

Componentes genéticos de caracteres agronómicos en razas de maíz y sus progenies híbridas

Genetic components of agronomic traits in maize landraces and their hybrid progeny

Antuna Grijalva O¹, SA Rodríguez Herrera¹, A Espinoza Banda¹, P Cano Ríos¹, G Llaven Valencia², JL Coyac Rodríguez¹, A González Torres¹, DG Reta Sánchez³, M Mendoza Elos⁴, E Andrio Enríquez⁴

Resumen. La evaluación de caracteres agronómicos y sus componentes genéticos es importante para ampliar la caracterización de los materiales criollos de maíz existentes e incluirlos en los programas de mejoramiento genético. El objetivo del presente estudio fue conocer el tipo de acción génica y los efectos de aptitud combinatoria de cinco caracteres agronómicos de cinco accesiones criollas de maíz. Los materiales de maíz evaluados correspondieron a las razas Jala, Tuxpeño, Celaya, Pepitilla y Dulce y sus respectivas cruzas. Las variables registradas-medidas fueron altura de planta, días a floración masculina y femenina, y rendimientos de materia seca y grano. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.01$) entre los genotipos, así como para los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) en todas las variables, excepto en el rendimiento de materia seca. En Aptitud Combinatoria Especifica (ACE), la altura de planta y los días a floración femenina no mostraron diferencias estadísticamente significativas. Las cruzas Pepitilla x Dulce y Jala x Tuxpeño y los progenitores Jala y Celaya fueron los materiales de mejor potencial de rendimiento de materia seca y rendimiento de grano. La altura de planta, los días a floración masculina, los días a floración femenina y el rendimiento de grano estuvieron determinados por efectos genéticos aditivos, en tanto que el rendimiento de materia seca estuvo bajo el control de acción génica no aditiva.

Palabras clave: *Zea mays* L.; Cruzas dialélicas; Efectos genéticos; Componentes de varianza.

Abstract. Knowledge of the genetic components of agronomic traits is an important factor to characterize landraces of maize to make them useful in plant breeding programs. The objective of this work was to know the genetic action and combining ability of several agronomic traits of five maize races and their crosses. Maize landraces analyzed were Jala, Tuxpeño, Celaya, Pepitilla and Dulce. Plant height, days to male and female flowering date after planting, and dry matter and grain yields were recorded. Those variables showed highly significant differences among genotypes. With the exception of dry matter yield, the other variables showed significant general combining ability effects (GCA). Statistically, plant height and female flowering date did not show specific combining ability (SCA) differences. Pepitilla x Dulce and Jala x Tuxpeño crosses, and Jala and Celaya parents, were the best dry matter and grain yields. Plant height, male and female flowering dates, and grain yield were controlled by additive genes. On the other hand, dry matter yield showed non-additive gene action.

Keywords: *Zea mays* L.; Diallel crosses; Genetic effects; Variance components.

¹ Profesor investigador de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez Km. 2. C.P. 27054, Torreón, Coahuila, México. Tel. y Fax 01(871) 729 76 75.

² Investigador del Campo Experimental Valle del Fuerte del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental La Laguna. Blvd. Prof. José Santos Valdés 1200 Pte. Matamoros, Coahuila, México. C.P. 27440. Tel. 01(871) 762 02 02 al 05. Fax 01 (871) 762 07 15.

³ Investigador del Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental, Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México. Carretera Internacional México-Nogales Km 1609 C.P. 81110. Tel. 01 (55) 38 71 87 00

⁴ Profesor investigador del Instituto Tecnológico de Roque. Km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas C.P. 38110 Roque Celaya, Guanajuato. Tel. 01(461) 611 5903.

Address correspondence to: Oralia Antuna Grijalva, e-mail: oantuna_77@hotmail.com

Received 15.IX.2014. Accepted 10.XII.2016.

INTRODUCCIÓN

La diversidad genética de maíz en el mundo es de más de 300 razas (Wellhausen, 1978; Goodman y Brown, 1988), las cuales se encuentran representadas en los bancos de germoplasma con cerca de 60000 accesiones (Geric et al., 1989).

