

APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y CORRELACIONES FENOTÍPICAS ENTRE LÍNEAS Y MESTIZOS DE MAÍZ¹

José Luis Ramírez², José Ron², Jesús Sánchez², Abraham Carcía², José Maya²

RESUMEN

Aptitud combinatoria general y correlaciones fenotípicas entre líneas y mestizos de maíz. El presente trabajo tuvo como objetivos: probar la estrategia de seleccionar líneas utilizando la prueba de aptitud combinatoria general, en forma tardía, y el comportamiento per se de dos grupos de líneas con niveles de endogamia de S_4 a S_7 . Además, estimar las correlaciones fenotípicas entre el rendimiento de grano y otros caracteres agronómicos en líneas y en mestizos, y entre líneas y sus mestizos, para varios caracteres de importancia económica. Se formaron dos grupos de mestizos, uno de ciclo intermedio y otro tardío, utilizándose como probador común la variedad V-385 C3. Simultáneamente, se multiplicaron las líneas. Las líneas per se y los mestizos se sembraron en Zapopan y Tlajomulco, Jalisco, México. El uso de la prueba tardía (S_3 o S_4 en adelante), la evaluación simultánea de líneas per se y el método gráfico desarrollado, fue una estrategia importante para seleccionar líneas con alta aptitud combinatoria general y calidad agronómica. Además, fue útil para reducir el número de líneas a evaluar y en orientar anticipadamente el tipo de híbrido a formar. La no significancia y similitud del coeficiente de correlación entre el rendimiento de grano de las líneas per se y los mestizos, en ambos grupos de líneas ($r = 0,21$ y $r = 0,20$ para líneas intermedias y tardías, respectivamente), confirma que no es del todo confiable seleccionar líneas con base en el rendimiento de sus mestizos, lo cual justifica la estrategia de realizar ambas evaluaciones.

ABSTRACT

General combining ability and phenotypic correlations between corn lines and hybrids. The objectives of this research were: (a) to evaluate the strategy of line selection using the general combining ability test (delayed form), and the performance per se of groups of lines with endogamy levels between S_4 and S_7 . (b) to estimate phenotypic correlation between grain yield and other agronomical traits in lines and hybrids, and between lines and their hybrids, for several economically important factors. Two groups of hybrids were formed, one intermediate and one late cycle. The V-385 C3 was used as the common tester. The lines were simultaneously multiplied. The lines themselves and the hybrids were planted in Zapopan and Tlajomulco, Jalisco, Mexico. Use of late testing (S_3 or S_4 and later), simultaneous evaluation of the lines themselves, and the graphic method developed were important strategies for selecting lines with a high general combining ability and agronomic quality. The study was also useful for reducing the number of lines to evaluate, and for selecting in advance the best type of hybrid to produce. Phenotypic correlation for grain yield between lines and test crosses was similar in the two lines ($r = 0.21$ and $r = 0.20$ for intermediate and late lines, respectively), and not significant. This confirms that selecting lines using only the grain yield of their test crosses is not a completely reliable procedure, and justifies the strategy of performing both evaluations.



INTRODUCCIÓN

La obtención de líneas endogámicas con buena capacidad de combinación y alta calidad agronómica que maximice la redituabilidad en la producción de semillas, es la meta de los mejoradores de maíz en la formación de variedades mejoradas para uso comercial. Sin embargo, la integración de estos dos componentes en la

selección de líneas se dificulta por el costo elevado en la evaluación de líneas per se y en cruza de prueba, para medir su calidad agronómica y su capacidad de combinación, respectivamente.

Jenkins (1935) y Sprague (1946), diseñaron la prueba temprana para evaluar la aptitud combinatoria general (ACG) de las líneas en las primeras etapas de

¹ Este trabajo fue parcialmente financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a través del Proyecto 1588 PB. México.

