

APROVECHAMIENTO DE CRUZAMIENTOS DIALELICOS ENTRE HIBRIDOS COMERCIALES DE MAIZ: ANALISIS DE PROGENITORES Y CRUZAS

UTILIZATION OF DIALLEL CROSSES AMONG COMMERCIAL CORN HYBRIDS: ANALYSIS OF PARENTS AND PROGENIES

Clemente Villanueva Verduzco¹, Fernando Castillo González² y
José D. Molina Galán²

RESUMEN

Con el propósito de obtener y caracterizar agrónomicamente y por su ACG y ACE, materiales de maíz utilizables como alternativa al uso de criollos o la F2 de híbridos en el Centro de Jalisco y SE de Nayarit, México, se utilizó el diseño IV de Griffing con nueve híbridos comerciales de la región. Cada progenitor se analizó según su ACG y su varianza de ACE a través de sus ocho cruza, mientras que las progenies (cruzas) se analizaron según la magnitud relativa de sus medias genotípicas. Se encontraron cinco híbridos progenitores con efectos positivos de ACG: P-3288 (0.4091), M-355 (0.2484), B-810 (0.1591), P-507 (0.1556) y B-83 (0.0270). De las cinco mejores cruza para rendimiento de mazorca, tres podrían utilizarse comercialmente sólo como híbridos (ACG < ACE): B-83 x P-507 (6.625 t/ha); P-3288 x 0-356 (5.425 t/ha); P-3288 x HV-313 (5.325 t/ha) y dos como variedades sintéticas como poblaciones base para mejoramiento por selección recurrente (ACG = ACE): P-3288 x M-355 (5.525 t/ha) y B-810 x P-3288 (5.3 t/ha).

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Aptitud combinatoria, variedades sintéticas, poblaciones base, *Zea mays* L.

SUMMARY

With the purpose of obtaining and characterizing maizes agronomically and by their ACG and ACE utilizable as alternative to land race varieties or F2 from hybrids in the central region of Jalisco and SE of Nayarit State, México, it was utilized the diallel IV design of Griffing with nine commercial hybrids of the region. The parents were analyzed according their ACG and variance of ACE through their eight crosses; whereas the progenies were analyzed according to the relative amount of their genotypic mean. Five parental hybrids with positive effect of ACG were found: P-3288 (0.4091), M-355 (0.2484), B-810 (0.1591), P-507 (0.1556), and B-83 (0.0270). From the best five crosses for ear yield three could be commercially utilized only as hybrids (ACG < ACE) B-83 x P-507 (6.625 t/ha); P-3288 x 0-356 (5.525 t/ha), and P-3288 x HV-313 (5.325 t/ha), and two as synthetic varieties and base populations to improve by recurrent selection (ACG = ACE): P-3288 x M-355 (5.525 t/ha) and B-810 x P-3288 (5.3 t/ha).

ADDITIONAL INDEX WORDS

Combining ability, synthetic varieties, base populations, *Zea mays* L.

INTRODUCCION

Una de las regiones más productoras de maíz en México es la región Centro de Jalisco, que se extiende hasta el SE de Nayarit, caracterizada por el uso de paquetes tecnológicos que incluyen el uso de semillas híbridas, fertilización y control químico de

¹ Centro Regional Universitario de Occidente, Universidad Autónoma Chapingo, CP 56230, Chapingo, México.

² Centro de Genética, Colegio de Postgraduados, CP 56230, Montecillo, México.

malezas. A pesar de esto, es relativamente frecuente el uso de semilla F2 de los híbridos comerciales debido principalmente al alto costo de la misma. González *et al.* (1990) y Guzmán *et al.* (1992) han propuesto el uso de cruzas entre híbridos comerciales como alternativa al uso de las generaciones avanzadas (F2) o de criollos. Entre las posibles ventajas del uso de cruzas entre híbridos comerciales se tienen: 1) aprovechamiento de la heterosis resultante contra la depresión endogámica que se genera en las generaciones avanzadas de los híbridos comerciales; 2) el uso de esas cruzas como variedades sintéticas, cuando se logran con efectos aditivos mayores que los específicos y 3) formación de poblaciones base para el mejoramiento por selección recurrente cuando los efectos aditivos y específicos sean importantes en la craza.

