

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**COMPORTAMIENTO DE LÍNEAS Y PROBADORES DE DIFERENTE FONDO
GENÉTICO, PARA IDENTIFICAR HÍBRIDOS TRIPLES DE MAÍZ
SOBRESALIENTES**

Por:

ARTURO MUSITO RAMIREZ

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo, 2007.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

TESIS

COMPORTAMIENTO DE LÍNEAS Y PROBADORES DE DIFERENTE FONDO

GENÉTICO, PARA IDENTIFICAR HÍBRIDOS TRIPLES DE MAÍZ

SOBRESALIENTES

Por:

ARTURO MUSITO RAMÍREZ

Que somete a la consideración de H. Jurado examinador como

requisito para obtener el título de

Ingeniero Agrónomo en Producción

Aprobada por:

Dr. Humberto de León Castillo
Asesor principal

Mc. Daniel Sámano Garduño
Sinodal

Dr. Alfredo de la Rosa Loera
Sinodal

Mc. Arnoldo Oyervides García
Coordinador de la división de agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo, 2007.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente, a **Dios** por haberme dado la vida, salud, cosuelo y seguridad , por derramar tus bendiciones, por que en medio de las adversidades he sentido tu presencia y das las fuerzas que me alientan hacer mejor cada día. Gracias por todo Padre vendito, por la divina luz de tu amor.

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** por haberme cobijado entre sus aulas, por ser mi segunda casa y forjarme profesionalmente.

Al **Dr. Humberto de León Castillo** por darme la oportunidad de trabajar en este programa de investigación, pero sobre todo, por brindarme su amistad, sus consejos y atenciones hacia mi.

Al **Dr. Alfredo de la Rosa Loera** por su invaluable amistad, por toda la ayuda que me brindo no solamente en este trabajo sino, durante toda mi estancia en la universidad, por pasar momentos en convivencia, por sus nobles consejos y principalmente aprender de su bondad y sencillez.

Al **Mc. Daniel Samano Garduño** por su ingenuidad y amistad brindada, por darme su confianza , que aun estando ocupado, me proporcionaba de su tiempo para atender mis asistencias.

DEDICATORIA

En memoria del **Dr. Gaspar Martínez Zambrano(†)**, por ser un verdadero amigo que me tendió la mano sin importar mi procedencia, pero sobre todo, por que aprendí de el que un verdadero líder es aquel que se siente subyugado, pues un líder que se hace distinguir y admirar, no es un líder, es un necio que se quiere hacer notar.

A Alfredo de la Rosa Loera, por tu esplendidez y bondad que encontré en ese carácter duro, pero que el saberlo tratar sabe ser un amigo, pero principalmente por que me enseñó que un hombre inteligente es aquel que se rige una fortaleza con las piedras que le lanzan sus enemigos.

A Noe Musito Ramírez, por tus consejos y compañía en momentos de dicha, que aun en tu ausencia vislumbro tu presencia, pero sobre todo, por me enseñarme que el pensamiento es la reflexión de la luz en un punto en concreto de nuestras neuronas por que pensar es contemplar de manera interna el reflejo de la realidad.

A Jesús Rodríguez de la Paz, por que me contagio con esa inmensa alegría loca que lo caracteriza, por que me enseñó que la verdadera locura quizá no sea otra cosa que la sabiduría misma, que cansada de descubrir las vergüenzas del mundo, ha tomado la inteligente resolución de volverse loca.

A mis buenos amigos de siempre **Mayolo, Pedro (tin tan), Juan R. (topo), Ramón, Roberto, Jesús S, (524), Cesar (choco), Fernando J. (ranita) Sr. Julio, Lupita, Felipe, Ezequiel (Cheque), Alejandro (chuma) Francisco, Parga, Pantoja, Ever y a mi buen amigo de la infancia Castor Cadenas Mendoza**. Por que siempre han convidado conmigo, por que hemos compartido alegrías y tristezas, pero sobre todo risas y complicidades.

DEDICATORIA ESPECIAL

A MI MAMÁ HERIBERTA RAMÍREZ URZUA

Por que me comenzaste amar sin antes conocerme, por que cuando el milagro de la naturaleza se hizo presente en mi me tomaste amorosamente entre tus manos, por eso madrecita buena y abnegada, benditos sean esos dolores que cualquier bíblica sentencia por mi tuviste que padecer, bendito reboso donde amorosa me arrullaste, benditas lagrimas que por tus mejillas corrieron cuando entre alegrías y tristezas al hijo de tus entrañas viste crecer, benditas manos que varias veces se entrelazaron para musitar una oración. Gracias mama por esos besos que con ternura depositaste en mi, a pesar de que el trabajo diario te dejaba adolorida. Que palabras brotaron de mi corazón, en el ofrecimiento por haberme dado la vida, no existe en el mundo el valioso tesoro que pueda corresponder a tu cariño y ternura, solo el creador puede hacerlo.

GRACIAS DIOS POR HABERME ENVIADO ESE ÁNGEL QUE ES MI MAMA.

A MI PAPÁ VIDAL MUSITO TORIZ

Mi viejo que me tendió su mano, que de él aprendí a cultivar la tierra, que continúa por el ancho camino de la vida sin detenerse, a pesar de que su trabajo es duro. Gracias Dios por permitir estar con mi viejo.

A MIS HERMANOS

Marielena, Reina, Benigno, Eulalio, Guadalupe, Alejandra, José, Eduardo, Noe, Laura, Gregorio, Ethel.

A MIS SOBRINOS

Gaby, Karla, Ana, Abraham, Chucho, Israel, Maykelin, Iridiana.

A todos ustedes que aun no estando conmigo, siento su sutil presencia, por que con risas, juegos y consejos alimentan mi espíritu. Gracias Dios por darme esta familia maravillosa.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
DEDICATORIA ESPECIAL	V
INDICE DE CONTENIDO	VI
INDICE DE CUADROS	VII
I. INTRODUCCION	1
Objetivos	2
Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Patrones heteróticos	4
Heterosis	5
Línea por probador	6
Aptitud combinatoria	7
Probadores	8
III. MATERIALES Y METODOS	10
Material genético	10

Descripción de ambientes	13
Descripción de parcela experimental	13
Labores culturales	13
Datos agronómicos registrados	14
Análisis de datos	17
Criterios de selección	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
V. CONCLUSIONES	53
VI. RESUMEN	54
VII. LITERATURA CIRTADA	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pagina
3.1 Genealogía de líneas de los tres grupos germoplásmicos	12
3.2 Genealogía de probadores (cruza simple) de diferentes grupos germoplásmicos	12
3.3 Características geográficas y ambientales de las localidades Juventino Rosas, Gto. y El Prado, Galeana, N.L.	13
4.1 Cuadros medios del análisis de varianza combinado para las cruzas de prueba en la cual se involucran los grupos Elite x Ideotipo (ExI) e Ideotipo x tropical (IxT) con sus cruzas directas y reciprocas.	26
4.2 Híbridos selectos por sus efectos favorables en rendimiento y otras características de interés agronómico.	29
4.3 Cuadros medios de un análisis de varianza combinado del grupo Ideotipo x Tropical para seis características agronómicas evaluadas en dos localidades.	30
4.4 Cuadros medios de un análisis de varianza combinado del grupo Ideotipo x Elite para seis características agronómicas evaluadas en dos localidades.	31

4.5	Efecto de Aptitud Combinatoria General para veinte líneas de dos grupos denominados Ideotipo y Tropical, para seis características agronómicas.	36
4.6	Efecto promedio de Aptitud Combinatoria General por probadores del grupo Ideotipo y Tropical para seis características agronómicas	40
4.7	Efectos de Aptitud Combinatoria General por líneas de los grupos Ideotipo y Elite	42
4.8	Efectos de Aptitud Combinatoria General por probadores de los grupos Ideotipo y Elite	44
4.9	Efectos de ACE para las cruzas directas del grupo Ideotipo (probadores) x Tropical (líneas) para la variable rendimiento.	45
4.10	Efectos de ACE para las cruzas recíprocas del grupo Ideotipo (líneas) x Tropical (probadores) para la variable rendimiento.	46
4.11	Efectos de ACE para las cruzas directas del grupo Ideotipo (líneas) x Elite (probadores) para la variable rendimiento.	47
4.12	Efectos de ACE para las cruzas recíprocas del grupo Ideotipo (probadores) x Elite (líneas) para la variable rendimiento.	48
4.13	Valores de F tabulada por probador de los grupos Ideotipo y Tropical de híbridos para seis características agronómicas.	49
4.14	Valores de F tabulada de probadores de los grupos Ideotipo Y Elite de híbridos para seis características agronómicas.	51
4.15	Descomposición genética del rendimiento en ACG de los progenitores y ACE de los híbridos destacados como superiores.	52

I. INTRODUCCION

Los híbridos triples de maíz (*Zea mays* L.) son los más utilizados comercialmente en México, se caracterizan por su alto potencial de rendimiento y facilidad de producir, ya que se forman a partir de cruzamientos entre una cruce simple como hembra y una línea como polinizador.

Para aumentar la posibilidad de generar híbridos triples superiores que puedan ser competitivos en el mercado nacional, se debe de partir de un patrón heterótico, involucrando grupos germoplásmicos que exhiban una consistente respuesta heterótica, buen comportamiento agronómico, amplia diversidad genética y ser fuente derivadora de líneas con tolerancia a la endogamia.

Además, otro reto que se presenta en la identificación de híbridos triples sobresalientes es la elección de líneas y probadores superiores, así como la elección de las mejores combinaciones híbridas. Sin embargo, la aptitud combinatoria (AC) puede ser la solución a dicha problemática. Por lo tanto su estimación debe realizarse cuidadosamente eligiendo un diseño genético que sea simple y que muestree un gran numero de progenitores; una estrategia que reúne estos atributos es el diseño línea por probador descrito por Singh y Chaudary (1985).

Con la metodología anterior, también se pueden identificar probadores que pueden ser utilizados para varios propósitos, dependiendo de los objetivos que desea alcanzar el programa de mejoramiento. Ya que los probadores pueden ser utilizados para establecer modelos heteróticos, mejoramiento entre poblaciones, formación y caracterización de nuevos grupos heteróticos, evaluación de la habilidad combinatoria de líneas y para la identificación de combinaciones específicas de híbridos (Paliwal (2001).

Con base en lo anterior, el presente trabajo tiene como finalidad evaluar el comportamiento agronómico de una serie de híbridos triples, formados entre el cruzamiento de líneas y cruza simple derivadas de una población denominada Ideotipo contra líneas y cruza simple obtenidas de las poblaciones Tropical y Elite, pertenecientes al Instituto Mexicano del Maíz (IMM) “Dr. Mario Castro Gil” de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN). Teniendo los siguientes:

OBJETIVOS

- Determinar el grado de diferenciación genética existente entre los híbridos triples evaluados e identificar la mejor combinación germoplásmica para la formación de híbridos.

- En base a la aptitud combinatoria general, identificar líneas y probadores con el mejor comportamiento genético, así como también a las cruza simple en base a la aptitud combinatoria específica.