La colección, conservación, valoración y uso de los recursos genéticos es una actividad inherente de los programas de mejoramiento (Montenegro et al., 2002). La conservación es quizá el aspecto más importante, dada la gravedad que tiene la pérdida de los recursos fitogenéticos (Palomino, 1991). Tradicionalmente, la conservación de materiales se realizó a través de estrategias de conservación *ex situ*; sin embargo, se ha reconocido que el manejo de las poblaciones por los agricultores es una importante estrategia para conservar y aprovechar su variación genética (Hammer, 2003). Se ha sugerido que tanto la conservación como el aprovechamiento sustentable de la variabilidad genética pueden lograrse en los sistemas de agricultura tradicional (Dempsey, 1996; Louette y Smales, 1996).

Mediante unos pocos ciclos de selección las variedades exóticas de maíz pueden ser adaptadas a diferentes ambientes; además, la selección practicada en generaciones avanzadas puede conducir a la formación de variedades más productivas y con buena heterosis en sus cruzas (Vega, 1975; Martínez, 1990; Navas y Cervantes, 1991; Pérez et al., 2000).

En condiciones ambientales favorables algunas variedades de estas razas mencionadas por (Wellhausen, 1981) pueden llegar a rendir de seis a ocho toneladas de grano. En base a los antecedentes expuestos, el presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar el potencial genético y de rendimiento de cinco razas de maíz y de sus cruzas.

MATERIALES Y METODOS

El material genético utilizado constó de cinco razas de maíz provenientes del Banco de Germoplasma del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Las razas fueron Celaya, Jala, Pepitilla, Tuxpeño y Dulce (Tabla 1). Este germoplasma y sus correspondientes híbridos se evaluaron en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. El campo experimental está localizado en la región agrícola de la Comarca Lagunera (25° 33' 25" N, 103° 22' 16" E, 1124 msnm) con una temperatura y una precipitación media anual de 21 °C y 220 mm, respectivamente.

Las cruzas se realizaron en el ciclo primavera-verano de 2010, bajo el diseño de apareamiento dialélico método II (Griffing, 1956), obteniendo un total de 10 híbridos interraciales. La evaluación se llevó a cabo únicamente en el ciclo de verano de 2011, ya que debido a la insuficiencia de semilla no fue posible una segunda evaluación. El diseño experimental para el establecimiento fue un Diseño de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones. La unidad experimental con-

Tabla 1. Descripción de los componentes de rendimiento de cinco razas de maíz (Wellhausen, 1978).

Table 1. Description of yielding components of five maize landraces (Wellhausen, 1978).

Progenitor	AP (m)	DA (días)	LM (cm)	DM (cm)	NH	DO (mm)
Celaya	2,50	116,00	17,00	4,50	12,40	23,30
Jala	3,10	134,00	30,50	5,90	14,70	28,00
Pepitilla	2,70	122,00	12,30	53,00	15,50	22,00
Tuxpeño	2,70	148,00	19,70	4,40	12,60	26,5
Dulce	2,00	105,00	13,70	4,50	14,50	26,30

AP: Altura de planta; DA: Días para antesis; LM: longitud de mazorca; DM: Diámetro de mazorca; NH: Número de hileras; DO: Diámetro de olote.

AP: Plant height; DA: Anthesis date; LM: Ear length; DM: Ear Diameter; NH: Number of rows; DO: Cob diameter.

sistió de dos surcos con una separación entre ellos de 0,80 m. La longitud del surco fue de 5,0 m con 33 plantas, separadas a 0,15 m para obtener una densidad de población de 82500 plantas/ha. Los caracteres medidos fueron altura de planta en metros (AP), días a floración masculina (FM), días a floración femenina (FF), rendimiento de materia seca (RMS) y rendimiento de grano (RG). El RMS y el RG fueron expresados en kg/ha.

El análisis genético se realizó utilizando el método 2 de Griffing (1956), en el cual se incluyen las cruzas directas F_1 y los progenitores $[p(p+1)/2]$, bajo el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ijk}$$

donde: Y_{ijk} = valor fenotípico observado de la cruce i y j en el bloque k ; μ = media general; g_i, g_j = efecto de la aptitud combinatoria general (ACG) del i -ésimo o j -ésimo progenitor; s_{ij} = efecto de la aptitud combinatoria específica (ACE) de la cruce de los progenitores i, j ; y e_{ijk} = efecto aleatorio del error correspondiente a la i, j, k -ésima observación.