² Programa de Mejoramiento genético de maíz del Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. Apdo. Postal N°10, 45640 Tlajomulco, Jal. Méx. Tels. (377) 2-4051 y Fax. (377) 2-4176.

autofecundación; metodología que permite eliminar al menos 50 % de las líneas de baja ACG, reduciendo los costos de evaluación de las líneas en las generaciones subsiguientes. Los mismos autores encontraron que la ACG de las líneas quedaba definida en las primeras etapas de autofecundación, lo que posteriormente fue corroborado por Hallauer y López-Pérez (1979), y Bernardo (1992). La aptitud combinatoria general en las líneas es importante porque es informativa de la capacidad de la línea en combinación con otros progenitores y está relacionada con su valor aditivo (Sprague y Tatum, 1942).

Dado que la implementación de la prueba temprana de ACG involucra trabajos de polinización y la elección de un probador para la formación de mestizos (línea x probador), se ha intentado simplificarla realizando sólo la evaluación de líneas per se (en S_1 ó S_2), tomando como base, que en resultados encontrados en el mejoramiento poblacional a respuesta a la selección fue similar utilizando los mestizos y las líneas SI como unidades de selección (Lonnquist, 1968; Márquez, 1985); y en algunos de los sintéticos seleccionados con líneas per se y mestizos, la capacidad de combinación fue igual estadísticamente (Horner, *et al.*, 1969). Sin embargo, cuando se ha comparado la selección de líneas per se versus mestizos, los resultados no han sido consistentes en la discriminación de las líneas, debido, entre otras cosas, a que las líneas tienen mayor interacción genotipo-ambiente que los mestizos (Luna *et al.*, 1973; Galarza *et al.*, 1973, González *et al.*, 1990).

Otra opción seguida por los mejoradores para conjuntar ambas, la buena capacidad de combinación y los caracteres agronómicos deseables, es realizar la prueba tardía, la cual consiste en seleccionar para caracteres agronómicos durante las primeras tres o cuatro generaciones de autofecundación y posteriormente las líneas seleccionadas son cruzadas con un probador para evaluar su capacidad de combinación. Al respecto Bauman (1981) informó, que en los Estados Unidos de América, 0% de los mejoradores evaluaron en mestizos las líneas en S_1 , 18 % en S_2 , 33% en S_3 , 27% en S_4 y 22% de S_5 en adelante, lo que demuestra la preferencia de los mejoradores a realizar la prueba tardía.

Las correlaciones fenotípicas entre el rendimiento de grano de líneas per se y el de sus mestizos no han sido consistentes, Luna *et al.* (1973) encontraron valores del orden de 0,16 y González *et al.* (1990) del 0,68. Hallauer (1990) presentó resultados de varios investigadores que confirman esta inconsistencia. No obstante, se ha señalado que una selección efectiva para caracteres deseados en los híbridos puede hacerse en líneas autofecundadas, debido a que los caracteres de vigor en líneas están asociados con el incremento de la productividad de los híbridos (Jenkins, 1978).

El presente trabajo tuvo como objetivo: probar la estrategia de seleccionar líneas utilizando la prueba de ACG, en forma tardía, y el comportamiento per se de dos grupos de líneas con niveles de endogamia de S_4 a S_7 . Además, estimar las correlaciones fenotípicas entre el rendimiento de grano y otros caracteres agronómicos en líneas y en mestizos, entre líneas y sus mestizos, para varios caracteres de importancia económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el ciclo de otoño-invierno 1993/94, en el Campo Experimental Costa de Jalisco, ubicado en La Huerta, Jalisco, México, se formaron dos grupos de mestizos y simultáneamente se multiplicó la semilla de las líneas mediante autofecundación. El primer grupo se integró con 83 líneas tardías derivadas de cuatro poblaciones: Sintético Tardío, integrado con seis líneas elite tardías, (70 líneas), ETO (S_2) C_1 (seis líneas), Pob. 347 (tres líneas) y Pob. 345 (cuatro líneas). El segundo grupo estuvo integrado con 54 líneas de ciclo intermedio derivadas de las poblaciones siguientes: Sintético Intermedio, formado con siete líneas elite intermedias, (doce líneas), BD2[S_1, S_2 (R)] C_2 (26 líneas), {[Pool 19 x LB x (LB (S_1))]}³ CI (nueve líneas) y siete líneas procedentes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Los niveles de endogamia de las líneas en los dos grupos osciló de S_4 a S_7 y el probador para ambos grupos fue la variedad de polinización libre V-385 C_3 , la cual fue integrada con germoplasma adaptado, no está emparentado con las líneas en los dos grupos y tiene baja calidad de raíz y tallo.

