

APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA DE LÍNEAS TROPICALES DE MAIZ USANDO PROBADORES ¹

Mauro Sierra², Fidel Marquez³, Roberto Valdivia⁴, Octavio Cano², Flavio A. Rodríguez²

RESUMEN

Aptitud combinatoria general y específica de líneas tropicales de maíz usando probadores. Durante el ciclo O - I 1996/97 fueron evaluados en el Campo Experimental Cotaxtla mestizos de líneas sobresalientes y provenientes de varias fuentes de germoplasma como son : a) Líneas recicladas de H-513 X VS-536, b) Líneas derivadas de un compuesto de amplia base genética, c) Líneas élite de programa de maíz de Cotaxtla (LT^s) y d) Líneas de CIMMYT (CML^s). Como probadores se usaron las líneas LT-154 y LT-155 progenitores del híbrido H-513 y las líneas CML247 y CML254 cuya cruza es un patrón heterótico definido por CIMMYT para el trópico. Hubo líneas con buen comportamiento *per-se* tanto en rendimiento como en características agronómicas y que se encuentran formando mestizos sobresalientes con uno o varios probadores. Con relación a la Aptitud combinatoria, se encontró que las líneas F31XF30-4-3-1, F41XF40-1-2-1, CABG3'-12-2-1-2-1-1, LT174 y CML15 registraron los máximos valores con el probador 2 (LT155); F4XF3-5-2-1 y CML15 con el probador 4 (CML254). Así también, las líneas F4XF5-5-1-1, y CABG3'-12-2-1-2-1-1, LT174, CML13 y CML15 con buena ACG. Con relación a los probadores, se encontró que para el grupo de líneas Recicladas, los probadores 1(LT154) y 4 (CML254) registraron los coeficientes de regresión más altos, lo que indica que permiten identificar líneas sobresalientes. Para líneas CABG fué el probador 2 (LT155) el que registró el mejor valor y en líneas Élite, los probadores 2(LT155), y 3(CML247) identificaron mejor a las líneas sobresalientes. Para las líneas del CIMMYT el mejor valor fué para el probador 4(CML254).

ABSTRACT

General and specific combining ability for tropical lines of corn using testers. Thus, during autumn - winter season in 1996/97, there were evaluated in Cotaxtla, Ver. top crosses of tropical maize lines derived of several sources of germplasm such as: a) Recycled lines from H-513XVS-536, b) lines derived from a compound of wide genetic base (CABG3), c) Elite lines from Cotaxtla maize program and d) CIMMYT lines. There were used as testers, the lines LT154, and LT155 which are parents of H-513 and CML247 and CML254 which cross is an heterotic pattern defined by CIMMYT for the tropic. There were found lines like F31 x F30-4-3, F41 x F40-1-2, CABG3'-12-2-1-2-1, LT-174 y CML55 that registered good specific combining ability with tester 2 (LT-155); and F4 x F3-5-2 and CML15, with tester 4 (CML 254). On the other hand F4 x F5-5-1, CABG3'-12-2-1-2-1, LT-174, CML13 and CML 15 had the best general combining ability. In relation with testers, it was found for recycled lines, that testers LT154 and CML254 registered the highest values for regression coefficients; It indicates that these testers identify the best lines; In lines derived from CABG3, tester LT155 registered the best value; In Elite lines, testers 2(LT155) and 3(CML247) identified better lines and from CIMMYT lines the best tester was CML254.



¹ Presentado en la XLV Reunión Anual del PCCMA, Guatemala, 1999.

² Programa de Maíz del Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. A.P 429 Veracruz, Ver. México.

³ Universidad Autónoma Chapingo, Guadalajara, Jal.

⁴ Programa de maíz del Campo Experimental de Santiago Ixcuintla, Nay.

INTRODUCCIÓN

En el área tropical de México se siembran aproximadamente tres millones de hectáreas con maíz de las cuales poco más de un millón están comprendidas en las provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y 100 mil hectáreas son sembradas bajo condiciones de riego. En esta área se recomienda preferentemente el uso de híbridos de cruza simple, trilineales y dobles que expresan al máximo su potencial genético dado por el efecto heterótico de cruzar progenitores de relativa divergencia genética. Covarrubias (1960), Barrientos (1962), Castro (1964), Sierra *et al* (1990), y Melchinger (1997). Para el trópico Mexicano, Wellhausen (1978) sugirió utilizar el patrón heterótico natural entre complejos germoplásmicos cristalinos y dentados.

El programa de maíz cuenta con un grupo importante de líneas que pueden ser usadas en la formación de nuevos híbridos. Sin embargo, es necesario discriminar líneas en base a su buena Aptitud Combinatoria General (AGC) y Específica (ACE) y a su comportamiento per-se desde el punto de vista de su rendimiento, adaptación y producción de su semilla. El uso de probadores en la selección de líneas representa una estrategia metodológica alternativa en la generación de híbridos ya que permite de una manera eficiente dirigir cruzamientos y lograr mejores combinaciones híbridas. Fehr (1982) y Sierra *et al.* (1991).

Objetivos:

- Conocer el rendimiento y características agronómicas de mestizos de líneas de maíz usando como probadores las líneas: LT154, LT155, CML247 y CML254.
- Conocer el rendimiento y características agronómicas y arquetípicas de las líneas.
- Definir las mejores líneas por su comportamiento per se y aptitud combinatoria.
- Definir los mejores probadores para cada grupo de líneas.
- Definir los grupos heteróticos con base en los probadores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente trabajo de investigación se condujo en el Campo Experimental Cotaxtla perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con clima Aw1 de acuerdo con la clasificación climática descrita por García (1981).