También se calcularon las varianzas de aptitud combinatoria general (V_{acg}) y de aptitud combinatoria específica (V_{ace}) con las que se estimaron los componentes de varianza aditiva ($V_a = 2V_{acg}$), de dominancia ($V_D = V_{ace}$) y el valor de heredabilidad (h^2), para cada una de las variables medidas. Para la comparación de medias de cruzas y progenitores se utilizó la Prueba de DMSH ($P \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,01; 0,05$), para los factores CRUZAS y aptitud combinatoria general (ACG) en altura de planta (AP), días a floración masculina (FM), días a floración femenina (FF) y rendimiento

de grano (RG). En aptitud combinatoria específica (ACE) se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) para días a floración masculina (FM), rendimiento de materia seca (RMS) y rendimiento de grano (RG) (Tabla 2).

Los coeficientes de variación en las variables AP, FM y FF fueron acordes con los obtenidos por Barrera et al. (2005), los cuales oscilaron entre 5% y 10%; sin embargo, en RMS y RG se observaron valores altos de 26 y 40%, respectivamente. Los altos coeficientes de variación y los bajos rendimientos obtenidos pueden deberse a la presencia de carbón común del maíz (*Ustilago maydis* L.) que afectó a la mayoría a los genotipos evaluados (Tabla 2).

Los cuadrados medios de aptitud combinatoria general (ACG) fueron mayores que los de aptitud combinatoria específica (ACE) en todos los caracteres evaluados a excepción de rendimiento de materia seca (RMS). Esto indica que la varianza aditiva es de mayor importancia que la de dominancia, coincidiendo con los resultados informados por Villanueva et al. (1994). La mayor magnitud de la varianza de aptitud combinatoria específica (ACE) en rendimiento de materia seca (RMS) señala que ésta característica es controlada por acción génica no aditiva (Tabla 2).

La comparación de medias de las cinco variables agronómicas indica que los progenitores y sus cruza fueron iguales estadísticamente. No obstante, las cruza superaron numéricamente a los progenitores a excepción de las variables AP y FF en las cuales la raza Pepitilla superó a todos los materiales; su altura de planta fue de 3 m, y los días a floración femenina fueron 98 (Tabla 3).

Las cruza de Pepitilla x Tuxpeño y Jala x Tuxpeño, así como la raza Tuxpeño fueron las más tardías en días a floración masculina (FM) con 86, 84 y 85 días después de la siembra (DDS), respectivamente. Los híbridos más precoces fueron Celaya x Tuxpeño (78 DDS), Celaya x Jala (75 DDS)

y Celaya x Dulce (73 DDS). En relación a floración femenina (FF) los progenitores más tardíos fueron Pepitilla (98 DDS), Tuxpeño (96 DDS) y Jala (95 DDS), y la cruza más tardías fueron Jala x Tuxpeño, Pepitilla x Tuxpeño y Pepitilla x Dulce con 93 DDS a floración femenina (FF). De esta forma, se manifestaron los efectos de las razas Pepitilla y Tuxpeño en el comportamiento de las cruza donde intervinieron ya que fueron las más tardías tanto para floración femenina como masculina. El progenitor Dulce, las cruza Celaya x Jala y Celaya x Dulce fueron las más precoces en floración femenina (FF) con valores que oscilaron entre 81 y 83 DDS (Tabla 3).

Aunque no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en rendimiento de materia seca (RMS) entre genotipos, se destacaron por su alta producción la cruza Pepitilla x Dulce, y los progenitores Jala y Celaya con valores de 5894, 5771 y 5744 kg/ha, respectivamente. Entre los genotipos con menor rendimiento de materia seca se hallaron el progenitor Pepitilla y las cruza Celaya x Dulce y Celaya x Jala, con producciones de 3815, 3611 y 3372 kg de MS/ha, respectivamente (Tabla 3).

Las cruza Jala x Tuxpeño y Celaya x Jala sobresalieron en producción de grano con valores que oscilaron entre 2480 a 2086 kg/ha. El resto del germoplasma se caracterizó por su bajo rendimiento ubicándose las cruza Pepitilla x Tuxpeño, Pepitilla x Dulce y al progenitor Pepitilla como los materiales de menor producción de grano con 913, 620 y 270 kg/ha, respectivamente.

Aptitud combinatoria. Las razas Jala y Tuxpeño mostraron efectos positivos de aptitud combinatoria general en todas las variables, en tanto que Celaya reflejó efectos positivos de aptitud combinatoria general solo en rendimiento de grano (RG). La raza Pepitilla presentó valores positivos de ACG en altura de planta (AP), y días a floración masculina (FM) y femenina (FF). El progenitor Dulce mostró efectos negativos de aptitud combinatoria general en todas las variables (Tabla 4).

