

Acción génica en líneas contrastantes de maíz (*Zea mayz* L.)

Gene action in contrasting lines of maize (*Zea mayz* L.)

DOI: 10.34188/bjaerv6n2-009

Recebimento dos originais: 05/01/2023

Aceitação para publicação: 31/03/2023

Armando Espinoza Banda

Doctor en Ciencias en "Manejo Sustentable de los Recursos Naturales en Zonas Áridas y Semiáridas" por la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango México

Institución: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dirección: Periférico Raúl Lopez Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón, Coahuila México

Correo: aebanda7@yahoo.com.mx

Oralia Antuna Grijalva

Doctorado en Ciencias en Ciencias Agrarias por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón Coahuila México

Institución: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dirección: Periférico Raúl Lopez Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón, Coahuila México

Correo: oantuna_77@hotmail.com

José Luis Coyac Rodríguez

Maestría en Genética por el Colegio de Posgraduados en Montecillo Edo. De México

Institución: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dirección: Periférico Raúl Lopez Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón, Coahuila México

Correo: jlcoyac@yahoo.com

Enrique Andrio Enríquez

Doctorado en Ciencias Agrarias por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón Coahuila México

Doctorado en Ciencias en Ciencias Agrarias por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón Coahuila México

Institución: Tecnológico Nacional de México-Roque Gto., México

Dirección: Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Apartado Postal 508, Celaya, México

Correo: andrio.itroque@gmail.com

RESUMEN

El objetivo fue estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y la aptitud combinatoria específica (ACE) en líneas de maíz y sus cruza. Se utilizaron nueve líneas de maíz, divididas en dos grupos: el primero, como machos, formado por cuatro líneas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL) derivadas de la Población-60 que se caracterizan por su adaptación a la Comarca Lagunera. El segundo, dos líneas recicladas del banco de germoplasma de CIMMYT (L25 y L26 de ciclo precóz-Intermedio, de grupo heterótico A adaptadas al Sub trópico y, tres líneas (L23, L27 y L28) de la UAAAN-UL que provienen de la cruce de Población-61 x LAN 388P línea enana, con hojas anchas y verticales generada a partir de la tercera generación del híbrido AN-388. En 2013 se generaron 20 cruza por el método II de Carolina del Norte. Se evaluaron en abril de 2014 en un diseño de bloques al azar, dos repeticiones y riego normal. La parcela fue de dos surcos de 3.0 m de largo y 0.75 m de ancho y 0.17 m entre

planta, una densidad de 78, 431 plantas por hectárea. Se fertilizó con la fórmula 180-90-00. Se tomaron datos de Floración masculina (FM), Femenina (FF), Altura de planta (AP) y Mazorca (AMz), dimensiones de mazorca: diámetro DMz), longitud (LMz), numero de hileras (NH) y granos por hilera (GH) y, rendimiento de grano (Rend). Los 20 híbridos experimentales fueron significativamente diferentes ($p \leq 0.01$) en nueve de las variables. Los probadores machos (M), fueron diferentes ($p \leq 0.05$) en floración femenina (FF) y altamente significativa ($p \leq 0.01$) para floración masculina (FM) y longitud de mazorca (LMz), en tanto que el resto fue no-significativo (AP, AM, HMz, GH, DMz y Rend). En contraste, las hembras (H), mostraron mayor diversidad, pues se observaron diferencias ($p \leq 0.05$) para hileras por mazorca (HM) y, diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para: FM, FF, AP, LMz, GH, DMz y Rend. En las líneas hembra se observó mayor diversidad que en los machos usados como probadores. La interacción MxH fue significativamente diferente para FF y dimensiones de la mazorca (LMz, GH y DMz) además de Rend. Tres de las Líneas Macho (L1, L2, L3) mostraron ACG positiva y significativa para Rend, en cambio en las hembras solo las L23 y L28 fueron significativas. Los mayores efectos de ACE positivos y significativos se observaron en seis de las 20 cruza donde 2x26, 5x26 y 6x28 mostraron los mayores rendimientos de grano. La acción génica aditiva y no-aditiva fueron de importancia en el presente estudio.