Con tal motivación en Tlajomulco, Jalisco (1990), en el programa de maíz del Centro Regional Occidente (CRUOC) de la Universidad Autónoma Chapingo se formó un dialélico con nueve híbridos de diferente origen (casas comerciales: NK, Dekalb, Pioneer y PRONASE), con el propósito de generar y caracterizar en corto plazo materiales genéticos utilizables como alternativa a la siembra de criollos o de semilla F2, en la región. La hipótesis del estudio fue que se obtendrían algunas cruzas entre híbridos, utilizables como híbridos o como variedades sintéticas.

REVISION DE LITERATURA

Diseños dialélicos

Los diseños genéticos dialélicos dados a conocer por Griffing (1956 b) son cuatro: 1) progenitores y sus cruzas F1 directas y recíprocas (I); 2) progenitores y cruzas F1 directas (II); 3) cruzas F1 directas y recíprocas (III) y 4) cruzas F1 directas (IV). El

mismo autor considera al método IV como de uso más común, del cual da un ejemplo numérico (Griffing, 1956 a). Posteriormente, Singh (1973) describe la técnica estadística para el análisis combinado de los diseños dialélicos de Griffing, y Martínez (1988) proporciona el uso del paquete estadístico SAS para el análisis en forma directa y mediante el uso de algoritmos computacionales para el análisis de experimentos dialélicos.

La progenie de las cruzas (F1) produce información sobre los progenitores al medir sobre ella los caracteres de interés. Los resultados se interpretan a través de un modelo lineal que incorpora como componentes la aptitud combinatoria general (ACG), aptitud combinatoria específica (ACE), efectos maternos (EM) y efectos recíprocos, según el método de Griffing empleado; lo cual permite la interpretación en términos de parámetros genéticos.

Gardner (1984) describió un método para estimular los parámetros genéticos a partir de las medias, que es equivalente al método II de Griffing y al del Gardner y Eberhart (1966), pero los parámetros estimados son distintos, ya que elimina del modelo de Gardner y Eberhart al componente de ACE de una línea consigo misma por considerarlo ilógico.

Concepto de Aptitud Combinatoria

Sprague y Tatum (1942) definieron a la ACE, como el comportamiento promedio de las líneas (progenitores) en combinaciones híbridas y a la ACE en base al comportamiento promedio de las líneas progenitoras. En términos genéticos, la ACG está asociada con los efectos genéticos aditivos que son aprovechados por métodos genotécnicos basados en la selección; mientras que la ACE se debe a efectos de dominancia (aprovecha-

bles por hibridación y síntesis) y epistasis (Rojas y Sprague, 1952). Kambal y Webster (1965); Blum (1968) y Malm (1968) indican que la ACG es relativamente mas importante que la ACE en materiales sin selección previa, y viceversa en materiales seleccionados, principalmente en especies alógamas. De aquí la importancia de la ACG como criterio de selección de progenitores para programas de mejoramiento de caracteres cuantitativos discutida por algunos autores (Comstock *et al.*, 1949 y Finker *et al.*, 1976).

Variedades Sintéticas

Una estrategia para incrementar la productividad del maíz en áreas de temporal podría incluir el uso de variedades de polinización libre obtenidas por selección (aprovechando los efectos aditivos de los genes) o por síntesis que aprovecha tanto los efectos de dominancia como los aditivos. Una variedad sintética es aquella obtenida mediante el entrecruzamiento en todas sus combinaciones híbridas posibles, de un número de genotipos (líneas) seleccionadas por su buena ACG, con el subsecuente mantenimiento de la variedad por polinización libre (Allard, 1960). Algunas investigaciones teóricas y experimentales indican que el número óptimo de líneas para obtener las mejores variedades sintéticas oscila entre siete y nueve (Márquez, *et al.*, 1983). Asimismo se conoce que la correlación entre el rendimiento de los sintéticos F2 y su rendimiento en generaciones avanzadas dependerá de la magnitud del desequilibrio de ligamento de la población y de la proporción relativa de efectos aditivos en la misma (Márquez y Hallauer, 1970).

