

Efectos de aptitud combinatoria en dos poblaciones de maíz adaptadas al Bajío

Combining ability effects in two maize populations adapted to Bajío

Daniel Sámano Garduño¹ y Humberto De León Castillo¹

Resumen

Este trabajo parte de un programa de mejoramiento Inter e intrapoblacional dentro de un patrón heterótico formado por una población de maíz enano y otra de porte normal precoz (ciclo 0), empleando la selección recíproca recurrente de familias de hermanos completos (SRRFHC) donde se han creado dos subpoblaciones dentro de cada población, una formada por las mejores líneas en aptitud combinatoria específica (ACE), y la otra constituida con las líneas con los valores más altos en aptitud combinatoria general (ACG). Formándose, por lo tanto, cuatro dialélicos, con la finalidad de llevar a cabo el primer ciclo de recombinación y estudiar los efectos dentro de cada dialélico. Fueron formados y analizados tres dialélicos de 45 cruces (enano para ACG y ACE y normal para ACE) y uno de 36 cruces simples (normal para ACG) con líneas S₂, bajo el Diseño IV método I de Griffing, en Juventino Rosas, Gto. y El Prado, Galeana, N.L. durante la primavera del 2003. Los resultados arrojaron diferencias altamente significativas para localidades en todos los dialélicos, por la diferencia que existen entre los dos sitios. La fuente cruces, mostró de igual manera diferencias significativas ($P \leq 0.01$) facilitando la selección de híbridos. En la descomposición de esta fuente, los efectos de ACG y ACE presentaron diferencias altamente significativas debido posiblemente a los efectos de endogamia y heterosis. Siendo los efectos de ACG los de mayor importancia en los cuatro dialélicos.

Palabras claves: *Zea mays* L., dialélicos, mejoramiento poblacional, Aptitud combinatoria general y específica.

Abstract

Two foundation populations, one of dwarf height and the other of normal tall and early flowering, are handled through a full sibs family reciprocal recurrent selection program; two subpopulations has been derived from each population using the best lines in specific combining ability (SCA) in one case, and the highest values for general combining ability (GCA) in the other. A diallel design IV of Griffing's method I was performed into subpopulations leading to the first recombination cycle and to compare the simple hybrids performance. Data comes from three diallels with 45 crosses (the two dwarf subpopulations and the normal height SCA lines) and one diallel with 36 crosses for the normal GCA lines. The evaluation trials were performed in two Mexican locations highly different environments, during the B cycle 2003; Results indicate significant crosses source variation ($P \leq 0.01$) making easy the hybrid qualification; as expected, SCA and GCA effects were also highly significant, having the GCA as the most important in the four alleles analysis.

Key words: *Zea mays* L., diallels, breeding population, general and specific combining ability.

Introducción

Todos los esquemas de mejoramiento Inter e intrapoblacional en maíz, han sido usados para desarrollar y mejorar grupos y poblaciones, que son la base de un programa exitoso de mejoramiento; métodos que tienen como meta final la producción de híbridos más productivos. Tal es el caso del programa de mejoramiento genético para el Bajío del Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario E. Castro Gil" de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que utiliza la selección recíproca recurrente de familias de hermanos completos (SRRFHC) en un patrón heterótico formado por una población de maíz enano y otra de porte normal precoz.

A esta metodología se le han implementado dos modificaciones: 1) la de crear dos subpoblaciones dentro de cada población, una formada por las mejores líneas en aptitud combinatoria específica (ACE), y la otra constituida con las líneas con los valores más altos en aptitud combinatoria general (ACG), siguiendo los criterios usados por Sprague y Tatum (1942) para la ACG y ACE, con el objetivo de mejorar y explotar al máximo el patrón heterótico y las poblaciones en forma *per se*; y 2) la de utilizar líneas S_2 en lugar de S_0 (método original), con la finalidad de inyectar tolerancia a la endogamia a las poblaciones, para producir líneas más dúctiles y vigorosas; de eliminar la carga genética de los materiales seleccionados; de aprovechar más eficientemente las varianzas genéticas de las poblaciones, que es mayormente capitalizada en progenies endogámicas; de obtener mayor cantidad de semilla por familia para evaluarlas en varias localidades y años y de detectar combinaciones híbridas sobresalientes que pueden continuar en un programa de endogamia-hibridación.