Tabla 2. Cuadrados medios del análisis de varianza y su significancia para cinco características agronómicas de 10 cruza de razas de maíz y sus progenitores. UAAAN-UL, 2011.

Table 2. Means squares of ANOVA and their significance for five agronomic traits of 10 crosses of maize and its parentals. UAAAN-UL, 2011.

FV	gl	AP (m)	FM (DDS)	FF (DDS)	RMS (kg/ha)	RG (kg/ha)
BLOQUE	3	0,09	25,17	8,77	721262	401040
CRUZA	14	0,33**	48,98**	102,31**	2823129	1560784**
ACG	4	0,90**	98,29**	263,15**	1381314	3599992**
ACE	10	0,10	29,25*	37,98	3399855*	745100*
Error	42	0,07	11,56	19,65	1486064	326711
Total	59					
CV (%)		10,4	4,23	4,96	26,56	39,89

*, **: Significativo al 0,05 y al 0,01 de probabilidad, respectivamente; ACG: Aptitud combinatoria general; ACE: Aptitud combinatoria específica; AP: Altura de planta; FM: Días a floración masculina; FF: Días a floración femenina; RMS: Rendimiento de materia seca; RG: Rendimiento de grano; DDS: Días después de la siembra.

*, **: Significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively; ACG: General combining ability; ACE: Specific combining ability; AP: Plant height; FM: Anthesis date; FF: Silking date; RMS: Dry matter yield; RG: Grain yield.

Tabla 3. Valores promedio de cinco caracteres agronómicos y su nivel de significancia de 10 cruzas de razas de maíz y sus progenitores. UAAAN-UL, 2011.**Table 3.** Means values of five agronomic traits and their level of significance of 10 crosses of maize landraces and their parentals UAAAN-UL, 2011.

Genotipo	AP (m)	FM (DDS)	FF (DDS)	RMS (kg/ha)	RG (kg/ha)
Pepitilla	3,01 a	80 abc	98 a	3815 a	270 d
Jala x Pepitilla	2,99 a	83 ab	91 abcd	4414 a	2027 abc
Jala x Tuxpeño	2,94 a	84 a	93 abc	5470 a	2480 a
Pepitilla x Tuxpeño	2,89 ab	86 a	93 abc	4701 a	913 bcd
Pepitilla x Dulce	2,86 ab	82 ab	93 abc	5894 a	620 cd
Tuxpeño	2,86 ab	85 a	96 a	4953 a	1210 abcd
Celaya x Tuxpeño	2,72 abc	78 abc	87 abcd	4867 a	1760 abc
Jala	2,6 abc	82 ab	95 ab	5771 a	1424 abcd
Jala x Dulce	2,57 abc	80 abc	88 abcd	4366 a	1320 abcd
Celaya x Pepitilla	2,56 abc	82 ab	88 abcd	3910 a	1146 abcd
Celaya	2,44 abc	80 abc	88 abcd	5744 a	2169 ab
Tuxpeño x Dulce	2,4 abc	80 abc	87 abcd	4049 a	1033 abcd
Celaya x Dulce	2,31 abc	73 c	81 d	3611 a	1926 abc
Celaya x Jala	2,23 bc	75 bc	82 cd	3372 a	2086 ab
Dulce	2,13 c	78 abc	83 bcd	3828 a	1105 abcd
*DMSH	0,70	8,65	11,28	3103	1455

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMSH, $P \leq 0,05$), AP: Altura de planta, FM: Días a floración masculina; FF: Días a floración femenina; RMS: Rendimiento de materia seca; RG: Rendimiento de grano.

Means with the same letter are statistically equals (DMSH, $P < 0.05$), AP: Plant height; FM: Anthesis date; FF: Silking date; RMS: Dry matter yield; RG: Grain yield.

En rendimiento de grano, las razas Celaya y Jala mostraron los mayores efectos de aptitud combinatoria general. Los valores de aptitud combinatoria general para altura de planta (AP), días a floración masculina (FM), días a floración femenina (FF) y rendimiento de materia seca (RMS), indicaron que las razas Jala, Pepitilla y Tuxpeño presentaron buena combinación, reflejándose en el incremento del valor observado en dichos caracteres (Tabla 4). Para las condiciones de la región de estudio, es deseable contar con materiales de porte bajo que toleren altas densidades y resistencia al acame, sin descuidar la relación negativa de la altura de planta con el potencial de rendimiento de grano (Antuna et al., 2003).

