

NOTA CORTA [SHORT NOTE]

*Tropical and
Subtropical
Agroecosystems*

APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECÍFICA DE
GERMOPLASMA TROPICAL DE MAÍZ

[GENERAL AND SPECIFIC COMBINING ABILITY OF TROPICAL MAIZE
GERMPLASM]

P. Guillen-de la Cruz^{1,3}, E. de la Cruz-Lázaro^{1*}, G. Castañon-Najera², R. Osorio-Osorio¹, N. P. Brito-Manzano¹, A. Lozano-del Río³ and Ulises López-Noverola¹.

¹ División Académica de Ciencias Agropecuarias,
e-mail: efraín.delacruz@daca.ujat.mx

² División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,
Km 25 Carretera Villahermosa-Teapa, Centro, Tabasco, México.

³ Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

*Corresponding author

RESUMEN

Ocho poblaciones tropicales de maíz fueron cruzadas en un sistema dialélico. Las poblaciones y sus 28 cruza fueron evaluadas para rendimiento de grano en dos fechas de siembra durante el 2006. El objetivo fue estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de las poblaciones y la aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruza. Las poblaciones fueron: 21, 22, 23, 25, 32, 43 49 y la variedad comercial VS-536. Para estimar los efectos de ACG y ACE se empleó el método 2 de efectos aleatorios del dialélico de Griffing, en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones por fecha de siembra (FS). El análisis dialélico indicó diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$ y 0.05) en las fuentes de variación fechas de siembra (FS), cruza (C), ACG e interacciones $FS \times C$ y $FS \times ACE$. Los mayores efectos significativos en ACG ($P \leq 0.01$) lo tuvieron las poblaciones 23 y 43, en tanto que para ACE, las cruza VS 536 \times Pob 32, Pob 22 \times Pob 43, Pob 25 \times Pob 49 y Pob 43 \times Pob 49 mostraron los mayores efectos. Se encontraron efectos positivos de heterosis con respecto al progenitor superior sobresaliendo las cruza Pob 25 \times Pob 49, Pob 43 \times Pob 49 y Pob 22 \times Pob 43. De acuerdo con los resultados las poblaciones 23 y 43 tienen potencial para usarse en un programa de mejoramiento genético.

Palabras clave: *Zea mays* L., cruza dialélicas, rendimiento de grano

SUMMARY

Eight tropical maize populations were crossed in a diallel system. Parent and their 28 crosses were evaluated for grain yield in two plantations in 2006. The objective was to estimate the general combining ability (GCA) of the parental populations and the specific combining ability (SCA) of the crosses for grain yield. The populations were: 21, 22, 23, 25, 32, 43, 49 and the commercial variety VS-536. The Griffing method 2 design was utilized to estimate GCA and SCA effects, on a complete randomized block design with three replications, at two planting dates. The diallel analysis showed significant differences ($P \leq 0.01$ y 0.05) among planting dates (PD), crosses (C), GCA, $PD \times C$ and $PD \times SCA$ interaction. Populations 23 and 43 showed the highest significant ($P \leq 0.01$) GCA, and the crosses VS 536 \times Pob 32, Pob 22 \times Pob 43, Pob 25 \times Pob 49 y Pob 43 \times Pob 49 showed the highest significant ($P \leq 0.01$) SCA effects. Both high parent positive heterosis were observed for the crosses Pob 25 \times Pob 49, Pob 43 \times Pob 49 and Pob 22 \times Pob 43. Populations 23 and 43 revealed potential to be used in maize breeding programs.

Key words: *Zea mays* L., diallel crosses, grain yield.

INTRODUCCIÓN

México es un país de contrastes orográficos, lo cual da lugar a una gran diversidad climática, de tipos de suelo y de condiciones sociales y económicas. A pesar de la

topografía accidentada del país, es posible definir áreas homogéneas en función de la altitud, precipitación y temperatura, principalmente. Con base en la altitud y la temperatura se definieron cuatro grandes zonas: árida-semiárida, sierras o valles altos,