Germoplasma utilizado

Se incluyeron en la presente investigación líneas con diversos nivel de endogamia provenientes de varias fuentes de germoplasma:

- Líneas élite del programa de maíz de Cotaxtla.
- Líneas derivadas de un compuesto germoplásmico de amplia base genética.
- Líneas generadas por CIMMYT para el trópico.
- Líneas recicladas de H-513XVS-536.

Como probadores se usaron las líneas LT-154 y LT-155 que son los progenitores del híbrido H-513 Sierra *et al* (1994) y las líneas CML 247 y CML 254 cuya cruza es un patrón heterótico definido por el CIMMYT para el área tropical . McLean *et al.* (1987).

Procedimiento

El desarrollo de la investigación y el orden cronológico se muestran en el Cuadro 1. Así, durante el ciclo PV 1996-96 se formaron mestizos con las líneas seleccionadas usando los cuatro probadores previamente descritos, en un lote de polinización controlada. Para el ciclo O-I 1996-97 y bajo condiciones de riego se condujeron dos tipos de ensayos: a) Evaluación per-se de las líneas y b) Evaluación de mestizos de líneas con los probadores LT-154 ,LT-155, CML 247 y CML 254. En los dos casos los diseños utilizados fueron alfa látice con dos repeticiones en parcelas de un surco de cinco metros de largo para los mestizos y de tres metros para las líneas y estuvieron separados a 80 cm. La siembra se hizo depositando dos semillas cada 20 cm para dejar una planta por mata previo al atierre, es decir, una densidad de población de 62.500 plantas por hectárea.

Cuadro 1. Cronología de actividades desarrolladas.

Ciclo	Actividades desarrolladas
P-V 1996-96	Formación de mestizos de líneas usando como probadores LT-154, LT-155, CML247 y CML254.
O-I 1996-97	Evaluación per-se de líneas y de mestizos formados. Definición de grupos heteróticos.

El Cuadro 2, describe los experimentos conducidos durante el ciclo Otoño-Invierno 1996/97 en el Campo Experimental Cotaxtla.

Cuadro 2. Descripción de experimentos sobre uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz. Cotaxtla 1997A

No.de Exp.	Descripción	Diseño Alfa-látice	No.de Trat.
1	Evaluación de mestizos de líneas recicladas de H-513XVS-536.	13X10	130
2	Evaluación de mestizos de líneas derivadas de un compuesto de amplia base genética.	8X8	64
3	Evaluación de mestizos de líneas élite del programa.	8X8	64
4	Evaluación de mestizos de líneas de CIMMYT.	9X9	81
5	Evaluación de líneas <i>per-se</i>	14X10	140

Variables y registro de datos

Las variables medidas en cada experimento fueron las siguientes:

- Número de plantas por parcela
- Calificación visual de planta
- Porcentaje de grano
- Altura de planta
- Altura de mazorca
- Calificación visual de mazorca
- Sanidad de planta
- Días a floración masculina
- Días a floración femenina
- Peso húmedo de campo
- Sanidad de mazorca -Mazorcas podridas
- Mazorcas con mala cobertura
- Porcentaje de materia seca

Metodos estadísticos

Se hicieron análisis de varianza para las variables en estudio en cada uno de los cinco experimentos. Así también se hicieron análisis de varianza combinados para cada grupo de mestizos para conocer los efectos de las fuentes de variación : Líneas (L), Probadores (P), y la interacción LXP. Se obtuvieron los valores de Aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) para cada grupo de líneas. Por lo que se refiere a los probadores, se calcularon los coeficientes de regresión a través del uso de parámetros de estabilidad ya que en realidad el problema es de interacción línea x probador y por lo tanto se le puede aplicar el modelo de Eberhart y Russell (1966) en los siguientes términos : $M_{ij} = U + p_j - B_i + d_{ij}$ en donde, U es la media general, p_j es el índice del probador j y B_i el coeficiente de regresión de la línea i sobre los efectos de los probadores y d_{ij} la desviación de la regresión. Si se procede así, entonces B_i nos dice en que forma combina la línea i con los probadores.

por ejemplo si es mayor que uno nos dice que combina muy bien con buenos probadores pero muy mal con malos probadores, ahora, si es menor que uno indica que combina mal con buenos probadores pero relativamente bien con malos probadores por lo que se trata de una línea indeseable. Ahora lo mismo puede hacerse con respecto a los probadores, por lo que si B_i es mayor que uno se trata de un probador que identifica bien las líneas sobresalientes, es entonces un probador adecuado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo se muestran en los Cuadros 3 al 8. En el Cuadro 3 se muestra la significancia para tratamientos, los valores medios y los coeficientes de variación para cada una de las variables evaluadas en los experimentos de líneas y mestizos con los probadores LT-154, LT-155, CML247 y CML254 . Puede verse que con excepción del experimento de mestizos de líneas élite, en el resto de los experimentos se encontró diferencia significativa y en todos se registraron coeficientes de variación relativamente bajos, lo que sugiere que el manejo de los experimentos y los resultados obtenidos son confiables.