Palabras clave: ACG, ACE, ADITIVA, NO-ADITIVA

ABSTRACT

The objective was to estimate the effects of general combining aptitude (ACG) and specific combining aptitude (ACE) in maize lines and their crosses. Nine maize lines were used, divided into two groups: the first, as males, formed by four lines from the Antonio Narro Laguna Autonomous Agrarian University (UAAAN-UL) derived from Population-60 that are characterized by their adaptation to the Laguna region. The second, two recycled lines from the CIMMYT germplasm bank (L25 and L26) of early-Intermediate cycle, heterotic group A adapted to the Subtropics, and three lines (L23, L27 and L28) from UAAAN-UL that come from the cross of Population-61 x LAN 388P dwarf line, with broad and upright leaves generated from the third generation of the hybrid AN-388. In 2013, 20 crosses were generated by the North Carolina method II. They were evaluated in April 2014 in a randomized block design, two repetitions and normal irrigation. The plot consisted of two rows 3.0 m long and 0.75 m wide and 0.17 m between plants, a density of 78,431 plants per hectare. It was fertilized with the formula 180-90-00. Data were taken from Male Flowering (FM), Female (FF), Plant Height (AP) and Ear (AMz), ear dimensions: diameter DMz), length (LMz), number of rows (NH) and grains per row (GH) and grain yield (Rend). The 20 experimental hybrids were significantly different ($p \leq 0.01$) in nine of the variables. The male testers (M) were different ($p \leq 0.05$) in female flowering (FF) and highly significant ($p \leq 0.01$) for male flowering (FM) and ear length (LMz), while the rest were non-significant (AP, AM, HMz, GH, DMz and Rend). In the female lines, greater diversity was observed than in the males used as testers. The MxH interaction was significantly different for FF and ear dimensions (LMz, GH and DMz) in addition to Rend. Three of the Male Lines (L1, L2, L3) showed ACG positive and significant for Rend, while in females only L23 and L28 were significant. The largest positive and significant ACE effects were observed in six of the 20 crosses where 2x26, 5x26 and 6x28 showed the highest grain yields. Additive and non-additive gene action were of importance in the present study.

Keywords: ACG, ACE, ADDITIVE, NON-ADDITIVE

1 INTRODUCCIÓN

En México el maíz es el grano más importante para la alimentación humana y destaca entre todos los cultivos por sembrarse anualmente en casi 8 millones de has, que producen alrededor de 21 millones de ton, con un rendimiento promedio de 2.63 t ha⁻¹. Aun siendo México el centro de origen de esta gramínea, su producción y rendimientos son ampliamente superados por otros países productores como son Estados Unidos y China (SAGARPA, 2014).

En zonas con sistemas agrícolas intensivos como la Comarca Lagunera, el 52 por ciento de los agricultores utilizan materiales mejorados y el resto usa variedades criollas y ocasionalmente semilla de generaciones segregantes procedentes de híbridos (Gutiérrez *et al.*, 2002); en la actualidad se estima que 93 por ciento de ellos usa semilla mejorada. Ante este panorama, es necesario entonces aumentar la calidad y productividad de este cultivo, mediante la caracterización de los mejores híbridos a través de técnicas que permitan determinar los efectos genéticos involucrados en los materiales de estudio y, por consiguiente, brindar a los productores más alternativas de genotipos de alto rendimiento.

El mejoramiento genético es un proceso continuo en la formación de nuevas variedades e híbridos comerciales; el conocimiento de los diversos tipos de acción génica y la importancia de estos en la determinación de caracteres de interés, es básico para lograr avances rápidos en un programa destinado a la obtención de híbridos (Melacarne y San Vicente, 2003; Beltran *et al.*, 2003). Al estimar los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE) en líneas y sus cruzas, permitirán conocer los tipos de acción génica que controlan a los diferentes caracteres (Hallauer y Miranda 1988). Los efectos de ACG, están relacionados con los genes de efectos aditivos de los progenitores, en tanto que la ACE, con los efectos no aditivos de dominancia y los epistáticos de las cruzas. Lo anterior confirma e indica la contribución diferencial de en la expresión fenotípica. Así, el desarrollo de líneas y la identificación de las mejores combinaciones híbridas, determinan el éxito de un programa de mejoramiento genético (Antuna *et al.* 2003). El proceso de mejora por hibridación tendrá éxito si dos o al menos una de las líneas de un híbrido es de alta ACG, condición que por sí misma asegura un alto rendimiento. Si adicionalmente, el híbrido muestra un efecto positivo alto de ACE, su capacidad de rendimiento aumentará (Reyes *et al.* 2004). El objetivo fue estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y la aptitud combinatoria específica (ACE) de líneas de maíz y sus cruzas.

