

EFFECTOS GENETICOS EN HIBRIDOS DE MAIZ TROPICAL (*Zea mays* L.). III. ACAME, MALA COBERTURA Y PUDRICION DE MAZORCA ¹

Gaspar Martínez ², Humberto de León Castillo ²

RESUMEN

Efectos genéticos en híbridos de maíz tropical (*Zea mays* L.) III. Acame, mala cobertura y pudrición de mazorca. En este trabajo se estimaron los efectos genéticos del acame, cobertura y pudrición de mazorca, en 42 híbridos simples hechos entre seis líneas desarrolladas en el trópico seco de México y siete en el trópico húmedo, usando un diseño de apareamiento II de Carolina del Norte. La variación entre los híbridos fue principalmente debida a la varianza de la ACG, y en una pequeña proporción a la varianza de la ACE en los tres caracteres, aunque para pudrición de mazorca la varianza de la ACE tuvo un papel considerable. La partición de la varianza de la ACG mostró que las líneas del trópico húmedo tuvieron mayor aportación en el acame de planta y cobertura de mazorca; en tanto que para pudrición de mazorca, las líneas del trópico seco tuvieron mayor contribución. Se observó interacción de los efectos de ACG con los ambientes de prueba, mayor en las líneas del trópico húmedo que en las del trópico seco. Las conclusiones fueron que los efectos de ACG, los cuales indican varianza aditiva, son mayores para los tres caracteres y que, a su vez, fueron mayores en las líneas del trópico húmedo, aparentemente debido a su movilización en una región más amplia y diversa durante su desarrollo genotécnico.

ABSTRACT

The genetic effects in hybrid lines of tropical corn (*Zea mays* L.) III. Lodging, uncovered ears and ear rot. This study report genetic effects for lodging, uncovered ears and ear rot, of 42 single cross hybrids made with seven lines developed in the humid tropic of México, and six lines developed in the dry tropic, using a North Caroline II mating design. Hybrid variation was mainly due to GCA variance, and scanty to SCA variance for all the three attributes, although for ear rot, SCA variance had a considerable role, too. Partitioning GCA variance, revealed humid tropic lines had highest contribution to lodging and ear covering variance, and dry tropic lines the highest contribution to ear rot variance. In addition, humid tropic lines had higher GCAxEnvironment interaction variance than dry tropic lines. In conclusion, GCA effects, which reveal additive genetic variance, were the main effects for all the three attributes, and that GCA effects were higher in humid tropic lines than those of the dry tropic, maybe due to their mobilization in a more ample and diverse region.

INTRODUCCION

El mejoramiento genético del maíz en México ha sido un reflejo de las condiciones sociales y económicas del campesino nacional. En gran medida, el diseño y desarrollo de las variedades por el mejorador corresponde a la baja capacidad de inversión del campesino, ofreciéndole variedades en que pueda reutilizar su propia semilla adecuadas a su reducido nivel tecnológico. Por su parte, el mejoramiento de la productividad del cultivo del maíz descansa en el uso de variedades

con mayor potencial de rendimiento, mediante el aprovechamiento del vigor heterocigótico (Variedades híbridas), el cual es una expresión de los efectos genéticos de dominancia (Moreno, 1988) o del vigor homocigótico (Variedades sintéticas), el que expresa efectos de aditividad (Fasoulas, 1980), así como en el uso de las innovaciones tecnológicas que permiten reducir los costos de producción.

Algunas características tales como la altura de planta y de mazorca, la uniformidad en la altura de la

¹ Presentado en la XLI Reunión Anual del PCCMCA en Honduras, América Central. 26 de marzo - 1 de abril, 1995.

² Sección Cereales e Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario E. Castro Gil", Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

mazorca y el acame, son importantes cuando el maíz se cultiva en altas densidades de planta por hectárea, en regiones de agricultura mecanizada y/o de uso intenso de fertilizantes nitrogenados (Loech, 1972); en cambio, otras como la sanidad de la planta y mazorca o la mala cobertura de ésta, son importantes bajo cualquier circunstancia, ya que afectan directamente el rendimiento.

La necesidad de incrementar la productividad del maíz en México, en el contexto de la globalización del comercio de productos agrícolas en Norteamérica, intensificará el uso de variedades mejoradas, fertilizantes nitrogenados y densidades mayores de siembra y de igual manera la mecanización, al menos de la cosecha, será necesaria para incrementar la productividad del cultivo. El mejorador debe enfrentar con anticipación el diseño y desarrollo de variedades de maíz apropiadas para una agricultura intensiva y altamente desarrollada, para lo cual el estudio de los tipos de acción génica involucrados en los atributos de interés agronómico y del rendimiento de grano, es un requisito **sine qua non**.