Rendimiento

Por lo que se refiere a la variable rendimiento, en los análisis de varianza realizados para los cinco experimentos se encontró diferencia altamente significativa y coeficientes de variación relativamente bajos lo que sugiere buen manejo del experimento y los resultados obtenidos son confiables. El Cuadro 4 muestra el comportamiento de las líneas *per-se* y sus mestizos sobresalientes con cada uno de los cuatro probadores . Puede verse de este cuadro, que del grupo de líneas recicladas de H-513XVS-536, se encontraron cinco de ellas con rendimiento *per-se* superior a las dos t/ha y que además varios de sus mestizos registraron rendimientos hasta de 10 t/ha. También se observa de este grupo de líneas que los mejores rendimientos se registraron en los mestizos con los probadores dos , tres y cuatro; particularmente, vemos la línea FAM31X FAM30-4-3-1 que registró las mejores combinaciones con los probadores dos y cuatro. De las líneas derivadas del Compuesto de amplia base genética (CABG3), se observa claramente la separación de dos grupos heteróticos con los probadores uno y dos; De las nueve líneas involucradas y que forman los mestizos sobresalientes , siete de ellas registraron un rendimiento *per-se* superior a las dos t/ha. De las líneas élite de Cotaxtla, destacan las líneas LT-174, LT-170 y LT-158 con rendimiento *per-se* superior a las tres t/ha y mestizos sobresalientes con los probadores dos, uno y tres respectivamente y rendimientos superiores a las nueve t/ha. Finalmente,

Cuadro 3. Significancia para tratamientos, valores medios y coeficiente de variación en experimentos de líneas y de mestizos usando probadores. Cotaxtla 1997 A.

No. Exp.	Estadísticas	Rend. ton/ha	Altura		Días flor		Aspecto		Sanidad	
			Planta.	Maz.	?	?	Pta.	Maz.	Pta.	Maz.
1	Mest. líneas recicladas. CM	2,2**	312,4**	294,9**	11,2**	11,1**	0,7**	0,6**	0,9**	1,0**
	Media general	7,3	187,3	92,9	71,4	72,4	7,8	8,1	7,5	7,5
	C.V.(%)	13,5	4,4	8,7	1,3	1,33	8,5	6,4	7,5	7,3
2	Mest. líneas CABG CM	1,8*	295,2*	241,4**	10,2**	10,9**	0,5NS	0,4**	1,3**	1,0**
	Media general	7,8	201,2	101,6	68,8	69,8	7,5	7,8	7,4	7,4
	C.V. (%)	13,7	3,8	5,76	0,39	0,64	7,8	5,8	6,6	7,0
3	Mestizos líneas élite CM	1,4NS	217,4*	145,6NS	12,94	12,3**	0,5NS	0,4*	0,6	0,7NS
	Media general	8,17	195,2	97,97	69,12	70,1	7,6	7,8	7,5	7,5
	C.V. (%)	10,7	5,1	9,8	0,98	1,7	7,3	6,0	8,3	10,1
4	Mest. líneas CMLs CM	1,5**	308,0**	229,8**	6,77**	4,8*	0,7*	0,8	1,0**	0,8**
	Media general	7,7	199,1	104,5	70,45	71,4	7,8	7,3	7,9	7,4
	C.V. (%)	12,2	4,1	6,3	2,4	0,6	8,7	8,1	8,8	8,9
5	Líneas <i>per-se</i> CM	2,6**	1176,1**	530,3**	76,4**	78,4**	2,1**	2,9	2,2**	3,0**
	Media general	3,2	151,3	72,0	68,7	69,7	7,0	6,5	6,9	6,3 13,2
	C.V. (%)	20,8	11,7	14,9	0,7	0,7	9,7	12,2	10,0	

* Significancia para tratamientos al 0,05 de probabilidad

**Significancia para tratamientos al 0,01 de probabilidad

NS No significativo

del grupo de líneas denominadas CMLs, destacan las líneas CML55, CML15, CML13, y CML2 las cuales registraron buen rendimiento *per-se* con los probadores dos (CML55, CML13, y CML2) y 4 (CML15). Por lo que hace a los testigos, el híbrido H-513 registró mejor rendimiento (8399 kg/ha) que la cruz CML 247 X CML 254 (7663 kg/ha) y ambos con buen rendimiento *per-se* de los progenitores. El encontrar líneas que registren buen comportamiento *per-se* y con buena aptitud combinatoria permite una mejor expectativa de uso por las ventajas que ofrece desde el punto de vista de la producción de semillas. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros investigadores y con otro tipo de germoplasma entre ellos Fehr (1982), McLean *et al* (1997) y Sierra *et al* (1991)

Aptitud combinatoria general y específica

En el Cuadro 4 se muestran los valores de ACG y ACE para rendimiento de grano en mestizos sobresalientes en los cuatro grupos de líneas. Para el grupo de líneas recicladas, se tuvo poca frecuencia de líneas con buena ACE con los probadores uno y dos en virtud de que estos son los progenitores del H-513, por lo que no hubo muy buena expresión de heterosis; Sin embargo, sobresalen las líneas: F31 x F30-4-3-1, F41 x F40-1-2-1, F49XF48-4-3-1, y F8XF7-2-1-1, que registraron los mejores rendimientos y valores de ACE con el probador 2 (LT-155); F5XF4-5-1-1 y F4XF3-1-1-1 con el probador 3 (CML247); F31XF30-4-3-1, F4 x F3-5-2-1, F8XF7-2-1-1, F49XF48-4-2-1, y F5XF4-5-1-1 su me-