El método usado para recombinar las líneas que intervienen en las familias seleccionadas y formar así el siguiente ciclo de selección, es el de cruces dialélicas, que Griffing (1956) definió como los cruces posibles entre un conjunto de padres. Autores como González et al. (2000), Silva y Morteverde (1998), Higuera (1992) han utilizado los diseños dialélicos para; seleccionar padres o cruces como fuente de material mejorado, para estimar los efectos de capacidad combinatoria general y específica de cruzamientos de un grupo determinado de líneas, para hacer una caracterización genética del conjunto de padres y heredabilidad, para calcular heterosis y aunque en menor proporción, también se han utilizado para la estimación de efectos maternos y recíprocos.

El presente trabajo tiene como finalidad, estimar los efectos de ACG y ACE para la variable rendimiento de mazorca de las líneas de las cuatro subpoblaciones derivadas de la población ciclo cero (C0) y que formaran el siguiente ciclo de selección, a través del Diseño IV Método I de Griffing, con el objetivo de comparar el comportamiento de las dos subpoblaciones dentro de cada población y determinar cual de ellas genera los mejores híbridos simples.

Metodología Experimental

Fueron formadas 36 cruces simples en el dialélico normal precoz para ACG y 45 para la normal precoz para ACE, así como para las subpoblaciones de ACG y ACE de

la población enana en Tepalcingo, Mor., durante el ciclo de invierno del 2002. Estas cruza simples fueron evaluadas en la primavera del 2003 en una localidad representativa del bajío mexicano y otra contrastante, en el área de influencia de la UAAAN, Juventino Rosas, Gto. y El Prado municipio de Galeana, N.L., respectivamente.

Los cuatro dialélicos fueron establecidos en forma individual bajo un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones por localidad. Constituyendo la parcela experimental un surco de 5 m de longitud con 21 plantas separadas a 0.21 m y con una distancia entre surcos de 0.75 m. La variable a evaluar fue rendimiento de mazorca en t ha⁻¹ al 15.5 % de humedad.

Con el fin de calcular los efectos de aptitud combinatoria general y específica, las cruza simples de cada subpoblación, se realizó un análisis combinado para localidades bajo el Diseño IV de Griffing, empleando para ello el programa estadístico reportado por Zhang y Kang (2003) para SAS. Siendo el modelo genético el que se presenta a continuación:

$$Y_{ijkl} = \mu + I_i + \beta_{j(i)} + g_k + g_l + s_{kl} + I g_{ik} + I g_{il} + I s_{ikl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta; μ = efecto de la media general; I_i = efecto de la *i*-ésima localidad; $\beta_{j(i)}$ = efecto del *j*-ésimo bloque dentro de la *i*-ésima localidad; g_k = efecto de la aptitud combinatoria general del padre *k*; g_l = efecto de la aptitud combinatoria general del padre *l*; s_{kl} = efecto de la aptitud combinatoria específica de los padres *k* y *l*; $I g_{ik}$ = efecto de la interacción entre la *i*-ésima localidad y la aptitud combinatoria del padre *k*; $I g_{il}$ = efecto de la interacción entre la *i*-ésima localidad y la aptitud combinatoria general del padre *l*; $I s_{ikl}$ = efecto de la interacción entre la *i*-ésima localidad y la aptitud combinatoria específica de los padres *k* y *l*; ε_{ijkl} = error experimental

Resultados Y Discusión

En el Cuadro 1, se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para el diseño combinado de las dos localidades para cada dialélico. Para la fuente de variación localidades se encontraron diferencias altamente significativas en los cuatro grupos, ya que las localidades presentan condiciones climáticas y edáficas muy diferentes, reflejadas en la media general de rendimiento que fue mayor en Juventino Rosas, Gto. (13.161) comparada con la del Prado, N.L. (5.811).

