

ISBN: 970-27-0770-6

APTITUD COMBINATORIA DE LÍNEAS DE MAÍZ QPM DE DOS GRUPOS HETERÓTICOS DEL CIMMYT EN LA BÚSQUEDA DE HÍBRIDOS DE CRUZA SIMPLE PARA LA ZONA TROPICAL Y SUBTROPICAL DE MÉXICO.

¹Salvador Mena Munguía, ¹Mario Abel García Vázquez, ¹J. Jesús Sánchez González, ¹Florencio Recendiz Hurtado, ¹José Ron Parra, ¹Norberto Carrizales Mejía, ¹Rogelio Lepiz Ildfonso

¹ Profesor Investigador del Departamento de Producción Agrícola, CUCBA- U de G.

Introducción

El consumo *per cápita* de maíz en México es de 150 kg al año y si a esto se agrega que 31.2 millones de Mexicanos sufren de desnutrición que va desde moderada hasta severa, SAGARPA (1999) por lo cual es necesario mejorar la calidad nutricional de los alimentos que consume. Por lo tanto la formación de híbridos de maíz de alta calidad de proteína QPM con buen rendimiento y características deseables para las regiones tropicales y subtropicales de México permitirá sustituir gradualmente a las variedades actuales de maíz.

Para lograr lo anterior es menester contar con híbridos de maíz QPM de buen rendimiento y adaptación a las zonas tropicales y subtropicales de México mismos que es factible obtener a partir de los grupos heteróticos de líneas identificados por el CIMMYT. El proceso contempla estimar la aptitud combinatoria general de las 14 líneas de maíz QPM seleccionadas para ser usadas como progenitores de los híbridos deseables e identificar las mejores cruza simples de maíz QPM por medio de la aptitud combinatoria específica, se parte de dos hipótesis; que existe diferencia para los efectos de aptitud combinatoria general entre las líneas de maíz evaluadas, así como para los efectos de aptitud combinatoria específica en las cruza simples formadas y que es factible seleccionar híbridos de maíz con alta calidad de proteína, rendimiento de grano y características agronómicas superiores a los testigos regionales en diferentes ambientes, mediante la metodología utilizada.

Mertz y col (1963) consignan que el maíz de alta calidad de proteína ó QPM (por sus siglas en inglés; Quality Protein Maize) tiene su origen en el descubrimiento del denominado maíz Opaco-2 (O₂), mutante de endospermo que se correlaciona con el incremento en los niveles de Lisina y Triptófano.

Duddley y colaboradores (1977) explican que el esquema empleado para la incorporación de los genes modificadores a maíces con alto contenido de proteína fue la selección interpoblacional por endospermo duro en poblaciones convertidas a opaco-2, posteriormente, por medio de selecciones adicionales, sistematizadas y monitoreadas de laboratorio se logró obtener una frecuencia estable de genes modificadores que no afectan al gen opaco-2, finalmente esta estrategia permitió obtener familias de apariencia cristalina aceptable de acuerdo con su contenido de proteína y triptófano.

Por otro lado, la aptitud combinatoria se define como “el comportamiento relativo de líneas ó variedades usadas como progenitores” (Allard 1975, Brauer 1981 y Robles 1982). Este comportamiento puede ser específico ó general. El primero se evalúa por la capacidad de rendimiento de cada una de las cruzas así como por el potencial de cada combinación híbrida en particular. Y el segundo se mide por el promedio de rendimiento de una línea o variedad al aparearse con varias otras.

Sprague y Tatum (1942) clasifican dicha aptitud en general y específica y establecen que el término de aptitud combinatoria general (ACG) se usa para designar el comportamiento promedio de una línea en diferentes combinaciones híbridas, mientras que el término de aptitud combinatoria específica (ACE) es para aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones son relativamente mejores o peores de lo que se esperaría en el comportamiento promedio de las líneas involucradas.

Materiales y métodos: El material genético que se utilizó en el presente trabajo fue proporcionado por el Centro Internacional de Mejoramiento en Maíz y Trigo (CIMMYT) y consistió en dos grupos de líneas pertenecientes a grupos heteróticos complementarios, las líneas fueron derivadas a partir de la generación F₂ de cruzas entre líneas elite QPM x líneas elite normales.

En el cuadro 1 se enlistan las líneas derivadas por reciclaje, por selección genealógica y elegidas para el presente trabajo.

Cuadro 1. Líneas que integran los grupos heteróticos participantes en el estudio.