yor respuesta con el probador 4 (CML254). De este mismo grupo de líneas destacan F31XF30-4-3-1, F5XF4-5-1-1, F4xF3-5-2-1, F49XF48-4-2-1 y F4XF3-1-1-1, las cuales registraron buen rendimiento *per se* y los mejores valores de ACG. Por lo que se refiere a los probadores se tuvo una mayor frecuencia de mestizos sobresalientes con los probadores dos y cuatro, y también estos probadores registraron los mejores valores de ACG. Por lo que se refiere al grupo de líneas derivadas del compuesto de amplia base genética (CABG), las líneas: CABG3'-10-1-7-1-1-1, CABG3'-75-2-3-1-3-1, y CABG3'-47-3-2-2-2-1, tuvieron los mejores valores de ACE con el probador uno (LT154) y las líneas CABG3'-12-2-1-2-1-1, CABG3'-10-1-7-1-2-1, CABG3'-10-1-2-1-4-1, CABG3'-10-1-7-2-2-1, y CABG3'-3-4-2-13-1 registraron los mejores rendimientos y valores de ACE con el probador dos (LT155); Por lo que hace a la ACG sobresalieron las líneas CABG3'-12-2-1-2-1-1 y CABG3'-10-1-7-1-1-1, CABG3'-10-1-2-1-4-1, y CABG3'-10-1-7-1-2-2-1. Por lo que se refiere a las líneas Élite del programa de maíz las líneas LT164, LT169, LT176 y LT170 registraron los mejores valores de ACE con el probador uno; por su parte las líneas LT174 y LT180 tuvieron buena ACE con el probador dos. La línea LT158 tuvo buena ACE con el probador tres y la línea LT181 registró el mejor valor de ACE con el probador cuatro. Por lo que se refiere a la ACG fueron las líneas LT174, LT170, LT164, LT181 y LT182 las que registraron los máximos valores. Finalmente y con relación al grupo de líneas de CIMMYT se encontró que las líneas CML1 y CML270 tuvieron buena

Cuadro 4. Rendimiento *per se* y Aptitud Combinatoria General y Específica de líneas de maíz con cuatro probadores. COT97A.

Genealogía		Rendimiento grano t/ha.		
Líneas Recicladadas	<i>Per- se</i>	Prob 1(ACE)	Prob 2(ACE)	Prom.(ACG)
F31 x F30-4-3-1	2,91	6,2 (-2,45)	10,23 (2,44)*	8,22 (0,97)*
F41 x F40-2-1-1	1,41	7,27 (-1,44)	9,24 (1,43)*	8,23 (0,98)*
F49XF48-4-3-1	3,25	7,39(-1,08)	8,69(1,07)*	8,04(0,79)
F8XF7-2-1-1	2,75	4,76(-2,51)	8,92(2,50)*	6,84(-0,41)
		Probador 3	Probador 4	
F5 x F4-5-1-1	3,59	9,05 (-0,35)*	9,12 (0,35)*	9,08 (1,32)*
F4 x F3-5-2-1	3,05	7,94 (-1,11)	9,53 (1,11)*	8,73 (0,97)*
F49XF48-4-2-1	2,04	8,17(-0,89)	9,33 (0,89)*	8,75(0,99)*
F4XF3-1-1-1	2,08	9,11(0,07)*	8,35 (-0,07)	8,73(0,97)*
F8XF7-2-1-1	2,75	7,80(-0,91)	8,99 (0,91)*	8,40(0,64)
F31XF30-4-3-1	2,91	7,59(-1,55)	10,06 (1,55)*	8,83(1,07)*
Líneas CABG		Probador 1	Probador 2	
CABG3 ⁻ -12-2-1-2-1-1	1,84	7,99 (-1,2)	10,24 (1,19)*	9,12 (1,11)*
CABG3 ⁻ -10-1-7-1-1-1	1,44	9,05 (0,09)*	8,73 (-0,09)	8,89 (0,88)*
CABG3 ⁻ -10-1-7-1-2-1	2,31	7,44(-1,21)	9,72 (1,21)*	8,58(0,57)
CABG3 ⁻ -10-1-2-1-4-1	4,58*	8,16 (-0,64)	9,3 (0,64)	8,73 (0,72)*
CABG3 ⁻ -10-1-7-2-2-1	3,87**	8,15 (-0,62)	9,24 (0,61)	8,7 (0,69)*
CABG3 ⁻ -75-2-3-1-3-1	4,36*	9,05(0,52)*	7,86(-0,53)	8,46(0,45)
CABG3 ⁻ -47-3-2-2-2-1	3,14	8,90(1,54)*	5,67(-1,55)	7,29(-0,72)
CABG3 ⁻ -3-4-2-1-3-1	3,88**	7,03(-0,97)	8,83(0,97)*	7,93(-0,08)
Líneas Elite		Probador 1	Probador 2	
LT-164	4,32*	8,86(0,11)	8,74(-0,11)	8,8(0,66)*
LT-169	4,65*	8,71(0,97)*	6,88(-0,97)	7,8(-0,35)
LT-176	5,39*	8,69(0,35)	8,06(-0,35)	8,39(0,25)
LT-180	3,19	7,47(-0,59)	8,75 (0,59)	8,11(-0,03)
LT-174	3,17	8,41 (-0,82)	10,1 (0,82)*	9,28 (1,14)*
LT-170	4,42*	9,27 (0,23)	8,91 (-0,23)	9,09 (0,95)*
		Probador 3	Probador 4	
LT-182	4,91*	8,61(0,0)	8,61(0,0)	8,61(0,59)
LT-158	5,67*	9,04 (0,53)	8,05 (-0,52)	8,55 (0,53)
LT-181	2,91	8,6 (-0,12)	8,89 (0,12)	8,78 (0,75)*
Líneas CIMMYT		Probador 1	Probador 2	
CML1	3,58	8,79 (0,07)	8,22(-0,08)	8,51(0,74)*
CML2	2,87	7,36 (-1,08)	9,10(1,08)*	8,23(0,47)
CML7	2,34	8,51 (0,19)	8,47(-0,19)	8,49(0,73)*
CML13	3,07	8,69 (-0,59)	9,44 (0,58)	9,06 (1,3)*
CML55	4,91*	5,51 (-2,27)	9,63 (2,27)*	7,57 (-0,19)
CML270	2,84	8,79 (0,16)	8,05(-0,16)	8,42(0,66)*
		Probador 3	Probador 4	
CML 15	3,01	7,85 (-1,08)	9,51 (1,07)*	8,68 (1,16)*
Probador 1 (LT154)	3,07	CML247XCML254		7,66
Probador 2 (LT155)	4,08	LT154XLT155 (H-513)		8,39
Probador 3 (CML247)	4,45			
Probador 4 (CML254)	2,17			

* / Mejores valores de ACE y ACG.