Para los efectos de aptitud combinatoria específica de las cruzas no se encontró un patrón definido entre las variables medidas. En cada variable se encontraron efectos positivos de aptitud combinatoria específica en determinadas cruzas, siendo estas diferentes en cada caso.

Para altura de planta (AP) las cruzas Jala x Pepitilla, Jala x Tuxpeño y Pepitilla x Dulce presentaron los mayores efectos heteróticos entre sus padres reflejándolo con una mayor altura. Sin embargo, lo más recomendable es que el resultado de la craza sea lo menos expresivo para no obtener híbridos muy altos.

Por otra lado en floración masculina (FM) las cruzas con mayores valores positivos de aptitud combinatoria específica fueron Celaya x Pepitilla, Pepitilla x Tuxpeño y Pepitilla

x Dulce. Para floración femenina (FF) los mayores efectos positivos de aptitud combinatoria específica fueron las cruzas Jala x Tuxpeño y Pepitilla x Dulce, reflejándolo en su progenie híbrida al ser más tardías. Sin embargo, lo más recomendable es que las cruzas sean lo menos expresivas para obtener híbridos precoces. Las cruzas tolerantes son aquellas que obtienen valores negativos ya que estas son las más precoces.

Para rendimiento de materia seca (RMS) las cruzas de mayor aptitud combinatoria específica fueron Pepitilla x Dulce, Jala x Tuxpeño y Celaya x Tuxpeño. Por el contrario, las cruzas Celaya x Jala y Celaya x Dulce mostraron valores altos y negativos de aptitud combinatoria específica. En ambos casos los valores de aptitud combinatoria específica estuvieron directamente relacionados con la producción obtenida en dichos genotipos (Tabla 4).

En rendimiento de grano (RG) se obtuvieron efectos positivos de aptitud combinatoria específica para Jala x Pepitilla (763 kg/ha), Jala x Tuxpeño (736 kg/ha) y Celaya x Dulce (326 kg/ha). Se observó que la craza Celaya x Dulce resultó con los mejores efectos de aptitud combinatoria específica; sin embargo, no se ubicó entre las de mayor rendimiento, lo que contradice la hipótesis de que el alto rendimiento de las cruzas se debe a altos efectos de aptitud combinatoria específica (Reyes et al., 2004).

En rendimiento de materia seca (RMS) y rendimiento de grano (RG) se esperaba que las cruzas de mayor rendimiento

Tabla 4. Efectos genéticos, aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica para cinco caracteres agronómicos de 10 cruces de razas de maíz y sus progenitores.

Table 4. Genetic effects, general combining ability and specific combining ability for five agronomic traits for 10 crosses of maize and its parentals.

	AP (m)	FM (DDS)	FF (DDS)	RMS (kg/ha)	RG (kg/ha)
Parámetros genéticos					
μ de híbridos	2,650	80,07	88,07	4465	1531
μ padres evaluados	2,610	80,80	91,70	4822	1235
Heterosis promedio	0,042	-0,72	-3,62	-356	295
Efectos de Aptitud Combinatoria General					
Celaya	-0,158	-2,20	-3,20	-36	380
Jala	0,018	0,47	0,86	236	309
Pepitilla	0,216	1,37	3,34	-136	-478
Tuxpeño	0,125	2,05	2,11	212	1,57
Dulce	-0,201	-1,70	-3,20	-275	-212
Efectos de Aptitud Combinatoria Específica					
Celaya x Jala	-0,260	-3,34	-4,69	-1412	-35
Celaya x Pepitilla	-0,130	2,01	-1,76	-501	-187
Celaya x Tuxpeño	0,120	-2,66	-0,94	106	-54
Celaya x Dulce	0,032	-3,66	-2,36	-660	326
Jala x Pepitilla	0,122	0,83	-2,33	-270	763
Jala x Tuxpeño	0,163	1,15	0,23	436	736
Jala x Dulce	0,117	0,40	-0,19	-179	-209
Pepitilla x Tuxpeño	-0,085	1,76	-1,83	41	-42
Pepitilla x Dulce	0,214	2,01	3,23	1722	-121
Tuxpeño x Dulce	-0,154	-0,91	-1,44	-471	-188