Una estrategia de los mejoradores del maíz es el cruzamiento entre líneas de diferente origen ecológico, para aprovechar su divergencia en información genética y en frecuencias génicas para incrementar la expresión de la heterosis, la cual es una manifestación de los efectos genéticos del tipo no-aditivo (Moreno, 1988).

El Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario Castro Gil" de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", realiza mejoramiento en cuatro áreas agroecológicas del país: Bajío, comprendida por la región centro occidental de México, con altitudes entre 1000 y 1600 msnm; Trópico Seco, por las regiones centro norte y noreste, con altitudes entre 1600 y 2000 msnm; Trópico Húmedo, por las regiones costeras del Golfo de México, el Istmo de Tehuantepec y del Pacífico Norte, con alturas de cero a 1000 msnm; y Valles Altos, por las regiones montañosas con altitudes entre 1800 o más msnm. Esta regionalización de las tareas de mejoramiento ha permitido el desarrollo de germoplasma con adaptación específica, pero también la obtención de aquel con amplia adaptación y rendimiento superior, a través de estrategias de movilización interregional del material, no sólo durante su etapa de desarrollo y evaluación, sino también en su aprovechamiento en cruzamientos entre líneas de diferentes programas agroecológicos.

En este trabajo se caracterizaron siete líneas de maíz del trópico húmedo y seis del trópico seco, en cuanto a su aptitud combinatoria general y específica y a los componentes de la varianza genética involucrados en la

expresión del acame y de la pudrición y la mala cobertura de la mazorca.

MATERIALES Y METODOS

De 1984 a 1985 se evaluaron los 42 híbridos simples entre siete líneas del trópico húmedo y seis del trópico seco, los cuales fueron producidos bajo un diseño II de Carolina del Norte (Comstock y Robinson, 1948; Comstock y Robinson, 1952), en las localidades de Ursulo Galván, Veracruz (Región tropical húmeda del Golfo de México); Los Mochis, Sinaloa (Región tropical húmeda del Pacífico Norte) y Río Bravo, Tamaulipas (Región tropical seca del Noreste de México).

La evaluación se realizó bajo riego durante la primera mitad del año (Ciclo A) en Ursulo Galván y Los Mochis, y durante la segunda mitad del año (Ciclo B) en Río Bravo. La parcela fue de dos surcos de 5 m, espaciados 80 cm, con matas a 20 cm, para dar una densidad aproximada de 62500 plantas por hectárea. El diseño fue en bloques completos al azar con tres repeticiones.

Se tomaron datos de acame, como el porcentaje de plantas cuyo tallo tuvo una desviación mínima de 30 grados de la vertical; de mala cobertura, como el porcentaje de plantas cuya mazorca principal mostró exposición a la vista de la punta de la mazorca a través de las brácteas; de la pudrición de la mazorca, como el porcentaje de plantas cuya mazorca principal manifestó daño visible o presencia de patógenos, sin importar el espécimen. Los tres caracteres se midieron por la madurez fisiológica, los dos primeros antes y el último después de la cosecha.

Los datos por parcela fueron transformados mediante $\text{arsen}(x_{ij})^{1/2}$ y posteriormente se realizaron los análisis estadísticos de varianza y genético. El análisis de aptitud combinatoria general y específica se realizó como lo presentan Singh y Chaudhary (1979). Para la estimación de los componentes de la varianza genética se recurrió al método del análisis de varianza de Henderson (Searle, 1971), igualando los cuadrados medios a los componentes del modelo, para lo que se utilizó el análisis de varianza indicado por Hallauer y Miranda (1981), que se muestra en el Cuadro 1.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis de varianza por localidad (datos no presentados) mostraron diferencias altamente significativas entre híbridos para acame de planta y pudrición

Cuadro 1. Cuadrados medios (CM) indicativos y sus esperanzas (ECM), del análisis de varianza combinado de localidades.

