

RESPUESTAS CORRELACIONADAS PARA EL RENDIMIENTO EN LA SELECCION DE HIBRIDOS DE MAICES PRECOCES SUBTROPICALES¹

*Ernesto Preciado*², *Arturo Terrón*², *Hugo Córdova*³, *Harold Mickelson*³, *Raimundo López*³

RESUMEN

Respuestas correlacionadas para el rendimiento en la selección de híbridos de maíces precoces subtropicales. Con el objetivo de diseñar criterios de selección para identificar genotipos con un período vegetativo corto (pocos días a antesis) y un período largo de llenado de grano, sin alterar el ciclo biológico del genotipo, se utilizó la información de una serie de experimentos con híbridos subtropicales, provenientes de un dialélico entre líneas élite precoces (subtropicales y tropicales) del CIMMYT, evaluados seis localidades del subtrópico de México. En el análisis combinado de seis ambientes se identificaron híbridos con rendimientos de 8.0 ton/ha de grano a cosecha, y 14 días más precoces a madurez fisiológica que el híbrido comercial testigo, que rindió 7,4 t/ha. Los genotipos menos rendidores tuvieron una tendencia hacia periodos de llenado de grano más cortos en comparación con el periodo de siembra a antesis. Las correlaciones estimadas entre rendimiento vs. madurez fisiológica, periodo de llenado de grano y un índice calculado al dividir los días de llenado de grano / días a madurez fisiológica fueron de 0,47, 0,53 y 0,41, respectivamente, lo cual indica una asociación intermedia entre estos componentes. También se observaron correlaciones importantes entre rendimiento vs altura de planta y altura de mazorca, con valores de 0,78 y 0,81; las correlaciones entre rendimiento vs. días a estigmas y días a antesis no fueron significativas. Los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Aptitud Combinatoria Específica (ACE) mostraron significancia para las variables rendimiento, días a estigmas y período de llenado de grano. Se observó variación suficiente para seleccionar genotipos con períodos vegetativos más cortos y periodos de llenado de grano más largos. Los resultados sugieren que los efectos de ACG y ACE para llenado de grano constituyen un criterio importante en la selección de progenitores de híbridos precoces.

ABSTRACT

Yield related traits for the selection of early hybrids in subtropical maize. With the aim of designing selection criteria to identify the described genotypes with short vegetative period and longer grain-filling period without increasing the total growing cycle of the genotype. The information generated during 1995 at six locations in the subtropical region of Mexico was used. A serie of six experiments, integrated with a group of subtropical hybrids derived from a diallel between a group of elite tropical and subtropical inbred lines from CIMMYT, were evaluated in collaboration with INIFAP and the seed industry. In the combined analysis of six environments, early hybrids with a grain yield of 8.0 t/ha were identified; those hybrids were 14 days earlier to reach physiological maturity than the control check which yielded 7.4 t/ha. The genotypes with lower yields showed a short grain filling period compared to the vegetative period. Correlations among yield vs. days to physiological maturity, grain-filling period and the index calculated by dividing the between grain-filling /days to physiological maturity were 0.47, 0.53 and 0.41, respectively. This indicate an intermediate association between these traits; also, a high correlation values were observed between grain yield vs. plant and ear high. The correlation between yield vs. days to silk and days to pollen shed were not significant. General combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) effects were significant for yield, days to silk and grain-filling period. Sufficient variation was observed to allow for the selection of genotypes with short vegetative periods and longer grain filling periods. The effects of GCA and SCA for grain-filling period suggest that this trait is an important criterion to select parents for producing short season hybrids.

¹ Presentado en la XLI Reunión Anual del PCCMCA en El Salvador, Centroamérica. 27 al 31 de marzo, 1996.

² Investigadores del Programa de Maíz del INIFAP, Campo Experimental Bajío. Km. 6.5 Carr. Celaya-Sn.Miguel A. Apto. 112, 38000 Celaya, Guanajuato, México.

³ Coordinador del Subprograma, Postdoctorado del Subprograma, Investigador del Subprograma ,de Maíz Subtropical del CIMMYT.