ACE con el probador uno, las líneas CML2, CML13 y CML55 buena ACE con el probador dos y la línea CML15 tuvo su mejor combinación con el probador cuatro; De este grupo de líneas, CML13, CML15 y CML1 registraron los mejores valores de ACG. Vemos también de este cuadro, que hubo una separación de los grupos heteróticos de líneas definidas por los probadores que pueden participar en la formación de nuevas combinaciones híbridas. Las líneas con mejores valores de ACE aprovechan el tipo de acción génica desviación de aditividad que puede explotar mayormente el fenó-

meno de la heterosis en la formación de híbridos. Así también, un grupo importante de líneas con buena ACG que pueden ser utilizados en la formación de Variedades Sintéticas. Reyes (1985), Melchinger (1997), Barrientos (1962), Castro (1964), Covarrubias (1960)

Interacción línea-probador.

Para conocer los efectos tanto de líneas (L), probadores (P), como de interacción línea - probador (LXP), se hicieron análisis de varianza combinados con cada

grupo de líneas. En el grupo de líneas recicladas, se encontró diferencia altamente significativa para las fuentes de variación: Líneas, probadores y para la interacción LXP; Para los grupos de líneas derivadas del CABG y Elite con los probadores uno y dos no hubo diferencia significativa. Para las líneas Elite con los probadores tres y cuatro se registró diferencia altamente significativa para líneas y significativa para la interacción LXP ; y para el grupo de líneas del CIMMYT, se encontró diferencia significativa para líneas con los probadores uno y dos y para probadores con los probadores tres y cuatro (Cuadro 5). Estos resultados nos indican las diferencias en respuesta con cada grupo de líneas y la variabilidad genética presente. Así también, el hecho de encontrar diferencia mayor en líneas recicladas fué debido principalmente a que participó con un mayor número de líneas y en el análisis participaron los cuatro probadores; Esto definitivamente reduce el valor del cuadrado medio del error experimental. Así como también, los probadores son genéticamente diferentes y por lo tanto existen diferencias en respuesta Fehr (1982) y Sierra *et al* (1991). Para el grupo de líneas del CABG no se detectaron diferencias debido seguramente a que fué un menor número de líneas y solamente dos probadores los que participaron en el análisis. El grupo de líneas Elite solo encontró diferencia para líneas y para la interacción LXP, solamente cuando se analizó con los probadores 3(CML247) y 4(CML254); Esto sugiere la importancia de usar un patrón heterótico con mayor divergencia genética con respecto al grupo de líneas. Sierra *et al* (1990) y Wellhausen (1978). En el caso de líneas del CIMMYT, encontraron su mayor diferencia en respuesta con los probadores 1(LT154) y 2 (LT155) que son los progenitores del H-513. Lo anterior nos indica que hubo diferencia en respuesta en cada grupo de líneas con los cuatro probadores.

Cuadro 5. Cuadrados medios y significancia para las fuentes de variación en cada grupo de líneas. COT97A.

Fuente de variación	Líneas Recicladas	Líneas CABG	Líneas Elite		Líneas CIMMYT	
	1,2,3 y 4	1 y 2	1 y 2	3 y 4	1 y 2	3 y 4
Repetición	11,03**	11,43**	1,71NS	0,48 NS	0,24 NS	0,46 NS
Línea	13,71**	1,92 NS	1,20 NS	1,38**	2,40*	1,00 NS
Probador	3,03**	0,30 NS	0,11 NS	0,01 NS	2,74 NS	2,64*
L x P *	1,27**	2,45 NS	0,98 NS	0,59 NS	1,75 NS	1,14 NS
Error	0,42	1,51 NS	0,86 NS	0,21	1,1	0,50
C.V. (%)	9,01	13,34	11,4	5,74	13,5	9,39

*= Interacción línea x probador.

1= Probador 1(LT154)

2= Probador 2(LT155)

3= Probador 3(CML247)

4= Probador 4 (CML254)

Análisis de regresión para los probadores

Con relación a los probadores, el Cuadro 6 y Figuras 1 a 4, muestran los coeficiente de regresión obtenidos para cada grupo de líneas y su representación gráfica. Así, vemos que para las líneas recicladas de H-513 x VS-536 los probadores 1 (LT-154) y 4 (CML254) registraron los coeficientes de regresión más altos lo que nos indica que permiten identificar líneas sobresalientes que a su vez formen híbridos sobresalientes, para el grupo de líneas CABG fué el probador 2 (LT-155) el que caracteriza mejor a las líneas; Para el grupo de líneas elite, los probadores 2(LT-155) y 3(CML247) identifican mejor las líneas sobresalientes y para el grupo de líneas de CIMMYT el mejor valor fué para el probador 4(CML254). Esta información nos indica la importancia de usar como probadores a los progenitores de híbridos comerciales y que existen diferencias en el comportamiento de los probadores para cada grupo de líneas. Fehr (1982), McLean *et al* (1997) y Sierra *et al* (1991).