Líneas del grupo heterótico “A”	Líneas del grupo heterótico “AB”
L1. (CML147 x CL-RCW01)-B-4-1	L8. (CLQ-6203 x CL-04321)-B-10-1
L2. (CML147x CL-RCW01)-B-10-2	L9. (CLQ-6203 x CL-04321)-B-15-1
L3. (CML147x CL-RCW01)-B-39-1	L10. (CLQ-6203 x CL-04321)-B-18-1
L4. (CML147xCL-RCW01)-B-61-2	L11. (CLQ-6203 x CL-04321)-B-21-1
L5. (CML173 x CL-RCW01)-B-15-3	L12. (CLQ-6203 x CL-04321)-B-23-1
	L13. (CLQ-6203 x CL-04321)-B-24-1
	L14. (CLQ-6203 x CL-04321)-B-26-3
	L15. (CLQ-6203 x CL-04321)-B-7-1
	L16. (CLQ-6203 x CL-04374)-B-7-2

Las cruzas simples formadas mediante el diseño genético II se evaluaron en seis localidades (tres en México; Veracruz, Puebla, Jalisco y tres en otros países; Turipana en Colombia, Cuyutla en Guatemala y Nueva Delhi en la India) (P/V 2002-2002). Se evaluaron las variables; rendimiento de grano, altura de planta y mazorca, días a floración masculina y femenina, mazorcas por planta y asincronía de la floración (ASI). La estimación de los efectos de aptitud combinatoria general y específica se realizó de acuerdo a lo establecido por Comstock y Robinson (1948) donde los componentes de la varianza observables (δ^2_m , δ^2_h y δ^2_{mh}) se determinan mediante la siembra de las progenies en diseño experimental y en función de los cuadrados medios esperados, tal como se muestra en el cuadro 2. El modelo de análisis de varianza es con efectos aleatorios para machos y hembras.

Cuadro 2. Análisis de varianza del diseño II de Carolina del Norte en una localidad

Fuente de variación	G.L.	C. M.	Esperanza de C. M.
Repeticiones	(r-1)		
Machos	(m-1)	M4	$\delta_2 + r \delta_{2fm} + rf \delta_{2m}$
Hembras	(f-1)	M3	$\delta_2 + r \delta_{2fm} + rm \delta_{2f}$
Machos x Hembras	(m-1)(f-1)	M2	$\delta_2 + r \delta_{2fm}$
Error	(r-1)(mf-1)	M1	δ_2
Total	(rmf-1)		

* r, m y f se refieren al número de repeticiones, machos y hembras, respectivamente, δ_{2mf} = varianza de machos x hembras, δ_{2m} = varianza de machos, δ_{2f} = varianza de hembras y δ_2 = varianza del error combinado.

Resultados y discusión

En el Cuadro 3 se presenta el análisis de varianza combinado de los seis experimentos, para las ocho variables, ahí se puede apreciar un nivel alto de significancia para las diferencias entre las cruzas probadas, en cuatro de las variables de estudio, lo cual confirma las diferencias genéticas entre cruzas. Los ambientes presentaron diferencia significativa para todas las variables estudiadas en siete de ellas al nivel de 1%. En lo que concierne a la interacción cruza X ambientes solo el rendimiento de grano y los días a floración masculina exhibieron diferencias significativas al 1%.

Cuadro 3. Cuadrados medios del ANOVA combinado para cada una de las variables de estudio a través de seis localidades, primavera-verano 2002.

F. V.	REND	AP	AM	FM	FF	M/P	ASI
Cruzas	3.1**	868.5**	1701.4**	8.0**	8.4 ^{NS}	0.12 ^{NS}	1.15 ^{NS}
Repeticiones	8.7**	4113.1**	1625.7 ^{NS}	16.4*	35.9**	0.11 ^{NS}	5.47**
Ambientes	137**	151134**	74133**	3618**	4482**	0.22*	94.4**
A x C	1.5**	190.2 ^{NS}	1391.7 ^{NS}	2.2**	1.6 ^{NS}	0.10 ^{NS}	0.91 ^{NS}
C. V.	19.5	6.0	34.9	2.1	2.2	31.5	8.6

F. V = Fuente de Variación, REND = Rendimiento de grano, AP = Altura de planta, AM = Altura de mazorca, FM = Días a floración masculina, FF = Días a floración femenina, M/P = Mazorcas por planta, ASI = Asincronía de la floración. * = Significativo al 5%, ** = Significativo al 1%, ^{NS} = No Significativo.

Al aplicarse la prueba de comparación múltiple de medias (DMS al 5 %) para identificar las mejores cruzas para la variable rendimiento de grano (Cuadro 4) permitió definir un grupo de 18 cruzas como las más destacados, la lista incluye 8 testigos y 10 cruzas que forman parte del Diseño II.

Cuadro 4. Medias de las características agronómicas de las mejores cruzas para rendimiento de grano a través de seis localidades según la prueba de DMS al 5 % en el ciclo primavera-verano 2002.