INTRODUCCION

En ocasiones las regiones subtropicales en el ciclo del cultivo del maíz está limitado por condiciones ambientales desfavorables, como son la escasa o errática precipitación y la presencia de heladas, tardías en primavera o tempranas en otoño por un lado, y por el otro, por la existencia de sistemas de producción intensivos que requieren de maíces altamente productivos de ciclo vegetativo corto para facilitar la rotación de cultivos. En algunas regiones el problema de la escasez de lluvia y la distribución errática de la misma se resuelve parcialmente con riego; sin embargo, el riego en cultivos como el maíz cada día estará más limitado debido a presiones ambientales y a factores físicos y económicos que consecuentemente impactarán su producción. Por tal motivo, los mejoradores tienen el reto de desarrollar genotipos con ciclos de cultivo específicos y limitantes de manejo agronómico, adaptables a las regiones descritas.

No obstante la gran necesidad de genotipos de maíz precoces, existe una asociación positiva entre la duración del cultivo y el potencial de rendimiento, por lo que el uso de genotipos precoces da como resultado una pérdida en el potencial de rendimiento (Blum, 1988).

Una alternativa para obtener variedades precoces de alto potencial de rendimiento es mediante la selección de genotipos con períodos vegetativos cortos y períodos largos de llenado de grano. Carter y Ponneleit (1973), Cross (1975), y Daynard y Kannenberg (1976), sostienen la hipótesis de que al seleccionar maíces con periodo largo de llenado de grano resulta en un incremento en rendimiento. Esta hipótesis ha sido corroborada por algunos autores, con variadas fuentes de germoplasma, en diversas latitudes y metodologías, entre las que se encuentran Preciado-Ortiz, Weiss y Johnson (1995), quienes a través de modelos de simulación con 50 años de datos climáticos generados en tres localidades del estado de Nebraska, USA, encontraron que híbridos hipotéticos con un período de llenado de grano más largo mostraron mayores rendimientos que los híbridos testigo. En germoplasma tropical, Bolaños (1995) observó que por cada día adicional de llenado de grano se incrementó el rendimiento de 90 a 110 kg/ha.

Carter y Ponneleit (1973) informaron que los mejoradores deberían utilizar la asociación entre rendimiento y un período largo de llenado de grano como un criterio de selección entre los materiales bajo mejoramiento. Los mismos autores señalaron que generalmente se presentan diferencias amplias y consistentes entre genotipos para período de llenado de grano, lo cual indica que existe entre el germoplasma gran variabilidad

genética que no ha sido seleccionada específicamente para este carácter.

Por otro lado, en un estudio para determinar la diversidad genética y el tipo de acción génica entre líneas endogámicas precoces para período de llenado de grano, Cross (1975) encontró grandes efectos de ACG en la duración del período de llenado de grano en comparación con ACE; estos resultados indicaron que la selección que aprovecha la variación aditiva puede utilizarse para incrementar la duración del período de llenado de grano.

Cuando el ciclo del cultivo es limitado, la duración del período llenado de grano debe extenderse, a expensas del período vegetativo (Tollenaar, 1977). Sin embargo, en los casos que el período vegetativo es corto, el área foliar puede constituir un factor limitante en híbridos precoces (Hunter 1980), por lo que un programa de selección debería favorecer a genotipos con tasas rápidas de crecimiento foliar, lo que provoca un aumento en el potencial fotosintético de las plantas y por lo tanto se logra aumentar el rendimiento (Pavlicova Rood, 1987; Nevado y Cross, 1990; Cross, 1990).

Carter y Ponneleit (1973) mencionaron que existe una correlación fenotípica y genotípica positiva entre las unidades calor requeridas para el período de siembra a polinización y el período de llenado de grano, pero estas correlaciones fueron suficientemente pequeñas para hacer posible la selección de genotipos con períodos largos de llenado de grano y un período corto a la polinización.

La selección de genotipos con períodos de llenado de grano más largos, sin incrementar el ciclo total del cultivo, puede lograrse al seleccionar tasas altas de crecimiento foliar en un periodo vegetativo más corto. La consideración de estos caracteres como criterio de selección puede repercutir de manera importante en el rendimiento, debido a que la herencia de dichos caracteres puede ser más simple que el mismo rendimiento (Blum 1989; Nevado y Cross, 1990).

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se realizó durante 1995 en seis localidades tropicales y subtropicales de México, como parte de las líneas de investigación del programa de maíz subtropical del CIMMYT en colaboración con el INIFAP y la industria de semillas. En el Cuadro 1 se presentan las alturas sobre el nivel del mar de las localidades de evaluación, así como los datos climáticos, de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1973).