Cuadro 6. Coeficiente de Regresión para los cuatro probadores con cada grupo de líneas COT 97A.

Grupo líneas	Probadores			
	1	2	3	4
RECICLADAS	1,6*	0,24	0,81	1,35*
CABG	0,41	1,59*	-	-
ELITE	0,81	1,19*	1,17*	0,83
CIMMYT	0,94	1,06	0,55	1,45*

Características agronómicas

El Cuadro 7 muestra las características agronómicas de mestizos sobresalientes con los cuatro probadores. Podemos ver en general, que existen diferencias en cuanto a precocidad, así también en cuanto a altura de planta y de mazorca, aún cuando la mayoría de los mestizos tiende a ser de planta baja, relativamente similares a los testigos H-513 y CML 247 x CML 254. Sin embargo, es importante resaltar en cuanto a las variables: calificación de aspecto y sanidad de planta y de mazorca que la mayoría de ellos registran valores que nos indican que son mestizos con muy buen aspecto tanto en planta como en mazorca, así también no registran prácticamente presencia de enfermedades en planta y sin daño de pudriciones en la mazorca.

Por lo que se refiere a las líneas que forman estos mestizos sobresalientes (Cuadro 8) estos presentan variación para días a floración masculina y femenina sin embargo, presentan buena sincronía, lo que es muy importante desde el punto de vista de la producción de semillas.

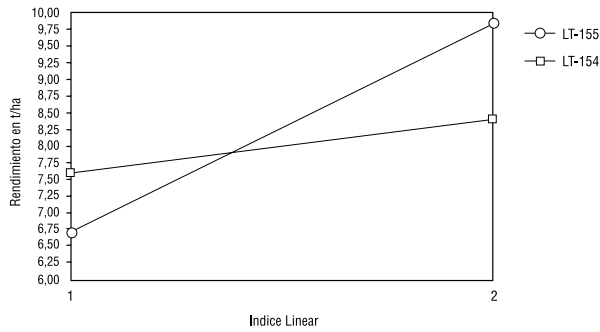


Fig. 1. Regresión de líneas derivadas de un CABG con probadores uno y dos.

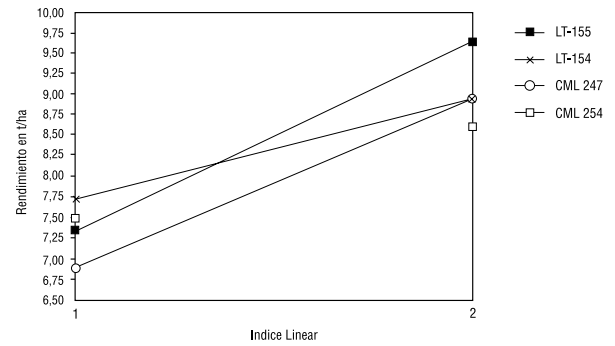


Fig. 3. Regresión de líneas élite de Cotaxtla.

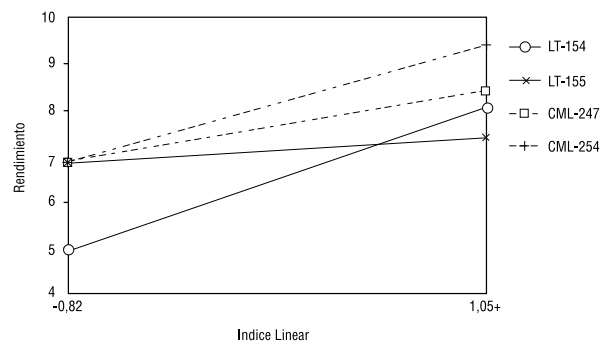


Fig. 2. Regresión de probadores para líneas recicladas.

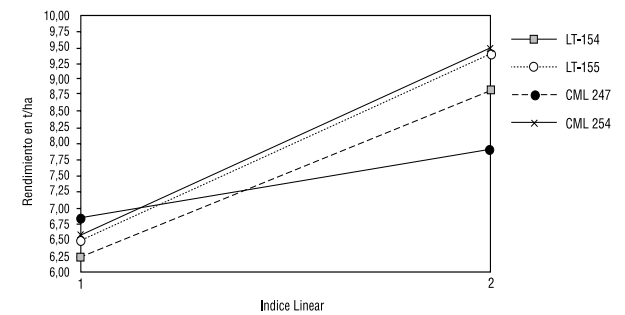


Fig. 4. Regresión de líneas CIMMYT con probadores.

Por lo que hace a la altura de planta y de mazorca registran variación desde 141 a 180 cm. y de 45 a 103 cm. para cada variable, respectivamente. De este grupo de líneas vale la pena resaltar las líneas : CABG3-10-1-2-1-4-1, CABG3-3-4-2-1-3-1, LT-170, LT-158, LT-180, LT-176, CML 55, CML 15, CML 1, los cuales, además de estar formando los mejores mestizos con los probadores LT-154, LT-155, CML 247 y CML 254, registran buen rendimiento *per-se* y excelente calificación de aspecto y sanidad de planta y de mazorca.

CONCLUSIONES

- Las líneas F31 x F30-4-3, CABG3-12-2-1-2-1 y CML-55 registraron la mejor Aptitud Combinatoria Específica con el probador dos.
- Las líneas F5 x F4-5-1, CABG3-12-2-1-2-1, LT-174 y CML-13 registraron los mejores valores de Aptitud Combinatoria General.
- El efecto de los probadores para identificar a las mejores líneas en cada grupo fue diferente y la mayor frecuencia de mestizos sobresalientes se registró con los probadores dos y cuatro.
- Existe variabilidad genética entre y dentro de grupos de líneas.
- Se encontró una separación de grupos heteróticos de líneas a través del uso de probadores.
- Se encontraron líneas con buen comportamiento *per-se* y con buena Aptitud combinatoria general y específica que pueden ser usados en la formación de híbridos y/o sintéticos.

