

Aptitud Combinatoria y Predicción de Híbridos de Maíz (*Zea mays* L.) de Grano Amarillo a Partir de Cruzas Dialélicas, Evaluadas en Dos Localidades de la Zona Baja de Guatemala, 1989¹

José Luis Quemé de León², Luis Larios Bobadilla², Carlos Pérez Rodas² y Nery Soto León³

COMPENDIO

Por la importancia que tiene el maíz de grano amarillo en el crecimiento normal para humanos y animales y con el propósito de incrementar la producción de maíz en Guatemala, el Programa de Maíz del ICTA realizó la presente investigación utilizando 10 líneas en su mayoría con diferente origen genético y cuyo objetivo general planteado es generar cruza dobles (CD) y de tres líneas (CT) que superen al mejor híbrido comercial HA-46; los objetivos específicos fueron: 1) Estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de las líneas y aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruza simples (CS). 2) Realizar predicciones de rendimiento de grano de CD y CT.

Se utilizó el diseño látice simple 7x7 para evaluar 42 CS mas de 7 testigos, para determinar la ACG y ACE se aplicó el diseño 4 de Griffing y para las predicciones se utilizó el método B de Jenkins. Se establecieron dos ensayos ubicados en los Centros de Producción de Cuyuta y La Máquina, los cuales están ubicados a 40 y al S0 msnm, respectivamente.

De acuerdo a los resultados obtenidos no se rechazaron las dos hipótesis planteadas por lo tanto: 1) La varianza de ACG (σ_g^2) se considera igual a cero debido a que los progenitores fueron seleccionados previamente, mientras que la varianza de ACE (σ_s^2) fue diferente de cero posiblemente porque algunos progenitores son de origen diferente mientras que otros provienen de la misma fuente. 2) Los efectos de ACE (S_{ij}) son tan importantes como los efectos de ACG (g_i) en el rendimiento de las CS. Los rendimientos predichos de las CT y CD superaron al HA-46 predicho, por lo tanto, se espera que cuando estén formados los híbridos predichos, superen al HA-46 y con ello cumplir con el objetivo general trazado.

Palabras claves adicionales: hibridación, genotecnia, cruza dobles, cruza triples.

INTRODUCCION

El maíz es el alimento básico para los guatemaltecos, el cual aporta alrededor del 45 % de las calorías de la dieta diaria per capita y ocupa el primer lugar dentro de los granos básicos; este cereal se cultiva en un área de 619,200 ha, con un rendimiento de 1476 kg/ha como promedio anual en el período de 1977 -1982 (Ruano y Fumagalli, 1988).

El maíz de grano amarillo juega un papel importante para humanos y animales, ya que según Jugenheimer, (1981) este maíz estimula un crecimiento normal, Ciertas áreas de la región IV de Guatemala, ubicadas en el litoral del Pacífico se han identificado por la producción de maíz amarillo; la semilla que utilizan los agricultores es en su ma-

ABSTRACT⁴

Given the importance that yellow grain maize hybrids have for human and animal consumption, the Maize Program of the Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola (ICTA) initiated a project using 10 maize lines to generate double (DC) and three way cross (TWC) hybrids which would be superior to the commercial hybrid HA-46. Most of the 10 lines had different genetic origins. Specific objectives were: a) estimate specific and general combining ability (SCA, GCA) for each of the simple crosses; and b) to predict yield for the DC and TWC hybrids.

A 7x7 simple lattice design was used to evaluate 42 simple crosses and 7 checks. SCA and GCA were estimated using the Fourth Griffing's Design, and yield predictions using Jenkins Method B. Two trials were established in Cuyuta and La Máquina (40 to 150 meters above sea level).

Results obtained indicated that the two null hypothesis could not be discarded: 1) the variance for GCA (σ_g^2) was considered to be equal to zero given that the testers were previously selected; and the variance for SCA (σ_s^2) was different from zero, possibly because some testers had different origins while others were derived from the same source. 2) SCA was as important as CGA in predicting the yield of the simple crosses.