Cuadro 1. Altura sobre el nivel del mar y tipos de climas en las localidades de evaluación en México durante 1995.

Localidad	Altura (msnm)	Tipo de clima
Poza Rica, Veracruz	250	A w 1 (e)
San. Pedro Lagunillas, Nayarit	900	A w 0 (w)
Celaya, Guanajuato	1764	Bs h w(w) (e)
CD. Guzmán, Jalisco	1520	(A)c (w0) (w) a (i')
Ocotlán, Jalisco	1527	A c (w0) (w) a (e) g
Tlaltizapán, Morelos	940	A w0 (w) (i') g

Los experimentos se establecieron con un diseño experimental Alfa látice 10 x 6 (estructurado mediante 10 subbloques de seis tratamientos por repetición) con dos repeticiones por localidad. El tamaño de parcela en cada uno de los materiales evaluados fue de dos surcos de 5 m de largo con una distancia de 0,76 m entre surcos. El análisis estadístico se realizó de manera individual por localidad, y posteriormente, con las medias ajustadas por el diseño en cada localidad, se realizaron análisis conjuntos a través de localidades.

El material genético utilizado consistió en un dialélico de 11 líneas élite precoces de grano blanco, siete subtropicales (tres del grupo heterótico A y cuatro del grupo heterótico B) y cuatro tropicales (dos del grupo heterótico A y dos del grupo heterótico B). Las líneas progenitoras, cuya genealogía se presenta en el Cuadro 2, fueron evaluadas previamente para ACG.

La formación de las 55 cruza simples posibles ($n \times n - 1 / 2$) entre los 11 progenitores involucrados se realizó en la estación experimental del CIMMYT, situada en Tlaltizapán, Morelos, México, durante el ciclo agrícola

1995 A. Las 55 cruza simples, tres testigos uniformes a través de localidades y dos testigos locales se evaluaron en cada localidad. Con los datos colectados se realizaron estimaciones de ACG y ACE por localidad y a través de localidades.

Las estimaciones de heredabilidad se realizaron a través de los métodos descritos por Hallauer y Miranda (1988), asumiendo que los progenitores del dialélico tenían un alto nivel de endogamia ($F=1$), provenían de un grupo élite de líneas seleccionadas y no existían efectos de epistasia.

Las variables evaluadas fueron las siguientes: días a floración masculina y femenina, alturas de planta y de mazorca, acame de tallo y de raíz, número total de plantas y de mazorcas y número de plantas y mazorcas enfermas, aspecto de planta y de mazorca, porcentaje de humedad a la cosecha, porcentaje de desgrane y textura de grano.

En tres localidades de evaluación (Poza Rica, Celaya y Tlaltizapán) se estimó el número de días a la obtención del 30% de humedad del grano (Días al 30%). Este valor

Cuadro 2. Genealogía y caracterización de los progenitores utilizados en la formación del material genético.

Progenitor	Genealogía	Gpo. Heterótico	Origen
1	89(G27/TEW TSRpool)#-140-1-1-BB	B	Subtropical
2	89(G27/TEW TSRpool)#-168-2-2-BB		Subtropical
3	89(G27/TEW TSRpool)#-269-BB		Subtropical
4	89(G27/TEW TSRpool)#-42-1-1-BB		Subtropical
5	89(G27/TEW TSRpool)#-59-1-2-BB		Subtropical
6	89(G27/TEW TSRpool)#-278-2-BB		Subtropical
7	89(C32/TSRSTEW)#-171-2-3-1-BBB		Subtropical
8	G15c22H100-2-2-6-1-2-1-9-B		Tropical
9	G15c22H148-1-1-1-6-2-3-7-B		Tropical
10	G16c19H219-5-1-1-3-2-1-B		Tropical
11	G16c19H219-5-1-3-2-1-2-B		Tropical

se determinó asumiendo un valor cercano a la humedad del grano a madurez fisiológica, el cual oscila alrededor de +/- 33%; la variable Días al 30% se estimó mediante un decremento esperado de 0,5% por día, para ajustar el porcentaje de humedad determinado a la cosecha. El periodo de llenado de grano se estimó mediante la diferencia entre días al 30% menos días a floración femenina. En estas localidades también se estimó un índice entre período de llenado de grano / días al 30%, cuyo valor indica la relación entre el período de llenado de grano con respecto al período vegetativo (de siembra a floración femenina).