- Valorar el comportamiento de las cruzas simples, utilizadas como probadores, en cada uno de los grupos germoplásmicos involucrados, por su potencial para discriminar líneas.

Hipótesis

- Los híbridos triples evaluados presentaran una amplia variabilidad genética, debido a las diferencias presentes en los individuos dentro y entre cada población en estudio. Ocasionando que los progenitores sean clasificados en base a su valor genético

➤ II. REVISIÓN DE LITERATURA

Patrones Heteróticos

En cualquier programa de mejoramiento, la utilización de patrones heteróticos son de gran importancia ya que permiten explotar y capitalizar la heterosis mediante los cruzamientos de diferentes grupos germoplásmicos para la formación de híbridos altamente potenciales (De león *et al.*, 1999; Gervers, 1997; Díaz *et al.*, 1998)

Melchinger y Gumber (1998) definen el termino patrón heterótico como un par de grupos heteróticos complementarios que el ser cruzados muestren una alta heterosis facilitando el desarrollo de híbridos potenciales.

Terrón *et al.* (1997) mencionan que en los programas de mejoramiento genético, la utilización de patrones heteróticos son sumamente importantes en la formación de nuevos híbridos, ya que interrelacionan una estrategia que permite explotar y capitalizar la heterosis; de igual manera, genera la oportunidad de utilizar en forma eficiente el germoplasma disponible para la generación de combinaciones híbridas.

Gómez *et al.* (1992) expresan que un programa de selección recíproca recurrente (SRR) es fundamental para la elección de progenitores, los cuales al evolucionar en el proceso de selección definen a un patrón heterótico, por tal razón, varios programas genéticos de maíz en el mundo, inician con la selección recurrente bajo un patrón heterótico definido. Con este método (SRR), los progenitores explotan una manera más adecuada los efectos genéticos ACG y ACE.

Pérez *et al.* (1991) expresan que la identificación de un patrón heterótico se debe realizar mediante un dialélico, estimando la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) y que las cruces muestren alta respuesta heterótica.

Heterosis

Cubero (1999) menciona que al producirse mediante polinización cruzada, las plantas alogamas son altamente heterocigotas; sin embargo, si se autofecundan artificialmente para obtener líneas puras, se observa una pérdida de vigor en relación con las plantas de partida, pero a pesar de su apariencia en general enfermiza y escuálida, son útiles en otras circunstancias. Si estas líneas se cruzan entre sí, el híbrido que se produce es de aspecto totalmente vigoroso en tamaño, fructificación, velocidad de desarrollo, resistente a plagas y enfermedades o a condiciones climáticas adversas, es a lo que se llama vigor híbrido o heterosis.

Falconer (1981) cita que los requisitos necesarios para que el fenómeno de heterosis se pueda presentar, son de cierto grado de dominancia y la diferencia de frecuencias génicas de los progenitores que se cruzan.

Jugenheimer (1990) considera que la heterosis se manifiesta principalmente en las plantas de la generación F_1 provenientes de semillas de la reproducción sexual; agrega que el vigor, el rendimiento y la mayoría de los caracteres de importancia económica del maíz son de naturaleza cuantitativa y están controlados por un gran número de genes, cuyos efectos pueden diferir ampliamente, dependiendo del tipo de acción génica manifestada.

Vasal y Cordova (1996) expresan que la epistasis y las interacciones genético-ambientales se suman a la complejidad del fenómeno de la heterosis.

Línea por Probador

Singh y Chaudhary (1985) describen el diseño de apareamiento línea por probador y mencionan que el diseño permite plantear las estrategias de selección y que maximicen el avance genético para la producción de caracteres deseables en base a su aptitud combinatoria y heterosis de la población.

Vergara *et al.* (2005) estimaron la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) de 20 líneas, cruzadas con 6 líneas como probadores mediante la

utilización del análisis línea x probador. Donde las líneas CML 264 (1.586) y CML319 (1.285 Kg ha⁻¹) tuvieron al mayor efecto de ACG en el grupo de líneas tropical y subtropical, respectivamente. El mayor efecto de ACE fueron para las cruzas CML322 x M.L.S4 – 1 (1.651 Kg ha⁻¹) y CML258 x SSE255 – 18 (1.512 Kg ha⁻¹).

Nestares *et al.* (1999) evaluaron 48 líneas de maíz flint colorado en base a su comportamiento en cruzamientos de prueba con los probadores dentados sB73 y sMo17 del patrón heterotico Reid x Lancaster y con los probadores flint HP3 y P5 L2 del patrón heterotico local HP3 x P5 L2. Estimaron que las interacciones línea por probador fueron altamente significativas para las variables de rendimiento en grano, días a floración masculina, números de hileras de grano, largo y diámetro de la espiga, peso de 300 gramos. Además mencionan que no existió correlación entre el ordenamiento de mérito de las líneas basado en su comportamiento en cruzas de prueba.

Aptitud Combinatoria

Sprague y Tatum (1942) originaron los conceptos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE). La ACG la emplearon para designar al comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas, a través de sus cruzamientos con un conjunto de líneas diferentes, y el de ACE lo emplearon para designar a la desviación que presenta la progenie de una crusa específica con respecto al promedio de sus progenitores.

Molina y García (1996) expresan que una línea de alta ACG, es aquella que en su genotipo contiene una dotación de genes dominantes favorables al carácter de interés, y lo contrario, una línea con alta cantidad de genes recesivos es una línea de baja ACG.

Elizondo (2000) y Gutiérrez *et al.* (2004) concuerdan que al determinar los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) y específica (ACE) permite identificar los tipos de acción génica que controlan los diferentes caracteres.

Probadores

Matzinger (1953) define como probador ideal a aquel material que combina la mayor simplicidad de uso con la máxima información sobre el desarrollo esperado de las líneas bajo prueba cuando se utilice en otras combinaciones o cuando se desarrollen en otros ambientes. La selección de un probador se determina considerando el uso final que tendrá un grupo particular de líneas.

Siguiendo la idea anterior Menz *et al.* (1999) determinaron que utilizando como probador a un material endogámico se originaba una ganancia genética igual a la obtenida al utilizar como probador a una población de amplia base genética en un programa de selección recíproca recurrente.

Narro *et al.* (2003) expresan que para seleccionar probadores e identificar las líneas para la formación de sintéticos se necesitan métodos más fáciles de estudiar la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) de genotipos. Las dificultades

de elección de un probador para identificar líneas superiores es el enmascaramiento de los efectos de la interacción de probadores y las líneas e interacciones genotipo ambiente en el comportamiento de las cruzas de prueba. Para una elección mas fácil de los probadores se toma en cuenta la intensidad de los valores de F calculada (Leyva, 2007).

Paliwal (2001) menciona que en un programa de obtención de híbridos, los probadores pueden ser utilizados para varios propósitos dependiendo de los objetivos que se pretenden alcanzar. Los probadores son utilizados para establecer grupos heteróticos, mejoramiento entre poblaciones, formación y mejoramiento de nuevos grupos heteróticos, evaluación de los efectos de aptitud combinatoria de las líneas e identificación de las combinaciones específicas de híbridos. Una línea endocriada probadora será útil para evaluar la aptitud combinatoria y para la determinación de combinaciones de cruzas simples específicas, mientras que un híbrido de cruza simple como probador podría ser utilizado para la formación de cruzas triples.

Vasal *et al.* (1995) mencionan que existen diversas opiniones sobre el tipo de probador ideal a utilizar en una prueba de progenies, pero los autores sugieren que el mejor probador será aquel que tenga baja frecuencia de alelos favorables, facilite la discriminación entre progenies, reduzca las fases de evaluación y que tenga la capacidad de identificar la formación de nuevos híbridos sobresalientes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL GENÉTICO

El material genético utilizado en esta investigación lo constituyeron 245 híbridos triples formados por el cruzamiento entre grupo Ideotipo con los grupos Elite y Tropical. Desarrollados dentro de el programa de mejoramiento genético del Instituto Mexicano del Maíz (IMM) de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN) de la región del Bajío; cuya descripción la presento De León (2005) y es la siguiente:

Grupo Ideotipo. constituido por plantas con excelentes atributos agronómicos, que se originó de la transformación de plantas enanas a plantas normales por medio de un programa continuo de retrocruzas, donde el donador fue una población de amplia y selecta base genética con adaptación al área de El Bajío. Presenta individuos de altura intermedia, hojas cortas y erectas, espiga compacta, madurez intermedia, alto índice de cosecha y perfecta adaptación a regiones con altitudes de 1000 a 2000 msnm. Esta población ha sido sometida a mejoramiento genético continuamente.

Grupo Tropical. se encuentra conformado por líneas que se han derivado de poblaciones con un origen 100% tropical, de ciclo biológico variado, altamente

seleccionadas y que no fueron derivadas de una población común. Por ser un grupo de diferente origen geográfico a la región de El Bajío, no ha sido mejorado en el área.

Grupo Elite. Población constituida mediante la recombinación de híbridos comerciales de reciente liberación para el área de El Bajío, de diferentes empresas semilleras nacionales y transnacionales. Los híbridos que se utilizaron como progenitores presentan excelentes atributos agronómicos y altos efectos genéticos. Este grupo es el de más reciente formación al que continuamente se le está inyectando nuevo germoplasma Elite, manteniendo altas expectativas de éxito.

Cada grupo germoplasmico estuvo representado por una serie de líneas y cruzas simples cuya descripción se concentro en los Cuadros 3.1 y 3.2. La formación de los cruzamientos entre líneas y probadores se realizó en el campo experimental “Dr. Mario E. Castro Gil” de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” ubicado en Tepalcingo, Morelos durante el ciclo Otoño-Invierno de 2002-2003.

Se realizaron cruzamientos directos y recíprocos entre el grupo Ideotipo x Elite e Ideotipo x Tropical. Considerando en todos los casos a las cruzas simples como hembras y a las líneas como machos.

Cuadro 3.1 Genealogía de líneas de los tres grupos germoplásmicos

CIL	Genealogía	CIL	Genealogía	CIL	Genealogía
Tropical		Ideotipo		Elite	
1	TRO-11	21	MLN-1	31	E-75
2	POB22-S6	22	232MN-19	32	E-90
3	POB24-37	23	255MN11	33	E-196
4	TRO-M318	24	MLN	34	E-174
5	AN-24	25	255MN-14	35	E-195
6	TRO-M8	26	232MN-13	36	E-94
7	TRO-M44	27	MLN-7	37	E-103
8	TRO-M73	28	232MN-13A	38	E-197
9	AN-7R25	29	53MN-10	39	E-18
10	AN-60	30	255MN-14A	40	E-82

CIL = clave de identificación de líneas

Cuadro 3.2 Genealogía de probadores (cruza simple) de diferentes grupos germoplásmicos

CIP	Genealogía de probadores
Ideotipo	
118	(255-1-1-N-11-A-2-4-A x 232-10-11-1-Rec N-19-4-2)
119	(255-1-1-N-11-A-2-4-A x 232-10-11-1-RC4N-13-1-2)
120	(255-18-19N-14-1-A-4-2-A x 255-1-1-N-11-1-A-2-4-A)
121	(232-10-11-1 RC4N13-1-2 x MLS4-1RC4N7-1-1)
122	(232-10-11--1N-13-1-A-1-2-A x 232-10-11-1REC N-19-4-2)
123	(232-10-11--1N-13-1-A-1-2-A x MLS4-1RC4N7-1-1)
124	(53-36-37-N-10-2-A-1-1-A x 255-1-1-N-11-1-A-2-4-A)
Tropical	
132	(AN7 R25-3-1-2-A x CML-318)
133	(CML-318 x CML-8)
134	(AN24-A-A-A x CML-318)
135	(P2437-1-2-2 x 43-46)
136	(43-46 x 232-10-11)
Elite	
111	(E-195 x E-82)
112	(E-94 x E-195)
113	(E-94 x E-103)
114	(E-94 x E-82)
115	(E-103 x E-195)
116	(E-103 x E-197)
117	(E-118 x E-82)

Los híbridos experimentales fueron evaluados en el ciclo Primavera-Verano de 2003 en las localidades de Juventino Rosas, Gto. y El Prado, Galeana, N.L.; cuyas características se presentan en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3 Características geográficas y ambientales de las localidades Juventino Rosas, Gto. y El Prado, Galeana, N.L.