En el ciclo de primavera-verano 1994, los mestizos y las líneas de cada grupo fueron evaluados en ensayos repetidos en dos localidades del centro de Jalisco; Zapopan y Tlajomulco, con una altitud aproximada de 1,590 y 1,550 metros sobre el nivel del mar, respectivamente (García, 1973). Los mestizos y líneas tardías se evaluaron utilizando el diseño experimental latice simple 10 x 10 y los intermedios en latice simple 8 x 8. En Zapopan, el tamaño de parcela para los mestizos fue de dos surcos de 5,0 m espaciados a 0,80 m con 25 plantas cada uno; para las líneas, el tamaño de parcela fue de un surco de las mismas dimensiones con 25 plantas. En Tlajomulco, el tamaño de parcela fue similar que en Zapopan, siendo las únicas diferencias, la longitud de la parcela, la cual se redujo a 4,0 m y en cada surco se dejaron 20 plantas. La densidad de población en ambas localidades fue de 62,500 plantas ha⁻¹, aproximadamente.

En Zapopan los mestizos y sus líneas se sembraron el 16 de mayo de 1994 bajo condiciones de humedad residual con el manejo agronómico siguiente: se fertilizó con la dosis 184-92-00, distribuida en tres oportuni-

dades, en la siembra se aplicó todo el fósforo, la mitad del nitrógeno en la etapa de décima a décima primer hoja ligulada (92-00-00) y el resto en prefloración (92-00-00). Las plagas de la raíz se controlaron con una aplicación de 20 kg ha) de Carbofuran 5% G mezclado con el fertilizante al momento de la siembra. Además, junto con el fósforo y el insecticida se mezclaron teliosporas de carbón de la espiga (*Sphaceloteca reiliana*) a razón de 2,0 kg ha) para inducir la enfermedad. No se controlaron insectos defoliadores debido a que las poblaciones fueron muy bajas. La maleza se controló con dos cultivos y como complemento, en el segundo cultivo se aplicaron cuatro litros de Metolaclor 25% + Atrazina 23,5% y un litro de Paraquat, diluidos en 200 litros de agua; además, se hicieron dos deshierbes manuales.

En Tlajomulco, los mestizos y sus líneas se sembraron bajo condiciones de temporal el 21 y 25 de junio, respectivamente. El manejo agronómico fue el siguiente: se fertilizó con la dosis 161-92-00 distribuida en dos oportunidades; en la siembra 69-92-00 y el resto (92-00-00) 30 días después. Las plagas de la raíz se controlaron con dos aplicaciones de 20 kg ha⁻¹ de Isofosofos 5% G en la siembra y en la segunda fertilización mezclados con el fertilizante. Los insectos defoliadores se controlaron con dos aplicaciones de 1 l ha⁻¹ de Clorpirifos mezclado con dos litros de Byfolan + 1 litro de Carbovit, para complementar la nutrición mineral del cultivo. La maleza se controló aplicando en preemergencia, por hectárea, la mezcla de tres litros terbutrina 25% + Atrazina 25%, de 4 l Metolaclor 25% + Atrazina 23,5% y dos litros de Paraquat, diluidos en 200 litros de agua, y se complementó con un deshierbe manual.