El manejo agronómico de los experimentos fue de acuerdo a las recomendaciones agronómicas específicas de cada localidad, con variaciones principalmente en dosis de fertilización y densidades de población. Los regímenes de humedad también variaron: en Celaya y Tlaltizapán se utilizó riego, mientras que en el resto de las localidades el cultivo se abasteció sólo con el agua de las lluvias (temporal).

RESULTADOS Y DISCUSION

Se observó una gran variación en la respuesta de genotipos estudiados atribuida a la gran diversidad de alturas sobre el nivel del mar y a las condiciones climáticas específicas de cada localidad, de acuerdo con la información presentada en el Cuadro 1. Esta respuesta divergente de los genotipos se manifestó en todos los caracteres estudiados, pero a manera de ejemplo en el Cuadro 3 se presentan los rangos y valores medios para las variables rendimiento y días a floración de los genotipos de cada localidad, así como del análisis combinado a través de las seis localidades. Respecto a rendimiento, en el experimento de Celaya se obtuvo el mayor, con un promedio de 9,38 t/ha, y en San Pedro Lagunillas, el menor con un promedio de 3,63 t/ha. En el mismo

cuadro es posible apreciar los rangos entre el genotipo que rindió más y el que rindió menos en cada una de las localidades, así como los coeficientes de variación, con valores aceptables para cada localidad.

Al asociar los datos de las variables rendimiento y días a floración se puede apreciar una tendencia a través de localidades de que a mayor rendimiento mayor número de días a la floración, como es el caso de Celaya, con una media de rendimiento de 9,38 t/ha, y una media de días a floración masculina de 68 días, en comparación con Poza Rica, donde la media de rendimiento fue de 5,45 t/ha contra una media de 48 días a la floración masculina. Lo anterior se explica principalmente por el tipo de clima y la altura sobre el nivel del mar, y corrobora lo expuesto por Blum (1988), quien comentó que existe una asociación positiva entre duración del cultivo y potencial de rendimiento.

En el Cuadro 4 se presentan los coeficientes de correlación entre rendimiento y las variables relacionadas con período de llenado de grano para las tres localidades en las que fueron tomados estos datos; además, se presentan los valores de correlación entre las medias de rendimiento de los análisis combinados de cinco y seis localidades contra la media de las mismas variables en las tres localidades.

Días a 30% presentó valores significativos en todas las localidades, con excepción de Poza Rica. La baja correlación entre días a 30% y rendimiento puede atribuirse a que en esta localidad tropical algunos materiales con germoplasma subtropical presentaron desadaptación, y su rendimiento fue bajo aún cuando eran poco mas tardíos; tal es el caso de uno de los testigos uniformes que en dicho ensayo fue el más tardío y ocupó el penúltimo lugar en rendimiento.

Cuadro 3. Valores medios, rangos y coeficientes de variación, para rendimiento y días a floración masculina, por localidad y el combinado a través de localidades.

Localidad	Rendimiento t/ha	Días a floración masculina				Medio	Mayor	Menor	C.V.
		Medio	Mayor	Menor	C.V.				
Poza Rica, Veracruz	5,45	7,43	2,95	8,6	48	54	44	1,4	
San. Pedro Lagunillas, Nayarit	3,63	5,64	0,89	19,2	58	70	51	3,6	
Celaya, Guanajuato	9,38	12,85	4,67	12,0	68	80	65	1,9	
CD. Guzmán, Jalisco	5,98	8,56	1,68	8,5	65	77	61	1,3	
Ocotlán, Jalisco	8,68	13,73	3,41	14,85	61	68	57	1,2	
Tlaltizapán, Morelos	7,55	11,14	2,59	8,6	50	59	46	1,9	
Combinado seis localidades	6,70	9,05	2,60	13,5	57	65	53	2,5	

Cuadro 4. Coeficientes de correlación entre rendimiento y los caracteres estudiados, por localidad y combinados.