Localidad	Clima	Altitud (msnm)	Latitud Norte	Longitud Oeste	Precipitación (mm)	Temperatura media °C
Juventino Rosas, Gto.	templado	1754	20° 38'	101° 38'	597.3	20.6
El Prado, Galeana, N.L.	templado	1890	24° 12'	100° 05'	300	18

DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

La parcela experimental consistió en un surco con 21 plantas separadas a 0.19 m, con una distancia entre surcos de 0.75 m depositando dos semillas por golpe para después dejar solamente una sola planta. La siembra para la localidad de Juventino Rosas, Gto. se realizó el 17 de Abril del 2003 y para la localidad de El Prado, Galeana, N.L. el 21 de Abril del 2003.

El diseño de siembra en cada experimento fue en bloques incompletos con un arreglo alfa-látice con dos repeticiones por localidad.

LABORES CULTURALES

Fertilización. La dosis de fertilización que se aplicó durante el ciclo vegetativo fue 180- 90 -00 kg h⁻¹ de nitrógeno y fósforo respectivamente, todo el fósforo y el 50%

de nitrógeno se aplicaron al momento de la siembra, el resto del nitrógeno se aplicó al primer cultivo.

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

Control de malezas. En todos los ambientes de evaluación se controló la maleza con un herbicida preemergente antes de la emergencia de esta y durante el desarrollo fenológico del cultivo, cuando fue necesario se aplicó un herbicida postemergente.

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

VARIABLES AGRONÓMICAS EVALUADAS

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

Altura de planta (AP). Es la distancia en centímetros comprendida desde la base de la planta hasta la inserción de la hoja bandera. Se midió una planta representativa por parcela.

Altura de mazorca (AM). Es la distancia en centímetros desde el nivel del surco hasta el nudo donde se inserta la mazorca principal. Se midió una planta representativa por parcela experimental.

Plantas por parcela (PP). Numero de plantas por parcela, tomadas en etapa de cosecha.

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

Mazorcas cosechadas (MC). Es el número total de mazorcas cosechadas por parcela, contadas al momento de la cosecha.

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

Prolificidad (PROL). Es la cantidad de mazorcas que proporcionan 100 plantas, en base a las plantas y mazorcas cosechadas dentro de cada parcela. Se estima mediante la siguiente formula:

$$\text{Mazorcas por 100 plantas} = (\# \text{ de mazorcas} / \# \text{ de plantas}) 100$$

Peso de campo (PC). Es el peso expresado en kg del total de las mazorcas cosechadas por parcela útil.

Por ciento de humedad (%H). Para obtener este dato, se tomó al menos cuatro mazorcas a las cuales se les desgranó de 3 a 5 hileras para obtener cerca de 100 gramos; esta muestra se somete a medida en un aparato *Dickie Jhon*, que determina la humedad del grano. Esta medición se hace al momento de la cosecha.

Relación altura de mazorca - planta (AMAPA). Es la altura de la mazorca en relación a la altura de la planta.

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

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

Donde:

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

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

Donde:

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

ANÁLISIS DE DATOS

Como toda investigación tiene que tener fundamentos científicos, en el presente apartado se muestra la forma en que fueron analizados los datos, para identificar las diferencias entre combinaciones híbridas a través de ambientes de evaluación, para cada una de las variables agronómicas evaluadas.

Análisis general combinado

Para estimar el grado de diferenciación entre todos los híbridos triples, se realizó un análisis de varianza general combinado a través de localidades, bajo el diseño de bloques completamente al azar. Utilizando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + B_{j(i)} + H_k + HL_{ik} + \xi_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = variable de respuesta; μ = efecto de la media general; L_i = efecto i-ésima localidad; $B_{j(i)}$ = efecto del j-ésimo bloque dentro de la i-ésima localidad; H_k = efecto del k-ésimo híbrido; HL_{ik} = efecto del k-ésimo híbrido en la i-ésima localidad; ξ_{ijk} = efecto del error.

Al detectarse diferencias estadísticas en los híbridos, su efecto fue descompuesto en cada una de las combinaciones híbridas formadas y comparadas a través de contrastes ortogonales.

COEFICIENTE DE VARIACIÓN

Se calculó el coeficiente de variación (CV), mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

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

Donde:

CV = coeficiente de variación (%); CMEE = cuadrado medio del error experimental; \bar{X} = media general

ANÁLISIS LÍNEA POR PROBADOR

Al detectarse diferencias estadísticas en cada una de las combinaciones en que fueron particionados la fuente de variación tratamientos, las cruza directas y recíprocas,

fueron agrupadas solamente en dos combinaciones, correspondientes al cruzamiento entre los grupos base, sin tomar en consideración los efectos recíprocos.

Cada una de las dos combinaciones formadas, fueron analizadas bajo un diseño de bloques completamente al azar a través de ambientes, siguiendo la estrategia de línea por probador descrita por Singh y Chaudhary (1985), donde fue posible particionar los tratamientos en línea, probador y línea por probador. Los datos se analizaron bajo la rutina de SAS con la finalidad de estimar la aptitud combinatoria de las líneas, de los probadores y la cruza entre ellos, bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_{j(i)} + L_k + P_l + LP_{kl} + \alpha L_{ik} + \alpha P_{il} + \alpha LP_{ikl} + \xi_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl} = variable de respuesta; μ = efecto de la media general; α_i = efecto de la i-ésima localidad; $\beta_{j(i)}$ = efecto de j-ésimo bloque dentro de la i-ésima localidad; L_k = efecto de la k-ésima línea; P_l = efecto del l-ésimo probador; LP_{kl} = efecto de la k-ésima línea por el l-ésimo probador; αL_{ik} = efecto de la k-ésima línea por la i-ésima localidad; αP_{il} = efecto del l-ésimo probador por la i-ésima localidad; αLP_{ikl} = efecto de la k-ésima línea por el l-ésimo probador por la i-ésima localidad; ξ_{ijkl} = efecto del error.

Estimación de efectos de ACG para líneas y probadores

$$g^i = \frac{Xi...}{Pr L} - \frac{X....}{l Pr L}$$

$$g_j = \frac{X_{.j..}}{lrL} - \frac{X_{....}}{lPrL}$$

Estimación de efectos de ACE de los híbridos

$$s_{ij} = \frac{X_{ij..}}{rL} - \frac{X_{i..}}{PrL} - \frac{X_{.j..}}{lrL} - \frac{X_{....}}{lPrL}$$

Donde:

g_i = Aptitud combinatoria general de líneas; g_j = Aptitud combinatoria general de probadores; s_{ij} = aptitud combinatoria específica de los híbridos; l = # de líneas; P = # de probadores; L = # de localidades; r = # repeticiones.

ANÁLISIS POR PROBADOR

Con la finalidad de estimar la variación genética de los híbridos formados dentro de cada probador, se realizó un análisis de varianza de los híbridos dentro de cada probador, utilizando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + R_{(j)i} + H_k + HL_{ik} + \xi_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = variable de respuesta; μ = efecto de la media general ; L_i = efecto i-ésima localidad; $R_{(j)i}$ = efecto de la j-ésima repetición dentro de la i-ésima localidad; H_k =

efecto del k-ésimo híbrido; HL_{ik} = efecto del k-ésimo híbrido en la i-ésima localidad;
 ξ_{ijk} =efecto del error experimental.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Para los híbridos

Con el objetivo de identificar a los híbridos con mejor desempeño agronómico, se realizó una prueba de T para cada una de las variables evaluadas, a través de la siguiente fórmula:

$$t = \frac{X - \bar{X}}{\sqrt{CMEE / rl}}$$

Donde:

X = valor fenotipo a ser evaluado; \bar{X} = media general; CMEE = cuadrado medio del error experimental; r = # de repeticiones; l = # de localidades.

Seleccionando a aquellos híbridos que presenten diferencias estadísticas en comparación con la media, se realizó para todas las variables.

Para líneas

La selección de las líneas, se realizó a través del valor de las estimaciones de aptitud combinatoria general, tomando en consideración los efectos positivos para rendimiento y prolificidad, mientras que para el resto de las variables se tomaron los valores negativos y buscando que sus efectos sean estadísticamente diferentes de cero. Atendiendo la superioridad de las líneas, preferentemente en rendimiento, precocidad y altura de planta y mazorca

Para probadores

La elección de los probadores se realizó tomando en consideración dos aspectos: a) aquellos que muestren una mayor capacidad de combinación, medido en base a su ACG, que puedan ser utilizados para la formación de híbridos triples y dobles; y b) por el grado de poder discriminatorio de líneas, tomando en cuenta la variación que presentan las híbridos dentro de ellos y dicha variación es atribuida a las líneas. Un estimador de esta variación sería el cuadrado medio de tratamientos. Sin embargo, en esta investigación los probadores fueron cruzados con diferente número de líneas; por tal razón se utilizó el valor de F calculada para estimar la variabilidad de los probadores ya que ésta se ajusta con el error experimental (EE) y su valor es más preciso cuando el número de líneas por probador es diferente.

Por último, los híbridos experimentales que mostraron excelente desempeño agronómico, fueron particionados en sus efectos genéticos (ACG y ACE) para conocer las causas de su comportamiento. Esta descomposición solamente se realizó para la variable rendimiento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de cumplir con los objetivos planteados en esta investigación y aceptar o rechazar la hipótesis planteada en este apartado se presentan los resultados de los análisis de varianza así como su discusión.

Primeramente se abordara el análisis de varianza general de los híbridos a través de ambientes, cuyos resultados fueron concentrados en el Cuadro 4.1. En dicho cuadro se observo que para la fuente de variación localidades, todas las variables presentaron diferencias estadísticas al $P \leq 0.01$ estas diferencias son atribuidas a que las localidades de evaluación no presentaron las mismas condiciones climáticas, edáficas, de ubicación geográfica y de manejo.

En la fuente de variación bloques dentro de localidades, solo las variables DFM y DFF presentaron diferencias estadísticas al $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$ respectivamente, por tal razón, solamente para estas variables, se considera que el diseño estadístico fue eficiente al lograr minimizar la varianza del error.