Las variables medidas fueron el rendimiento de grano, humedad a la cosecha, mazorcas por planta, floración masculina y femenina, altura de planta y ma-

zorca, acame de raíz y tallo, mazorcas podridas y carbón de la espiga. Se hicieron análisis estadísticos por localidad para rendimiento de grano en mestizos y líneas y se obtuvo el promedio aritmético en el resto de variables. Con el promedio de entradas a través de localidades se estimaron correlaciones fenotípicas entre el rendimiento y otras características agronómicas dentro de mestizos, dentro de líneas, y entre mestizos y líneas, para todos los caracteres agronómicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza detectaron diferencias estadísticas significativas para rendimiento de grano en los mestizos y en las líneas per se en las dos localidades de evaluación. Los 15 mestizos intermedios más sobresalientes rindieron 9,5% más que la media general y 24% más que el promedio de los testigos. El mestizo más rendidor (V-385 C3 x SI-265-2-2-1), superó en 15% al mejor testigo H-315 (Cuadro 1). En otros caracteres agronómicos, los 15 mestizos sobresalientes fueron similares a la media de los testigos en humedad a la cosecha, mazorcas/planta, precocidad y altura de planta y mazorca, pero tuvieron menor porcentaje de acame de raíz y pudriciones de la mazorca (Cuadro 1).

En el caso de los mestizos tardíos, la media de los 30 más rendidores superaron en 9,8 % a la media general y en 22 % a la media de los testigos, el mestizo más rendidor (V-385 C₃ x ST-35-1-8-3), fue 12 % superior a la media del mejor testigo A-7520 (Cuadro 2). En promedio, los mestizos seleccionados tuvieron una altura de planta 3% mayor que la media de los testigos, pero los mestizos sobresalientes fueron más precoces y tuvieron menor acame de raíz y pudriciones de la mazorca (Cuadro 2) y que el probador tuvo rendimiento

Cuadro 1. Rendimiento de grano y características agronómicas de los mestizos de ciclo intermedio y testigos evaluados. Promedio de dos localidades.

Variable	Rend. (kg/ha)	HC %	No. de MPP	Días a flor.		Altura (cm)		% de Acame		MD (%)	CE %
				Masc.	Fem.	Planta	Maz.	Raíz	Tallo		
Media general de mestizos intermedios	7221	15	0,96	69	71	244	113	15	2	9	0
Media de los quince mestizos más rendidores	7908	15	0,97	69	70	246	113	14	2	8	0
V-385 C3 x SI-265-2-2-1	8712	15	0,96	68	70	242	109	18	1	8	0
Media de testigos	6354	14	0,88	69	71	242	107	18	1	11	0
H-315	7584	15	0,94	69	70	242	117	17	1	9	0

HC = porcentaje de humedad a la cosecha.
CE = porcentaje de ataque de carbón de la espiga.

MPP = mazorcas por planta.
MD = porcentaje de mazorcas completamente dañadas.

Cuadro 2. Rendimiento de grano y características agronómicas de los mestizos de ciclo tardío y testigos evaluados. Promedio de dos localidades.

Variable	Rend. (kg/ha)	HC %	No. de MPP	Días a flor.		Altura (cm)		% de Acame		MD (%)	CE %
				Masc.	Fem.	Planta	Maz.	Raíz	Tallo		
Media general de mestizos tardíos	8001	17	1,01	71	72	255	121	12	2	8	0,3
Media de los treinta mestizos más rendidores	8782	16	1,04	70	72	263	124	12	2	7	0,2
V-385 C3 x ST-35-1-8-3	9933	14	1,17	71	71	251	120	5	2	8	0
Media de los testigos	7223	15	0,98	72	74	256	126	15	3	11	0,2
A-7520	8879	15	0,96	69	70	264	124	10	5	10	0
V-385 C3	6376	17	0,93	70	72	243	111	29	5	14	2

HC = porcentaje de humedad a la cosecha.
MPP = mazorcas por planta.

CE = porcentaje de ataque de carbón de la espiga.
MD = porcentaje de mazorcas completamente dañadas.

bajoy porcentajes altos de acame de raíz y tallo; tomando en cuenta que el programa de mejoramiento genético de maíz de la zona subtropical de México tiene como prioridad mejorar la resistencia al acame y el rendimiento de grano, estas características se consideran deseables en un probador, ya que de acuerdo con la teoría, el mejor probador es aquel que tiene frecuencias alélicas bajas para el carácter de interés (Hallauer y Miranda, 1988; Hallauer y López-Pérez, 1979; Rawlings y Thompson, 1962).