Localidad	Días a 30%	Llen. Grano	Llen Gr/D30%	Flor. Fem.	Flor. Masc.	Altura Planta	Altura Mazorca
Poza Rica	0,09	0,25	0,30	-0,13	-0,22	0,51	0,59
Celaya	0,50	0,53	0,49	0,15	0,17	0,75	0,78
Tlaltizapán	0,44	0,43	0,23	0,21	0,21	0,68	0,64
Comb. 3 Loc.	0,47	0,53	0,41	0,08	0,08	0,78	0,81
Comb. 5 Loc.	0,57	0,62	0,46	0,20	0,22	0,81	0,80
Comb. 6 Loc.	0,59	0,64	0,47	0,28	0,27	0,81	0,79

Valores de r mayores de 0,25 son significativos al nivel de $p=0,05$

Los valores de correlación de período de llenado de grano con rendimiento fueron significativos en todos los ambientes, por lo que una vez más se corrobora la relación existente entre rendimiento y periodo de llenado de grano, manifestada por Carter y Ponnelleit (1973), Cross (1975), Daynard y Kannenberg (1976), y corroborada por Preciado-Ortiz, Weiss y Johnson (1995), y Bolaños (1995). Además, estas correlaciones significativas de rendimiento con periodo de llenado de grano, dan la pauta para iniciar la capitalización de esta característica en el germoplasma precoz utilizado en el presente estudio.

El índice entre periodo de llenado de grano y días al 30%, que indica la relación entre el período vegetativo con el período de llenado de grano, presentó valores de correlación significativos en todas las localidades. Con los resultados de esta variable se puede sustentar la posibilidad de alargar el período de llenado de grano a expensas del período vegetativo, como lo comentó Tollenaar (1977).

Los valores de correlación de las variables días a floración femenina y días a floración masculina no fueron significativos, excepto para el análisis combinado de seis localidades, lo cual se debió probablemente a la gran interacción de los genotipos con los ambientes estudiados.

Al comparar los valores de correlación de las variables relacionadas con llenado de grano en cada localidad, en el mismo Cuadro 4 se puede apreciar que los más altos se obtuvieron en Celaya, donde el alto potencial de rendimiento expresado en las cruzas permitió la manifestación más clara de la relación de estas variables con el rendimiento. En el Cuadro 4 también se presentan los valores de correlación de las variables altura de planta y de mazorca, los cuales fueron significativos en todos los ambientes, y su relación con el rendimiento es de gran magnitud.

Para ilustrar los valores de correlación entre rendimiento y otras variables, en el Cuadro 5 se presentan el rendimiento, las variables relacionadas con el período de llenado de grano y las características agronómicas promedio de tres localidades a partir del análisis combinado. En este cuadro se puede observar la respuesta a dichas variables de los 15 genotipos más rendidores y de los 10 menos rendidores. Al comparar el rendimiento con otras variables se pueden observar las tendencias expresadas a través de los valores de correlación del cuadro anterior. Por ejemplo, los genotipos P2 x P7 y P7 x P8, ubicados en tercer y cuarto lugar de rendimiento en el Cuadro 5, y que mostraron un rendimiento medio de alrededor de 9 t/ha, presentaron valores de 124 y 120 días al 30%, periodos de llenado de grano de 68 y 65 días, una diferencia entre días a floración con periodo de llenado de grano de 12 y 10 días que produjo un índice de llenado de grano/ D30% de 0,54 y 0,54 para los dos genotipos, respectivamente.

En el mismo Cuadro 5 se puede apreciar la alta relación de altura de planta y altura de mazorca con el rendimiento, donde el grupo de los 15 genotipos más rendidores estuvieron arriba de la media de altura de planta y altura de mazorca, mientras que el grupo de genotipos menos rendidores estuvieron por debajo de los valores medios. Este efecto tan claro en las relaciones de altura de planta y de mazorca con rendimiento, puede deberse a lo expuesto por Hunter (1980), quien comentó que en los genotipos de ciclo vegetativo corto, el área foliar puede constituir un factor limitante. Al trabajar este tipo de germoplasma es indispensable enfatizar en la selección de genotipos que posean tasas rápidas de crecimiento foliar para aumentar el potencial fotosintético de las plantas y por lo tanto aumentar el rendimiento, de acuerdo a lo estipulado por Pavlicova y Rood (1987), Nevado y Cross (1990) y Cross (1990). No obstante la correlación importante del rendimiento con

Cuadro 5. Rendimiento y características relacionadas con período de llenado de grano a partir del análisis combinado de tres localidades (Poza Rica, Celaya y Tlaltizapán) en 1995.