2 MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en el rancho Las Aliciaas en el municipio de Peñón Blanco Durango, que se ubica en las coordenadas de 24°47' latitud norte y 104°01' longitud oeste. La altura del municipio sobre el nivel del mar es de 1,800 metros. La temperatura oscila de 12 a 20°C y una precipitación de 300 a 700 mm, con clima semiseco, templado con lluvias en verano (INEGI, 2005). Se utilizaron nueve líneas de maíz, divididas en dos grupos: el primero, utilizados como probadores machos, formado por cuatro líneas provenientes de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL) derivadas de la Población-60 que se caracterizan por su adaptación a la Comarca Lagunera. El segundo grupo, dos provenientes del banco de germoplasma de CIMMYT (L25 y L26) líneas recicladas de ciclo precóz-Intermedio, de grupo heterótico A y adaptadas a Subtrópico y, tres líneas (L23, L27 y L28) de la UAAAN-UL que provienen de la cruce de Población-61 x LAN 388P línea enana, con hojas anchas y verticales generada a partir de la tercera generación del híbrido AN-388. En primavera (2013) se generaron 20 cruces por el método II de Carolina del Norte (Comstock y Robinson, 1948). Se evaluaron en 2014 en un diseño de bloques al azar, dos repeticiones y riego normal. Se sembró el 04 de abril depositando dos semillas por golpe. La parcela fue de dos surcos de 3.0 m de largo y 0.75 m de ancho y 0.17 m entre planta, una densidad de 78,431 plantas por hectárea. Posterior a la siembra se aplicó un riego y a los 21 días se aclareo a una planta por golpe. Se fertilizó con la fórmula 180-90-00, aplicándose la mitad del Nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra. El resto del Nitrógeno se aplicó en el primer riego de auxilio. Se tomaron datos de Floración masculina (FM), Femenina (FF), Altura de planta (AP) y Mazorca (AMz), dimensiones de mazorca: diámetro DMz), longitud (LMz), número de hileras (NH) y granos por hilera (GH) y, rendimiento de grano (Rend). Se cosechó a los 180 días después de la siembra cuando al 18 por ciento de humedad en grano. El rendimiento se determinó a través de la producción de grano de cada parcela, se pesó y ajustó al 18 por ciento de humedad, reflejada en kg ha^{-1} (Morales 1993). Se analizó con el programa Analysis of Genetic Designs (AGD-R) v 2.0 para Windows, (Rodríguez *et al.* 2015), del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). La diferencia estadística entre la ACG de los progenitores machos, hembras y la ACE de las cruces, se determinó mediante la prueba de “t” o DMS al 0.05 %.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que para el factor repeticiones (REP) hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para las variables: floración femenina (FM), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM). Los 20 híbridos experimentales fueron significativamente diferentes ($p \leq 0.01$) en nueve de las variables, con la excepción de las variables AM y HM. Los probadores machos (M), fueron diferentes

($p \leq 0.05$) en floración femenina (FF) y altamente significativa ($p \leq 0.01$) para floración masculina (FM) y longitud de mazorca (LMz), en tanto que el resto fue no-significativo (AP, AM, HMz, GH, DMz y Rend). En contraste, las hembras (**H**), mostraron mayor diversidad, pues se observaron diferencias ($p \leq 0.05$) para hileras por mazorca (HM) y, diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para: FM, FF, AP, LMz, GH, DMz y Rend. La ausencia de significancia en **Machos**, se explica porque estas líneas fueron derivadas de la misma población y comparten una proporción importante de genes ó de fondo genético. En cambio, se observa mayor diversidad en **Hembras**, puesto que provienen de diferente germoplasma, dos que provienen del CIMMYT (L25, L26) y tres (L23, L27 y L28) de origen NARRO, (Cuadro 1).