AP: Altura de planta; FM: Días a floración masculina; FF: Días a floración femenina; RMS: Rendimiento de materia seca y RG: Rendimiento de grano. DDS: Días después de la siembra

AP: Plant height; FM: Anthesis date; FF: Silking date; RMS: Dry matter yield; RG: Grain yield.

hubieran sido el resultado de cruzar dos líneas de altos efectos positivos de aptitud combinatoria general. Sin embargo, no resultó así en este estudio, lo cual sugiere que no necesariamente las líneas con alta aptitud combinatoria general pueden producir cruces sobresalientes en rendimiento de materia seca (RMS) y rendimiento de grano (RG). Resultados similares fueron obtenidos por Guillén et al. (2009) al cruzar germoplasma de efectos negativos de aptitud combinatoria general y obtener valores altos y positivos de aptitud combinatoria específica de cruces.

La identificación de germoplasma con propósitos de utilización en programas de mejoramiento genético, debe tomar en cuenta los efectos de aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica, dependiendo de los objetivos (Montenegro et al., 2002). Por lo tanto las razas Jala y Tuxpeño, con base a los mejores efectos de aptitud combinatoria general pueden incluirse para obtener variedades sintéticas, y las cruces con los mejores efectos de aptitud combinatoria específica pueden formar parte de un programa de mejoramiento para formación de híbridos.

Para rendimiento de materia seca se encontraron valores negativos de varianza aditiva (σ_A^2) que resultaron en una subestimación de heredabilidad (h^2) (Tabla 5).

La relación entre los cuadrados medios de Aptitud de aptitud Combinatoria General (CM_{ACG}) sobre los cuadrados medios de Aptitud Combinatoria Específica (CM_{ACE}), señala que de los caracteres medidos, el rendimiento de materia seca (RMS) obtuvo el valor más pequeño, debido a que dicha variable presenta valores mayores en los efectos no aditivos. Por lo tanto, el tipo de acción génica aditiva es el que predomina en los caracteres medidos en este estudio.

Ambas varianzas (aditiva y de dominancia) estuvieron presentes en las variables agronómicas medidas lo cual se esperaba dado a que el origen paternal es contrastante y de alta homocigosis. Gómez y Valdivia (1988) mencionan que para obtener mejor respuesta heterótica sería conveniente combinar germoplasma proveniente de diferentes áreas de adaptación.

En relación a la heredabilidad (h^2) los valores mayores se presentaron en altura de planta (0,40), días a floración femenina (0,39) y rendimiento de grano (0,32), y la menor heredabilidad fue para días a floración femenina con 0,23. Estos se consideran valores intermedios de acuerdo con Hallauer y Miranda (1988).

Tabla 5. Parámetros genéticos de cinco caracteres agronómicos de 10 cruza de razas de maíz y sus progenitores. UAAAN-UL, 2011.
Table 5. Genetic parameters for five agronomic traits of ten corn races crosses and their parentals. UAAAN-UL, 2011.

Variables	VA	VD	VE	h ²	I ₁ *
AP	0,05	0,007	0,14	0,40	8,42
DFM	4,93	4,42	20,91	0,23	3,36
DFF	16,08	4,58	40,31	0,39	6,92
RMS	-14481†	478447	1964511	0,00	0,40
RG	2039920	104597	635229	0,32	4,83

V_A , V_D , V_E = Varianza Aditiva, Dominancia y Ambiental, respectivamente; h = heredabilidad; $I_1^* = (CM_{ACG})/(CM_{ACE})$; †Valores negativos fueron considerados igual a cero; AP: Altura de planta, FM: Días a floración masculina; FF: Días a floración femenina; RMS: Rendimiento de materia seca; RG: Rendimiento de grano.

V_A , V_D , V_E = Additive; Dominance and Environmental variances, respectively; h = heritability; $I_1^* = (CM_{ACG})/(CM_{ACE})$; †Negative values were considered equals to zero; AP: Plant height; FM: Anthesis date; FF: Silking date; RMS: Dry matter yield; RG: Grain yield.

AGRADECIMIENTOS

A la memoria de Arturo Palomo Gil, Emiliano Gutiérrez Del Río y Edson Francisco Navarro Orona, excelentes seres humanos y grandes investigadores, ya que sin su valiosa colaboración no hubiera sido posible la culminación del presente trabajo.