subtropical o de altura intermedia y tropical (Maya y Ramírez, 2002). La zona tropical es la tercera región productora de maíz (*Zea mays* L.), ya que ella aporta el 29.6 % de la producción nacional de maíz (Betanzos 2004) con alrededor de 3 millones de hectáreas cultivadas. Las condiciones en que crece y se desarrolla el cultivo de maíz se da bajo temporal, un pequeño porcentaje se siembra en tonalmill (lluvias invernales) y riego. La distribución de la precipitación durante la estación lluviosa es errática año con año, y en el ciclo del cultivo del maíz se presentan periodos sequía y excesos de lluvia. Por lo que sufre por falta y exceso de agua en diferentes etapas de su cultivo (Castañón *et al.* 2000). Al respecto Norman *et al.* (1995) reportan que tierras bajas tropicales necesitan al menos 500 mm de lluvia, siempre y cuando se distribuya de forma adecuada, mientras que Tinoco *et al.* (2001) mencionan que bajo condiciones del trópico húmedo mexicano se tiene un buen desarrollo con precipitaciones de 500 a 1000 mm.

El mejoramiento genético del maíz es una herramienta que permite la formación de híbridos y variedades para uso comercial. En el mejoramiento de plantas es importante el conocimiento relativo al componente genético de los materiales usados como progenitores (Gutiérrez *et al.* 2004); conocer la acción génica que controla los caracteres de interés económico es básico para la planeación de un programa de mejoramiento genético. Mediante la aptitud combinatoria de los progenitores, el mejorador logra mayor eficiencia en su programa de mejoramiento, pues le permite seleccionar progenitores con un comportamiento promedio aceptable en una serie de cruzamientos e identificar combinaciones específicas con un comportamiento superior a lo esperado, con base en el promedio de los progenitores que intervienen en el cruzamiento. Los cruzamientos dialélicos son utilizados para estimar los efectos genéticos de las poblaciones en mejoramiento y la información analizada críticamente es valiosa para definir patrones heteróticos, los cuales constituyen una fuente de germoplasma para la generación de líneas élite de suma utilidad en un programa de mejoramiento dinámico. En todo programa de mejoramiento genético, la elección de germoplasma es una de las decisiones más importantes que el mejorador debe tomar, ya que puede ser determinante en el éxito del programa. El mejoramiento del maíz incluye dos componentes de igual importancia: la elección del germoplasma y el desarrollo de líneas para su uso en híbridos.

La evaluación de la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) mediante cruzamientos dialélicos ha sido eficiente para la clasificación de progenitores por lo que se considera eficaz para identificar fuentes de germoplasma útiles en

programas de mejoramiento genético de maíz. Los diseños dialélicos son comúnmente usados en el mejoramiento genético para obtener información de los efectos genéticos cuando los padres no son elegidos al azar (modelo I o de efectos fijos), o para estimar aptitud combinatoria general y específica, heterosis y parámetros genéticos (modelo II o de efectos aleatorios) (Burow y Coors 1994, Zhang y Kang 1997). Al respecto, Preciado *et al.* (2005) señalan que cuando se detectan efectos mayores de la aptitud combinatoria general, es factible explotar la proporción aditiva de la varianza genética disponible mediante cualquier variante de la selección recurrente. Por el contrario, en cruzamientos donde se registra mayor aptitud combinatoria específica, puede implementarse un programa de selección recurrente recíproca, o de hibridación. Se ha encontrado, que las cruzas entre germoplasma de mayor divergencia genética proporciona mayor respuesta heterótica. Una heterosis del 48.4 % se observó en variedades de maíz con divergencia (Peña *et al.* 1997).

Con base en lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de ocho poblaciones de maíz y específica (ACE) de sus 28 cruzas para rendimiento de grano, e identificar las poblaciones más sobresalientes para su posible uso en un programa de mejoramiento genético de maíz.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se formaron cruzas dialélicas entre ocho poblaciones: siete poblaciones del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y una variedad comercial. Las poblaciones fueron: Población 21 (Tuxpeño crema 1), Población 22 (Mezcla tropical blanca), Población 23 (Blanco cristalino 1), Población 25 (Blanco dentado), Población 32 (ETO Blanco), Población 43 (La posta), Población 49 (Blanco dentado 2), y la variedad comercial VS-536. En el desarrollo de las cruzas dialélicas se utilizaron cuando menos siete plantas como hembras para realizar cada cruz.