Para la interacción (**MxH**) que representa las cruzas, mostro diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para GH y, diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para: FM, LMz, DMz y Rend. Los resultados se atribuyen a la divergencia de las líneas progenitoras al momento de ser combinadas, lo cual ha sido también observado por otros autores (Soengas *et al.* 2003, De La Cruz *et al.* 2005).

Cuando se combinan **MxH**, las diferencias se acentúan en las variables de tipo cuantitativo preferentemente LMz, HMz, GH, DMz y Rend, lo cual presume que exista un efecto no-aditivo de importancia. Puesto que Machos(M) y Hembras(H) representan los efectos aditivos y MxH los no-aditivos, si se analiza la contribución a la suma de cuadrados de las tres fuentes de variación M, H y MxH, y la relación **M+H/MxH**, se observa que en seis (6) de las nueve (9) variables predomina el efecto aditivo y, en el resto (tres) el efecto no-aditivo, donde se encuentran las variables AM, DMz y Rend. De acuerdo a lo anterior se supone que los dos efectos, aditivos y no-aditivos son de importancia en el material evaluado. Los efectos aditivos se pueden explotar a través de métodos de selección recurrente y los no aditivos por hibridación (Sprague, 1967).

Estos resultados se confirman al cuantificar los componentes de varianza (Cuadro 2), en los cuales se observa que la varianza aditiva (σ^2a), fue importante para las variables: FF, AP, HM y GH; en contraste la varianza de dominancia (σ^2d) lo fue para las variables: FM, AM, LMz, DMz y Rend. La varianza Aditiva representada por **M** y **H** fueron negativas y por naturaleza no interpretables (Meneses *et al.* 2002) se les consideró como cero. Hallauer y Miranda, (1981), establecen que las estimas negativas de los componentes de varianza pueden deberse a un modelo inadecuado, inadecuado muestreo y técnicas experimentales inadecuadas. Por tal razón los valores del Grado Promedio de Dominancia (\bar{d}) expresan una acción génica de dominancia y sobredominancia. Por tal razón el material genético puede ser explotado mediante un programa de selección que explote ambos efectos, aditivos y no-aditivos, como la selección recíproca recurrente (Comstock *et al.*, 1949) ó a través de la hibridación. La mayoría de los programas de mejoramiento

de maíz utilizan el comportamiento de las líneas, los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y la predicción del comportamiento de cruza, como medidas del potencial genético de una línea (Hallauer y Miranda, 1981).

Cuadro 1. Significancia de cuadrados medios de cuatro variables en 20 híbridos experimentales formados de nueve progenitores, ciclo primavera 2014.

F.V	G.L	FM	FF	AP	AM	LMz	HMz	GH	DMz	Rend
Rep	1	4.23*	9.03	1500.6*	950.6*	0.00	0.004	0.40	0.14	813333
G	19	12.4**	17.0**	565.1**	320.1	2.70**	1.400	20.8**	0.80**	2501358**
M	3	4.36**	10.4*	575.6	455.6	2.38**	1.456	1.48	0.29	310764
H	4	30.6**	62.2**	1220.9**	335.3	5.26**	2.624*	67.1**	1.31**	2732275**
MxH	12	8.32**	3.6	343.9	281.2	1.81**	0.963	10.1*	0.64**	2972004**
EE	19	0.6	2.6	186.2	190.1	0.25	0.703	3.7	0.16	325188
C.V (%)		1.0	1.5	6.5	12.1	2.9	5.5	5.1	2.5	8.9
MEDIA		106	109.2	210.1	114.1	17.22	15.06	37.6	16.4	6365.7

*, ** Valores significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad, G=Genotipos, M= Machos, H= Hembras, FM= floración masculina, FF= floración femenina, AP=altura de planta, AM= altura de mazorca, LMz= longitud de mazorca, HMz= hileras por mazorca, GH= granos por hilera, DMz= diámetro de mazorca, REND= rendimiento de grano.