Es importante señalar, que aún cuando las medias generales de acame de raíz de los mestizos intermedios y tardíos fueron menores que el promedio de los testigos (Cuadros 1 y 2), sus valores se consideran todavía altos (15 y 12%, respectivamente), por lo tanto la selección para resistencia al acame seguirá siendo prioritaria en el programa de mejoramiento genético de maíz de la zona subtropical de México.

Los bajos porcentajes de carbón de la espiga (Cuadros 1 y 2) se deben a que en Zapopan la fecha de siembra fue tardía y en dichas circunstancias se ha encontrado que se reduce la incidencia de la enfermedad (Ledezma, 1983).

Atendiendo el rendimiento de grano, en cada una de las Figuras 1 y 2 se presenta de manera gráfica la estrategia para seleccionar líneas en función de las medias de los mestizos (línea horizontal) y de las líneas *per se* (línea vertical), respectivamente. La mejor opción sería el grupo de líneas ubicadas en el cuadrante II, ya que conjuga altos rendimientos de las líneas *per se* y sus mestizos, lo cual favorecería la formación de híbridos, especialmente simples. Otra buena opción son las líneas del cuadrante II, pero con la desventaja de

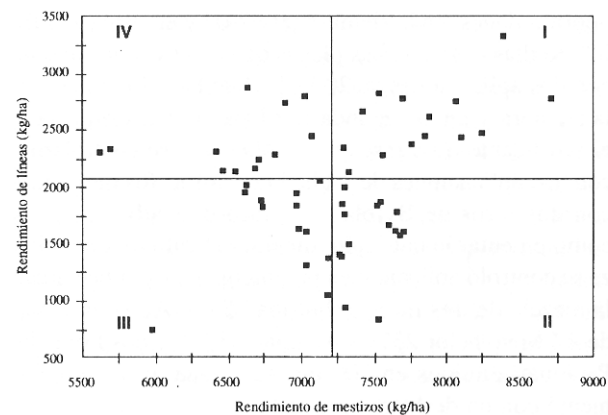


Figura 1. Rendimiento de grano (kg/ha) de líneas y mestizos intermedios, promedio de dos localidades.

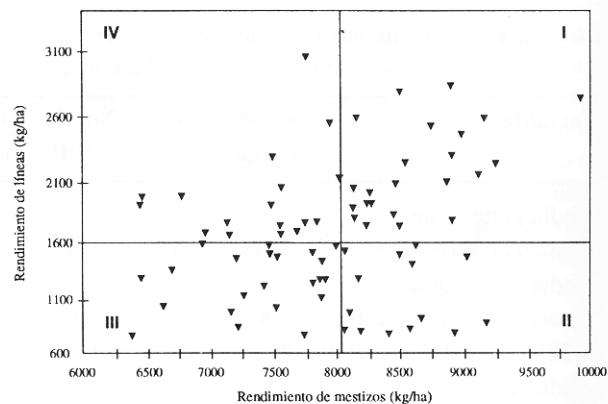


Figura 2. Rendimiento de grano (kg/ha) de líneas y mestizos tardíos, promedio de dos localidades.

tener líneas de bajo rendimiento *per se*, aquí sólo sería costeable formar híbridos trilineales y dobles o simples modificados. No obstante, en la decisión final, deberán considerarse caracteres agronómicos de precocidad, resistencia al acame de raíz y tallo, pudriciones de mazorca, enfermedades, etc. Las líneas que deberán ser eliminadas son las de los cuadrantes III y IV. Nótese que si la selección se hubiera hecho sólo con base en el rendimiento de la línea *per se*, se estarían escogiendo líneas con alto rendimiento *per se* y aptitud combinatoria general (ACG) negativa (cuadrante IV); además, se eliminarían líneas con ACG positiva (cuadrante 11).