Las 28 cruzas dialélicas, los ocho progenitores y el híbrido HS-3G (testigo) fueron evaluadas en el campo experimental de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, localizado en el km 25 de la carretera Villahermosa a Teapa. El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones en dos fechas de siembra, en condiciones de temporal. La primer fecha de siembra se realizó el 1 de Julio de 2006, dentro de la fecha de siembra recomendada para sembrar bajo temporal, mientras que la segunda fecha de siembra se realizó el 30 de julio de 2006, fuera de las fechas de siembras optimas

recomendadas para siembras de temporal en el estado de Tabasco (Tinoco *et al.* 2002). En la primera fecha de siembra se tuvo una precipitación total de 1086 mm, mientras que en la segunda fecha de siembra fue de sólo 856 mm. La parcela experimental para ambas fechas de siembra estuvo constituida por cuatro surcos de 3 m de largo y 75 cm de ancho, con distancia de 25 cm entre plantas, para una densidad aproximada de 53500 plantas ha⁻¹. La parcela útil constó de los dos surcos centrales de 2.75 m de longitud con 12 plantas cada uno. La fertilización en ambas fechas de siembra se realizó con la formula 120 – 60 – 30 (N, P, K). Se aplicó la mitad del N y K, y todo el P al momento de la siembra y la otra mitad del N y K se aplicó 30 días después de la siembra. El control de maleza y cultivo se realizó de forma manual. En la siembra del 1 de julio, se detectó la presencia de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), que fue controlado con Lorsban*480 EM (3,5,6-tricloro-2-piridinil) a la dosis de 0.75 L ha⁻¹.

La variable medida en ambas fechas de siembra fue el rendimiento de grano (REND), que fue calculado con el peso de campo por parcela útil (kg por parcela) al multiplicarlo por su respectivo factor de superficie y ajustarlo al 14 % de humedad, para obtener el rendimiento en kg ha⁻¹. Para estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) para los progenitores y sus cruzas, respectivamente, se utilizó el método 2, de efectos aleatorios de Griffing (1956). El análisis estadístico fue realizado con el macro de SAS-IML de Castañon-Najera *et al.* (2005), que particiona la suma de cuadrados de cruzas en ACG y ACE; en igual forma la interacción Cruzas × Fechas de siembra (FS) se particionó en ACG × FS y ACE × FS. Los efectos de ACG y ACE se probaron usando la prueba de *t*, calculando los respectivos errores estándar de acuerdo a las formulas de Singh y Chaudhary (1985). La heterosis se calculó en relación al progenitor superior y se expreso en porcentaje. La comparación de medias de las cruzas y los progenitores se realizó mediante la prueba de medias de diferencia mínima significativa (DMS) al 5 % de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación pluvial en la primera fecha de siembra tuvo una distribución de 506 mm durante la fase vegetativa, 256 mm durante la fase reproductiva y 324 mm durante la fase de llenado de grano, mientras que para la segunda fecha de siembra fue de 402, 290 y 164 mm, respectivamente. La precipitación pluvial registrada durante las dos fechas de siembra (1086 y 856 mm) está dentro del intervalo adecuado (500 a 1 000 mm) para el cultivo de maíz en el trópico húmedo (Norman *et al.* 1995; Tinoco *et al.* 2002). El análisis de varianza (ANVA) dialélico detectó diferencias

significativas y altamente significativas ($P \leq 0.05$ y 0.01) para las fuentes de variación de interés (Tabla 1). Entre fechas de siembra se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), lo que puede atribuirse a diferencias de precipitación entre los dos experimentos. Lo anterior demuestra la importancia de la evaluación en un mayor número de ambientes, ya que de esta forma se tendrá una mejor estimación de los efectos genéticos. Para la fuente de variación cruza se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) debidas, con toda evidencia a la diversidad genética de las poblaciones de maíz tropical utilizadas como progenitores. Al respecto Vergara *et al.* (2001) y Gutiérrez *et al.* (2002) encontraron que a medida que se incrementa la diversidad genética de los progenitores, se incrementan las diferencias entre sus cruza tanto en características agronómicas como fisiológicas.

Tabla 1. Cuadrados medios del análisis de varianza dialélico de 28 cruza y ocho progenitores para rendimiento de grano.