Cuadro 2. Componentes de varianza de nueve variables agronómicas (σ^2_a =varianza aditiva, σ^2_d =varianza de dominancia, σ^2_g =varianza genética, σ^2_e =varianza del error, σ^2_f =varianza fenotípica, h^2 =heredabilidad en sentido estricto, H^2 =heredabilidad en sentido amplio).

Variables	σ^2_a	σ^2_d	σ^2_g	σ^2_e	σ^2_a/σ^2_g	σ^2_f	H^2	h^2	\bar{d}
FM	11.14	15.44	26.58	0.6	0.42	27.18	0.98	0.41	1.66
FF	29.3	2	31.3	2.55	0.94	33.85	0.92	0.87	0.37
AP	438.5	315.4	753.9	186.2	0.58	940.1	0.8	0.47	1.2
AM	75.17	182.2	257.37	190.1	0.29	447.47	0.58	0.17	2.2
LMz	1.73	3.12	4.85	0.25	0.36	5.1	0.95	0.34	1.9
HMz	0.83	0.52	1.35	0.7	0.61	2.05	0.66	0.4	1.12
GH	28.49	12.8	41.29	3.73	0.69	45.02	0.92	0.63	0.95
DMz	0.34	0.96	1.3	0.16	0.26	1.46	0.89	0.23	2.39
Rend	0	5293632	5293632	325188	0	5618820	0.94	0	>1

En el Cuadro 3 se presentan los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de cuatro líneas utilizadas como macho. La L1, muestra valores significativos positivos para las variables FF, LMz, NH, DMz y REND. Este progenitor aportará a su descendencia en un cruzamiento más días a FF pero, además, con buenas dimensiones de mazorca y por lo tanto aportara buen Rend; en la L2, se observan valores negativos para FM y positivos en AP, AM y Rend. Es evidente entonces que es una planta precoz por el menor número de días a FM, e indica además que este progenitor transmitirá a su descendencia una mayor AP y AM y aportará características favorables para Rend. La L5, presenta valores significativos positivos para GH y para Rend, lo cual implica que transmitirá a sus progenies mayor número de GH y un alto valor en Rend. En la L6, solo FM fue positivo significativo y, valores negativos para las variables FF y LMz; esto implica que aportara a su descendencia

precocidad en FF, mazorcas con menor longitud y una FM tardía. La estimación de los efectos de ACG en las líneas macho (M), mostro que el mayor valor significativo positivo para Rend lo aportan las líneas 1, 2 y 5, por lo se deduce que tienen una buena contribución en la expresión del rendimiento a su progenie.

De las cuatro líneas utilizadas como hembra (H), la L23, presenta valores significativos negativos para las variables FM, FF, AP, LMz y GH y positivos Rend. Todo lo anterior significa entonces que su descendencia en un cruzamiento aportara a su progenie precocidad en FM y FF, menor AP, con menor LMz y menor GH, pero buen Rend. Respecto a la L25, solo presenta un valor positivo significativo para la variable NH y que aportará esta característica a sus cruza; la L27 los efectos fueron significativos y positivos para FM, FF, AP, AM, NH y DMz. Esta Línea aportará a su descendencia más días a FM y FF, así como una mayor AP y AM, así mismo inducirá mayor NH y, en complemento, un buen DMz. La L28 presenta valores negativos significativos para AP, AM y DMz, sin embargo, mostro valores positivos para GH y Rend, lo cual implica que transmitirá a su descendencia menor AP y DMz, pero mayor GH y Rend. En contraste, la L26 no presentó valores significativos.

Cuadro 3. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de cuatro progenitores como macho en nueve variables evaluadas en el ciclo primavera 2014.