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se desarrolló en las localidades de Tlajomulco de Zúñiga, Jalis-

co y Marquezado, Nayarit durante los ciclos agrícolas del verano de 1990 (cruzamientos) y 1991 (evaluación), respectivamente (sólo se logró la evaluación de Nayarit), utilizando como progenitores, híbridos comerciales de las empresas NK, Dekalb, Pioneer y PRONASE.

Material Genético

Híbridos NK: B-83 y B-15; híbridos Dekalb: B-810 y B-840; híbridos Pioneer: P-507 y P-3288 e híbridos PRONASE: HV-313, M-355 y O-356. Con estos nueve híbridos se obtuvieron las 36 cruza directas posibles en Tlajomulco, Jalisco (1990), utilizando al menos 15 plantas como progenitores femeninos por cruza.

Evaluación Experimental

Las cruza se evaluaron en El Marquezado, Nayarit (1991) a una altitud de 1,500 msnm y temperatura media de 15°C, en la cuenca del río Ahuacatlán, suelo regosol y precipitación media anual de 832.6 mm. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones y parcelas de dos surcos de 5.25 m de largo con plantas cada 25 cm y 80 cm entre surcos (50 mil pl/ha). La fertilización total fue de 180-60-00 aplicando 90-60-00 al momento de la siembra junto con 25 kg/ha del insecticida granulado Counter 2 % contra plagas del suelo, el resto de la fertilización se aplicó en el aporque. Las malezas se controlaron químicamente asperjando 4 l/ha de Primagram 450 E en preemergencia con humedad en el suelo. Este manejo correspondió al paquete tecnológico usado por el productor. Se midieron los caracteres rendimiento de mazorca por hectárea (REN, ton); altura de planta (AP, cm); longitud de mazorca (LM, cm) y total de acame (TAC, %).

Diseño Genético

Se empleó el dialélico IV de Griffing (1956 b) que sólo considera las P (P-1)/2 cruzas directas F1 cuyo modelo lineal fijo de análisis fue:

$$Y_{ijk} = u + g_i + g_j + s_{ij} + b_k + e_{ijk}$$

$i, j = 1, 2, \dots, p$ (progenitores)
 $k = 1, 2, \dots, r$ (bloques)

donde:

Y_{ijk} = valor fenotípico observado en la cruza con los progenitores i y j en el bloque k

u = media general del experimento con el efecto común de todas las observaciones

g_i, g_j = efecto de aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores i y j

s_{ij} = efecto de aptitud combinatoria específica (ACE) de la cruza i, j

e_{ijk} = error aleatorio asociado a la observación ijk

Las ecuaciones para la estimación de efectos de ACG (g_i) y ACE (s_{ij}) son:

$$u = \frac{2y_{..}}{P(P-1)}; g_i = \frac{1}{P-2} (Y_i - \frac{2y_{..}}{p})$$

$$s_{ij} = Y_{ij} - \frac{1}{P-2} (Y_i + Y_j) + \frac{2Y_{..}}{(P-1)(P-2)}; \text{donde}$$

$Y_{..}$ = gran total

Y_i = total del progenitor i

Y_j = total del progenitor j

Y_{ij} = valor de la cruza del progenitor i con el progenitor j

P = número de progenitores

De acuerdo con el criterio de agrupamiento propuesto por Serrano *et al.* (1990), los mejores progenitores para formar una población base para mejoramiento por selección, será aquel con mayores efectos de ACG, y viceversa, los peores. En el caso de alógamas y en particular para los objetivos aquí planteados, es razonable considerar que los progenitores con alta ACG y poca varianza de ACE son genéticamente estables a través de sus cruzas en virtud de que tales efectos específicos no son heredables a menos que se repita la misma cruza, por lo que este aspecto es importante de considerar en conjunto con la magnitud algebraica de los efectos de ACG en el contexto del carácter de interés.