Cuadro 7. Características agronómicas de mestizos sobresalientes con cuatro probadores.COT 97A.

Genealogía	Días a flor	Días a flor	Alt. plta. cm.	Alt.mz. cm. cm.	Calif. plta. ^{1/}	Sanidad plta. ^{1/}	Calif. mz. ^{1/}	Sanidad mz. ^{1/}
Líneas recicladas								
FAM31XFAM30-4-3 X 2	67	68	186	94	8,5	8,5	7,5	7,5
FAM31XFAM30-4-3 X 4	68	69	188	95	8,0	8,0	8,0	8,0
FAM4XFAM3-5-2 X 4	73	74	204	116	8,5	8,0	9,0	9,0
FAM49XFAM48-4-2 X 4	74	75	203	110	8,0	8,0	8,5	8,5
FAM4XFAM3-1-1 X 3	70	71	188	85	7,5	8,5	8,0	8,0
FAM5XFAM4-5-1 X 4	72	73	209	114	9,0	9,0	8,0	8,0
Líneas CABG 3								
CABG3-12-2-1-2-1 X 2	68	69	207	103	7,5	8,0	8,0	7,5
CABG3-10-1-7-2-2 X 3	68	69	206	112	7,5	8,0	8,0	8,0
CABG3-10-1-7-1-2 X 2	67	68	217	110	8,5	8,5	9,0	8,0
CABG3-10-1-2-1-4 X 2	67	68	216	113	8,5	8,5	8,5	8,0
CABG3-10-1-7-2-2 X 2	70	71	218	115	7,5	8,5	8,0	8,0
CABG3-10-1-7-1-1 X1	70	71	194	95	8,0	8,0	7,5	8,0
CABG3-75-2-3-1-3 X 1	70	71	210	108	8,0	8,0	9,0	8,0
CABG3-40-2-1-1-1 X 4	67	68	217	110	8,5	9,0	9,0	9,0
CABG3-40-2-1-1-3 X 1	67	68	203	97	8,0	8,0	8,5	8,0
CABG3-47-3-2-2-2 X 1	70	71	204	105	8,0	8,5	8,0	8,0
CABG3-3-4-2-1-3 X 2	68	69	203	105	7,0	7,5	7,5	7,5
Líneas élite Cotaxtla								
LT-174 X 2	70	71	198	97	8,5	8,5	7,5	7,5
LT-170 X 1	70	71	194	98	7,0	8,0	8,0	7,5
LT-158 X 3	67	68	187	105	8,0	8,0	8,0	7,5
LT-170 X 2	70	71	202	105	7,0	8,0	7,5	7,0
ST-549 X 4	69	70	216	113	7,0	6,5	8,0	8,0
LT-174 X 1	67	68	199	94	7,5	8,0	8,0	7,5
LT-163 X 2	69	70	219	117	7,5	8,0	8,0	7,5
LT-164 X 2	67	68	206	101	7,5	8,0	7,5	6,5
Líneas CMLS								
CML 55 X2	70	71	214	120	8,5	7,5	8,5	8,0
CML 15 X 4	70	71	209	112	8,5	9,0	9,0	8,5
CML 13 X 2	71	72	220	106	8,5	7,0	8,0	6,5
CML2 X 2	70	71	199	114	8,5	7,5	8,0	7,5
CML 3 X 3	70	71	208	108	8,0	8,0	8,5	8,0
CML 1 X 1	70	71	207	112	8,0	8,5	8,0	8,0
TESTIGOS								
H-513	73	74	201	101	8,0	7,9	8,1	7,6
CML 247 X CML 254	71	72	195	106	8,1	7,9	8,2	8,3

^{1/} Escala de calificación de 1 a 9 donde, 9 es lo mejor y 1 es lo peor.

Probador 1= LT-154

Probador 2= LT-155

Probador 3= CML 247

Probador 4= CML 254

Cuadro 8. Características agronómicas de líneas que forman mestizos sobresalientes con cuatro probadores. COT 97 A.