Var	Líneas Macho				Var	Líneas Hembra				
	1	2	5	6		23	25	26	27	28
FM	0.02	-0.88*	0.12	0.72*	FM	-2.33*	-1.08	0.05	2.92*	0.42
FF	1.42*	-0.38	-0.08	-0.98*	FF	-3.03*	-2.28	0.85	3.97*	0.47
AP	-7.62*	10.38*	-2.62	-0.12	AP	-11.38*	5.5	4.25	15.50*	-13.88*
AM	-4.13	9.37*	-5.63	0.37	AM	-3.50	-0.38	-1.00	10.88*	-6.00*
LMz	0.44*	-0.25	0.38	-0.56*	LMz	-1.42*	0.34	0.58	0.13	0.38
NH	0.50*	-0.10	-0.42*	0.02	NH	-0.41	-0.71*	0.09	0.74*	0.29
GH	-0.34*	-0.26	0.50*	0.10	GH	-3.96*	0.59	1.22	-1.56	3.69*
DMz	0.23*	-0.09	0.04	-0.18	DMz	-0.10	-0.06	-0.05	0.66*	-0.45*
Rend	138.78*	128.63*	237.79*	29.62	Rend	718.03*	-44.22	-49.5	102.39	914.14*

* Valores significativos diferentes de cero.

De las 20 cruza, seis exhiben los mayores efectos positivos de ACE para rendimiento (Rend), de las cuales las Líneas L1, L2, L5 y L6 combinan positivamente con L26, donde las tres primeras presentaron valores altos y positivos de ACG. Así mismo L5 y L6 combinan con L28. De las líneas Macho, solo la L6 presenta valores no significativos de ACG (Cuadro 4). En teoría se espera que dos líneas con altos valores de ACG produzcan híbridos ó cruza con alta ACE, como se observa en la cruza L5xL28, sin embargo, existen casos donde dos líneas una con alto y otra con bajo ACG produzcan cruza con altos valores de ACE, como L1xL26, L2xL26 y L5xL26. Lo

anterior se puede deber a la dominancia o a la interacción de genes ó epistasis (Hallauer y Eberhart 1976) y, como se observa en la cruce L6xL28 puede ser por complementación.

Cuadro 4. Cruzas de maíz con los mayores efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) en nueve variables evaluadas en el ciclo de primavera 2014.

Cruza	FM	FF	AP	AM	LMz	NH	GH	DMz	Rend
1x26	-3.15*	-0.05	-21.75*	-19.00*	-0.74	-0.05	-1.86	-0.99*	1200.38*
2x26	1.25	-0.25	17.75*	7.5	-0.25	-0.25	-0.44	0.09	1708.97*
5x26	0.75	-0.05	8.25	12.5	-0.38	0.07	0.1	0.3	1516.03*
5x28	1.38	1.33	-3.63	-2.5	-0.58	-0.93*	-2.08	-0.44	1381.26*
6x26	1.15	0.35	-4.25	-1	1.36*	0.23	2.2	0.6	2024.61*
6x28	-1.22	-0.77	3.88	1.5	0.46	0.23	1.23	-0.19	1310.60*

* Valores significativos diferentes de cero.

De las seis cruces con mayor ACE, tres (2x26, 5x26 y 6x28) presentaron los mayores Rend con 8640, 8090 y 7917 Kg ha⁻¹ respectivamente y diferente al resto, (Cuadro 5). Estos rendimientos pueden ser explicados debido a que la L26 del CIMMYT pertenece al grupo heterótico A y las Líneas L2, L5 y L6 puedan pertenecer al grupo B. Lo mismo se puede asumir con la L28. Las cruces dialélicas o factoriales han sido utilizado para detectar patrones heteróticos adecuados en arroz Hepting (1978) citado por Melchinger (1999), y en maíz (Beck et al.,1991; Crossa et al., 1990, Vasal et al., 1992).

Cuadro 5. Características agronómicas y rendimiento de grano en seis cruces con mayor ACE.

Cruza	FM	FF	AP	AM	LMz	NH	GH	DMz	REND
6x28	106	108	200	110	17.5	16	42	16	8640
5x26	107	110	220	120	17.8	14	39	17	8090
2x26	106	109	242	130	17.3	14	38	16	7917
5x28	108	111	190	100	17.4	14	39	16	6156
1x26	103	111	185	90	17.5	16	36	15.6	4997
6x26	108	109	210	112	18.6	16	41	17	4341
MEDIA	106	109	210	114	17	16	38	16	6386
DMS(5%)	1.6	3.3	29	29	1.05	1.8	4	0.837	1193.5

DMS=Diferencia Mínima Significativa al 5% de probabilidad.