El criterio de comparación de las cruzas F1 se basó en sus valores genotípicos, de modo que aparecen tres situaciones: 1) en cruzas con $ACG = g_i + g_j > ACE$ se espera que no presenten depresión endogámica significativa en generaciones avanzadas ($F_n, n > 1$), pudiéndose utilizar como variedades sintéticas cuando éstas sean de alto rendimiento; 2) con $ACG < ACE$, las cruzas mostrarían depresión endogámica en F_n ya que los efectos específicos son de mayor magnitud que los aditivos en la expresión de rendimiento; así, de ser una cruza rendidora, sólo deberá utilizarse como cruza y no como sintético y 3) cuando $ACG = ACE$, ambos tipos de acción génica (aditividad y dominancia) son importantes por lo que la depresión endogámica en F_n se espera reducida, pudiendo usarse la cruza como variedad sintética y como población base para selección recurrente.

Operativamente el análisis estadístico se realizó mediante un programa de SAS para

microcomputadora que utiliza un algoritmo computacional para experimentos factoriales basado en el análisis en paralelo de un experimento gemelo ficticio, idéntico al original pero invirtiendo el orden de los progenitores y aplicando los factores apropiados según Martínez (1988), para obtener el análisis de varianza correspondiente al modelo descrito, a partir del cual se obtiene la estructura genética para la discusión sobre los progenitores y sus cruzas.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 1 muestra los cuadrados medios y los niveles de significancia para los caracteres rendimiento de mazorca por hectarea (REN) y altura de planta (AP), longitud de mazorca (LM) y acame (TAC) con el modelo del método IV de Griffing, observándose diferencias significativas entre cruzas para REN, AP y LM, pero no así para TAC. Para ACG de los híbridos progenitores existió diferencia significativa en los cuatro caracteres; lo mismo ocurrió para ACE para REN y AP, pero no para LM y TAC. Aunque puede ocurrir que la variable

TAC (en %) no tenga distribución normal, el análisis de variación al que fue sometida se asume respaldado en el teorema central del límite (variables sin distribución normal tienden a ella en muestras grandes: en este caso, 40 plantas por parcela).

En todos los caracteres los cuadrados medios de ACG fueron mayores que los de ACE.

Análisis de Progenitores

Los efectos de ACG en los híbridos comerciales utilizados como progenitores y la varianza de los efectos de ACE a través de sus ocho cruzas posibles correspondientes se presentan en el Cuadro 2.

Así, para rendimiento de mazorca, los mejores progenitores según su ACG fueron en orden decreciente: P-3288 de la Compañía Pioneer (0.4091) y M-355 de PRONASE (0.2484). Los peores progenitores fueron B-840 de la Dekalb (-0.5087) y el híbrido intervarietal HV-313 (Lucio Blanco x Blanco dentado) de PRONASE (-0.2659). El P-3288 ocupó el

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza con el método IV de cruzas dialélicas de Griffing para cuatro caracteres en maíz. Marquezado, Nayarit. 1991.

Fv	G1	REND	AP	LM	TAC
Blo	3	4.41	51.13	9.22	2.15
Cruzas	35	2.18**	585.11**	4.12*	5.10
ACG	8	2.25*	818.07*	9.08**	77.07*
ACE	27	2.15**	516.09*	2.65	22.84
Error	105	0.44	202.64	2.38	37.82
Total	143	0.98	293.08	1.76	38.86
CV (%)	—	15.69	6.72	11.70	71.23

*, ** : Significancia al 1 y 5 % (Tukey), respectivamente.

Cuadro 2. Análisis de los híbridos comerciales progenitores según su ACG y comportamiento genético a través de sus ocho cruzas directas correspondientes. Marquezado, Nay. 1991.

Progenitor	REN (ton/ha)		AP (m)		LM (cm)		TAC (%)	
	ACG	σ^2 ACE	ACG	σ^2 ACE	ACG	σ^2 ACE	ACG	σ^2 ACE
1. B-83	0.0270	0.8103	-1.246	109.33	0.4167	0.44	2.59	11.50
2. B-15	-0.1837	0.1320	6.912	109.33	0.8881	0.36	-0.42	3.34
3. B-810	0.1591	0.1159	-5.389	74.59	-0.0548	0.29	-0.57	8.07
4. B-840	-0.5087	0.2471	-4.199	176.08	-0.7476	0.54	-1.24	2.91
5. P-507	0.1556	1.1594	-7.785	96.07	-0.4726	0.33	1.52	13.48
6. P-3288	0.4091	0.5144	-2.339	128.38	0.2274	0.84	-2.29	3.59
7. HV-313	-0.2659	0.6034	4.479	83.13	-0.7448	1.62	-1.34	7.68
8. M-355	0.2484	0.2649	3.072	110.32	0.4738	0.27	1.97	6.47
9. 0-356	-0.0409	0.3030	6.494	153.94	0.0238	0.95	-0.23	10.00

