Sánchez M. R., Molina G. J. D. y Casas D. E. 1973. Efecto de dosis de germoplasma exótico y de citoplasma tropical sobre el rendimiento de cruzamientos Trópico X Mesa Central en maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia* 11:151-179.
- San Vicente, F., Bejarano A., Marín C. and Crossa, J. L. 1998. Analysis of diallel crosses among improved tropical White endosperm maize populations *Maydica* 43: 147-153.
- Sierra, M. M., Martínez, J. J. C., Alcázar A. J. J., Preciado, O. R. E, Rodríguez M. F.A. y Arroyo M. C. L. 1990. Comportamiento de híbridos experimentales de maíz en el trópico húmedo de México. En: Memoria de la XXXVI Reunión del PCCMCA 26 al 30 de marzo de 1990. El Salvador, San Salvador, C. A. p. 76-83.
- Sierra, M., Cano R. M., Palafox C. A. O., Caballero H. F., Rodríguez, M. F., Romero M. A., Barrón F. J., Sandoval, R. S., y López G., V. 2000. Adaptabilidad de Híbridos trilineales de maíz y sus progenitores para la región Tropical del Sureste de México. Artículo in extenso en: XIII Reunión Científica Tecnológica Veracruz 2000.
- Sriwatanapogse, S., Jinahyon, S., Vasal, S. K. 1993. Suwan-I: Maize from Thailand to the World, Mexico, D.F. CIMMYT.
- Terrón A., Preciado E., Córdova H., Mickelson H. y López. R. 1997. Determinación del patrón heterótico de 30 líneas derivadas de la población 43 SR del CIMMYT. *Agronomía Mesoamericana*. 8 (1):26-34
- Torres J. L., Srinivasan G., y Lothrop J. E. 1994. Mejoramiento para tolerancia a la endocria y utilización de la heterosis en maíz de Valles altos. En: Memoria del

110 Congreso Latinoamericano de Genética celebrado del 25 al 30 de Septiembre de 1994 en Monterrey, N. L. p. 355

Valdivia B. A., Vidal M. V. A. y Ron P. J. 1992. Evaluación de nuevos maíces híbridos en la región Centro Occidente en Nayarit. En: XIV Congreso Nacional de Fitogenética del 4 al 9 de Octubre de 1992 en Tuxtla Gutiérrez, Chis. P 249.

Vasal, S. K., Vergara, N., y Mc. Lean. S., 1994 a. Estrategias en el desarrollo de híbridos Tropicales de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. 5: 184-189.

Vasal, S. K., Vergara, N., y Mc Lean S. 1994 b. Comportamiento de híbridos de maíz intersintéticos generados de selección recíproca recurrente. *Agronomía Mesoamericana*. 5: 131-134.

Vasal, S. K., Srinivasan, G., Pandey, S., Córdoba, H. S., Han, G. C. and González, C. F. 1992. Heterotic patterns of ninety-two white tropical CIMMYT maize lines. *Maydica* 37: 259-270.

Vasal, S. K., H. Córdoba, O., Beck, D. L. and Edmeades, G.O. 1996. Choice among breeding procedures and strategies for developing stress tolerant maize germoplasm. In G.O Edmeades, M. Banziger, H. R. Mickelson and Peña-Valdivia (Eds.) *Developing drought and low N-tolerance maize.. Proceedings of a symposium, CIMMYT, El Batán, México.*

Vasal, S. K., San Vicente, F., Mc Lean. S., Ramanujan, K., Barandarian, M., Ramírez, A., y Ávila, G. 1997 a. Avances en el desarrollo de líneas como probadores en germoplasma tropical de maíz. En: *Síntesis de resultados experimentales 1993-1995 del Programa Regional de maíz para Centroamérica el Caribe (PRM)*. P 50-55.

- Vasal, S., K. y H. Córdova O. 1996. Heterosis en maíz: acelerando la tecnología de híbridos de dos progenitores para el mundo en desarrollo. En: Memorias del curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. Buenavista Saltillo, Coah. P 32-54.
- Vergara, N., Pandey, S., Vasal, S. K., MC Lean, S. y S. Rodríguez. 1998. Comportamiento de híbridos de maíz y aptitud combinatoria de líneas con caracteres contrastantes. *Agronomía Mesoamericana* 9(2):97-104.
- Wellhausen, E. J. 1966. Germoplasma exótico para el mejoramiento de maíz en los Estados Unidos. Folleto de Investigación No. 4 CIMMYT.
- Wellhausen E. J. 1978. Recent development in maize breeding in the tropics In: *Maize breeding and genetic* D. B. Walden. Ed. Wiley, N. Y. p. 59-84.