Tomando en cuenta que la mayoría de caracteres de importancia económica son de herencia cuantitativa y por lo general tienen baja heredabilidad (Falconer, 1989), es deseable que antes de evaluar las líneas en mestizos, autofecundar al menos tres generaciones para incrementar la probabilidad de retener líneas superiores; ya que de acuerdo con Bernardo (1992) la correlación genética esperada entre líneas evaluadas en mestizos en S₃ y S₄ con respecto a la generación S⁰ fue de 0,94 y 0,97, respectivamente. Estos resultados también ayudan a explicar porque los mejoradores de maíz de los Estados Unidos de América prefieren realizar la prueba tardía (Bauman, 1981).

Los coeficientes de correlación entre el rendimiento de grano y el resto de los caracteres agronómicos entre las líneas intermedias *per se*, fueron significativos para mazorcas/planta, floración masculina y femenina y porcentaje de mazorcas podridas; en cambio en los mestizos intermedios, la correlación sólo fue significativa para mazorcas podridas y porcentaje de ataque de carbón de la espiga (Cuadro 3). En el grupo de líneas tardías evaluadas *per se*, los coeficientes de correlación entre el rendimiento de grano y los caracteres agronómicos, fueron estadísticamente significativos para el número de mazorcas/planta, floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca y porcentaje de mazorcas podridas; en cambio en los mestizos tardíos, el coeficiente de correlación sólo fue significativo para número de mazorcas/planta, altura de planta y mazorca, y porcentaje de mazorcas podridas (Cuadro 3).

Con base en los resultados anteriores se observa que la correlación entre el rendimiento de grano y los caracteres agronómicos varió de acuerdo al tipo de familia evaluada, siendo estas relaciones más altas para condiciones de homocigosidad, caso de líneas (familias de autohermanos), que de heterocigosidad, caso de mestizos (familias de medios hermanos); especialmente en los caracteres relacionados con el aspecto reproductivo como fueron: el número de mazorcas por planta y el número de días a floración masculina y femenina. Por lo tanto, la evaluación de las líneas *per se* permitió conocer los as-

Cuadro 3. Correlaciones fenotípicas entre el rendimiento de grano y otras características agronómicas en líneas de maíz de ciclo intermedio y de ciclo tardío evaluadas *per se* y en mestizos (línea x probador). Promedio de dos localidades.

Correlación	Líneas intermedias		Líneas Tardías	
	<i>Per se</i>	Mestizo	<i>Per se</i>	Mestizo
Rend : HC	-0,04 NS	0,01 NS	-0,14 NS	-0,18 NS
" " : MPP	0,49 **	0,15 NS	0,78 **	0,51 **
" " : FM	-0,31 *	-0,18 NS	-0,38 **	0,14 NS
" " : FF	-0,51 **	-0,17 NS	-0,50 **	0,03 NS
" " : APL	0,21 NS	0,08 NS	0,34 **	0,57 **
" " : AMZ	0,04 NS	0,05 NS	0,51 **	0,37 **
" " : AR	-0,21 NS	0,04 NS	0,06 NS	0,01 NS
" " : AT	0,00 NS	-0,10 NS	-0,10 NS	0,08 NS
" " : MD	-0,61 **	-0,45 **	-0,49 **	-0,32 **
" " : CE	0,02 NS	-0,35 **	-0,15 NS	-0,11 NS

*, ** Significativo al 0,05 y 0,01

APL = altura de planta. NS = no significativo. AMZ = altura de mazorca. HC = porcentaje de humedad a la cosecha. AR = porcentaje de acame de raíz. MPP = número de mazorcas por planta. AT = porcentaje de acame de tallo. FM = número de días a floración masculina. MD = porcentaje de mazorcas podridas. FF = número de días a floración femenina. CE = porcentaje de carbón de la espiga.

pectos agronómicos de las líneas que serán vitales en la producción de semillas y constituyó un complemento de la información de ACG obtenida en la evaluación de los mestizos; lo cual confirma la complementariedad señalada cuando fueron discutidas las Figuras 1 y 2.