Fuente de Variación	G.L.	CM	ECM
LOC	l-1		
REP(LOC)	(r-1) 1		
HIBRIDOS	mh-1		
MACHOS	m-1	CM_m	$\sigma_e^2 + r\sigma_{mhl}^2 + rl\sigma_{mhl}^2 + rm\sigma_{hl}^2 + rh\sigma_{ml}^2 + rlm\sigma_m^2$
HEMBRAS	h-1	CM_h	$\sigma_e^2 + r\sigma_{mhl}^2 + rl\sigma_{mhl}^2 + rh\sigma_{ml}^2 + rm\sigma_{hl}^2 + rlm\sigma_h^2$
MxH	(m-1)(h-1)	CM_{mh}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{mhl}^2 + rl\sigma_{mh}^2$
HÍBxLOC	(mh-1)(l-1)		
MxLOC	(m-1)(l-1)	CM_{ml}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{mhl}^2 + rh\sigma_{ml}^2$
HxLOC	(h-1)(l-1)	CM_{hl}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{mhl}^2 + rm\sigma_{hl}^2$
MxHxLOC	(m-1)(h-1)(l-1)	CM_{mhl}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{mhl}^2$
Error Exp.	(mh-1)(r-1)(l-1)	CM_e	σ_e^2

de la mazorca en las tres localidades; para mala cobertura sólo en Ursulo Galván, Veracruz, hubo diferencias significativas. El análisis combinado por su parte (Cuadro 2), reveló diferencias altamente significativas entre localidades para los tres caracteres. Las diferencias entre híbridos fueron significativas ($p > 0,01$) en acame de planta y pudrición de la mazorca; no así para mala cobertura de la mazorca, lo cual se reflejó en la interacción de estas diferencias entre híbridos con los ambien-

tes de evaluación. Estas diferencias entre los híbridos para los tres caracteres, sin embargo, pueden ser atribuidas a las diferencias entre las líneas del trópico húmedo más que a las del trópico seco, como lo revela la partición de los cuadrados medios, aunque en pudrición de la mazorca las diferencias entre los híbridos tienen una contribución importante proveniente de las diferencias entre las líneas del trópico seco (Cuadro 2). Lo anterior puede ser interpretado en el sentido de que en el

Cuadro 2. Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza combinado de las localidades Ursulo Galván, Veracruz, Los Mochis, Sinaloa y Río bravo, Tamaulipas, México, 1984-1985.

Fuente de Variación	G.L.	C. M.		
		Acame	Cobertura	Pudrición
LOC	2	21039,49 **	1249,19 **	7376,46 **
REP(LOC)	3	316,37 *	116,58	41,48
HIBRIDOS	41	242,41 **	99,68	209,15 **
MACHOS	6	912,49 **	259,44 **	64,95 **
HEMBRAS	5	358,15 **	82,70	487,57 **
MxH	30	97,31	70,56	131,58 **
HIBxLOC	82	146,73 **	91,41	102,62 **
MxLOC	12	454,10 **	163,19 **	190,94 **
HxLOC	10	194,68 *	115,37	82,32
MxHxLOC	60	77,27	73,06	88,34
Error Exp.	123	83,12	68,77	56,93

*, ** Significativo al 0,05 y 0,01 de probabilidad

programa del trópico húmedo, si las líneas macho lo representan adecuadamente, se dispone de una base genética más amplia que la contenida en las líneas del programa del trópico seco.

De igual forma, la interacción de las diferencias entre los híbridos con los ambientes de evaluación se atribuye principalmente a las diferencias entre las líneas del trópico húmedo en los tres caracteres estudiados, como lo muestran los cuadrados medios de machos y de hembras en el Cuadro 2. Esto significa que la clasificación relativa de las líneas del trópico húmedo respecto al acame, mala cobertura y pudrición de la mazorca, es más afectada por las condiciones generales de los ambientes de evaluación, que la relativa de las líneas del trópico seco.

La implicación más importante derivada de estos resultados, es que los efectos de las líneas macho (trópico húmedo) y hembra (trópico seco), los cuales son indicativos de acción génica aditiva (Gilbert, 1958), son más sensibles al ambiente de evaluación que los efectos de la interacción entre ellas (machos X hembras), los cuales son indicativos del tipo no-aditivo. Estos resultados concuerdan con los indicados por Rojas y Sprague (1952), Gamble (1962), Martínez (1989) y Martínez y De León (1993) y significa que una estimación confiable de la acción genética aditiva, puede derivarse de evaluaciones de campo más extensas que las necesidades para la estimación de los efectos génicos de dominancia.