FV	GL	REND
Fechas de siembra (FS)	1	28721561.00**
Bloques/FS	2	131280.30
Cruzas (C)	35	765891.09**
ACG	7	1183870.90**
ACE	28	661396.10
C × FS	35	643602.52**
ACG × FS	7	1086891.00
ACE × FS	28	532780.36*
Error	70	270762.40
CV		14.18

*: ($P \leq 0.05$), **: ($P \leq 0.01$), FV: fuentes de variación, GL: grados de libertad, REND: rendimiento de grano (kg ha⁻¹), CV: coeficiente de variación.

Al desglosar la fuente de variación cruza en los efectos de ACG y ACE, se encontró que la ACE no presentó efectos significativos, en tanto que fueron altamente significativos ($P \leq 0.01$) para la ACG, lo que indica que fueron de mayor magnitud que los cuadrados medios de ACE. Dicha respuesta sugiere que la mayor proporción de la variabilidad genética observada en las poblaciones estuvo asociada con efectos aditivos, lo que resalta e indica que en el control de la expresión del rendimiento los efectos aditivos fueron los más importantes para el germoplasma tropical estudiado, como lo indican Lamkey y Hallauer (1984), Beck *et al.* (1990) y Vasal *et al.* (1992). La interacción C × FS detectó diferencias significativas ($P \leq 0.01$), lo que indica que las cruza que se comportaron mejor en la primer

fecha de siembra, no necesariamente mostraron respuestas similares en la segunda fecha de siembra. Para la interacción FS \times ACE se detectaron efectos significativos ($P \leq 0.05$), lo que indica que las cruzas y la ACE fueron afectadas por la fecha de siembra. El coeficiente de variación (CV) resultó dentro del margen de confiabilidad (menor que 14.18 %) en experimentos de maíz. No obstante, debido a la diversidad genética de las poblaciones utilizadas como progenitoras se esperaban coeficientes de variación más altos, tal como lo señalan Kang *et al.* (1999).

Con los valores medios del rendimiento de grano, se obtuvieron los efectos de ACG y ACE. En la Tabla 2 se observa que las poblaciones 21, 23 y 43 mostraron efectos positivos en ACG, de los cuales sólo los efectos de las poblaciones 23 y 43 fueron significativamente diferentes de cero ($P \leq 0.01$), con valores de 224.53 y 272.51 kg ha⁻¹, respectivamente. Los resultados sugieren que ambas poblaciones tienen una alta contribución en la expresión del rendimiento en sus respectivas progenies y que los efectos de tipo aditivos son importantes. Al respecto Preciado *et al.* (2005) señalaron que al detectarse efectos mayores de la aptitud combinatoria general, es factible explotar la proporción aditiva de la varianza genética disponible mediante cualquier variante de la selección recurrente.

Para los efectos de ACE se encontró que sólo seis cruzas presentaron efectos significativos diferentes de cero ($P \leq 0.01$ y 0.05), de las cuales las cruzas VS-536 \times Pob 22 y Pob 32 \times Pob 43 mostraron efectos negativos y significativamente diferente de cero ($P \leq 0.05$), es decir, dichas cruzas tuvieron un comportamiento inferior a lo que podría esperarse con base en la ACG de sus progenitores. Por el contrario, las cruzas VS-536 \times Pob 32, Pob 22 \times Pob 43, Pob 25 \times Pob 49 y Pob 43 \times Pob 49 presentaron efectos de ACE positivos y significativamente diferentes de cero ($P \leq 0.01$), con valores de 693.01, 1065.98, 564.36 y

453.83 kg ha⁻¹, respectivamente. Lo anterior sugiere que la acción génica no aditiva está involucrada en las cruzas señaladas y que el rendimiento de grano puede incrementarse mediante hibridación.

Es interesante notar que los progenitores VS-536, Pob 25, Pob 32 y Pob 49, que mostraron efectos negativos en ACG, dieron lugar a dos (VS-536 \times Pob 32 y Pob 25 \times Pob 49) de las cruzas con efectos de ACE positivos y significativamente diferentes de cero ($P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$). Al respecto, se esperaba que las cruzas con mayor ACE hubieran sido aquellas resultantes de cruzar al menos una población con alta ACG (Reyes *et al.* 2004). Sin embargo, en este estudio no necesariamente las líneas con alta ACG produjeron cruzas prometedoras para rendimiento de grano. Resultados similares fueron obtenidos por Cano-Ríos *et al.* (2000) al cruzar germoplasma de efectos negativos de ACG y obtener valores altos y positivos de ACE en las cruzas. No obstante que la evaluación se hizo en sólo dos fechas de siembra que presentaron diferencias de precipitación, los resultados coinciden con los de Reyes *et al.* (2004).