Para la fuente de variación híbridos todas las variables mostraron diferencias estadísticas al $P \leq 0.01$, esto es debido a que los híbridos tienen diferente fondo genético; es decir, su estructura genética proviene de diferentes grupos gemoplásmicos lo cual

ermitirá seleccionar híbridos prometedores que compitan con los ya existentes en el mercado.

Como estos híbridos se formaron entre las cruzas del grupo Ideotipo con Elite y Tropical, tanto en forma directa como recíproca, fue posible analizar cada una de las combinaciones y compararlas a través de un contraste.

Todas las combinaciones presentaron híbridos estadísticamente diferentes para todas las variables agronómicas, a excepción de la C2 que no las tuvo en las variables PROL y REND. Esto es debido a que las líneas y probadores pertenecen a grupos que se diferencian por su fondo genético.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para las cruzas de prueba en la cual se involucran los grupos Elite x Ideotipo (ExI) e Ideotipo x tropical (IxT) con sus cruzas directas y reciprocas.

FV	GL	DFM	DFE	AP	AM	PROL	REND
localidades	1	119460.016 **	104582.212 **	99078.851 **	7259.187 **	34922.635 **	2803.251 **
rep (loc)	2	29.819 *	35.836 **	119.037	119.663	1200.695	0.826
híbridos	244	26.819 **	29.606 **	956.383 **	644.899 **	901.791 **	27.528 **
C1	69	14.782 *	15.987 **	838.350 **	609.010 **	823.621 **	20.194 **
C2	66	11.969 **	13.445 **	498.872 **	387.876 *	597.516	17.176
C3	63	56.799 *	61.444 **	671.316 **	520.926 **	1009.236 **	38.620 **
C4	43	24.713 **	30.198 **	838.005 **	650.843 **	643.476 **	33.990 **
(C1) vs (C2)	1	28.123	2.451	56441.876 **	18046.785 **	4031.707 **	182.125 **
(C3) vs (C4)	1	24.334	52.994 *	4142.414 **	519.700	21985.259 **	54.631
((C1),(C2) vs (C3),(C4))	1	26.646	0.313	2126.233 *	10474.622 **	3541.071 **	38.438
hib x loc	244	10.317 **	11.738 **	393.873	417.940	447.573	14.818
C1 x loc	69	7.398	7.340	411.072	400.138	310.072	8.710
C2 x loc	66	8.669 *	9.280 *	334.280	329.788	430.869	17.686 *
C3 x loc	63	9.496	10.877 *	311.708 *	289.712	669.206	16.284
C4 x loc	43	9.955	12.990 *	363.575	373.297	369.099	11.213
error		7.0441	7.3984	329.4258	318.2483	534.3973	12.77845
CV		2.960	2.969	7.774	13.802	19.437	24.292
media general		90	92	233.4	129.3	118.93	14.715
media C1		89	92	245.0	137.8	113.96	15.488
media C2		90	92	224.7	126.3	119.40	14.332
media C3		90	92	228.7	126.5	127.81	14.145
media C4		90	91	235.0	124.2	113.29	14.869

*, ** nivel de significancia $P \leq 0.05$ y 0.01 respectivamente; rep(loc) = repeticiones dentro de localidades; C1 = combinación 1 (ExI); C2 = combinación 2 (IxE); C3 = combinación 3 (IxT); C4 = combinación 4 (TxI); trat x loc = tratamientos por localidad GL = grados de libertad; DFM = días a floración masculina; DFE = días a floración femenina; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; PROL = prolificidad; REND = rendimiento.

Al comparar las cruzas directas y reciprocas de los grupos Ideotipo x Elite (IxE) a través del contraste C1(IxE) vs C2(ExI) se encontró que estas no tuvieron el mismo comportamiento para las variables AP, AM, PROL y REND atribuido a efectos recíprocos, es decir, no es lo mismo utilizar un grupo como hembra o como macho. la C2 dio mejores efectos para estas características, mientras que la C1 tiene la característica principal de dar híbridos mas rendidores que la C2

Para la combinación Ideotipo x Tropical (IXT), las cruza directas y reciprocas fueron diferentes para DFM, AP, y PROL. Por lo tanto, para el resto de las variables no influyen los efectos recíprocos, pudiendo utilizar a los grupos como hembra o macho. Ahora para las variables AP y PROL la C3 reduce la altura y aumente la prolificidad, mientras que la C4 reduce los DFF.

Para definir cual grupo combina mejor con el Ideotipo, el contraste (C1 y C2) vs (C3 y C4) hace una comparación general de los híbridos. Los dos grupos (E y T) combinan de igual manera con el Ideotipo, generando híbridos con igual comportamiento para las variables DFM, DFF y REND, no sucediendo lo mismo para las variables AP, AM y PROL, en donde la población Tropical presento mejor combinación con el grupo Ideotipo.

Para la fuente de variación tratamiento x localidad se encontraron diferencias estadísticas solo para las variables DFM y DFF, estas diferencias indican que el ordenamiento relativo de los híbridos evaluados no fue el mismo para cada localidad de estudio.

Para DFM la interacción fue significativa debido a que C2 también presento interacción con el ambiente, mientras que para DFF fue causado por C2, C3 y C4. cabe mencionar que aunque hib x loc no fue significativo para las variables AP y REND, algunos de sus factores de descomposición si lo fueron (C3 y C2, respectivamente)

Ya que los híbridos presentaron diferencias estadísticas, en el cuadro 4.2 se muestran aquellos superiores en base al análisis de varianza de los datos tomados en campo de los grupos Ideotipo x Tropical e Ideotipo x Elite con sus respectivas cruzas directas y recíprocas para ambos grupos. Para seleccionar los híbridos se tomaron en cuenta aquellos efectos positivos que prevalecen en sus seis características agronómicas.

El híbrido 10 integrado por la línea (TRO-11) del grupo tropical y el probador (232-10-11-1N-13-1-A-1-2-A x MLS4-1RC4N7-1-1) del grupo Ideotipo obtuvo un rendimiento en promedio de 19.536 t ha^{-1} , presentando efectos favorables y diferentes de cero para las variables días a floración masculina y femenina; para altura de planta, altura de mazorca y prolificidad muestra valores propios a la media.

El híbrido 12 formado por la línea (255 MN-14) del grupo Ideotipo y el probador (E-195 x E-82) del grupo Elite asume un rendimiento promedio 19.076 t ha^{-1} , expresando efectos benévolos para las variables días a floración masculina y femenina con diferencias estadísticas, para efectos no favorables y con diferencias de cero se tienen las variables altura de planta y altura de mazorca.

Otro híbrido que sobresale es el 3 que está constituido por la línea (MLN) del grupo Ideotipo y el probador (CML-318 x CML-8) del grupo Tropical obteniendo un rendimiento promedio de 20.709 t ha^{-1} , las variables días a floración masculina y femenina, altura de planta, altura de mazorca y prolificidad presentan valores igual a la media.

Finalmente el híbrido 1, integrado por la línea (TRO-M318) del grupo Ideotipo y el probador (43-46 x 232-10-11) del grupo Tropical presento el mas alto rendimiento en promedio de 22.909 t ha⁻¹, solo que tiene efectos no favorables para altura de planta y mazorca con valores superiores la media.

Cuadro 4.2 Híbridos selectos por sus efectos favorables en rendimiento y otras características de interés agronómico.

# HIB	CIL	CIP	REND	DFM	DFF	AP	AM	PROL
1	21	136	22.909 **	91	93	266 **	154 **	106
2	30	111	20.762 **	88	90	266 **	163 **	117
3	24	133	20.709 **	90	92	248	129	100
4	35	123	20.120 **	90	92	251 *	145	126
5	27	134	20.035 **	90	92	243	140	120
6	2	122	19.957 **	93 **	94	240	131	114
7	24	132	19.765 **	88	89 *	243	128	123
8	25	114	19.617 **	88	91	242	133	119
9	21	117	19.609 **	90	92	265 **	149 *	105
10	4	123	19.536 **	87 *	88 **	244	144	116
11	37	121	19.097 **	90	92	226	131	108
12	25	111	19.076 **	87 *	89 *	268 **	149 *	128
13	25	117	18.959 **	88	90	268 **	165 **	119
14	32	123	18.826 *	91	93	234	130	122
15	27	112	18.680 *	88	91	253 **	146	105
media general			14.710	90	92	233	129	119

*,** nivel de significancia $P \leq 0.05$ y 0.01 respectivamente; # HIB = numero de híbrido; CIL = clave de identificación de líneas; CIP = clave de identificación de probadores; REND = rendimiento; DFM = días a floración masculina; DFF = días a floración femenina; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; PROL = prolificidad.

ANÁLISIS LÍNEA POR PROBADOR

Para el análisis línea por probador fueron consideradas en forma conjunta las cruzas directas y recíprocas, analizando solamente la combinación Ideotipo x Tropical (Cuadro 4.3) e Ideotipo x Elite (Cuadro 4.4).

Para la fuente de variación localidades en ambos cuadros todas las variables agronómicas evaluadas resultaron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.01$), esto es debido a que las localidades de evaluación no presentaron las mismas condiciones climáticas, edáficas, de ubicación geográfica y de manejo.

Para la fuente repeticiones dentro de localidades en el cuadro 4.2 las variables AP, AM, PROL y REND presentaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$), así, de igual manera en el cuadro 4.3 todas las variables resultaron estadísticamente diferentes ($P \leq 0.01$), esto implica que el diseño fue eficiente ya que el bloque fue efectivo por que permitió identificar diferencias ocasionadas por los bloques de evaluación y por tal motivo este efecto no se acumulo en el error.

Cuadro 4.3 Cuadros medios de un análisis de varianza combinado del grupo Ideotipo x Tropical para seis características agronómicas evaluadas en dos localidades.

FV	G.L	AP cm	AM cm	DFM Días	DFF Días	PROL	REND t ha ⁻¹
loc	1	52720.47 **	2620.26 **	49658.50 **	44167.76 **	14517.10 **	1087.68 **
Rep / loc	2	3286.00 **	5947.42 **	4.41	0.75	9543.75 **	140.02 **
líneas	18	1330.69 **	672.17 *	162.56 **	183.84 **	2465.71 **	49.00 **
probadores	10	666.07	294.39	84.39 **	91.83 **	1665.23 **	24.60 **
líneas x probador	78	317.99	372.80	10.64 *	11.06 *	417.01	8.00 *
loc x líneas	18	277.92	266.89	20.22 **	26.52 **	414.08	9.21 *
loc x probadores	10	272.94	365.06	7.45	13.33	1209.76 **	15.37 **
Loc x líneas x probador	78	352.07	277.81	7.28	7.66	471.91	4.34
error	214	378.80	346.87	7.67	7.88	458.42	5.44
media		231.28	125.57	89.91	91.65	121.89	14.20
CV (%)		8.42	14.83	3.08	3.06	17.57	16.42

*,** niveles de significancia a $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$ respectivamente, FV = fuente de variación, G.L = grados de libertad, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, DFM = días a floración masculina, DFF = días a floración femenina, PROL = prolificidad, REND = rendimiento de mazorca al 15.5% de humedad, cm = centímetros, t /ha⁻¹ toneladas por hectárea, loc = localidad, rep = repeticiones, CV = coeficiente de variación.