Orden	Pedigrí	Rend. t/ha	Días a Flor fenemina	Días al 30%	Llenado de grano	Llenado Gr/D30%	altura planta	altura mazorca
1	Testigos locales	9,21	64	134	67	0,51	243	123
2	P5 x P8	9,21	56	114	58	0,51	214	119
3	P2 x P7	9,07	56	124	68	0,54	214	103
4	P7 x P8	8,99	55	120	65	0,54	217	117
5	Testigo CIMMYT	8,82	60	118	58	0,49	226	123
6	P2 x P10	8,68	55	114	59	0,52	194	100
7	P5 x P11	8,66	55	117	62	0,52	204	105
8	P1 x P10	8,63	55	115	60	0,51	201	109
9	P1 x P5	8,49	57	117	60	0,51	201	108
10	P8 x P11	8,41	54	115	61	0,53	201	116
11	P3 x P10	8,38	54	111	58	0,51	188	97
12	P5 x P7	8,36	58	127	70	0,55	209	105
13	P8 x P10	8,34	55	113	59	0,52	199	118
14	P1 x P7	8,04	57	123	66	0,54	214	106
15	P3 x P5	8,02	57	115	58	0,50	198	102
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	P4 x P11	6,00088	56	117	61	0,52	184	91
52	P2 x P3	6,72	55	108	53	0,49	192	90
53	P3 x P9	6,41	53	109	56	0,51	174	85
54	P2 x P6	6,35	54	114	60	0,52	169	76
55	P2 x P9	6,20	52	112	60	0,54	177	76
56	P6 x P9	5,75	53	108	56	0,51	166	76
57	P4 x P6	5,59	54	112	58	0,52	155	74
58	P10 x P11	4,96	57	115	58	0,50	160	84
59	P3 x P6	3,80	56	111	55	0,50	135	65
60	P1 x P9	3,2	63	109	46	0,43	162	75
Media	7,40	56	116	60	0,52	193	98	
LSD	1,63	2	6	6	0,02	15	12	
C.V.	13,6	2,1	3,1	5,8	2,9	5,0	7,3	

la altura de planta y mazorca, es menester tener cuidado para evitar la selección de plantas muy altas que posteriormente puedan acarrear problemas secundarios como el acame.

Al realizar el análisis dialélico de los híbridos evaluados en cada localidad y el análisis conjuntos a través de localidades, fue posible estimar los efectos de ACG y ACE. Para la variable rendimiento y los caracteres

relacionados con el llenado de grano, en dichos análisis se observaron valores significativos para ACG y de ACE. En el Cuadro 6 se presenta el análisis de variación combinado de tres localidades, donde se observa que los valores de los cuadrados medios para ACG presentó valores sumamente mayores que los de ACE en todas las variables estudiadas, lo cual coincide con lo encontrado por Cross (1975). Con base en lo anterior, en este trabajo se centrará la discusión en los efectos de ACG, que

pueden ser más aplicables en esquemas de selección ya que las líneas élite utilizadas en este estudio tenían alto grado de endogamia y por lo tanto la varianza de ACG es igual a la varianza genética aditiva, de acuerdo con Falconer (1989).

En el Cuadro 7 se presentan las estimaciones de efectos de ACG y su respuesta media a través de cruzamientos de cada uno de los progenitores del dialélico del presente estudio. Dichos efectos de ACG fueron estimados a partir de las medias y valores del análisis combinado de las localidades de Poza Rica, Celaya y Tlaltizapán. En este cuadro se puede observar para la variable rendimiento que los progenitores 5, 7 y 8, presentaron efectos positivos de ACG con valores superiores al error estándar, y cuya media a través de cruzamientos fue superior al valor medio entre líneas. Para el carácter Días al 30% los progenitores 5 y 7 presentaron efectos de ACG positivos y superiores al error estándar.

Para el caso de la variable días a floración femenina, los progenitores con efectos negativos son los de interés, o sea líneas que a través cruzas presentan valores menores que el valor medio entre líneas, como es el caso de los progenitores 6, 9 y 11, que mostraron valores inferiores al error estándar. Los efectos de ACG para período de llenado de grano fueron positivos para los progenitores 5, 7 y 11, con valores iguales o superiores al error estándar para esta característica. Por último, los efectos de ACG para el índice entre llenado de grano / D 30% los progenitores 7 y 11 mostraron valores positivos y superiores al error estándar. En términos generales podemos decir que los progenitores 5, 7 y 11 fueron los que manifestaron mejores efectos de ACG a través de las variables presentadas en el Cuadro 7, por lo que estos

progenitores pueden ser utilizados como probadores para seleccionar líneas que presenten periodos largos de llenado de grano.