Desde el punto de vista de la identificación de germoplasma con propósitos de utilización en programas de mejoramiento genético, deben de considerarse tanto los efectos de ACG como los de ACE, dependiendo de los objetivos específicos (Montenegro *et al.* 2002). De esta manera, las poblaciones 23 y 43 con base en los efectos de ACG podrían incluirse en un programa de mejoramiento para obtener variedades sintéticas. Asimismo, las cruzas identificadas con los mayores efectos de ACE podrían considerarse en un programa de mejoramiento para la formación de híbridos y para introducir variación genética en programas de selección recurrente.

Tabla 2. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) en la diagonal y aptitud combinatoria específica (ACE) sobre la diagonal de 28 cruzas y ocho progenitores.

		Progenitores							
		VS-536	Pb 21	Pob 22	Pob 23	Pob 25	Pob 32	Pob 43	Pob 49
Progenitores	VS-536	-130.42	240.68	-493.09*	-373.72	-5.67	693.01**	-7.69	-171.49
	Pob 21		65.88	-294.89	-89.77	-120.72	260.45	145.51	151.96
	Pob 22			-51.84	-82.29	159.51	53.18	1065.98**	-304.07
	Pob 23				224.53**	-290.12	28.55	286.61	380.05
	Pob 25					-195.52*	40.11	187.66	564.36*
	Pob 32						-53.19	-482.67*	-447.22
	Pob 43							272.51**	453.83*
	Pob 49								-131.95

* y **: diferente de cero a una probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

El grado de heterosis con relación al progenitor superior se presenta en la Tabla 3. Se observa que el valor máximo y mínimo de heterosis fue de 41 a -19 % , que corresponden a las cruzas Pob 22 × Pob 43 y Pob 23 × Pob 25, respectivamente. De las 28 cruzas, 15 (54 %) presentaron efectos negativos, mientras que las 13 (46 %) restantes, presentaron efectos positivos de heterosis. En poblaciones de maíz, el nivel deseable para el aprovechamiento de la heterosis en una craza es de al menos 20 % (Gutiérrez *et al.*, 2002). En el presente trabajo sobresalieron las cruzas VS 536 × Pob 32 (20 %), Pob 43 × Pob 49 (26 %), Pob 25 × Pob 49 (26 %) y Pob 22 × Pob 43 (41 %), lo que indica que existe diversidad genética entre sus progenitores, puesto que la heterosis exhibida en sus cruzas depende de la aptitud rendidora y de la diversidad genética de los progenitores usados. También se puede observar que en todas las cruzas en las que intervino la población 23 tuvieron niveles negativos o bajos de heterosis, debido al alto potencial de rendimiento de dicho progenitor. La craza Pob 22 × Pob 43, con rendimiento de 4955 kg ha⁻¹, mostró el efecto más alto de heterosis (41 %) y efecto de ACE de 1065.98 kg ha⁻¹; esta craza podría tener potencial de utilizarse como híbrido interpoblacional, además de que a partir de cada una de las poblaciones que intervienen en la craza se pueden desarrollar líneas. Con respecto a los efectos negativos de heterosis estimados en el presente trabajo, valores similares fueron reportados por Vasal *et al.* (1992) para poblaciones tropicales de maíz.

De acuerdo con la comparación de medias para los progenitores, cruzas y testigo (Tabla 4), se puede observar que 15 genotipos de los 37 fueron estadísticamente similares, de las cuales 15 cruzas mostraron rendimientos mayores que la media general (3703 kg ha⁻¹); dentro de ellas sólo la craza Pob 22 ×

Pob 43 produjo un rendimiento similar al testigo (4955 kg ha⁻¹), utilizado en el presente estudio. Lo anterior refleja el alto potencial de rendimiento de dicha craza y el potencial que tienen las poblaciones 22 y 43 en un programa de mejoramiento genético de maíz para rendimiento de grano.