Cuadro 4.4 Cuadrados medios de un análisis de varianza combinado del grupo Ideotipo x Elite para seis características agronómicas evaluadas en dos localidades.

FV	GL	AP	AM	DFM	DFE	PROL	REND
Loc	1	42706.90 **	4439.28 **	66373.81 **	57395.05 **	20563.21 **	1730.80 **
Rep / loc	2	26987.06 **	9560.72 **	76.84 **	63.93 **	1986.12 *	14.36 *
Línea	18	1042.56 **	537.90	43.46 **	53.00 **	2267.59 **	31.69 **
Probador	12	1131.96 **	335.12	24.69 **	21.98 **	760.78	22.09 **
Línea x probador	103	391.01	503.03 *	7.01	7.55	433.85	5.74
Loc x línea	18	220.87	355.21	14.65	11.62 *	608.63	18.22 **
Loc x probador	12	351.65	334.88	7.51 **	8.72	98.59	5.01
Loc x línea x probador	103	372.18	412.70	7.02	7.65	366.24	3.57
Error	274	459.44	351.77	6.19	6.81	520.60	4.62
media		235.16	132.18	89.48	91.59	116.59	14.67
CV (%)		9.11	14.19	2.78	2.85	19.57	14.65

*,** niveles de significancia a $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$ respectivamente, FV = fuente de variación, G.L = grados de libertad, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, DFM = días a floración masculina, DFE = días a floración femenina, PROL = prolificidad, REND = rendimiento de mazorca al 15.5% de humedad, cm = centímetros, $t\ ha^{-1}$ = toneladas por hectárea, loc = localidades, rep = repeticiones, CV (%) = coeficiente de variación.

En la fuente líneas en el Cuadro 4.3 todas las variables presentaron diferencias estadísticas al nivel de $P \leq 0.01$, excepto AM que fue al $P \leq 0.05$, mientras que en el cuadro 4.4 solo la variable AM no presentó diferencias. Esta significancia es indicador de que existe variabilidad genética dentro de las líneas en cada uno de los tres grupos involucrados y con ello se favorece la oportunidad de identificar y seleccionar líneas con buenos atributos agronómicos y de alto valor genético, las cuales podrán formar parte de materiales elite del programa de mejoramiento de El Bajío del IMM; así mismo, en base a su potencial genético pueden ser progenitoras de nuevos híbridos con excelentes características agronómicas.

Para el efecto “probadores”, en el Cuadro 4.3 las variables DFM, DFE, PROL y REND presentaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) y en el Cuadro 4.4 las variables que presentaron diferencias fueron AP, DFM, DFE y REND. Las diferencias que

mostraron los probadores es causada por la variabilidad que existen dentro de cada grupo originando cruza diferentes, esto facilitara la identificación de aquellos probadores que exhiban el mayor potencial genético para ser progenitores de nuevos híbridos; también pudiera inferirse que los probadores muestren diferente capacidad para discriminar las líneas bajo prueba.

Respecto a la fuente “línea x probador”, en el cuadro 4.3 las variables DFM, DFF y REND presentaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$), mientras que en el cuadro 4.4 solo la variable AM presento diferencias ($P \leq 0.05$) se asume que para esta variable, las líneas cambian de comportamiento cuando se cruzan con probadores diferentes.

Para la fuente “localidad x línea”, en el cuadro 4.3 las variables DFM y DFF presentaron diferencias estadísticas al $P \leq 0.01$ y REND presento diferencias estadísticas al $P \leq 0.05$; mientras que el cuadro 4.4 las variables REND y DFF presentaron diferencias al $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$ respectivamente. Significa que el orden relativo que guardan las líneas a través de ambientes no es similar; es decir, existe interacción

La fuente de variación correspondiente a la interacción localidad x probador, en el cuadro 4.3 se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) para las variables DFF y REND; mientras que en el cuadro 4.4 solo la variable DFM presento diferencias ($P \leq 0.01$). Sugiriendo que los probadores obtuvieron una respuesta diferente en cada ambiente, para esas variables, la interacción significativa en genotipo ambiente se

interpreta a medida en que los valores fenotipos de los genotipos cambian cuando se mueven de ambientes

El coeficiente de variación (CV) medido en porcentaje, indica la confiabilidad de los datos en la conducción de los experimentos para las características agronómicas evaluadas, a medida de que su valor disminuye la confiabilidad es mayor.

En atención a las diferencias detectadas en el cuadro 4.5 se presenta el efecto promedio de Aptitud Combinatoria General (ACG) de 20 líneas, diez pertenecientes al grupo Ideotipo (21-30) y diez del grupo Tropical (1-10), las cuales fueron evaluadas para seis características agronómicas. Para la seleccionar las líneas se tomaron las que exhibieron efectos genéticos favorables en el máximo de las seis variables.

Es obvio, con base en los resultados del Cuadro 4.3 y 4.4 que ninguna de las líneas muestran efectos favorables de efectos genéticos para todas sus variables. Sin embargo se seleccionaron cinco líneas, cuatro del grupo Ideotipo (30, 22, 25, 28) y una del grupo Tropical (9), considerando que la falta de un buen valor genético puede ser superado al cruzarse con otra línea que muestre buen comportamiento genético para la variable en cuestión.

La línea 30 (255MN4) resulto ser favorable y estadísticamente diferente de cero para la variable rendimiento aportando un valor promedio de 1.317 t ha^{-1} en sus cruzamientos, con efectos favorables para altura de planta (-8.336 cm) y diferente de cero, con efectos favorables pero sin diferencia de cero tenemos las variables altura de mazorca (-2.817 cm), días a floración masculina (-0.326) y días a floración femenina (-

0.650), la única variable para la que no exhibió efectos favorables fue prolificidad ya que disminuye el porcentaje de (-6.144) con diferencias de cero.

La línea 22 (232 MN - 19) presento efectos favorables y diferentes de cero para las variables: rendimiento aportando un promedio en sus cruzamientos 0.883 t ha^{-1} , para altura de planta y altura de mazorca reduce aproximadamente -5.345cm y -8.380cm respectivamente, en días a floración masculina reduce en promedio -0.785 y para días a floración femenina -1.150 . Solamente para la variable prolificidad presento efectos no favorables diferentes de cero (-14.831).

La línea 25 (255MN - 14) aporta en promedio a sus descendientes un potencial de 0.790 t ha^{-1} , reduce los días a floración masculina de -2.060 y los días a floración femenina de -2.300 con efectos de ACG diferentes de cero. Tiene efectos no favorables para las variables prolificidad, altura de planta y altura de mazorca aunque estadísticamente iguales a cero.

Cuadro 4.5 Efecto de Aptitud Combinatoria General para veinte líneas de dos grupos denominados Ideotipo y Tropical, para seis características agronómicas.

Líneas	Genealogía	REND	DFM	DFF	PROL	AP	AM
Líneas Tropical							
1	TRO-11	0.772 *	4.840 **	4.743 **	21.142 **	1.575	2.826
2	POB22-S6	0.609 *	2.233 **	2.565 **	6.714 *	15.610 **	11.540 **
3	POB24-37	0.266	1.390 **	1.950 **	15.307 **	8.218 **	11.083 **
4	TRO-M318	-0.459	-3.767 **	-4.043 **	-5.251	7.753 **	8.147 **
5	AN-24	-0.960 *	0.743 *	0.785 *	20.315 **	0.176	1.808
6	TRO-M8	0.265	2.590 **	2.672 **	-1.715	3.718	-2.210
7	TRO-M44	-2.362 **	-5.576 **	-6.025 **	-5.102	-0.657	-3.026
8	TRO-M73	0.889 **	2.269 **	2.922 **	4.249	-3.390	-2.317
9	AN-7R25	-0.274	-4.410 **	-4.525 **	15.065 **	-0.949	-1.942
10	AN-60	-2.369 **	0.507	0.767 *	-9.269 *	-13.241 **	-6.651 *
Líneas Ideotipo							
21	MLN-1	2.989 **	0.653	0.663	-13.956 *	8.405 **	0.870
22	232MN-19	0.883 **	-0.785 *	-1.150 *	-14.831 **	-5.345 *	-8.380 *
23	255MN11	-1.078 *	-0.160	-0.025	-12.019 *	-16.595 **	-6.567 *
24	MLN	1.577 **	0.090	-0.050	-18.144 **	1.368	-1.067
25	255MN-14	0.790 **	-2.060 **	-2.300 **	-3.244	0.968	1.333
26	232MN-13	-1.428 *	1.690 **	1.850 **	3.907	-9.632 *	-8.067 *
27	MLN-7	3.020 **	-0.260	-0.350	-15.094 **	9.218 **	5.433 *
28	232MN-13 ^a	-1.234 *	-0.785 *	-1.275 *	-16.456 **	-9.095 *	-5.380 *
29	53MN-10	-2.011 **	-0.710 *	-0.850	6.357 *	-4.782	-4.867 *
30	255MN-14	1.317 **	-0.326	-0.650	-6.144 *	-8.366 *	-2.817

* , ** estadísticamente diferente de cero a $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$ respectivamente, REND = rendimiento, DFM = días a floración masculina, DFF = días a floración femenina, PROL = prolificidad, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca.

La línea 9 (AN – 7R25) presenta efectos favorables de ACG diferentes de cero para las variables días a floración masculina con valor de -4.41 , días a floración femenina con un promedio de -4.525 , además presenta prolificidad con valor de 15.065 . altura de planta y altura de mazorca mantienen los efectos en su media. La única variable para la que presento efectos negativos y diferentes de cero fue rendimiento. Sin embargo esta deficiencia puede ser superada al cruzarse con otra línea que muestre efectos favorables para esta variable.

Otra línea que sobresale es la 28 (232 MN – 13A) presenta efectos favorables diferentes de cero para días a floración masculina con un promedio de -0.785 , días a floración femenina aportando en sus cruzamientos -1.275 , para altura de planta y altura de mazorca en promedio de -9.095 cm y 5.380 cm respectivamente.

Rendimiento y prolificidad obtuvieron efectos no favorables diferentes de cero; a pesar de esto, la línea tiende a heredar a sus descendientes un porte bajo.

En el Cuadro 4.6 observa el efecto promedio de Aptitud Combinatoria General por probadores, las cuales siete pertenecen al grupo Ideotipo (118 – 124) y cinco al grupo Tropical (132 – 136), evaluados bajo seis características de interés agronómico.

Del grupo Tropical el probador 134 (AN24-A-A-A x CML-318) ostenta características favorables y diferentes de cero para las variables rendimiento, días a floración masculina y femenina; para altura de planta y de mazorca exhibe efectos propicios sin ser estadísticamente diferentes de cero. Solo la variable prolificidad mostró

resultados no favorables. Debido a sus características favorables, genética y agronómicamente se considera como una opción para que forme parte en la formación de nuevos híbridos.