Predicted yield levels for DC's and TWC's were higher than the predicted yield for HA-46. These results suggest that when these DC's and TWC's are formed they will be superior to HA-46 and as such fulfill the general objective set forth.

yoría variedades e híbridos generados por el Programa de Maíz del ICTA, citando por ejemplo la variedad A-6 y el híbrido HA-46.

Una opción para elevar la producción de maíz es el uso de híbridos de alto rendimiento, de aquí que el Programa de Maíz del ICTA le ha dado importancia a la generación de éstos, aplicando la metodología no convencional (híbridos de

¹ Trabajo presentado en la XXXVI Reunión Anual del PCCMCA, San Salvador, El Salvador, marzo 1990.

² Técnico del Programa de Maíz, ICTA

³ Coodimador del Programa de Maíz, ICTA

⁴ El abstract es traducción del compendio.

Publicado en Agronomía Mesoamericana, Vol 2 (1991).

familias de hermanos completos y varietales) y convencional (de líneas).

La presente investigación está enfocada a la generación de híbridos dobles (CD) y de tres líneas (CT), utilizando para ello materiales de diverso origen genético, con los cuales se pretende cumplir con los siguientes objetivos:

General

Generar cruzas dobles y de tres líneas de grano amarillo que superen al mejor híbrido comercial HA-46.

Específicos

Estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de 10 líneas de grano amarillo y aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruzas simples (CS).

Realizar predicciones de rendimiento de grano de CD y CT a partir de la información de las cruzas simples (CS).

Hipótesis

1. Dado que las líneas en estudio han sido seleccionadas previamente, la varianza ACG (σ_g^2) se considera igual a cero, mientras que la varianza de ACE (σ_s^2) es diferente de cero debido a que algunos progenitores son de origen diferente, mientras que otros provienen de la misma fuente.

2. En el rendimiento de las CS, los efectos de ACE (S_{ij}) serán importantes así como los efectos de ACG (g_i) cuando menos en un progenitor.

REVISIÓN DE LITERATURA

La hibridación en maíz se considera como un método técnico que tiene como objetivo principal el aprovechamiento de la generación F_1 (híbrido F_1) provenientes del cruzamiento entre dos poblaciones (P_1 y P_2) con cualquier estructura genotípica, las cuales pueden ser líneas endogámicas, variedades de polinización libre, variedades sintéticas o las poblaciones F_1 mismas en el caso de las cruzas dobles (Márquez, 1988).

El valor de los progenitores de un híbrido se puede determinar mediante la prueba de ACG y ACE. Sprague y Tatum (1942) definieron estos dos términos en relación al comportamiento relativo de las líneas al ser cruzadas; usando el vocablo aptitud combinatoria general para designar el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas, y aptitud combinatoria específica para designar a la desviación de cada combinación con respecto a la ACG de los progenitores; es decir, cada craza puede ser mejor o peor de lo que se esperaría en base al comportamiento promedio de las líneas consideradas.

Brauer (1980) menciona que después de que se ha realizado la selección de líneas con base en su ACG (mediante

cruzas probadoras o mestizos), sigue la prueba de ACE, la cual consiste en cruzar las líneas dos a dos en cruzamientos simples para ser evaluados en ensayos de rendimiento. Lo que se busca con esta prueba es identificar a los híbridos F_1 más rendidores de todas las cruzas simples posibles formadas a partir de líneas.

Griffing, citado por Martínez (1983), emplea la expresión cruzas dialélicas para describir un procedimiento en el cual se elige un conjunto de P líneas progenitoras y se realizan cruzas entre ellas; este mismo autor distingue cuatro diferentes técnicas de realizar dialélicas, las cuales varían dependiendo si se ensayan o no las autofecundaciones o las cruzas recíprocas de las F_1 .