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para rendimiento en t ha⁻¹ de cuatro dialélicos de maíz evaluados en Juventino Rosas, Gto. y El Prado, Galeana, N.L. en el 2003.

F.V.	SP NORMAL ACG		SP NORMAL ACE		SP ENANO ACG		SP ENANO ACE	
	G.L.		G.L.		G.L.		G.L.	
Loc	1	1231.00 **	1	2181.48 **	1	2282.95 **	1	3131.97 **
Rep/loc	2	12.80 **	2	4.67 **	2	12.35 ns	2	32.33 **
Cruzas	35	10.48 **	44	11.75 **	44	20.62 **	44	5.49 **
ACG	8	29.10 **	9	36.92 **	9	64.29 **	9	7.89 **
ACE	27	3.90 **	35	3.41 ns	35	8.84 **	35	4.86 **
Cruzas x loc	35	4.05 **	44	4.38 ns	44	4.48 *	44	4.56 **
ACG x loc	8	4.61 *	9	8.63 *	9	5.80 ns	9	2.28 ns
ACE x loc	27	3.62 *	35	3.07 ns	35	4.10 ns	35	5.14 **
Error	63	1.83	76	3.582	82	2.92	86	2.27
Media		9.343		9.696		9.726		9.158
C.V.		14.5		19.5		17.6		16.5

* y ** = significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; ns = no significativo; SP = subpoblación; ACG = aptitud combinatoria general; ACE = aptitud combinatoria específica; G.L. = grados de libertad; C.V. = coeficiente de variación.

De igual manera, la fuente cruzas mostró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en todos los dialélicos que formaran a cada subpoblaciones, característica deseable ya que indica variabilidad genética entre las cruzas facilitando la selección de los híbridos más prometedores.

La descomposición de los efectos de la fuente cruzas, muestra que aun cuando las líneas involucradas en la formación de cada subpoblación ya han sufrido un proceso de selección, de acuerdo a su aptitud combinatoria general y específica, estas presentaron diferencias altamente significativas en sus combinaciones híbridas, según la fuente de ACG, lo que implica la existencia de líneas con buena o mala capacidad para combinarse, debido posiblemente a la existencia de líneas hermanas y a la gran variabilidad genética que existe en cada población original, teniendo de esta manera efectos de endogamia y de heterosis. Caso similar se presentó en la fuente ACE al encontrar diferencias altamente significativas a excepción del dialélico de maíz normal precoz para ACE, que no hubo diferencia alguna.

En relación con los datos obtenidos, se puede apreciar que los efectos de ACG son mayores que los efectos de ACE en todos los dialélicos, fenómeno interesante, ya que aunque las líneas se seleccionen por su ACE llevan en su información genética efectos de ACG. Es importante señalar que en el dialélico formado por líneas de maíz enano seleccionadas por su ACE no es muy grande la diferencia entre los efectos de ACG y ACE, siendo un indicativo de una selección correcta de las líneas para el objetivo deseado. Siendo la subpoblación enana para ACG la más prometedora, ya que las cruzas que la formaran, presentan los mayores efectos de ACG y ACE, en comparación de los otros dialélicos.

Cuadro 2. Concentración de los cinco mejores híbridos por dialélico y sus valores de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE).