Otro probador sobresaliente en el grupo tropical es el 133 (CML-318 x CML-8) con efectos favorables en ACG diferente de cero para las variables rendimiento, altura de planta y altura de mazorca. Días a floración femenina presenta efectos favorable, aunque estadísticamente igual a cero, para días a floración masculina y en prolificidad mostró efectos no favorables. Este probador se puede emplear como progenitor de nuevos híbridos siempre y cuando su contraparte muestre efectos favorables para las variables que mostraron un comportamiento inferior.

El probador 132 (AN7 R25-3-1-2-A x CML-318) del grupo tropical, tiene valores genéticos favorables y diferentes de cero para los días a floración masculina, días a floración femenina y altura de planta; para rendimiento obtenemos resultados benéficos, aunque estadísticamente iguales a cero, altura de mazorca y prolificidad muestran efectos no favorables. Cabe mencionar que este probador tiene la capacidad en sus cruzamientos, obtener híbridos mas precoces.

Cuadro 4.6 Efecto promedio de Aptitud Combinatoria General por probadores del grupo Ideotipo y Tropical para seis características agronómicas

Probador	Genealogía	REND	DFM	DFF	PROL	AP	AM
probadores Ideotipo							
118	(255-1-1-N-11-A-2-4-A x 232-10-11-1-Rec N-19-4-2)	-0.376	0.615	0.600 **	-0.619	0.543	0.908
119	(255-1-1-N-11-A-2-4-A x 232-10-11-1-RC4N-13-1-2)	-1.999 **	0.618 *	0.906 **	10.107 **	-6.06	2.905
120	(255-18-19N-14-1-A-4-2-A x 255-1-1-N-11-1-A-2-4-A)	-0.339	-1.167 *	-0.793 *	16.051 **	-0.699	-3.956 *
121	(232-10-11-1 RC4N13-1-2 x MLS4-1RC4N7-1-1)	0.111	1.215 **	1.600 **	-2.269	9.343 **	5.266 **
122	(232-10-11--1N-13-1-A-1-2-A x 232-10-11-1RECN-19-4-2)	-0.360	0.965 **	0.750 **	-2.194	0.418	-0.267
123	(232-10-11--1N-13-1-A-1-2-A x MLS4-1RC4N7-1-1)	1.311 **	0.815 **	0.300	7.307 **	4.093 *	3.433
124	(53-36-37-N-10-2-A-1-1-A x 255-1-1-N-11-1-A-2-4-A)	-0.531 *	-1.510 **	-0.975 *	11.182 **	8.418 **	5.958 **
probadores tropical							
132	(AN7 R25-3-1-2-A x CML-318)	0.193	-3.338 **	-3.828 **	-4.001 *	-6.997	2.531
133	(CML-318 x CML-8)	0.752 **	0.174	-0.039	-8.032 *	-5.171	-6.484 *
134	(AN24-A-A-A x CML-318)	0.973 **	-1.910 **	-2.300 **	-4.369 *	-3.582	-2.692
135	(P2437-1-2-2 x 43-46)	-0.008	1.285 **	1.517 **	-11.616 **	0.171	-2.428
136	(43-46 x 232-10-11)	0.238	1.979 **	2.100 **	-14.449 **	0.329	0.266

*,** estadísticamente diferente de cero al $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$ de probabilidad, respectivamente, REND = rendimiento, DFM = días a floración masculina, DFF = días a floración femenina, PROL = prolificidad, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca.

Dentro del grupo Ideotipo, el probador 120 (255-18-19N-14-1-A-4-2-A x 255-1-1-N-11-1-A-2-4-A) mostró efectos favorables y diferentes de cero para las variables días a floración masculina y femenina, prolificidad y altura de mazorca. Con efectos favorables, aunque iguales a cero, para la variable altura de planta, solamente rendimiento obtuvo efectos no favorables aunque iguales a cero.

En el cuadro 4.7 se agrupan los efectos medios de las líneas en Aptitud Combinatoria General para las variables agronómicas estudiadas, el cuadro esta conformado por líneas que comprenden al grupo Ideotipo (21 – 30) y líneas Elite (31 – 40).

Nuevamente están bajo estudio las líneas Ideotipo, debido a que se cruzaron con otro grupo que tiene distinto fondo genético, es la razón por el cual se identificara el comportamiento de dichas líneas. Para seleccionar las líneas se tomo como característica principal aquellas que exhiben un buen comportamiento en rendimiento y que presenten efectos genéticos benévolos en sus demás variables agronómicas, que el mejorador desea para orientarlas en un programa de mejoramiento aplicado, conducidos a adquirir híbridos con valor genético mas alto.

Cuadro 4.7 Efectos de Aptitud Combinatoria General por líneas de los grupos Ideotipo y Elite

Línea	Genealogía	REND	DFM	PROL	DFF	AP	AM
Líneas Ideotipo							
21	MLN-1	1.633 **	0.087	-15.125 **	0.236	9.835 **	1.180
22	232MN-19	1.182 **	-0.341 *	-12.411 *	0.200	8.585 **	0.608
23	255MN11	-0.969 *	0.551 *	-7.375 *	0.807 *	-11.415 *	-1.213
24	MLN	0.701 **	0.479	-12.554 *	0.595 *	-1.593	-7.785 *
25	255MN-14	1.837 **	-2.162 **	7.910 **	-2.085 **	-3.665	-3.678
26	232MN-13	-0.794 *	0.265	12.517 **	1.093 **	-8.843 *	-12.713 *
27	MLN-7	1.953 **	-0.180 *	-9.548 *	-0.411 *	-4.332	-3.928
28	232MN-13a	-0.809 *	2.765 **	-3.982	3.486 **	-5.522 *	-3.892
29	53MN-10	0.059	-2.109 **	12.554 **	-1.617 **	-3.165	-2.271
30	255MN-14	1.200 **	-1.020 *	-1.089	-1.228 *	-2.129	2.180
Líneas elite							
31	E-75	-0.213	-0.658 *	1.062	-1.194 *	0.487	5.953 *
32	E-90	-0.972 *	0.515	1.017	0.021	4.300	3.180
33	E-196	-0.455	-1.353 *	4.801	-2.324 **	11.357 **	8.344 **
34	E-174	-0.423	-0.627 *	-10.946 *	-0.335 *	4.300	9.001 **
35	E-195	-0.161	0.408	14.696 **	0.200	4.835	7.572 **
36	E-94	-1.003 **	-0.912 *	0.303	-1.335 *	-8.093 *	-2.606
37	E-103	-0.774 *	0.301	0.124	-0.156 *	0.728	1.858
38	E-197	-2.947 **	0.694 *	3.196	0.878 **	-1.415	1.822
39	E-18	0.804 **	0.872 **	12.088 **	0.664 *	-1.058	-3.142
40	E-82	0.351	2.723 **	1.160	2.373 **	10.252 **	2.156

*, ** estadísticamente diferente de cero a $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$ respectivamente, REND = rendimiento, DFM

= días a floración masculina, DFF = días a floración femenina, PROL = prolificidad, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca.

La línea 25 (255MN-14) perteneciente al grupo Ideotipo, expreso efectos benéficos y diferentes de cero para rendimiento aportando en promedio de sus cruza 1.837 t ha⁻¹, reduciendo los días a floración masculina y femenina de -2.162 y -2.085 respectivamente, incrementando el porcentaje de prolificidad en promedio 7.910, para las variables altura de planta y altura de mazorca muestran efectos favorables pero iguales a cero. Se ubica como la línea que tiene mayor valor genético y sería un excelente progenitor para el desarrollo de nuevos híbridos con alto potencial genético.

Otra línea que resulto favorable fue la 29 (53MN-10) presento efectos propicios y diferentes de cero días a floración masculina y femenina reduciendo en un promedio de -2.109 y -1.616 , respectivamente, para prolificidad un promedio de 12.554 . Las variables rendimiento, altura de planta y mazorca presentaron efectos favorables sin diferencias de cero. Por tal comportamiento se clasifica como una de las líneas que tienen mayor valor genético en cruza con el grupo Elite.

En el Cuadro 4.8 también se presentan los valores de los efectos de Aptitud Combinatoria General para probadores que corresponden a los grupos Elite (111 – 117) e Ideotipo (118 – 124). Con base a su desempeño se puede observar que solamente dos de ellos presentan efectos genéticos favorables, lo que permite considerarlos como progenitores de nuevos híbridos.

Estos son: el probador 113 (E-94 x E-103) y el probador 115 (E-103 x E-195), los que pueden ser empleados como progenitor de híbridos, es importante que su contraparte manifieste buen comportamiento para las variables cuyo valor de ACG no fueron favorables.

Cuadro 4.8 Efectos de Aptitud Combinatoria General por probadores de los grupos Ideotipo y Elite

Probador	Genealogía	REND	DFM	DFF	DFM	PROL	AP	AM
Probadores Elite								
111	(E-195 x E-82)	1.217 **	-0.185	0.015	-4.039	8.460 **	2.372	
112	(E-94 x E-195)	0.265	-0.608 *	-1.120 *	-2.567	-4.710 *	-5.041 *	
113	(E-94 x E-103)	0.404 *	-0.260	-0.434	-4.264 *	-9.365 *	-6.128 *	
114	(E-94 x E-82)	0.786 **	0.439	-0.434	-4.414 *	-2.740	-4.503 *	
115	(E-103 x E-195)	0.380	-0.474	-0.484 *	-6.311 *	-4.554 *	-3.844 *	
116	(E-103 x E-197)	-0.328	1.260 **	0.900 **	7.935 **	-4.665 *	-5.903 *	
117	(E-118 x E-82)	1.293 **	0.514 *	0.290	-5.114 *	2.135	1.272	
probadores Ideotipo								
118	(255-1-1-N-11-A-2-4-A x 232-10-11-1-Rec N-19-4-2)	-0.397	-0.335	0.115	3.210	-2.335	5.022 **	
119	(255-1-1-N-11-A-2-4-A x 232-10-11-1-RC4N-13-1-2)	-1.991 **	-0.168	0.237	4.438 *	-5.082 *	2.433	
120	(255-18-19N-14-1-A-4-2-A x 255-1-1-N-11-1-A-2-4-A)	-0.946 *	-0.556 *	-0.398	8.438 **	-1.822	1.222	
121	(232-10-11-1 RC4N13-1-2 x MLS4-1RC4N7-1-1)	-0.121	-0.279	-0.401	-1.117	-1.415	1.211	
122	(232-10-11--1N-13-1-A-1-2-A x 232-10-11-1REC N-19-4-2)	-0.634 *	1.064 **	1.615 **	-1.239	3.135	4.372 *	
123	(232-10-11--1N-13-1-A-1-2-A x MLS4-1RC4N7-1-1)	1.012 **	0.465	0.797 **	0.282	9.066 **	7.310 **	
124	(53-36-37-N-10-2-A-1-1-A x 255-1-1-N-11-1-A-2-4-A)	-1.232 **	-0.935 *	-0.659 *	5.785 *	8.585 **	1.022	

*, ** estadísticamente diferente de cero a $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$ respectivamente, REND = rendimiento, DFM = días a floración masculina, DFF = días a floración

femenina, PROL = prolificidad, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca.