La estimación de las varianzas de los efectos genéticos, mostró que la variación entre los híbridos fue principalmente debida a la varianza de la ACG y, en pequeña proporción, a la varianza de la ACE en los tres caracteres estudiados, aunque para pudrición de mazorca la varianza de la ACE tuvo un papel importante (Cuadro 3). La partición de la varianza de la ACG mostró que las líneas del trópico húmedo tuvieron mayor contribución que las del trópico seco para acame de planta y mala cobertura de mazorca; en cambio, para pudrición de mazorca, las líneas del trópico seco tuvieron mayor aportación a la varianza de la ACG (Cuadro 3), lo cual señala que los tipos de acción genética aditiva son más importantes que los del tipo no-aditivo, en la expresión de los tres caracteres y que los tipos aditivos son más importantes en las líneas del trópico húmedo, lo cual probablemente sea el resultado de las estrategias de movilización del germoplasma en ambos programas, tropical húmedo y tropical seco. Debnath y Sarkar (1990) estimaron efectos genéticos para el rendimiento y algunos de sus componentes, en un dialélico de nueve líneas de maíz evaluado en tres ambientes y encontraron

que la ACG fue más importante que la ACE para todos los atributos; sin embargo, la varianza de la ACE fue más afectada por los ambientes de prueba que la varianza de la ACG.

El programa del trópico seco tiene una movilización restringida al noreste de México (Valle del Río Bravo, Tamaulipas; norte de Coahuila y Región Lagunera, principalmente); en cambio, el del trópico húmedo tiene una movilización más amplia: desde el norte del estado de Veracruz hasta el occidente del Istmo de Tehuantepec y eventualmente las costas del Pacífico norte (Los Mochis, Sinaloa).

En términos de los componentes de la varianza genética, los resultados revelaron que la expresión del acame de planta y cobertura de mazorca, está principalmente determinada por la varianza aditiva; en tanto que para pudrición de mazorca, la varianza aditiva y la no-aditiva son igualmente importantes (Cuadro 3).

En el Cuadro 4 se presentan las medias de los caracteres estudiados a fin de apreciar mejor el valor genético y comercial del material.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de esta investigación y la discusión realizada de ellos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Los efectos de ACG fueron más importantes que los de ACE para los tres caracteres: Acame de

Cuadro 3. Componentes de varianza de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) y de varianza genética, en el apareamiento factorial de 13 líneas tropicales de maíz, estimados a partir de los análisis combinados de las localidades de Ursulo Galván, Veracruz, Los Mochis, Sinaloa y Río Bravo, Tamaulipas, México.

Componente	Acame	Cobertura	Pudrición
$\sigma^2_{ACG(M)}$	6,08	1,372	1,816
$\sigma^2_{ACG(H)}$	1,708	-30,170	4,310
σ^2_{ACE}	1,670	-0,208	3,603
σ^2_A	15,592	2,744	12,251
σ^2_{NA}	6,680	-0,833	14,413

Cuadro 4. Valores medios del acame de planta (%), mala cobertura de mazorca (%) y pudrición de mazorca (%), así como del rendimiento promedio de los híbridos, estimados de los experimentos combinados de Ursulo Galván, Veracruz, Los Mochis, Sinaloa y Río Bravo, Tamaulipas, México.

Híbrido (HxM)	Acame (%)	Mala cobertura (%)	Pudrición de mazorca (%)	RG ^{1/} (ton/ha)
1 x 1	18,5	17,0	21,8	7,2
1 x 2	26,2	6,2	14,3	8,9
1 x 3	34,5	12,8	12,5	8,7
1 x 4	26,8	10,5	18,5	8,8
1 x 5	28,2	10,2	16,7	9,6
1 x 6	29,2	9,2	19,2	8,7
1 x 7	22,0	11,0	16,8	8,5
2 x 1	22,2	14,3	10,0	8,2
2 x 2	23,0	14,2	17,0	8,3
2 x 3	20,5	13,0	13,7	7,7
2 x 4	26,0	19,8	14,3	8,5
2 x 5	21,5	13,3	19,7	9,0
2 x 6	14,3	12,0	12,0	8,1
2 x 7	26,8	11,3	13,0	8,2
3 x 1	30,7	13,7	29,2	7,9
3 x 2	16,8	5,3	16,7	7,9
3 x 3	26,8	15,2	10,2	7,9
3 x 4	27,0	11,7	9,5	9,0
3 x 5	24,2	22,5	25,0	7,9
3 x 6	30,0	11,8	24,7	7,7
3 x 7	26,3	13,7	31,2	7,0
4 x 1	21,8	19,2	15,3	7,1
4 x 2	24,7	24,2	17,8	8,7
4 x 3	25,0	17,7	17,2	8,7
4 x 4	37,5	9,8	22,2	7,0
4 x 5	42,8	14,7	12,0	7,3
4 x 6	33,5	11,7	35,2	7,1
4 x 7	34,2	11,2	16,0	7,0
5 x 1	32,3	10,8	20,7	7,1
5 x 2	35,7	16,7	13,5	8,2
5 x 3	24,2	4,0	18,3	7,5
5 x 4	45,3	14,2	13,3	7,6
5 x 5	32,5	11,3	23,2	7,8
5 x 6	28,0	8,8	13,5	7,1
5 x 7	29,5	13,0	17,0	8,9
6 x 1	37,5	19,2	13,8	8,3
6 x 2	31,8	15,5	9,2	7,3
6 x 3	35,5	13,5	6,5	8,1
6 x 4	37,3	9,0	13,5	7,8
6 x 5	25,3	10,7	17,3	7,4
6 x 6	39,3	14,7	14,2	8,0
6 x 7	32,0	9,0	12,5	8,8