Dialélico normal precoz por ACG						
hibrido	rendimiento t/ha	macho	hembra	ACE	ACG M	ACG H
15	13.910	2	9	2.692	-0.592	2.383
33	12.814	6	9	-0.131	1.135	2.383
35	12.586	7	9	0.544	0.231	2.383
31	12.570	6	7	1.776	1.135	0.231
21	10.900	3	9	-0.267	-0.643	2.383
Dialélico normal precoz por ACE						
27	14.605	4	7	1.696	0.095	3.085
6	14.227	1	7	1.273	0.140	3.085
14	13.282	2	7	0.693	-0.226	3.085
32	12.900	5	7	0.731	-0.645	3.085
42	12.190	7	10	-0.846	3.085	0.222
Dialélico de maíz enano por ACG						
39	15.236	6	10	3.638	1.924	-0.046
2	14.884	1	3	3.063	2.431	-0.330
13	13.991	2	6	0.877	1.469	1.924
1	13.612	1	2	-0.008	2.431	1.469
8	13.139	1	9	1.315	2.431	-0.327
Dialélico de maíz enano por ACE						
9	12.401	1	10	2.263	0.543	0.441
34	11.604	5	9	2.076	0.764	-0.390
32	11.490	5	7	1.148	0.764	0.424
17	11.199	2	10	1.999	-0.394	0.441
4	10.931	1	5	0.470	0.543	0.764

En el Cuadro 2 se presentan las mejores cruzas simples para cada dialélico, así como sus valores de ACG y ACE, donde es posible observar que los híbridos con los rendimientos más altos, en su mayoría están formados por cruzas de bueno x bueno, en cuanto a ACG, y nueve cruzas están formados por bueno x malo. En cuanto a la ACE se aprecia que hay cruzas con valores altos, pero también bajos e inclusive negativos pero con rendimientos aceptables. En estos resultados se puede comprobar que el dialélico formado las líneas con valores altos en ACG, presenta los más altos efectos de ACG y ACE.

Conclusiones

Las líneas derivadas de las poblaciones de maíz enano y de porte normal del ciclo 0 de selección, y seleccionadas por su aptitud combinatoria general y específica y evaluadas a través de dialélicos no muestran una gran diferencia en cuanto a rendimiento y en cuanto al comportamiento de los efectos de la aptitud combinatoria.

Los efectos de aptitud combinatoria general son de mayor importancia en este grupo de líneas, sin importar como fueron seleccionadas. Además, al cruzar dos o al menos una línea con valores altos en ACG aseguran híbridos con un alto potencial de rendimiento, mientras que los valores de ACE no guardan ninguna relación con el rendimiento de los híbridos.

Literatura Citada

- González H., A., D. de J. Pérez. L., J. Sahagún C., R. Álvarez C. y J.I. Reyes C. 2000. Análisis de ocho líneas y sus híbridos de cruce simple en maíz usando el método I de Griffing. *In*: Zavala G., F., R. Ortega P., J. A. Mejía C., I. Benítez R. y H. Guillén A. (eds). Memorias del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética: Notas científicas. SOMEFI. Chapingo, México. pp 124.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9:463-493.
- Higuera A. 1992. Efectividad de los modelos de Gardner-Eberhart y Griffing en la determinación de la importancia relativa de la varianza aditiva en un cruzamiento dialélico de ocho líneas de frijol *Vigna unguicalata* (L.) Walp. *Rev. Fac Agron (LUZ)* 9:63-75.
- Silva J., R. y E. Monteverde P. 1998. Estimación de componentes de varianza genética de una población indehisciente de ajonjolí tipo chino utilizando dos diseños de apareamiento. *Revista de la Facultad de Agronomía (Maracay)* 24 (1).
- http://www.redpav-fpolar.info.ve/fagro/v24_1/v241m004.html (17/11/2000).
- Sprague, G.F. y Tatum, L.A. 1942. a general vs. Specific combining ability in single crosses of corn. *J. Am. Soc. Agron.* 34:923-932.
- Zhang Y. and M.S. Kang. 2003. Diallel-SAS: A program for Griffing's diallel methods. *In*: Kang M.S. (ed). Handbook of formulas and software for plant geneticists and breeders. pp 193-203.