En el Cuadro 8 se presentan las estimaciones de heredabilidad en sentido estrecho (h^2), calculadas a partir de los componentes de varianza obtenidos a través de los análisis individuales por localidad y combinado del dialélico evaluado en el presente estudio. Se asumió que la varianza de ACG representa la varianza genética aditiva, que en este caso fue utilizada como numerador, y como denominador un estimador de la varianza fenotípica (Hallauer y Miranda 1988). Para la variable rendimiento los valores de h^2 fueron bajos con excepción de los de la localidad de Celaya que presentó un valor de 31%. Si se asume que no existe sesgo por la interacción ambiental, se puede decir que en Celaya la selección para rendimiento puede ser más eficiente que en el resto de localidades, debido a que en dicho ambiente el potencial de rendimiento se expresó al máximo. Caso contrario ocurrió con la variable días a floración femenina, en la que el valor de h^2 en Celaya fue el más bajo (9%) y el de Poza Rica el más alto 24%.

La variable Días a 30% en Poza Rica presentó un valor de h^2 de 74%, aunque los valores de h^2 también fueron altos para las otras dos localidades y el combinado a través de localidades, lo cual indica que la selección para el número de días de la siembra a la madurez fisiológica puede ser eficiente. Para período de llenado de grano en Poza Rica se observó una h^2 de 48%, mientras que en las otras localidades y el combinado presentó valores intermedios. Los valores de h^2 para el índice de llenado de grano / D30% presentó valores bajos con excepción de Poza Rica, cuyo valor fue de 28%.

Cuadro 6. Análisis de varianza combinado de las localidades de Poza Rica, Celaya y Tlaltizapán para rendimiento y los caracteres relacionados con periodo de llenado de grano.

Fuente de Variación	G.L.	Rend. t/ha	D. Flor. Fem.	Días al 30%	Llenado de Grano	Yen Gr/ D30%
Localidades	2	447,10**	15602**	64481**	16647**	0,0144**
Cruzas y Testigos	57	7,59**	25,5**	132,8**	97,7**	0,0021**
Cruzas	53	7,86**	16,8**	119,3**	102,3**	0,0022**
ACG	10	20,97**	38,8**	537,2**	382,3**	0,0055**
ACE	43	4,81**	11,7**	22,1	37,1**	0,0014**
Cruzas y Testigos x Loc.	114	2,02**	2,68**	26,6**	24,9**	0,0005**
Cruzas x Loc.	106	1,86**	2,62**	28,5**	25,9**	0,0005**
ACG x Loc.	20	5,97**	3,87**	70,4**	60,8**	0,0011**
ACE x Loc.	86	0,90*	1,62**	18,8*	19,9**	0,0004**
Error Combinado	123	0,63	1,04	12,26	13,2	0,0002

Cuadro 7. Valores estimados de efectos de ACG de los 11 progenitores utilizados del análisis combinado de tres localidades (Poza Rica, Zelaya y Tlaltizapán) en 1995.

Progenitores	Rend.		Días al 30%		D. Flor. Fem.		Llen. Grano		Llen Gr/D30%	
	ACG	media	ACG	media	ACG	media	ACG	media	ACG	media
1 89(G27/TEW TSRpool)#-140-1-1-BB	0,01	7,36	-0,1	110,8	1,4	56,6	-1,6	58,7	-0,014	0,506
2 89(G27/TEW TSRpool)#-168-2-2-BB	0,27	7,62	1,0	111,9	0,0	55,2	1,0	61,3	0,003	0,523
3 89(G27/TEW TSRpool)#-269-BB	-0,44	6,90	-3,5	107,4	-0,3	54,9	-3,3	57,0	-0,014	0,506
4 89(G27/TEW TSRpool)#-42-1-1-BB	-0,42	6,93	0,8	111,7	0,1	55,3	0,7	61,0	0,003	0,523
5 89(G27/TEW TSRpool)#-59-1-2-BB	0,76	8,10	2,6	113,5	1,1	56,4	1,4	61,7	0,000	0,519
6 89(G27/TEW TSRpool)#-278-2-BB	-0,99	6,36	-2,5	108,4	-1,1	54,1	-1,4	58,9	0,000	0,520
7 89(C32/TSRSTEW)#-171-2-3-1-BBB	0,70	8,04	7,4	118,3	1,0	56,2	6,4	66,7	0,023	0,542
8 G15c22H100-2-2-6-1-2-1-9-B	0,66	8,01	-2,5	108,4	-0,7	54,5	-1,8	58,5	-0,003	0,517
9 G15c22H148-1-1-1-6-2-3-7-B	-0,92	6,42	-3,1	107,8	-0,8	54,4	-2,2	58,1	-0,004	0,516
10 G16c19H219-5-1-1-3-2-1-B	0,32	7,67	-0,9	110,0	-0,2	55,1	-0,7	59,5	-0,003	0,517
11 G16c19H219-5-1-3-2-1-2-B	0,06	7,41	0,9	111,8	-0,6	54,6	1,4	61,6	0,008	0,528
Valor medio entre líneas		7,35		110,9		55,2		60,3		0,520
Error standard estimaciones de ACG	0,45		1,5		0,4		1,4		0,006	