Genealogía	Días a flor	Días a flor	Alt. plta. cm.	Alt.mz. cm.	Calif. plta. ^{1/}	Sanidad plta. ^{1/}	Calif. mz. ^{1/}	Sanidad mz. ^{1/}
Líneas recicladas								
FAM31XFAM30-4-3-1	68	69	155	63	6,5	7,0	6,5	6,5
FAM4XFAM3-5-2-1	72	75	160	76	6,0	5,5	6,5	6,0
FAM49XFAM48-4-2-1	69	70	137	64	7,0	7,5	7,0	7,0
FAM4XFAM3-1-1-1	74	75	135	45	6,0	5,5	7,0	7,0
FAM5XFAM4-5-1-1	70	71	168	85	6,0	8,0	6,0	6,5
Líneas CABG 3								
CABG3-12-2-1-2-1-1	71	72	128	68	6,5	6,5	6,5	7,0
CABG3-10-1-7-2-2-1	71	72	177	103	8,0	8,0	5,0	4,5
CABG3-10-1-7-1-1-2-1	71	72	151	79	7,5	7,5	6,0	6,5
CAGB3-10-1-2-1-4-1	71	72	180	94	8,5	8,0	7,0	7,0
CABG3-10-1-7-1-1-1	71	72	155	77	6,5	7,0	5,5	6,0
CABG3-75-2-3-1-3-1	70	71	182	92	8,0	8,0	7,5	7,5
CABG3-40-2-1-1-3-1	67	68	168	78	8,0	7,5	5,0	5,0
CABG3-47-3-2-2-2-1	70	71	161	78	7,0	7,0	6,0	5,5
CABG3-3-4-2-1-3-1	70	71	155	65	7,5	7,0	8,0	7,5
Líneas élite Cotaxtla								
LT-174	69	70	167	93	8,0	8,0	7,0	6,0
LT-170	70	71	156	83	8,0	7,5	9,0	8,5
LT-158	67	68	171	90	9,0	8,0	9,0	8,0
ST-549	68	69	154	81	6,5	5,5	7,0	8,0
LT-164	67	68	187	94	7,5	7,5	7,5	6,5
LT-163	67	68	160	85	7,0	7,5	7,0	7,5
LT-180	68	69	141	52	7,0	7,0	8,0	7,5
LT-169	70	71	172	76	7,0	7,0	7,0	6,0
LT-176	70	71	172	75	8,5	8,5	8,0	8,0
LT-182	70	71	149	78	7,5	7,5	7,0	7,0
Líneas CMLS								
CML 55	73	74	172	90	8,0	8,0	7,0	7,5
CML 15	70	71	151	77	7,5	8,0	7,5	8,0
CML 13	71	72	155	75	7,0	7,5	6,0	6,0
CML 2	70	71	141	71	7,5	7,5	7,5	7,5
CML 3	70	71	157	57	6,5	7,0	6,0	6,0
CML 1	70	71	178	95	8,5	8,0	7,5	7,5
CML 270	68	69	141	63	6,5	7,0	7,0	7,0
TESTIGOS								
LT-154	69	70	144	58	7,0	7,0	7,0	6,5
LT-155	70	71	158	74	8,5	7,5	8,0	7,0
CML 247	70	71	131	58	7,0	7,0	7,0	6,5
CML 254	71	72	145	76	7,0	6,5	6,0	7,0

^{1/} Escala de calificación de 1 a 9, donde 9 es lo mejor y 1 es lo peor.

LITERATURA CITADA

- BARRIENTOS, P.F. 1962. Aprovechamiento de cruas intervarietales en el programa de mejoramiento de maíz en la mesa central. Tesis M.C. C.P. Chapingo, Méx. 60 p.
- CASTRO, G.M. 1964. Rendimiento y heterosis de cruas intervarietales en México. Tesis MC. C.P. Chapingo, Méx. 61 p.
- COVARRUBIAS, C.R. 1960. Cruas intervarietales, una gran posibilidad para los programas de mejoramiento de maíz en Latinoamérica. Managua, Nicaragua. Informe de la VI Reunión Centroamericana del PCCMCA. pp. 11-14.
- EBERHART, S.A.; Russell, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop sci.* 6 : 36-40
- FEHR, R.W. 1982. Applied plant breeding. Iowa state university. Ames Iowa University Press. p. 552.
- GARCÍA, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen 3a ed. 252 p.
- MCLEAN, S.D.; VASSAL, S.K.; PANDEY, S.; SRINIVASAN, G. 1997. The use of testers to exploit heterosis in tropical maize at CIMMYT. *In: The international symposium about the genetics and exploitation of heterosis in crops.* México City, México. pp. 26-27.
- MELCHINGER, A.E. 1997. Genetic diversity and heterosis. *In: The international symposium about the genetics and exploitation of heterosis in crops.* México City, México. p. 54
- REYES C. P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor S.A. México. pp. 149-159
- SIERRA, M.M.; MARTÍNEZ, C.J.J.; ALCÁZAR, PRECIADO, A.J.J.; RODRÍGUEZ, O.R.E.; M.F.A.; ARROYO, L.M.C. 1990. Comportamiento de híbridos experimentales de maíz en el trópico húmedo de México. *In: Memoria de la XXXVI Reunión Anual del PCCMCA.* El Salvador, San Salvador, C.A. pp. 76-83
- SIERRA, M.M., PRECIADO, O.R.E., ALCÁZAR, A.J.J., RODRÍGUEZ, M.F.A. 1991. Selección de líneas por su rendimiento y adaptación con base en un patrón heterótico conocido. *In: Memoria de la XXXVII Reunión Anual del PCCMCA.* Panamá, Panamá. pp. 109-116
- SIERRA, M.M., RODRÍGUEZ, M.F.A. PRECIADO, O.R.E., CASTILLO, G.R.A., ORTÍZ, C.J., TOSQUY, V.O.H. 1994. H-513 híbrido de maíz de crusa simple para el trópico mexicano. Folleto técnico. CIRGOC. INIFAP. SARH. 18p.
- TORRES, J.L., SRINIVASAN, G. Y LOTHROP, J.E. 1994. Mejoramiento para tolerancia a la endocría y utilización de la heterosis en maíz de valles altos. *In: Memoria del 11o. Congreso Latinoamericano de genética.* Monterrey, N.L. p. 355
- VALDIVIA, B.R., VIDAL, M.V.A., Y RON, P.J. 1992. Evaluación de nuevos maíces híbridos en la región Centro Occidente en Nayarit. *In: XIV Congreso Nacional de Fitogenética.* Tuxtla Gutierrez, Chis. p. 294
- WELLHAUSEN, E.J. 1978. Recent development in maize breeding in the tropics *In: Maize breeding and genetics* D.B. Walden. Ed. Wiley, N.Y. pp. 59-84.