Adicionalmente en las evaluaciones de líneas *per se*, se podría obtener información muy valiosa sobre otros caracteres importantes tales como: vigor, tipo de espiga, producción de polen, tipo de grano, y si las líneas fueran evaluadas en varios ambientes, sería posible estimar la estabilidad de los caracteres agronómicos, lo cual sería de suma importancia, considerando que las líneas normalmente han manestado mayor interacción genotipo-ambiente que los mestizos (Luna *et al.*, 1973; Galarza *et al.*, 1973; González *et al.*, 1990). En las correlaciones entre líneas y mestizos, todos los coeficientes de correlación fueron positivos y significativos, excepto para rendimiento de grano, porcentaje de mazorcas podridas y carbón de la espiga en el grupo tardío (Cuadro 4). Los coeficientes de correlación de rendimiento de grano en ambos grupos de líneas tuvieron valores similares y no significativos, a pesar de que las líneas evaluadas fueron derivadas de poblaciones

Cuadro 4. Correlaciones fenotípicas de características agronómicas entre líneas de maíz evaluadas *per se* y sus mestizos correspondientes. Promedio de dos localidades. Campo experimental Centro de Jalisco. 1994.

Correlación	Líneas Intermedias Línea : Mestizo	Líneas Tardías Línea : Mestizo
REND : REND	0,21 NS	0,20 NS
HC :HC	0,62 **	0,54 **
MPP : MPP	0,55 **	0,25 *
FM :FM	0,34 **	0,70 **
FF : FF	0,47 **	0,68 **
APL : APL	0,60 **	0,72 **
AMZ : AMZ	0,55 **	0,59 **
AR : AR	0,14 NS	0,31 **
AT : AT	0,58 **	0,52 **
MD : MD	0,17 NS	0,13 NS
CE : CE	0,56 **	0,15 NS

*, ** Significativo al 0,05 y 0,01

NS = no significativo.

AR = porcentaje de acame de raíz.

AT = porcentaje de acame de tallo.

MD = porcentaje de mazorcas podridas.

CE = porcentaje de carbón de la espiga.

APL = altura de planta

AMZ = altura de mazorca

HC = porcentaje de humedad a la cosecha.

MPP = número de mazorcas por planta.

FM = número de días a floración masculina

FF = número de días a floración femenina.

élite no emparentadas, lo cual confirma que no es posible inferir con base en el rendimiento de la línea *per se* sobre el rendimiento del mestizo y se plantea la estrategia de realizar ambas evaluaciones. En el caso del porcentaje de mazorcas podridas, la ausencia de correlación pudo haber surgido porque tanto las líneas como el probador se considera que tienen una frecuencia de alelos alta para sanidad de mazorca, puesto que han sido seleccionados para este carácter. El probador fue más eficiente para discriminar acame de tallo que de raíz, lo que significaría la presencia de una baja frecuencia de alelos en el mismo, para el primer carácter.

La estrategia de efectuar la prueba tardía para ACG, evaluando líneas *per se* y mestizos, simultáneamente; tiene como desventaja que el costo de la evaluación de líneas se eleva, debido a los gastos adicionales de multiplicación de líneas y su evaluación *per se* en ensayos

repetidos a través de ambientes. Sin embargo, esta desventaja se compensaría ampliamente debido que en las primeras tres o cuatro generaciones de autofecundación las líneas se seleccionarían para caracteres agronómicos, lo que da oportunidad a incrementar la calidad de las mismas y como consecuencia a disminuir considerablemente el número de ellas, reduciéndose los costos de evaluación. Asimismo, permitiría a los mejoradores definir anticipadamente el tipo de híbrido a formar, y el papel (hembra o macho) que jugarían los progenitores seleccionados en la formación de híbridos comerciales.

Por último, otro aspecto importante a considerar en esta estrategia, es que en las evaluaciones de líneas *per se* se deberían conducir con un excelente manejo agronómico para reducir los problemas de interacción genotipo-ambiente en la selección de líneas.