En el Cuadro 4.9 se concentraron los efectos de Aptitud Combinatoria Especifica, de las cruzas directas del grupo Ideotipo (probadores) por tropical (líneas).considerando solamente aquellas cruzas que presentaron efectos positivos para la variable rendimiento.

El primer híbrido sobresaliente esta formado por la línea 1 (TRO-11) y el probador 119 (255-1-1-N-11-A-2-4-A x 232-10-11-1-RC4N-13-1-2) presento efecto mas alto de ACE (3.483 t ha⁻¹) teniendo un rendimiento promedio de 16.458 t ha⁻¹

Cuadro 4.9 Efectos de ACE para las cruzas directas del grupo Ideotipo (probadores) x Tropical (líneas) para la variable rendimiento.

Línea \ Prob	118	119	120	121	122	123	124
1	-1.198	3.483 **	0.827	-1.507	-0.107	-0.184	0.869
2	1.425	0.395	0.143	-1.834	0.626	1.309	0.118
3	1.03	1.574	.	.	0.444	0.186	-1.279
4	0.805	0.006	-0.72	-0.125	-0.59	1.834	0.971
5	1.266	.	-0.446	0.374	0.608	-0.348	-1.271
6	1.006	-0.825	0.786	0.275	-0.317	0.029	1.228
7	-0.758	0.081	0.332	.	-0.379	2.293 *	0.723
8	-0.199	-0.773	1.323	1.701	0.677	-1.059	0.512
9	0.971	-0.239	0.442	.	0.476	-0.341	0.984
10	-0.725	-1.04	1.201	.	2.184	-0.096	0.769

*,** estadísticamente diferente de cero a $P \leq 0.05$ y 0.01 respectivamente, Prob = probador

El segundo híbrido sobresaliente esta conformado por la línea (TRO-M44) y el probador (232-10-11--1N-13-1-A-1-2-A x MLS4-1RC4N7-1-1) exhibiendo un efecto de ACE 2.293 t ha⁻¹. y teniendo un rendimiento promedio de 15.444 t ha⁻¹.

Por ultimo tenemos el híbrido constituido por la línea (AN-60) y el probador (232-10-11-1N-13-1-A-1-2-A x 232-10-11-1REC-19-4-2) mostrando un rendimiento medio de 13.657 t ha⁻¹ y aportando en sus efectos de ACE 2.184 t ha⁻¹.

El Cuadro 4.10 muestra los híbridos mas sobresalientes tomando solo la variable rendimiento en sus efectos de Aptitud Combinatoria Especifica. Se presentan las cruzas reciprocas del grupo Ideotipo (líneas) por Tropical (probadores).

El primer híbrido sobresaliente es que esta formado por la línea (MLN-1) y el probador (43-46 x 232-10-11) obteniendo un rendimiento promedio de 21.111 t ha⁻¹ y agregando en su ACE 3.683 t ha⁻¹.

Cuadro 4.10 Efectos de ACE para las cruzas reciprocas del grupo Ideotipo (líneas) x Tropical (probadores) para la variable rendimiento.

Línea \ Prob	132	133	134	135	136
21		-2.488 *	-2.002 *	-1.148	3.683 **
22	0.951		-0.105	-0.111	-2.132 *
23		-0.329	-1.164	0.560	-1.023
24	3.592 **	1.344	-1.080	-2.867 *	-3.138 *
25	-1.913	-1.527	-0.094	0.709	0.675
26	-1.151	-0.567	0.191	-0.102	-0.520
27	-1.620	-1.146	1.844	0.078	-1.304
28	-0.578	0.813	-0.013	-2.133 *	
29	-0.877	-0.368	-2.434 *	1.508	0.023
30		0.326	0.034		-2.323 *

*,**estadísticamente diferente de cero a P≤0.05 y 0.01 respectivamente, Prob = probador

El híbrido integrado por la línea (MLN) y el probador (AN7 R25-3-1-2-A x CML-318) con un estimado promedio de rendimiento 19.5633 t ha⁻¹ agregando a sus descendencia híbrida 3.592 t ha⁻¹.

Con los efectos genéticos en la estimación de Aptitud Combinatoria Especifica, las cruzas recíprocas demostraron tener mejores resultados para seleccionar híbridos altamente rendidores.

En el Cuadro 4.11 se muestran los efectos de Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) seleccionando aquellos híbridos que exhiban efectos positivos para la variable rendimiento, se presentan los valores de las cruzas directas de los grupos Ideotipo (líneas) por Elite (Probadores). De este grupo solo el híbrido formado por la línea (MLN-7) y el probador (E-94 x E-103) resulto sobresaliente, presento un promedio estimado de 19.0797 t ha⁻¹ la cual aportando en su ACE 2.055 t ha⁻¹.

Cuadro 4.11 Efectos de ACE para las cruzas directas del grupo Ideotipo (líneas) x Elite (probadores) para la variable rendimiento.

Línea \ Prob	111	112	113	114	115	116	117
21	-2.347 *	-1.397	-0.341	-1.455	-1.102	1.231	1.393
22	-2.676 *	-0.635	-0.334	0.879		0.846	-1.347
23	1.175	-1.418	-0.762	0.257	-1.383	-2.255 *	0.369
24	-2.075 *	0.336	0.177	-1.402	-0.806	-0.801	0.554
25	0.150	-2.374 *	-0.884	0.451	-1.658	0.691	-0.393
26	0.442	0.742	-0.826	-0.600	-0.825	-2.517 *	-0.435
27	-0.831	-0.211	2.055 *		0.577	-3.267 *	-1.555
28	0.442	-0.100	-0.658	-0.727	0.144	-1.390	-1.729
29	-2.003 *	-0.438	-2.315 *	-0.103	0.096	1.155	-1.091
30	1.730	-1.045	-2.107 *	-1.296	0.145	0.313	-1.759

* nivel de significancia $P \leq 0.05$, Prob = probador

El Cuadro 4.12 presenta los híbridos mas sobresalientes en base a su Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) solo para la variable rendimiento. En el cuadro se observan las cruzas reciprocas de las grupos Ideotipo (Probadores) por Elite(Líneas).

Los híbridos mas sobresalientes son los que están constituidos por las siguientes líneas y probadores respectivamente (E-18) x (53-36-37-N-10-2-A-1-1-A x 255-1-1-N-11-1-A-2-4-A), (E-197) x (232-10-11--1N-13-1-A-1-2-A x 232-10-11-1RecN-19-4-2), (E-75) x (255-1-1-N-11-A-2-4-A x 232-10-11-1-RC4N-13-1-2), (E-18) x (232-10-11--1N-13-1-A-1-2-A x 232-10-11-1REC N-19-4-2), (E-90) x (255-1-1-N-11-A-2-4-A x 232-10-11-1-Rec N-19-4-2), (E-196) x (255-1-1-N-11-A-2-4-A x 232-10-11-1-Rec N-19-4-2) aportando en promedio de su ACE 2.745, 2.499, 2.432, 2.014, 1.984, 1.877 t ha⁻¹ respectivamente.

Cuadro 4.12 Efectos de ACE para las cruzas reciprocas del grupo Ideotipo (probadores) x Elite (líneas) para la variable rendimiento.

Línea Prob	118	119	120	121	122	123	124
31	1.245	2.432 *		-1.300	0.233	1.560	-0.162
32	1.984 *	0.074	-0.276	0.245	0.378	1.371	0.534
33	1.877 *	1.079	1.102		0.013	-0.475	0.633
34	0.841	0.626	1.307	0.975	1.109	0.736	-1.284
35	-0.864	1.183	1.268	0.262	0.567	1.246	0.648
36	1.682	-0.116	-0.818	1.660	0.229	1.222	0.450
37	0.268	0.739	1.457	1.911	-0.698	0.108	0.525
38	0.922	-0.921	0.749	0.591	2.499 *	0.356	0.114
39	-0.757	1.046	-0.370	0.379	2.014 *	-0.747	2.745 **
40	-1.407		1.322	0.613	-0.551	0.753	1.589

*,** estadísticamente de diferente de cero a $P \leq 0.05$ y 0.01 respectivamente, Prob = probador

Con el fin de identificar el mejor probador para la discriminación de líneas, se debe considerar la variación que presentan estas dentro de cada probador la cual esta asociada directamente con los valores de F, ya que estos son indicadores de varianza que incluyen en su cálculo los efectos del error.

En el Cuadro 4.13, del grupo Ideotipo sobresale como probador ideal el 119 pues muestra los valores de F más altos en las variables rendimiento, días a floración masculina y femenina; el probador 123 es el que tiene mayor poder de discriminar líneas para altura de planta, el 118 tiene poder para discriminar la característica altura de mazorca, mientras que el probador 124 exhibe el valor superior para la discriminación de líneas en la característica prolificidad.

Cuadro 4.13 Valores de F tabulada por probador de los grupos Ideotipo y Tropical de híbridos para seis características agronómicas.

Probador	GL	REND	DFM	DFF	AP	AM	PROL
Grupo Ideotipo							
118	9	2.75	7.22	8.24	1.33	2.48	0.86
119	8	4.20	21.33	25.04	1.14	1.06	5.24
120	8	3.84	4.76	7.15	0.76	0.96	2.30
121	5	0.98	5.42	11.27	0.77	1.20	1.68
122	9	1.16	12.29	10.02	1.20	0.55	0.90
123	9	0.68	5.71	5.30	3.40	1.20	0.88
124	9	1.93	5.25	6.55	0.96	1.63	6.84
Grupo Tropical							
132	6	4.90	3.02	3.53	2.39	1.18	0.47
133	8	4.89	2.61	2.59	1.16	2.17	1.32
134	9	7.27	1.51	1.36	2.07	2.11	0.82
135	8	3.85	0.80	0.89	1.12	0.84	4.56
136	8	14.50	0.64	0.54	2.78	2.20	4.11

GL = grados de libertad, REND = rendimiento, DFM = días a floración masculina, DFF = días a floración femenina, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, PROL = prolificidad.

Del grupo Tropical, el probador cercano a lo ideal por presentar simultáneamente los valores mas altos de F fue el 136 quien mostró ser eficiente en la discriminación de las variables rendimiento, altura de planta y altura de mazorca; el probador 132 tiene potencial para discriminar líneas para las características días a floración masculina y femenina, mientras que el probador 135 tiene efectos sobre prolificidad.

El Cuadro 4.14 presenta los valores de F para líneas dentro de cada probador para seis características agronómicas deseables, para identificar cual de los probadores es mas eficiente para la discriminación de líneas en base a el valor de F.

Para el grupo Elite, el probador 113 presento los valores mas altos para las variables altura de planta y rendimiento, para las características días a floración masculina y femenina el probador 115 exhibe efectos para discriminar líneas no precoces, mientras que el probador 111 presento valores para prolificidad y finalmente el probador 114 exterioriza valores para discriminar líneas para la variable altura de mazorca

Cuadro 4.14 Valores de F tabulada de probadores de los grupos Ideotipo Y Elite de híbridos para seis características agronómicas.