REFERENCIAS

- Antuna, G.O., F. Rincón, E. Gutiérrez, N.A. Ruiz y L. Bustamante (2003). Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas de líneas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26: 11-17.
- Barrera, G.E., A. Muñoz, F. Márquez y A. Martínez (2005). Aptitud combinatoria de razas de maíz mejoradas por retrocruza limitada. I: Caracteres agronómicos. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 231-242.
- Dempsey, G.J. (1996). *In situ* conservation of crops and their relatives: A review of current status and prospects for wheat and maize. NRG Pape 96-108. CIMMYT, México, D.F. 33 p.
- Geric, I., M. Zlokolica, C. Geric y C.W. Stuber (1989). Races and populations of maize in Yugoslavia. Isozyme variation and genetic diversity. Systematic and ecogeographic studies on crop gene-pools 3. IBPGR. Italy. 108 p.
- Gómez, M.N. y R. Valdivia (1988). Dialélico integrado con líneas de diferentes programas de maíz para la región cálida. *Revista Fitotecnia Mexicana* 11: 35-49.
- Goodman, M.N. y W. Brown (1988). Races of corn. En: G.F. Sprague y J.W. Dudley (eds.), pp: 33-79. Corn and Corn Improvement. ASA Monograph 18 ASA, Madison, Wisconsin.
- Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing Systems. *Australian Journal of Biological Sciences* 9: 463-493.
- Guillén, de la C.P., E. De la Cruz, G. Castañón, R. Osorio, N. P. Brito, A. Lozano y U. López (2009). Aptitud combinatoria general y específica de germoplasma tropical de maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 101-107.
- Hallauer, A.R. y B. Miranda (1988). Quantitative Genetics in Maize Breeding. 2nd Edition. Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA. pp. 159-249.
- Hammer, K. (2003). A paradigm shift in the discipline of plant genetics resources. *Genetics Resources and Crop Evolution* 50: 3-10.
- Louette, D. y M. Smale (1996). Genetic diversity and maize seed management in a traditional Mexican community: Implications for *in situ* conservation in maize. NRG paper 96-103. México.
- Martínez, A.J. (1990). Selección para adaptación en Chapingo de una población de maíz Tuxpeño. *Agrociencia Serie Fitociencia* 4: 69-84.
- Montenegro, H., F. Rincón, N.A. Ruiz, H. de León y G. Castañón (2002). Potencial genético y aptitud combinatoria de germoplasma de maíz tropical. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 135-142.
- Navas, A.A.A. y T. Cervantes (1991). Selección para rendimiento y adaptación a Valles Altos en cruza interracial tropicales de maíz de México. *Agrociencia Serie Fitociencia* 2: 97-114.
- Palomino, H.G. (1991). La importancia del enfoque interdisciplinario en el conocimiento de los recursos vegetales de México. En: Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, Chapingo, México. pp: 63-82.
- Pérez, C.A.A., J. Molina y A. Martínez (2000). Adaptación a clima templado de una variedad de maíz tropical mediante selección masal visual estratificada. *Agrociencia* 34: 533-542.
- Reyes, D.L., J.D. Molina, A.R. Oropeza y C.P. Moreno (2004). Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz derivadas de la raza Tuxpeño. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27: 49-56.
- Vega, L. R. A. (1975). Adaptabilidad en diferentes medios ambientales de cruzamientos entre germoplasma de maíz (*Zea mays* L.) de clima caliente húmedo y clima caliente seco. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, N.L. México. 139 p.
- Villanueva, V.C., F. Castillo y J.D. Molina (1994). Aprovechamiento de cruzamiento dialélicos entre híbridos comerciales de maíz: Análisis de progenitores y cruza. *Revista Fitotecnia Mexicana* 17: 175-185.
- Wellhausen, E.J. (1978). Recent developments in maize breeding in the tropics. En: Walden D.B. (ed.), pp: 59-84. Maize Breeding and Genetics. John Wiley & Sons, USA.
- Wellhausen, E.J. (1981). Razas y variedades mexicanas de maíz y su importancia en el mejoramiento genético. En: Memoria del Simposio Nacional: El maíz en México, su Pasado, su Presente y su Futuro. Guadalajara, Jalisco, México. pp. 75-80.