^{1/} Rendimiento de mazorca al 13,5 de humedad.

- planta, mala cobertura de mazorca y pudrición de la mazorca.
2. Para acame de planta y mala cobertura de la mazorca, las líneas del trópico húmedo contribuyeron más que las líneas del trópico seco a la varianza de la ACG.
 3. Los efectos de ACG de las líneas del trópico húmedo interaccionaron más con los ambientes de evaluación que los de las líneas del trópico seco.
 4. La varianza genética aditiva fue más importante que la no-aditiva en la expresión del acame de planta y cobertura de mazorca; en cambio, para pudrición de mazorca, tanto la varianza aditiva como fueron la no-aditiva son igualmente importantes.
 5. La movilización de las líneas en una región geográfica más amplia y diversa durante su desarrollo, como ocurrió con las líneas del trópico húmedo, aparentemente propicia mayor acumulación de alelos con efectos aditivos; sin embargo, los efectos aditivos interactúan más con los ambientes de prueba que los no-aditivos.
- LITERATURA CITADA**
- COMSTOCK, R. E.; ROBINSON, H. E. 1948. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics* (USA). 4:254-266.
- COMSTOCK, R. E.; ROBINSON, H. E. 1952. Estimation of average degree of dominance of genes. *In: Heterosis*, Ed. por Gowen. 2ª Edición. Hafner Publ. Co., New York, (USA). p. 494-516.
- DEBNATH, S. C.; SARKAR, K. R. 1990. Combining ability analysis of grain yield and some of its attributes in maize (*Zea mays* L). *Indian J. Genet.* (India). 50: 57-61.
- FASOULAS, A. 1980. Principles and methods of plant breeding. Publ. No. 11, Aristotelian University of Thessaloniki. Thessaloniki, Grecia. p 73.
- GAMBLE, E. E. 1992. Gene effects in corn. III. Relative stability of gene effects in different environments. *Can. J. Plnt Sci.*, 42:628-634.
- GILBERT, N. E. G. 1958. Diallel cross in plant breeding. *Heredity* (UK) 12:477-492.
- HALLAUER, A. R.; MIRANDA, J. B. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. ISU Press. Ames Iowa, (USA). p. 69-70.
- LOESH, P. J. 1972. Diallel analysis of stalk quality traits in twelve inbred lines of maize. *Crop Sci.* (USA). 12: 261-264.
- MARTINEZ, G. 1989. Efectos genéticos en híbridos de maíz tropical (*Zea mays* L). I. Rendimiento. *Agraria. Revista Científica* (México). 5: 141-149.
- MARTINEZ, G.; H. DE LEON C. 1993. Efectos genéticos en híbridos de maíz tropical (*Zea mays* L). II. Altura de mazorca, antesis y floración femenina. *Agrociencia, Serie Fitociencia* (México). 4:65-74.
- MORENO-GONZALEZ, J. 1988. Diallel crossing system in sets of flint and dent inbred lines of maize (*Zea mays* L). *Maydica* (Italia). 33:37-49.
- ROJAS, B. A.; SPRAGUE, G. F. 1952. A comparison of variance components in corn yield trials. III. General and specific combining ability and their interaction with locations and years. *Agron. J.* (USA). 44: 462-466.
- SEARLE, R. 1971. *Linear models*. John Wiley and sons Eds. (USA). p. 145
- SINGH, R. K.; CHAUDHARY, B. D. 1979. *Biometrical methods in quantitative genetics analysis*. Kalyani Publ. 2nd Edition Revised. (India). p. 197-200.