Probador	GL	DFM	DFF	AP	AM	PROL	REND
Grupo Elite							
111	9	2.93	3.19	1.59	1.15	2.53	2.08
112	10	2.04	2.00	1.22	1.98	2.20	2.29
113	9	3.38	2.06	1.93	1.06	1.24	4.48
114	9	2.15	1.93	1.50	2.15	1.09	1.27
115	8	3.97	5.32	1.69	2.09	2.18	1.62
116	9	3.62	2.83	0.55	0.50	1.92	3.90
117	9	1.24	1.85	1.92	1.39	2.07	1.58
Grupo Ideotipo							
118	9	3.68	4.86	0.77	1.11	1.35	1.19
119	8	0.96	0.58	3.22	1.98	2.16	3.22
120	8	5.02	3.94	1.59	3.17	0.41	2.08
121	8	3.4	3.29	4.27	3.13	0.88	1.60
122	9	2.06	2.84	0.43	0.50	1.61	2.05
123	9	0.86	1.04	0.73	1.79	4.51	1.04
124	9	0.65	0.9	1.13	2.02	1.75	1.67

GL = grados de libertad, DFM = días a floración masculina, DFF = días a floración femenina, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca, PROL = prolificidad, REND = rendimiento

Los probadores del grupo Ideotipo se presentan nuevamente, debido a que en este experimento para estimar el poder discriminativo se cruzaron con líneas del grupo Elite, que a diferencia del cuadro anterior las líneas pertenecían al grupo Tropical, ambos de diferente fondo genético.

El probador 120 presentó los valores superiores para altura de mazorca y días a floración masculina, por último, los probadores que mostraron valores próceros para las variables altura de planta, días a floración femenina, prolificidad y rendimiento fueron los probadores 121, 118, 123, 119 respectivamente para cada variable.

Con el fin de puntualizar los efectos genéticos de los híbridos en el Cuadro 4.15 muestra los valores de la descomposición genética en ACG de progenitores y ACE de los híbridos superiores.

El híbrido 1 muestra el valor mas alto de rendimiento en promedio de 22.909 t ha⁻¹, esto se atribuye a que tiene efectos positivos en su ACE y ACG; es decir, el potencial de rendimiento se debe a efectos no aditivos y a efectos genéticos aditivos.

Cuadro 4.15 Descomposición genética del rendimiento en ACG de los progenitores y ACE de los híbridos destacados como superiores.

HIB	MED	ACE		PROB	ACG		línea	ACG	
1	22.909	3.683	**	136	0.238		21	2.989	**
3	20.709	1.344		133	0.752	**	24	1.577	**
10	19.536	1.834		123	1.311	**	4	-0.459	
12	19.076	0.150		111	1.217	**	25	1.837	**

** nivel de significancia $p \leq 0.01$, HIB = híbrido, MED HIB = media del híbrido, ACE = aptitud combinatoria específica, PROB = probador, ACG = aptitud combinatoria general

Los híbridos 3 y 12 presentaron un rendimiento promedio de 20.709 y 19.076 t ha⁻¹ respectivamente, su alto potencial de rendimiento se atribuye principalmente a los efectos positivos de ACG en sus dos progenitores y tiene la capacidad de transmitir dicha característica a su progenie por la razón de que exclusivamente actúan efectos genéticos aditivos.

Por ultimo, el híbrido 10 mostró un rendimiento promedio de 19.536 t ha⁻¹, este rendimiento se debe principalmente a efectos aditivos de uno de sus progenitores, así mismo a efectos de dominancia aunque estadísticamente estos últimos no son significativos.

V. CONCLUSIONES

De los híbridos experimentales evaluados, los que se seleccionaron por su alto potencial de rendimiento, buenos atributos agronómicos y que superaron significativamente a la media fueron: el 10, 12, 3 y el 1. Además fue posible identificar a la C2 Y C3 como las combinaciones que dan híbridos mas sobresalientes.

El análisis línea por probador permitió identificar las líneas 30, 22, 25, 22, 28, 29, 9 y los probadores 134, 133, 132, 113, 115 como los mejores por sus altos valores de ACG.

Los mejores valores de ACE los exhibieron los híbridos experimentales formados por las siguientes combinaciones 21x136, 24x132 y 1x119 respectivamente.

Por su capacidad de discriminar líneas con base a el valor de F calculada: Del grupo Ideotipo se tienen a los probadores 118, 119, 120, 121, 123,124. De el grupo tropical destacaron el 136 y 135. Finalmente se tienen los probadores pertenecientes al grupo Elite 113, 115,.

VI. RESUMEN

Para tener éxito en los programas de mejoramiento genético es necesario evaluar, seleccionar y ubicar líneas dentro en grupos germoplásmicos con el fin de establecer patrones heteróticos. Una estrategia que permite agrupar líneas y sus combinaciones en base a sus efectos de Aptitud Combinatoria General y Específica asociados con los efectos aditivos es el análisis línea por probador.

En el presente trabajo de investigación, se evaluaron 245 híbridos triples obtenidos entre los cruzamientos directos y recíprocos de los grupos Ideotipo x Tropical e Ideotipo x Elite, en las localidades de Juventino Rosas Gto. y El Prado Galeana. NL. La siembra de los tratamientos se lleva a cabo bajo un diseño de bloques incompletos con un arreglo alfa-látice con dos repeticiones por localidad; el paquete estadístico que se utilizó para obtener los resultados del análisis línea x probador fue bajo la rutina de SAS.

Los datos analizados fueron días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, prolificidad y rendimiento en mazorca al 15.5% de humedad.

Fue posible seleccionar cuatro híbridos con un alto potencial de rendimiento y además de que presentaron buenos atributos agronómicos; así mismo, se identificó las mejores combinaciones que en sus cruzamientos daban los mejores.

Siete líneas fueron seleccionadas por sus altos efectos de ACG en las diferentes variables agronómicas. Fueron seleccionados cinco probadores sobre la base de su ACG y trece probadores en base a su habilidad de discriminar líneas.

VII. LITERATURA CITADA

- Cubero J. I. 1999.** Introducción a la Mejora Genética Vegetal. Ediciones Mundiprensa. Madrid. Barcelona. México. 365 p.
- De León C. H. 2005.** Estudio y clasificación de grupos germoplásmicos para la constitución de patrones heteróticos en maíz. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- De León C. H., Ramírez E., Martínez G., Oyervides A., De La Rosa A. 1999.** Evaluación de diversos patrones heteróticos en la formación de híbridos de maíz para el Bajío de mexicano. *Agronomía Mesoamericana* 10(1):31-35.
- Díaz De la C. J., Taba S., Rivas R. M. 1998.** Patrones heteróticos de las accesiones del banco de germoplasma para el pre-mejoramiento. *In:* Ramírez V. P., Zavala G. F., Gómez M. N. O., Rincón S. F. y Mejía A. (eds.). Memorias del XVII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Chapingo, México. Pág. 217.
- Elizondo B. J. 2000.** Aptitud combinatoria de 13 genotipos de soya en siembra de invernadero en el sur de Tamaulipas. *In:* Zavala G. F., Ortega P. R., Contreras J. A., Benítez R. I y Guillén A. (eds). Memorias del XVIII. Congreso Nacional de Fitogenética: notas científicas.
- Falconer D. S. 1981.** Introducción a la Genética Cuantitativa. Segunda Impresión. Editorial CESA. México. D. F. p: 303.
- Gervers H. O. 1997.** Patterns of heterosis in South African maize breeding. *In:* Book of Abstracts. The genetics and exploitation of heterosis in crops; an International Symposium. México. pp 102-103.
- Gómez M. N., Cañedo C., Marques F. 1992.** Identificación de progenitores de un programa de selección recíproca recurrente de maíz en el trópico de Guerrero. *In:* Castillo G. F. y Livera M. Manuel. (eds). Memoria XIV Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Chapingo, México. Pag. 297.
- Gutiérrez D. R. E., Espinosa B. A., Palomo G. A., Lozano G. y Antuna G. O. 2004.** Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la comarca lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Pp. 7 – 10.
- Jugenheimer W. R. 1990.** Maíz. ELSA. México. 841 p.

- Leyva E. M. 2007.** Comportamiento de híbridos triples con progenitores de diferente fondo genético para elección de dosis germoplasmicas ópticas en maíz. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Matzinger D.F. 1953.** Comparison of three types of tester for the evaluation of inbred lines of corn. *Agronomy Journal*. 45: 493-495.
- Melchinger A. E and Gumber R. K. 1998.** Overview of heterosis and heterotic groups in agronomic crops. In: *Concepts and Breeding of Heterosis in Crop Plants*. Lamkey, K. R. and J. E. Staub. (Eds). Madison, Wisconsin. pp: 29-44.
- Menz R. M. A., Hallauer A., y Rusell W. 1999. Comparative Response of Two Reciprocal Recurrent Selection Methods in BS21 and BS22 Maize Populations. *Crop Sci.* 39:87 – 97.
- Molina G. J. y García Z. J. J. 1996.** Uso de líneas de alta y baja aptitud combinatoria general (ACG) como probadores de la ACG de líneas autofecundadas de maíz. In: Sahagún C, J., Ramírez V, P. y Castillo G. F. (eds). *Memoria del XVI Congreso de Fitogenética*. Chapingo, México. Pag. 230.
- Narro, L., Crossa., C. De León. and F. Salazar 2003.** Using Line x Tester Interaction for the Formation of Yellow Maize Synthetics Tolerant to Acid Soils. *Crop. Sci.* 43:1718 – 1728.
- Nestares G., Frutos E; Eyhérbide G. 1999.** Evaluación de líneas de maíz flint colorado por aptitud combinatoria. *Pesq. Agrop. Bras. Brasilia.* 34(8): 1399-1406.
- Paliwal R. L. 2001.** El maíz en los trópicos; Mejoramiento y producción. Departamento de agricultura organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). (En línea) Disponible en: http://.faoorg/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/003/X7650S/x7650s15.htm
- Pérez T. R A., Carballo Q. A., Castillo. G. F. y Covarrubias P. J. 1991.** Identificación de patrones heteróticos en un grupo de variedades precoces de Maíz. *Agrociencia serie Fitociencia.* 2(2): 69-79.
- Singh R. K. and Chaudary B. D. 1985.** Line x Tester analysis. 3ª edición. *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*. Pp 205-214.
- Sprague G. G., Tatum L. A. 1942.** General vs specific combining ability in single cross of corn. *Journal Am. Soc. Agron.* 34:923-932.

- Terrón A., Preciado E., Córdova H., Milckelson H y López R. 1997.** Determinación de patrones heteróticos de 30 líneas de maíz derivadas de la población 43SR. *Agronomía Mesoamericana* 8(1):01-07.
- Vasal S. K., San Vicente F.M. and Ramanujam K. S. 1995.** Heterotic patterns and tester. Overview. CIMMYT Maize program Internationally Manager External Review of Breeding Strategies and Methodologies. 1995. Briefing Document.
- Vasal S. K., H Cordova. 1996.** Heterosis en maíz: acelerando la tecnología de híbridos de dos progenitores para el mundo en desarrollo. Curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. pp:32-54.
- Vergara A. N., Rodríguez S., Cordova H. 2005.** Aptitud combinatoria general y específica de líneas de maíz (*Zea mays* L.) tropical y subtropical. *Agricultura Mesoamericana* 16(2): 137-143.