Después de haber realizado la prueba de ACG y ACE, y teniendo los resultados de la evaluación de las CS provenientes de las líneas seleccionadas, la siguiente etapa es determinar las mejores combinaciones híbridas cuando se está interesado en CD y CT. Uno de los primeros investigadores en hacer estudios de predicción fue Jenkins (1934), quien propuso cuatro métodos para predicción del comportamiento de CD en maíz; por conveniencia, a cada método le asignó letras, A, B, C, y D, de acuerdo al estudio que realizó para rendimiento, el método B fue el que presentó mayor correlación (0.76); el método B utiliza para la predicción el promedio de las cuatro CS no paternas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

Se ensayaron 42 cruzas simples provenientes entre las cruzas de 10 progenitores de diverso origen genético y diferente nivel de endogamia. Conjuntamente con las CS se evaluaron 7 testigos, los cuales se describen en el Cuadro I.

Localidades de evaluación de las cruzas simples

Los ensayos se establecieron en los Centros de Producción del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), ubicados en las localidades de Cuyuta y la Máquina, las cuales se encuentran ubicadas en la zona tropical baja de Guatemala, a una altitud de 40 y 150 msnm. y con temperaturas promedio mensual de 27°C. Los suelos de Cuyuta se caracterizan por ser franco-arenosos de la serie Tiquisate, con buen drenaje y los de La Máquina son franco-arcillosos, predominando los suelos de la serie Ixtán con mal drenaje.

Período de evaluación

La evaluación de los ensayos se realizó en el ciclo de 1989B, con siembras en la primera y tercera semana de junio para Cuyuta y La Máquina respectivamente, y la cosecha se realizó en la segunda semana de octubre para Cuyuta y la primera semana de noviembre para La Máquina.

Cuadro 1 Descripción de las 10 líneas de maíz de grano amarillo que dieron origen a las cruzas dialélicas, la cuales se evaluaron con siete testigos en dos localidades de la zona baja de Guatemala, 1989.

Progenitores	Grado de Engoamia	Fuente
1	S ₃	Pool 21
2	S ₃	Pool 22
3	S ₂	
4	S ₃	Pool 21
5	S ₃	Pool 21
6	S ₃	Población 28
7	S ₅	Población 24
8	S ₆	Población 27
9	S ₆	Población 27
10	S ₃	Pool 26
Testigos		
HA-26	Híbrido comercial de tres líneas	Pool 21 y Pob. 28
Exp. 70	Híbrido experimental de tres líneas	Pob. 28, Pool 26 y Pool 21
Exp. 112	Híbrido experimental de tres líneas	Pob. 28, Pool 26 y Pool 21
X-3204	Híbrido comercial	PIONEER
A-6	Variedad de polinización libre	Pob. 28
2207 (AL)	Híbridos resistentes a aluminio	Brasil
2211 (AL)	Híbridos resistentes a aluminio	Brasil

Nota: Las poblaciones y pools han sido generados por CIMMYT.

Tamaño de la unidad experimental y distancia de siembra

La unidad experimental (parcela) estuvo constituida por dos surcos de 5 m. de largo, separados a 75 cm. entre surcos y 50 cm entre matas (dos plantas/mata), haciendo un total de 44 plantas por parcela (53,333 plantas/ha) siendo la parcela útil para los dos surcos.

Toma de datos

Se tomó el peso de mazorca de todas las plantas cosechadas en cada parcela, días a floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, mazorcas descubiertas, aspecto de mazorca, tipo de grano y pudrición de mazorca.

Análisis estadístico

Se realizaron los análisis de varianza por localidad conforme a un diseño de látice simple, cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + R_k + T_i + B_j(R_k) + \epsilon_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = valor observado en la unidad experimental

μ = efecto medio

R_k = efecto de la repetición k

T_i = efecto del tratamiento

$B_j(R_k)$ = efecto del bloque incompleto j de la repetición k

ϵ_{ijk} = error asociado con la unidad experimental

Análisis dialélico

Para estimar los efectos de aptitud combinatoria se utilizó el diseño 4 de Griffing en bloques al azar, el cual se caracteriza por ensayar $p(p-1)/2$ combinaciones, donde P se refiere al número de progenitores. El modelo lineal para interpretar los resultados para este diseño es:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + S_{ij} + C_{ijk}$$

$$1 \leq i, j \leq p, k = 1, 2, \dots, r;$$

donde:

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

μ = efecto común a todas las observaciones

g_i = efecto de la aptitud combinatoria general del progenitor i

S_{ij} = efecto de la aptitud combinatoria específica de la craza (i,j)

C_{ijk} = efecto ambiental aleatorio correspondiente a la observación (i, j, k)

Martínez (1983) menciona que para el diseño 4 de Griffing, los estimadores de la varianza del error (σ_e^2), de la ACG (σ_s^2) y de la ACE σ_g^2 se obtienen de los cuadrados medios (CM), de la siguiente manera:

$$\sigma_e^2 = \text{CM error}$$

$$\sigma_s^2 = \frac{\text{CM ACE} - \text{CM \{error\}}}{r}$$

$$\sigma_g^2 = \frac{\text{CM \{ACG\}} - \text{CM \{ACE\}}}{r(p-2)}$$

Según Velásquez (1978), las fórmulas para estimar " μ ", el efecto de ACG " g_i " y el efecto de ACE " S_{ij} ", son:

$$\mu = \frac{2Y}{rp(p-1)}$$

$$g_i = \frac{Y_{i..}}{r(p-2)} - \frac{2Y_{...}}{rp(p-2)}$$

$$S_{ij} = \frac{Y_{ij}}{r} - (g_i + g_j) - Y_{...}$$

donde:

- r = número de repeticiones
 p = número de progenitores
 $Y_{i..}$ = suma de las cruzas en que interviene el progenitor i
 $Y_{...}$ = gran total

Predicción de híbridos: dobles y de tres líneas:

para la predicción del rendimiento de las CD se utilizó el método B de Jenkins, aplicando la siguiente ecuación:

$$CD_{ij,kl} = 1/4 (CS_{ik} + CS_{il} + CS_{jk} + CS_{jl})$$

donde:

i, j, k, l, representan a las cuatro líneas de una CD

$CD_{ij,kl}$ = Valor de la predicción de la craza doble (i x j) (k x l)

CS_{ik} , CS_{il} , CS_{jk} y GS_{jl} = comportamiento de las CS no paternale o genotipos predictores.

La predicción de las CT se realizó en forma semejante como se hizo en las cruzas dobles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presentan el rendimiento de grano de las mejores 10 CS consideradas sin diferencia significativa según el método de Tukey, en ambas localidades de evaluación. En la localidad de Cuyuta existieron rendimientos de las CS que superaron al híbrido HA-46 hasta en un 16%, estas CS al igual que otras que no se incluyeron en el Cuadro 2, presentaron los más altos rendimientos y sin diferencia significativa en la localidad de La Máquina, aunque los rendimientos en esta última localidad fueron bajos en comparación a la localidad de Cuyuta. Una explicación del bajo rendimiento en La Máquina se debió a la sequía que afectó en el período de floración de duró 30 días, y el valor acumulado de precipitación no llegó a los 20 mm y si a esto se le agrega la sensibilidad que tienen las CS a los cambios de ambiente, es lógico que los rendimientos se redujeran drásticamente. Entre los testigos, el HA-46 fue uno de los mejores a pesar de que existió sequía, corroborando con ello el porqué este híbrido de tres líneas se haya recomendado para esta región. Los híbridos que presentaron los más bajos rendimientos fueron el 2207 (A1) y el 2211 (A1), atribuyendo estos resultados al problema de la sequía y a la inadaptación de los híbridos.

Análisis de Varianza

El resumen del análisis de varianza para la variable rendimiento de cada una de las dos localidades se presenta en

el Cuadro No. 3. Existieron diferencias altamente significativas entre tratamientos, lo cual indica que por lo menos hay un tratamiento diferente a los demás; la media de rendimiento de Cuyuta (6.091 t / ha) fue tres veces superior a la media de La Máquina (2.037 t / ha), habiéndose explicado la causa de esta diferencia en el párrafo anterior, el coeficiente de variación para el análisis de Cuyuta se considera adecuado (8%), no así el de La Máquina (20%), el cual se puede deber a la desuniformidad en cuanto a la pendiente del terreno donde se estableció el experimento. En cuanto a la eficiencia relativa del diseño en látice con respecto al de bloques al azar (BCA), se puede decir que en la localidad de La Máquina, el diseño de látice sí fue más preciso que el BCA, no así para Cuyuta, en Por existir problemas de sequía en La Máquina y dado que los datos de los tratamientos para la variable rendimiento de esta localidad tienen similar tendencia a la de Cuyuta, se optó por hacer el análisis dialélico sólo para la localidad de Cuyuta.