REN: Rendimiento de mazorca; AP: Altura de planta; LM: Longitud de mazorca; TAC: acame y σ^2 ACE: Varianza de la aptitud combinatoria específica de las ocho cruzas directas de cada progenitor.

cuarto lugar decreciente en σ^2 ACE = 0.5144, pudiendo considerarse de estabilidad genética media a través de sus cruzas; el M-355 ocupó el séptimo lugar (σ^2 ACE = 0.6034).

El híbrido P-3288 que resultó el mejor progenitor por su ACG para rendimiento, también presentó la menor ACG (-2.29) para acame, baja ACG para AP (-2.339) y buena ACG para LM (10.26) (Cuadro 2).

Análisis de cruzas

En el Cuadro 3 se presentan los efectos de ACE, considerando sólo los efectos aditivos de los progenitores, mientras que en el Cuadro 4 se presenta la estructura genética de las 36 cruzas directas posibles y se compara la ACG contenida en cada craza como $g_i + g_j$ contra los efectos específicos s_{ij} o ACE para el carácter rendimiento de mazorca y las medias de rendimiento por craza donde la diferencia mínima significativa (DMS) entre ellas fue de 1.951 kg/ha de mazorca.

Los resultados del Cuadro 4 indican que las cruzas de mayor interés por la magnitud de los valores genotípicos para rendimiento y su expresión son aquellas 15 con REN estadísticamente similar (4.674 t/ha; DMS = 1.951 t/ha). Aquí sólo se discuten las primeras cinco, en orden decreciente para REN: 1) (B-83 x P-507) $i = 1, j = 5$ con $ACG = 0.1825 < ACE = 1.9911$ y $REN = 6.625$ t/ha, predominando la ACE por lo que sólo es utilizable como craza ya que se espera depresión endogámica en F_n ; 2) (P-3288 x M-355) $i = 6, j = 8$ con $ACG = 0.6575 > ACE = 0.4161$ y $REN = 5.525$ t/ha, por lo que puede utilizarse como sintético y como base para selección recurrente; 3) (P-3288 x 0-356) $i = 6, j = 9$ con $ACG = 0.3683 < ACE = 0.6054$ y $REN = 5.425$ t/ha, utilizable sólo como craza ya que $ACE > ACG$; 4) (P-3288 x HV-313) $i = 6, j = 7$ con $ACG = 0.1433 < ACE = 0.7304$ y $REN = 5.325$ t/ha, aprovechable sólo como craza y 5) (B-810 x P-3288) $i = 3, j = 6$ con $ACG = 0.5683 > ACE = 0.2804$ y $REN = 5,300$ t/ha, utilizable como variedad sintética.

Cuadro 3. Efectos de ACE en nueve híbridos comerciales progenitores de maíz y sus cruzas directas posibles, respectivamente, para cuatro caracteres. Marquezado, Nay. 1991.