CONCLUSIONES

El uso de la prueba tardía (S_3 ó S_4 en adelante), la evaluación simultánea de líneas *per se* y el método gráfico desarrollado, es una estrategia importante para seleccionar líneas con alta aptitud combinatoria general y calidad agronómica. Además, es útil para reducir el número de líneas a evaluar y a orientar anticipadamente el tipo de híbrido a formar.

La no significancia y similitud del coeficiente de correlación entre el rendimiento de grano de las líneas *per se* y los mestizos, en ambos grupos de líneas ($r = 0,21$ y $r = 0,20$ para líneas intermedias y tardías, respectivamente), confirma que no es del todo confiable seleccionar líneas con base en el rendimiento de sus mestizos, lo cual justifica la estrategia de realizar ambas evaluaciones.

LITERATURA CITADA

- BAUMAN, L.E 1981. Review of methods used by breeders to develop superior inbreds. Proc. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf.. 36: 199-208.
- BERNARDO, R. 1992. Retention of genetically superior lines during early generations testcrossing of maize. Crop Sci. 32: 933-937.
- FALCONER, D.S. 1989. Introduction to quantitative genetics. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York. 437 p.
- GALARZA S., M.; ANGELES A., H. H.; MOLINA GALÁN, J, 1973. Estudio comparativo entre la prueba de líneas *per se* y la de mestizos para evaluar aptitud

- combinatoria general de líneas S_1 de maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia* 11: 127-139.
- GARCÍA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM.
- GONZÁLEZ G. J.; MOLINA G., I. D.; MARTÍNEZ G., A. 1990. Implicación del rendimiento per se y de la ACG de líneas autofecundadas de maíz (*Zea mays* L.) en la producción de cruza simples de alto rendimiento. *Agrociencia Serie Fitociencia* 2:29-42.
- HALLAUER, A.R. 1990. Methods used in developing maize inbreds. *Maydica*. 36 1-19.
- HALLAUER, AR.; LOPEZ-PEREZ, E. 1979. Comparison among testers for evaluating lines of corno Proc. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf. 34: 57- 75.
- HALLAUER, AR.; MIRANDA FO, J.B. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. 2nd ed. Iowa State Univ. Press. Ames, IA.
- HORNER, E.S.; CHAPMAN, W.H.; LUTRICK, M.C.; LUNDY, H.W. 1969. Comparison of selection based of yield of topcross progenies and of S_2 progenies in maize (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 9:539-543.
- JENKINS, M.T. 1978. Maize breeding during the development of early years of hybrid maize. *In* Maize breeding and genetics. Ed. B. D. Walden. John wiley & Sons. New York. pp. 13-27.
- JENKINS, M.T. 1935. The effect of inbreeding and of selection within inbred lines of maize upon the hybrids made in successive generations of selfing. *Iowa State Coll. J. Sci.* 9: 429-450.
- LEDEZMA M., J. 1983. Estudios sobre el control del carbón de la espiga del maíz *Sphacellotheca reiliana* (Kuhn Clinton) en el Valle de Zapopan, Jal. Tesis de Lic. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de México. 67 p.
- LONNQUIST, I.H. 1968. Further evidence on testcross vs lines performance in maize. *Crop Sci.* 8: 50-53.
- LUNA E, M.; MOLINA G., J.; ANGELES A, H. 1973. Comparación de métodos para evaluar aptitud combinatoria general de líneas de maíz (*Zea mays* L.) en relación al tamaño de muestra del probador. *Agrociencia* 11: 29-41.
- MÁRQUEZ S., E 1985. Genotecnia Vegetal. Tomo I. Métodos, teoría y resultados. AGT Editor, S.A. México, D. E 356 p.
- RAWLINGS, J. O.; THOMPSON, D. L. 1962. Performance level as criterion of for the choice of maize testers. *Crop Sci.* 2: 217-220.
- SPRAGUE, G. E 1946. Early testing of inbred lines of corno *Jour. Amer. Soc. Agron.* 38: 108-117.
- SPRAGUE, G. E; TATUM, L. A. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corno *Jour. Amer. Soc. Agron.* 34: 923-932.