Cuadro 2 Rendimiento de grano de las mejores cruzas simples consideradas sin diferencias significativa según el método de Tukey, en cada una de las localidades. 1989.

Cruza	Cuyuta		La Máquina	
	t / ha*	% sobre HA-46	t / ha	% sobre HA-46
7 x 8	7.864	116	2.650	101
4 x 9	7.521	111	2.168	82
4 x 8	7.260	107	2.792	106
7 x 9	6.962	102	2.432	93
2 x 9	6.886	101	3.568	136
3 x 4	6.643	98	2.602	99
4 x 6	6.726	99	2.406	92
2 x 7	6.639	98	3.242	123
2 x 4	6.529	96	3.065	117
2 x 3	6.185	91	3.216	122
Testigos				
HA-46	6.793	100	2.628	100
Exp. 112	6.973	103	1.449	55
Exp. 70	6.536	96	2.082	79
A-6	5.510	81	2.025	77
X-3204	5.397	79	1.422	54
2297 (AL)	2.250	33	0.641	24
2211 (AL)	2.005	30	0.386	15
\bar{X} Gral.	6.091		2.037	

* t / ha = toneladas métricas por hectárea

Análisis de varianza del dialélico

De acuerdo al análisis de varianza de las cruzas dialélicas (Cuadro 4), la ACG no fue significativa ($P \leq 0.05$) mientras que la ACE fue altamente significativa ($P \leq 0.01$), indicando con ello que la selección ha sido más por su ACG que por su ACE (Márquez, 1988). La varianza de ACG (σ_g^2) fue

Cuadro 3 Resumen del análisis de varianza para la variable rendimiento en las dos localidades de evaluación, 1989.

	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Media ¹ (t/ha)	CV (%)	E.R.L./BCA ²	Intervalo (t/ha)
Cuyuta	48	2.927**	6.091	8	102	7.864-1.956
La Máquina	48	0.969**	2.037	20	118	3.610-0.580

¹ t/ha = toneladas métricas por hectárea

² E.R.L./BCA = Eficiencia relativa de látice con respecto a bloques completos al azar.

** = Diferencia altamente significativa (P ≤ 0.01)

Cuadro 4 Análisis dialélico¹ para rendimiento de las cruzas simples de 10 líneas de maíz de grano amarillo, evaluadas en la localidad de Cuyuta, 1989.

Fuente Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios
Repeticiones	1	1.226	
Cruzas	41	70.184	1.712 **
ACG	9	12.527	1.392 NS
ACE	32	57.657	1.802 **
Error	41	10.989	0.268
Total	83	82.399	

¹ Diseño 4 de Griffing en bloques al azar. Martínez (1983).

** Diferencia altamente significativa.

Cuadro 5 Efectos de ACG (g_i) y ACE (S_{ij}) en el rendimiento de cruzas dialélicas de maíz de grano amarillo, evaluadas en la localidad de Cuyuta, 1989.

Progenitores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.533 (6.550)	5.700 -1.069	6.422 0.042	-- --	-- --	7.302 0.675	5.939 -0.946	7.125 0.498	7.143 0.481	6.218 -0.845
2		-0.026 (6.296)	6.185 0.312	6.259 -0.441	6.237 0.302	6.116 0.048	6.639 0.403	6.366 0.243	6.886 0.650	6.003 -0.233
3			-0.415 (5.950)	6.643 0.332	6.109 0.563	4.016 -1.663	5.143 1.794	6.077 0.343	6.057 0.343	6.901 0.786
4				0.464 (6.626)	5.578 -0.847	6.726 0.168	6.557 -0.259	7.260 0.647	7.521 0.928	6.190 -0.804
5					-0.301 (5.957)	5.592 -0.201	5.340 -0.711	6.414 0.566	5.714 -0.114	6.670 0.441
6						0.168 (6.170)	5.947 -0.393	6.023 0.042	6.887 0.926	6.916 0.554
7							0.090 (6.299)	7.864 1.625	6.962 0.743	-- --
8								-0.113 (6.218)	2.369 -3.647	6.467 0.451
9									-0.133 (6.201)	6.268 -0.129
10										0.268 (6.454)