Prog.	B-83	B-15	B-810	B-840	P-507	P-3288	HV-313	M-355	O-356
B-83	—	-0.2196	-0.2125	-0.0696	1.9911	-0.1625	-1.0375	-0.6268	0.3375
	—	3.4973	11.4223	-16.1420	-3.2812	-1.5277	10.6795	8.2616	-12.9018
B-15	-10.250	—	-0.6268	0.3661	-0.0732	-0.0018	0.1232	0.5589	-0.1268
	-1.648	—	4.2902	12.2759	6.7366	-0.9098	-7.7277	-8.0955	-9.7670
B-810	-10.487	-10.78	—	-0.3018	0.2089	0.2804	0.2304	0.1161	0.3054
	1.647	2.903	—	-10.3741	-11.3384	9.9402	-5.9777	1.4795	0.5580
B-840	-9.520	-9.99	-10.35	—	-0.0232	-0.3518	0.9732	0.0589	-0.6518
	2.904	0.921	0.783	—	12.3473	12.3509	2.5830	-19.1098	6.0687
P-507	-9.290	-10.02	-10.15	-10.28	—	1.5161	-1.2411	0.1696	0.4839
	-6.095	-0.706	0.783	1.160	—	-12.0635	-7.4062	4.3509	10.9545
P-3288	-10.04	-10.49	-9.25	-10.48	-10.93	—	0.7304	0.4161	0.6054
	2.797	-0.711	2.402	-0.859	-2.539	—	-1.7527	12.4295	-18.4670
HV-313	-11.11	-10.43	-10.14	-8.45	-10.57	-8.12	—	0.2411	0.0196
	4.490	1.765	-4.52	-1.483	-0.871	-1.071	—	-6.6384	16.2402
M-355	-10.39	-9.06	-9.69	-10.53	-9.65	-10.35	-10.12	—	-0.9339
	0.463	0.178	3.340	-2.263	4.065	-1.171	-1.943	—	7.3223
O-356	-9.17	-9.24	-9.42	-10.68	-9.38	-10.60	-11.92	-10.47	—
	-1.229	-1.229	-2.652	-1.163	5.594	1.153	3.634	-2.669	—

Arriba de la diagonal, hilera 1: toneladas/ha (REN) e hilera dos: altura de planta (AP, cm); Abajo de la diagonal hilera 1: longitud de mazorca (LM, cm) e hilera 2: Acame (TAC, %).

Cuadro 4. Estructura genética para rendimiento de las 36 cruzas directas resultantes entre nueve híbridos comerciales usados como progenitores. Marquezado, Nay. 1991.

Cruza	Progenitores		ACG (gi + gj)	ACE (Sij)	REN (ton/ha)
	1	J			
1	1	2	-0.1568	-0.2196	4.075
2	1	3	0.1861	-0.2125	4.425
3	1	4	-0.4818	-0.0696	3.900
4	1	5	0.1825	1.9911	6.625
5	1	6	0.4361	-0.1625	4.725
6	1	7	-0.2389	-1.0375	3.175
7	1	8	0.2754	-0.6218	4.100
8	1	9	-0.0139	0.3375	4.775
9	2	3	-0.0246	-0.6268	3.800
10	2	4	-0.6925	0.3661	4.125
11	2	5	-0.0282	-0.0732	4.350
12	2	6	0.2254	-0.0018	4.675
13	2	7	-0.4496	0.1232	4.125
14	2	8	0.0647	0.5589	5.075
15	2	9	-0.2246	-0.1268	4.100
16	3	4	-0.3496	-0.3018	3.800
17	3	5	0.3147	0.2089	4.975
18	3	6	0.5683	0.2804	5.300
19	3	7	-0.1067	0.2304	4.575
20	3	8	0.4075	0.1161	4.975
21	3	9	0.1183	0.3054	4.875
22	4	5	-0.3532	-0.0232	4.075
23	4	6	-0.0996	-0.3518	4.000
24	4	7	-0.7746	0.9732	4.650
25	4	8	-0.2603	0.0589	4.250
26	4	9	-0.5496	-0.6518	3.250
27	5	6	0.5647	-1.5161	3.500
28	5	7	-0.1103	-1.2411	3.100
29	5	8	-0.4040	0.1693	5.025
30	5	9	0.1147	0.4839	5.050
31	6	7	0.4040	0.7304	5.325
32	6	8	0.6575	0.4161	5.525
33	6	9	0.3683	0.6054	5.425
34	7	8	-0.0175	0.2411	4.675
35	7	9	-0.3067	-0.0196	4.125
36	8	9	0.2075	-0.6339	3.725
DMS	---	---	---	---	1.951

Clave de progenitores (I: progenitor femenino, J: progenitor masculino): 1:B-83, 2:B-15, 3:B-810, 4:B-840, 5:P-507, 6:P-3288, 7:HV-313, 8:M-355 y 9:O-356; ACG: Efectos aditivos aportados por ambos progenitores a cada cruza; ACE (Sij): Efectos de dominancia resultantes en cada cruza; REN: Medias de rendimiento de mazorca (t/ha); DMS: diferencia mínima significativa para REN; **: diferencia estadística entre cruzas ($p \leq 0.01$).