4 CONCLUSIONES

En las líneas hembra se observó mayor diversidad que en los machos usados como probadores. La interacción MxH fue significativamente diferente para FF y dimensiones de la mazorca (LMz, GH y DMz) además de Rend.

Tres de las Líneas Macho (L1, L2, L3) mostraron ACG positiva y significativa para Rend, en cambio en las hembras solo las L23 y L28 fueron significativas. Los mayores efectos de ACE positivos y significativos, se observaron en seis de las 20 cruzas.

Tres de las seis cruzas, mostraron los mayores rendimientos promedio (2x26, 5x26 y 6x28). La acción génica aditiva y no-aditiva fueron de importancia en el presente estudio.

REFERENCIAS

Antuna-Grijalva O, Bustamante-García L, Gutiérrez-Del Río E, Rincón-Sánchez F, Ruiz-Torres NA (2003) Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas de líneas de maíz. *Rev. Fitotec. Méx.* 26(1): 11-17.

Beck, D L, S K Vasal y J Crossa (1991) Heterosis and combining ability among subtropical and temperate intermediate-maturity maize germoplasm. *Crop Sci.* 31: 68-73.

Betrán F J, J M Ribaut, D Beck, D González de León (2003) Genetic diversity, specific combining ability, and heterosis in tropical maize under stress and non-stress environments. *Crop Sci.* 43:797-806.

Comstock, R. E., Robinson, H. F., and Harvey, P. H., 1949, A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. *Agronomy Journal* 41: 360-367

Crossa J, S K Vasal and D L Beck (1990) Combining ability estimates of CIMMYT's tropical late yellow maize germoplasm. *Maydica* 35: 273-278.

De La Cruz, LE; Gutiérrez, RE; Palomo, GA; Rodríguez, HS. 2003. Aptitud combinatoria y heterosis de líneas de maíz en la Comarca Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26(4):279-284.

De la Loma J. L. 1975. *Genética General y Aplicada*. Editorial UTEHA. México.

De León, CH; Rincón, SF; Reyes, VH; Samano, GD; Martínez, ZG; Cavazos, CR; Figueroa, CJ. 2005. Potencial de rendimiento y estabilidad de combinaciones germoplásmicas formadas entre grupos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(2):135-143.

Gutiérrez del R. E., A. Palomo G., A. Espinoza B. E. de la Cruz L. 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. *Rev. Fitotec. Méx.* 25 (3): 271-277.

Hallauer A R, J B Miranda F O (1981) *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. Iowa State University Press. Ames, Iowa. 468 p.

Hallauer R. A. and S. A. Eberhart. 1976. Reciprocal full – sib selection. *Crop Sci.* 10: 315-316.

INEGI, (2005) Peñón Blanco, Durango *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. 9 p.

Malcarne M. F. y F. M San Vicente G. 2003. Patrones heteróticos de líneas tropicales blancas de maíz. *Crop Sci.* 39: 368-371.

Melchinger A E, (1999) Genetic diversity and heterosis. In *The genetics and exploitation of heterosis in crops*. James G. Coors and Shivaji Pandey. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA

Meneses M I, C Villanueva V, J Sahagún C, T R Vázquez R, L C Merric (2002) componentes de varianza genética y respuesta a la selección combinada en calabaza (*Cucurbita pepo* L.) bajo el sistema milpa. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 8(1): 5-23.

Rodríguez, F; Alvarado, G; Pacheco, A; Crossa, J; Burgueño, J (2015) "AGD-R (Analysis of Genetic Design with R for Windows) Version 2.0", <http://hdl.handle.net/11529/10202> International Maize and Wheat Improvement Center [Distributor] V7 [Version].

SAGARPA. (2014). Informe de evaluación de impacto Proyecto estratégico de producción de maíz.

Sprague G F, (1967) Quantitative genetics in plant improvement. In. Plant Breeding. A Symposium Held at Iowa State University. K. J. Frey Ed. The Iowa State University Press, Ames Iowa.

Soengas, P; Ordás, B; Malvar, RA; Revilla, P; Ordás, A. 2003. Heterotic patterns among flint maize populations. *Crop Science* 43:844-849.