- Diagonal principal: efectos de ACG; el número entre paréntesis es el promedio (en t/ha) de las cruzas en que interviene cada progenitor.

- Primera línea: rendimiento en t/ha de cada cruce.

- Segunda línea: efectos de ACE de cada cruce.

de -0.025, considerándose este valor como cero, mientras que la varianza de ACE (σ_g^2) fue de 0.767. Estos resultados sirven de apoyo para no rechazar la hipótesis 1, por lo que desde el punto de vista de ACG, las líneas se consideran similares, lo que hace suponer que la selección de las líneas ha sido efectiva para su ACG (Márquez, 1988). La importancia relativa de la σ_g^2 se pudo deber a que el dialélico estuvo constituido por cruzas emparentadas y no emparentadas, y según Velásquez (1978) indica que la varianza no aditiva adquiere más importancia en las cruzas entre proge-

nitores no emparentados por la mayor expresión de efectos heteróticos.

Estos resultados coinciden con lo que menciona Sprague y Tatum (1942), que en material ya seleccionado por su ACG, la ACE es relativamente más importante que la ACG.

Efectos de ACG (g_i) y ACE (S_{ij})

De acuerdo al Cuadro 5, los progenitores 1, 4, 10 y 7 presentaron los valores más altos de ACG; sin embargo, ya

Cuadro 6 Estructura genética de las mejores 10 cruzas simples del dialélico de grano amarillo, evaluado en la localidad de Cuyuta, 1989.

Cruza	Y_{ij}	μ	g_i	g_j	S_{ij}
7 x 8	7.864	6.262	0.090	-0.113	1.625
4 x 9	7.521	6.262	0.464	-0.133	0.928
1 x 6	7.302	6.262	0.533	-0.168	0.675
4 x 8	7.260	6.262	0.464	-0.113	0.481
1 x 9	7.143	6.262	0.533	-0.133	0.481
1 x 8	7.125	6.262	0.533	-0.113	0.498
7 x 9	6.962	6.262	0.090	-0.133	0.743
2 x 9	6.886	6.262	-0.026	-0.133	0.650
6 x 9	6.887	6.262	-0.168	-0.133	0.926
6 x 10	6.916	6.262	-0.168	-0.268	0.554

Y_{ij} , μ , g_i , g_j y S_{ij} : efectos del modelo matemático de Griffing.

Cuadro 7 Predicción del rendimiento de los mejores híbridos dobles y de tres líneas con base en la evaluación de cruzas dialélicas de maíz de grano amarillo en la localidad de Cuyuta, 1989.

Híbrido Predicho	Rend. Pred. (t / ha)	% Sobre HA-46P
Dobles		
(4 x 7) (8 x 9)	7.402	120
(1 x 7) (8 x 9)	7.274	118
(1 x 4) (8 x 9)	7.262	118
(6 x 9) (1 x 4)	7.173	116
(2 x 4) (8 x 9)	7.008	114
De Tres Líneas		
(4 x 7) 8	7.562	123
(1 x 4) 9	7.332	119
(1 x 4) 8	7.193	117
(1 x 7) 9	7.053	115
Testigo		
(4 x 5) 6 = HA-46P	6.159 ¹	100
HA-46	6.793 ²	110

¹ Se refiere al rendimiento del híbrido predicho del HA-46.

² Se refiere al rendimiento del híbrido HA-46 como tal.

se mencionó anteriormente que desde el punto de vista de ACG las líneas son similares; los g_i guardan una relación estrecha con el rendimiento promedio de las cruzas en que interviene cada progenitor (en la diagonal entre paréntesis).