Resalta el hecho de que el híbrido P-3288 de mayor ACG (Cuadro 2) este presente en cuatro de las cinco cruzas con rendimiento numéricamente más alto; en dos de las cuales predomina la ACE sobre la ACG (Cuadro 4). En cruzas con líneas endogámicas, Martín del Campo (1980) y Gomez *et al.* (1988) encontraron que en las cruzas con altos efectos de ACE participa al menos una línea de alta ACG, los resultados de este estudio donde los progenitores son híbridos comerciales muestran esta tendencia, ya que en cuatro de las cinco cruzas participa el híbrido P-3288 de mayor ACG (Cuadro 4), pero sólo en dos de ellas los efectos de ACE superan a los de ACG en magnitud. De cualquier manera, es de esperarse que en la genealogía de los propios híbridos comerciales, participen líneas endogámicas de alta ACG.

Los resultados (análisis de progenitores) aquí presentados son consistentes con lo encontrado por González *et al.* (1990) en lo que se refiere al híbrido B-840 (peor progenitor), ya que éste presentó una reducción del 16.25 y 19.31% en las generaciones F2 y F3 con respecto al híbrido comercial F1, mientras que el promedio de sus cruzas F1 con los híbridos B-833, B-83, P-507 y H-311 mostró un incremento de 1.62 % con respecto al híbrido F1 comercial; una tendencia similar registró el P-507. Lo anterior es razonable debido a que aún en el peor de los casos (heterosis nula) el rendimiento de la craza entre híbridos equivaldría al peor progenitor o al promedio de ambos, los cuales son híbridos comerciales. Esto se refuerza por lo encontrado por los mismos autores con el híbrido B-83 que presentó incrementos del rendimiento en las generaciones F2 y F3 con respecto a la F1 comercial y el promedio de sus cruzas también supero (12%) al rendimiento del híbrido F1 comercial. Tales respuestas son explicables

por los efectos positivos de ACG para REN y altos y positivos para la LM en B-83; por los efectos negativos de ACG para REN, AP y LM del B-840 y negativos para LM y AP para el P-507 (aunque con efectos positivos para REN), encontrados en el presente estudio (Cuadro 2).

Es importante observar que las mejores cruzas resultaron entre híbridos de casas comerciales diferentes, pudiéndose interpretar que se debe a combinación de germoplasma genéticamente contrastante (divergencia genética); lo contrario ocurrió como se esperaba, entre híbridos de la misma compañía, los que podrían compartir algunas líneas. Numerosos autores han aportado evidencias sobre lo deseable de combinar germoplasma de diferente origen genético para aprovechar la heterosis debida a la divergencia genética (Wellhausen *et al.*, 1952; Coutiño, 1982 y Gómez *et al.*, 1988; entre otros).

CONCLUSIONES

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para los efectos de ACG sobre rendimiento y longitud de mazorca (REN, LM) altura de planta (AP) y acame (TAC); así como para los efectos de ACE sobre REN, AP y TAC.

Quince de las 36 cruzas realizadas entre híbridos comerciales rindieron estadísticamente similar a la craza de mayor rendimiento (6.625 t/ha).

Los cuadrados medios de ACG fueron mayores que los de ACE en todos los caracteres estudiados, lo que significa que en la población teórica obtenida de la recombinación de las cruzas F1 entre híbridos, la varianza aditiva es de mayor magnitud que la de dominancia.

Los híbridos que resultaron ser los mejores progenitores a juzgar por la magnitud de sus efectos positivos de ACG, fueron en orden decreciente: P-3288, M-355, B-810, P-507 y B-83. De ellos los más consistentes a través de sus cruzas, fueron el B-810 y el M-355; mientras que los más inconsistentes fueron P-507 y B-83, por su varianza en la ACE.

Los cruzamientos cuyas progenies mostraron mayores efectos de ACG para rendimiento fueron: P-3288 x N-355, REN = 5.525 t/ha y B-810 x P-3288, REN = 5.300 t/ha y B-810 x P-507, REN = 4.975 (t/ha).