Cruza	Rend t/ha	FloMas días	FloFem días	AltPI cm	AltMz cm	#Mz / #PI	Acame %
L1 x L11	6.77	55	55	233	115	0.98	4.4
CML 448 x CML 449	6.63	53	53	220	103	1.03	6.8
L2 x L11	6.61	56	56	237	113	0.97	9.5
TESTIGO LOCAL # 1	6.58	55	56	215	111	0.96	12.6
L4 x L11	6.44	54	55	232	108	0.98	1.5
L1 x L14	6.42	54	54	221	105	0.99	5.7
L1 x L9	6.40	54	55	223	108	1.00	11.4
<i>B53 x L11</i>	6.39	55	55	238	116	0.94	12.6
L1 x L15	6.38	54	54	227	109	0.97	18.1
L2 x L10	6.33	55	56	230	114	1.02	3.5
<i>B27 x L10</i>	6.30	55	56	224	112	0.97	16.1
<i>B27 x L14</i>	6.25	56	56	224	113	0.95	14.3
<i>B27 x L9</i>	6.19	54	55	225	108	0.95	16.1
L2 x L9	6.19	56	56	228	107	0.98	4.0
<i>B53 x L13</i>	6.17	53	54	228	106	0.96	8.5
L4 x L10	6.15	55	55	221	104	1.00	0.9
<i>B27 x L15</i>	6.13	55	56	233	112	0.93	19.2
L4 x L13	6.12	55	55	235	106	1.04	1.8
Valor de DMS	0.69	0.8	0.7	7.3	21.2	0.1	10.4

La cruza (Línea 1 x Línea 11) fue la que mostró el rendimiento de grano más alto (6.77 ton/ha), pero fue estadísticamente, igual al resto del grupo. Cabe destacar que la línea 11, y la línea 1 participan en tres y cuatro de las mejores diez cruzas, respectivamente.

Al analizar las medias de las características agronómicas de los mejores tratamientos para rendimiento de grano (Cuadro 4) se advierte que la cruza con el rendimiento más alto (L1 x L11) presenta características agronómicas adecuadas como la coincidencia en ambos tipos de días a floración, un porte regular, buena relación número de mazorcas/planta y bajo porcentaje de acame (4.4).

Cuando se efectúa el análisis de varianza combinado de las seis localidades para rendimiento de grano de acuerdo al diseño II de Carolina del Norte (Cuadro 5) se puede observar que existen diferencias altamente significativas entre los ambientes de prueba lo que aparentemente se debe a las condiciones ambientales y mal manejo de las localidades de Colombia y Guatemala, en relación al resto de las localidades.

Las hembras resultaron con diferencias altamente significativas lo que significa que es factible encontrar diferencias en los efectos de aptitud combinatoria general de las líneas que actuaron como hembras a través de localidades, lo mismo sucede con los machos que también presentan diferencias altamente significativas al comparar su comportamiento. En el caso de la interacción hembras x machos (H x M) las diferencias entre las cruzas resultaron no significativas por lo que se espera no encontrar efectos importantes de aptitud combinatoria específica en los cruzamientos formados de acuerdo al diseño II de Carolina del Norte.

Cuadro 5. Análisis de varianza del Diseño II de Carolina del Norte combinado a través de seis localidades en el ciclo primavera-verano 2002.

F.V.	G. L.	S: C.	C. M.	F. C.	P > F
AMB	5	866.40	173.28	92.15	.001
Rep (AMB)	6	46.56	7.76	4.13	.001
Hembras	8	57.81	7.22	3.84	.001
Machos	4	93.29	23.32	12.40	.001
H x M	32	73.94	2.31	1.23	.193
AMB x H	40	106.55	2.66	1.42	.058
AMB x M	20	59.43	2.97	1.58	.057
AMB x H x M	160	349.45	2.18	1.16	.142
Error	264	496.44	1.88		
Total	539	2149.88			

C. V. = 19.77

Al analizar el comportamiento de las líneas del grupo heterótico “A” que se presentan en el Cuadro 6 se aprecia que la que exhibe los valores más altos de aptitud combinatoria general (ACG) son la línea 1 (L1) en tres de los ensayos; Agua Blanca, Pue. (1.07), La Huerta, Jal. (0.57) y Cuyutla, Guatemala (0.70) lo que la convierte en la más consistente a través de los ensayos, enseguida la línea 2 (L2) que presenta el valor más alto y significativo en el ensayo de Nueva Delhi, La India (0.83); también es importante destacar el comportamiento de la línea 4 que obtuvo el valor de ACG más alto (no significativo) en los ensayos de Cotaxtla, Ver. (0.36) y de Turipana, Colombia (0.61). Se puede concluir que las líneas con tendencia a mejor ACG son las líneas 1 y 2, lo que permite confirmar la primera hipótesis planteada en este trabajo.