CONCLUSION

Los efectos no aditivos fueron el componente principal en la expresión del rendimiento de grano de las poblaciones estudiadas. Los mayores efectos de ACG se detectaron en las poblaciones 23 y 43, mientras que las cruzas VS536 × Pob 32, Pob 22 × Pob 43, Pob 25 × Pob 49 y Pob 43 × Pob 49 presentaron los mayores efectos de ACE. Las poblaciones con los mayores efectos de ACG pueden incluirse en un programa de mejoramiento para obtener variedades sintéticas. Asimismo, las cruzas con los mayores efectos de ACE pueden considerarse en un programa de mejoramiento para la formación de híbridos.

En la heterosis con respecto al progenitor superior, se encontró que sólo las cruzas VS 536 × Pob 32, Pob 43 × Pob 49, Pob 25 × Pob 49 y Pob 22 × Pob 43, sobresalieron con efectos de heterosis de 20 a 41%. Dentro de dichas cruzas sobresale la craza Pob 22 × Pob 43 con rendimiento de grano de 4955 kg ha⁻¹, similar al rendimiento del testigo utilizado.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Fomento a la Investigación y Consolidación de los Cuerpos Académicos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco por el financiamiento del proyecto con clave UJAT 2005-C01-19.

Tabla 3. Efectos de heterosis de las cruzas para rendimiento de grano de acuerdo al progenitor superior.

	Progenitores							
	Pb 21	Pob 22	Pob 23	Pob 25	Pob 32	Pob 43	Pob 49	
Progenitores	VS-536	5	- 15	- 19	- 4	20	10	- 7
	Pob 21		- 7	- 8	- 6	8	14	3
	Pob 22			- 10	2	3	41	- 13
	Pob 23				- 19	- 8	6	- 1
	Pob 25					- 1	16	26
	Pob 32						-2	- 13
	Pob 43							26
	Pob 49							

Tabla 4. Comparación múltiple de medias para rendimiento de grano de ocho Poblaciones y sus 28 cruzas dialélicas.

Genotipo	Media (kg ha ⁻¹)
HS-3G (Testigo)	4955 ^{a †}
Pob 22 × Pob 43	4955 ^a
Pob 23 × Pob 43	4452 ^{ab}
Pob 43 × Pob 49	4263 ^{abc}
Pob 23	4188 ^{abcd}
VS 536 × Pob 32	4178 ^{abcd}
Pob 21 × Pob 43	4153 ^{abcde}
Pob 23 × Pob 49	4141 ^{abcde}
Pob 21 × Pob 32	3942 ^{abcde}
Pob 25 × Pob 43	3933 ^{abcde}
Pob 25 × Pob 49	3906 ^{abcde}
Pob 21 × Pob 23	3869 ^{abcde}
Pob 23 × Pob 32	3860 ^{abcde}
VS 536 × Pob 21	3845 ^{abcde}
VS 536 × Pob 43	3803 ^{abcde}
Pob 22 × Pob 23	3759 ^{bcde}
Pob 21 × Pob 49	3755 ^{bcde}
Pob 21	3654 ^{bcde}
Pob 22 × Pob 32	3617 ^{bcde}
Pob 22 × Pob 25	3581 ^{bcde}
Pob 22	3513 ^{bcde}
Pob 32	3490 ^{bcde}
VS 536	3467 ^{bcde}
Pob 25 × Pob 32	3460 ^{bcde}
Pob 21 × Pob 25	3418 ^{bcde}
Pob 23 × Pob 25	3408 ^{bcde}
Pob 32 × Pob 43	3405 ^{bcde}
VS 536 × Pob 23	3389 ^{bcde}
Pob 43	3389 ^{bcde}
Pob 21 × Pob 22	3388 ^{bcde}
VS 536 × Pob 25	3337 ^{bcde}
VS 526 × Pob 49	3235 ^{cde}
Pob 22 × Pob 49	3181 ^{cde}
Pob 49	3091 ^{de}
Pob 32 × Pob 49	3036 ^{de}
Pob 25	3010 ^e
VS 536 × Pob 22	2994 ^e

† Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (DMS, 0.05).