Los S_{ij} para las 42 CS varía desde 1.625 hasta - 1.663. t/ha, esto era de esperarse ya que existió alta significancia para ACE. En el Cuadro 6, se presenta la estructura genética de las 10 mejores cruzas, se puede observar que en la mayoría de los casos en cada cruza, participa uno de los progenitores con mayor g_i , por lo tanto, se rechaza la hipótesis 2, ya que el rendimiento de las CS son importantes tanto los g_i como los S_{ij} .

Cuadro 8 Predicción del rendimiento de los mejores híbridos dobles y de tres líneas con base en la evaluación de cruzas dialélicas de maíz de grano amarillo en la localidad de La Máquina, 1989.

Híbrido Predicho	Rend. Pred. (t / ha)	% Sobre HA-46P
Dobles		
(2 x 4) (9 x 7)	2.944	128
(2 x 4) (7 x 3)	2.964	129
(2 x 4) (8 x 9)*	2.762	120
(4 x 5) (7 x 8)	2.653	116
(4 x 7) (8 x 9)*	2.510	109
(1 x 4) (8 x 9)*	1.939	84
De Tres Líneas		
(2 x 3) 9	3.104	135
(2 x 4) 7	3.020	132
(4 x 7) 8*	2.721	119
(1 x 4) 8*	2.078	91
(1 x 4) 9*	1.799	78
Testigos		
(4 x 5) 6 = HA-46P	2.294 ¹	100
HA-46	2.628 ²	115

¹ Se refiere al rendimiento del híbrido predicho del HA-46

² Se refiere al rendimiento del híbrido HA-46 como tal.

* Estos híbridos fueron también los mejores predichos para la localidad de Cuyuta.

Predicción de CD y CT

En el Cuadro 7 se presentan los rendimientos de las mejores 5 CD y 4 CT, las cuales superaron al híbrido HA-46 predicho hasta en un 23% en cuanto a rendimiento; estos datos se refieren a la localidad de Cuyuta.

En cuanto a la localidad de La Máquina, se realizaron 6 CD y 5 CT, las cuales superaron hasta en un 35% al HA-46 predicho. Hay que hacer notar que de los híbridos predichos, 3 CD y 3 CT coincidieron en ambas localidades.

CONCLUSIONES

1. No se rechaza la hipótesis 1, por lo tanto, la varianza de ACG (σ_g^2) se considera igual a cero por haber utilizado líneas seleccionadas previamente, mientras que la varianza de ACE (σ_s^2) es diferente de cero posiblemente a que algunos progenitores provienen de igual o diferente fuente.

2. No se rechaza la hipótesis 2, concluyendo que los efectos de ACE (S_{ij}) son tan importantes como los efectos de ACG (g_i) en el rendimiento de las CS.

3. Las CD y CT predichas superaron al híbrido HA-46 predicho por lo que se espera que cuando estén formados los híbridos superen al HA-46 para cumplir con el objetivo general trazado.

BIBLIOGRAFÍA

- BRAUER H., O., 1980. Fitogenética aplicada. Editorial Limusa, México p. 363-399.
- JENKINS, M.T., 1934. Methods of estimating the performance of double in corn. J. Amer. Soc. Agron. 26:199-204.
- JUSENHEIMER, R.A. 1981. Maíz., variedades mejoradas. metodos de cultivos y producción de semillas. Primera edición. Editorial Limusa. México. P 525,
- MARQUEZ S., F., 1988. Genotécnica Vegetal. Tomo II, A.C.T. Editor, S.A. México p.
- MARTINEZ G.. A., 1983. Diseño y análisis de experimentos de cruza dialélicas. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México 252 p.
- RUANO, S. y A. FUMAGALLI. 1988. Organización y manejo de la investigación en finca en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA Guatemala. 130 p.
- SPRAGUE, G. F. and L. A. TATUM, 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. J.A. Soc. Agron. 34:923-932.
- VELASQUEZ. M, R., 1978. Formación de híbridos simples en base a familias de hermanos completos, provenientes de diferentes poblaciones de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de M.C., Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 84 p.
-