Cuadro 8. Estimaciones de heredabilidad (h²) para rendimiento y los caracteres estudiados, por localidad y combinado de tres localidades 1995.

Localidad	Rendimiento		Flor. Femenina		Días a 30%	Llen. Grano	Llen Gr./D30%
Poza Rica	0,12	0,24	0,74	0,48	0,28		
Celaya	0,31	0,09	0,35	0,21	0,10		
Tlaltizapán	0,09	0,18	0,32	0,23	0,14		
Comb. 3 Loc.		0,10	0,13	0,27	0,18	0,,11	

No obstante que para el período de llenado de grano se observaron valores intermedios de h², éstos fueron mayores que los observados en la mayoría de los casos para rendimiento; y además, con los valores altos de h² para la variable Días a 30% se puede esperar una mayor eficiencia en la selección de genotipos con períodos de llenado de grano más largos sin incrementar el ciclo del cultivo, que la selección sólo para la variable rendimiento en el germoplasma precoz estudiado, de acuerdo con lo expresado por Blum (1989) y Nevado y Cross (1990) quienes comentaron que la herencia de dichos caracteres puede ser más simple que el mismo rendimiento.

LITERATURA CITADA

BLUMA, 1988. Plant breeding for stress environments. Boca Raton Florida. CRC Pres Inc.

BLUM A, 1989. Breeding methods for drought resistance. pp 197-215. In: Jones H.G. Flowers T.J. and Jones M.B. Plants under stress. Cambridge. Cambridge University Press.

BOLAÑOS, J. 1995. Physiological bases for yield differences in selected maize cultivars from Central América. Field Crops Res. 42: 69-80.

CARTER, M.W.; PONNELEIT, 1973. Black layer maturity and filling period variation among inbred lines of corn. Crop Sci. 13: 436-439.

CROSS, H.Z. 1975. Diallel analysis for duration and rate of grain filling period of seven inbred lines of corn. Crop Sci. 15: 532-535.

CROSS, H.Z. 1990. Selecting for rapid leaf expansion in early maturing maize. Crop Sci. 30: 1029-1032.

- DAYNARD, T.B.; KANNENBERG, L.W. 1976. Relationships between length of the actual and effective grain filling periods and grain yield of corn. *Can. J. Plant Sci.* 56: 237-242.
- FALCONER, D.S. 1989. Introduction to quantitative genetics. Third edition. New York. John Wiley & Sons, Inc. 438p.
- GARCIA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. 246 p.
- HALLAUER, A. R.; MIRANDA FO, J.B. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press. 468 p.
- HUNTER, R. B. 1980. Increase leaf area (source) and yield maize in short season areas. *Crop Sci.* 20: 571-574.
- NEVADO, M. E.; CROSS, H.Z. 1990. Diallel analysis of relative growth rates in maize synthetics. *Crop Sci.* 30: 549-552.
- PAVLICOVA E.; ROOD, S.B. 1987. Cellular basis of heterosis for leaf area in maize. *Can. J. Plant Sci.* 67: 99-104.
- PRECIADO-ORTIZ, R.; WEISS, A.; JOHNSON, B.E. 1995. Developing prototype maize (*Zea mays*.) Hybrids by crop modeling for specific rainfed regions. *Maydica* 40: 191-197.
- TOLLENAAR, M. 1977. Sink-source relationship during reproductive development in maize. A review. *Maydica* 22: 49-75.