REFERENCIAS

- Beck, D.L., Vasal, S.K., Crossa, J. 1990. Heterosis and combining ability of CIMMYTs tropical early and intermediate maturity maize germplasm. *Maydica*. 35:279-285.
- Betanzos, M.E. 2004. Contribución de la genotecnia en el cultivo de maíz en México. In: Preciado O.R.E., S.A. Ríos R. (eds.) Memoria del Simposium Aportaciones de la Genotecnia a la Agricultura. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, Edo. de México. Pp 87-102.
- Burow, M.D., Coors, J.G. 1994. DIALLEL: A Microcomputer program for the simulation and analysis of diallel crosses. *Agronomy Journal*. 86:154-158.
- Cano-Ríos, P., Ramírez-Rosales, G., Ortegón-Pérez, J., Esparza-Martínez, J.H., Rodríguez-Herrera, S. 2000. Análisis dialélico para vigor de semilla de melón. *Agrociencia*. 34:337-342.
- Castañón, G., Cruz, R., del Pino, R., Panzo, E., Montiel, M., Filobello, L. 2000. Selección de líneas de maíz para resistencia a sequía. *Agronomía Mesoamericana*. 11: 163-169.
- Castañón-Najera, G., Latournerie-Moreno, L., Mendoza-Elos, M. 2005. Macro de SAS-IML para analizar diseños II y IV de Griffing. *Universidad y Ciencia*. 21(41): 27-35.
- Grifing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal Biological Science*. 9:463-493.
- Gutiérrez del R., E., Espinoza B., A., Palomo G., A., Lozano G., J.J., Antuna G, O. 2004. Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la comarca Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27 (Núm. Especial 1):7-11.
- Gutiérrez del R., E., Palomo G., A., Espinoza B., A., de la Cruz L., E. 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25:271-277.
- Kang, S.M., Kushairi, D.A., Zhang, Y., Magali, R. 1999. Combining ability for rind puncture resistance in Maize. *Crop Science*. 39:368-371.
- Lamkey, K.R., Hallahuer, A.R.. 1984. Comparison of Maize populations improved by recurrent selection. *Maydica*. 29:357-374.
- Maya, L.J.B., Ramírez D., J.L. 2002. Selección recurrente en tres poblaciones de maíz para el subtrópico de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25: 201-207.

- Montenegro, T.H., Rincón S., F., Ruiz T., N.A., de León C., H., Castañon N., G. 2002. Potencial genético y aptitud combinatoria de germoplasma de maíz tropical. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25:135-142.
- Norman, M.J.T., Pearson, C.J., Searle, P.G.E. 1995. *The ecology of tropical food crops*. Cambridge University Press. New York, NY, USA. 430p.
- Peña, R.A., Ramos G., F., del Campo V., S.M. 1997. Utilidad de líneas y variedades de maíz tropicales para la región templada. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 20:57-67.
- Preciado, O.R.E., Terrón I., A.D., Gómez M., N.O., Robledo G., E.I. 2005. Componentes genéticos en poblaciones heteróticamente contrastantes de maíz de origen tropical y subtropical. *Agronomía Mesoamericana* 16:145-151.
- Reyes, D.L., Molina, J.D.G., Oropeza, M.A.R., Moreno, E.C.P. 2004. Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz derivadas de la raza tuxpeño. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:49-56.
- Singh, R.K., Chaudhary, B.D. 1985. *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*. Kalyani Publishers. India. 2a. ed. 319 p.
- Tinoco, A.C.A., Rodríguez M., F., Sandoval R., J.A., Barrón F., S., Palafox C., A., Esqueda E., V.A., Sierra M., M., Romero M., J. 2002. *Manual de producción de maíz para los estados de Veracruz y Tabasco*. INIFAP - CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico 9. Veracruz, México. 113p.
- Vasal, S.K., Srinivasan, G., Beck, D.L., Crossa, J., Pandey, S., de León, C. 1992. Heterosis and combining ability of CIMMYTs tropical late white maize germplasm. *Maydica* 37:217-223.
- Vergara, A.N., Rodriguez H., S., de León C., H., McLean, S., Vasal, S.K. 2001. Aptitud combinatoria de líneas de maíz tropical con diferente tipo de mazorca. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 24:203-212.
- Zhang, Y., Kang, M.S. 1997. Diallel-SAS: A SAS Program for Griffing's Diallel Analyses. *Agronomy Journal*. 89:176-182.

Submitted April 18, 2008 – Accepted December 10, 2008

Revised received December 15, 2008