Las progenies con mayores efectos de dominancia, resultaron de las cruzas entre: B-83 x P-507, REN = 6.625 t/ha; P-3288 x HV-313, REN = 5.325 t/ha y P-3288 x 0-356, REN = 5.425 t/ha.

De las cinco mejores cruzas para rendimiento, tres podrían utilizarse comercialmente sólo como cruza (ACG > ACE): B-83 x P-507, P-3288 x 0-356 y P-3288 x HV-313, ya que se esperaría depresión endogámica al usarse como sintéticos, y dos como variedades y/o como poblaciones base para selección recurrente (ACG = ACE): P-3288 x M-355 (5.525 t/ha) y B-810 x P-3288 (5.3 t/ha), alternativamente a la siembra de criollos o la F2 de híbridos comerciales.

BIBLIOGRAFIA

- Allard, F.W. 1960. Principios de la mejora genética de las plantas. Ed. Omega. 498 pp.
- Blum, A. 1968. Estimates of general and specific combining ability for forage yield in F1 hybrids of forage sorghum. *Crop Sci.* 8:392-393.
- Comstock, R.E.; H.F. Robinson and F.H. Harvey. 1949. A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. *Agron. J.* 41:360-367.
- Coutiño E., B. 1982. Variabilidad genética de cruas dialélicas de maíz formadas con poblaciones tropicales sobresalientes. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 141 p.
- Finker, R.E.; M.D. Finker; B.A. Rojas; and N.R. Malm. 1976. Combining abilities and heritability from incomplete diallel systems in grain sorghum. *Agricultural Experiment Station. Bull. No. 642. Las Cruces, New Mexico.* 12 pp.
- Gardner, C.O. 1984. Información genética derivada utilizando el modelo Gardner-Eberhart para medias generacionales. *Fitotecnia* 6:114-141.
- _____ and S.A. Eberhart. 1966. Analysis and interpretation of variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22:439-493.
- Gómez M., N., R. Valdivia B. y H. Mejía A. 1988. Dialélico integrado con líneas de diferentes programas de maíz para la región cálida. *Fitotecnia Mexicana.* 11:103-120.
- González S., C., J. Ron P. y J. L. Ramírez D. 1990. Potencial de rendimiento de cinco híbridos de maíz, sus cruas y generaciones avanzadas en el Centro de Jalisco. *Memoria XIII Congreso Nacional de Fitogenética.* p. 346.
- Griffing, V. 1956 a. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. *Heredity* 10:31-50.
- _____. 1956 b. Concept of general and specific: combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austr. J. Biol. Sci.* 9:463-493.
- Guzmán M., L., V. Palacios C. y J. Ron P. 1992. Cruas intervarietales en el cultivo del maíz (*Zea mays*) con la participación de productores en la región de Nextipac, Municipio de Zapopan, Jalisco. *Memoria XIV Congreso Nacional de Fitogenética.* p. 292.

- Kambal A., E. and O.J. Webster. 1965.** Estimates of general and specific combining ability in grain sorghum (*sorghum vulgare*) Pers. *Crop. Sci.* 5:521-523.
- Malm, N.R. 1968.** Exotic germoplasm in grain sorghum improvement. *Crop. Sci.* 8: 295-298.
- Márquez S., F., P. Ramírez V. y H. Córdoba O. 1983.** Variedades sintéticas de maíz. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- _____ and **A.R. Hallauer. 1970.** Influence of sample size on the estimation of genetic variances in a synthetic variety of maize. I. Grain Yield. *Crop. Sci.* 10:357-361.
- Martín del Campo, V.S. 1980.** Análisis de medias y componentes de varianza en tres grupos de poblaciones de maíz en el Norte-Centro de México. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 156 pp.
- Martínez G., A. 1988.** Análisis de los experimentos de Griffing usando algoritmos computacionales para el análisis de experimentos factoriales. *Comunicaciones en Estadística y Computo.* Vol. 7. No. 2:35 pp.
- Rojas, B. and G.F. Sprague. 1952.** A comparison of variance components in corn yield trials. III. General and specific combining ability and their interaction with locations and years. *Agron. J.* 44:462-466.