

Evaluación de genotipos de maíz en condiciones deficientes de humedad en Durango, México

Evaluation of corn genotypes in conditions of scarce soil moisture at Durango, México

José Dimas LÓPEZ MARTÍNEZ , Armando ESPINOZA BANDA, Enrique SALAZAR SOSA, Ignacio ORONA CASTILLO y Cirilo VÁZQUEZ VÁZQUEZ

Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Postgrado, Apartado Postal 142, CP 35000. Gómez Palacio, Durango, México.
E-mail: jose_dimaslopez@hotmail.com  Autor para correspondencia

Recibido: 22/09/2009 Fin de arbitraje: 12/09/2010 Revisión recibida: 10/11/2010 Aceptado: 28/11/2010

RESUMEN

Con el objeto de seleccionar el mejor genotipo para las condiciones agroecológicas de El Ejido Francisco Villa, municipio de Lerdo, Durango, México, se evaluaron cuatro genotipos de maíz. La siembra se realizó el 23 de agosto de 2007 en surcos separados a 0,8 m y a una distancia entre planta de 0,2 m, se fertilizó con 80 kg de N y 17,48 kg de P por hectárea. Se utilizaron dos híbridos (H-412 y H419) y dos variedades de polinización libre, Blanco Hualahuises y San Lorenzo. De cada genotipo se registró el rendimiento de grano y la humedad acumulada en el suelo. Se realizó análisis de covarianza entre rendimiento de grano y humedad del suelo para conocer la relación entre las dos variables; análisis en bloques al azar para rendimiento y se generaron los contrastes ortogonales pertinentes entre los tratamientos. Se utilizó el análisis de componentes principales para discriminar a los genotipos. La relación entre el rendimiento de grano y la humedad del suelo fue no significativa. El mejor genotipo por rendimiento fue San Lorenzo y por adaptación Blanco Hualahuises.

Palabras clave: Maíz, híbridos, variedades, humedad del suelo, rendimiento de grano.

ABSTRACT

In order to select the best genotype for the agroecological conditions of Ejido Francisco Villa, Durango, Municipality of Lerdo, Durango, México, four materials were evaluated. The sowing was carried out on August 23, 2007, in furrows at 0.8 m and a distance between plants of 0.2 m; it was fertilized with 80 kg N and 17.48 kg P per hectare. Two hybrids (H-412 and H-419) and two open pollination varieties (Blanco Hualahuises and San Lorenzo) were used. Grain yield and soil moisture were recorded for each genotype. An analysis of covariance between grain yield and soil moisture was carried out to know the relationship between those variables; an analysis of variance according to the completely randomized block design for grain yield and orthogonal contrasts were generated among treatments. A principal component analysis was used to discriminate genotypes. The relationship among grain yield and soil moisture was not significant. The best genotype for grain yield was San Lorenzo and for adaptation Blanco Hualahuises.

Key words: Corn, hybrids, varieties, soil moisture, grain yield.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los tres cereales (junto con el trigo y el arroz) más importantes del mundo. Actualmente se produce en casi 100 millones de hectáreas en 125 países en desarrollo y se encuentra entre los tres cultivos más sembrados en 75 de esos países (FAO, 2010). Cada año la mayor parte de los países con producción agrícola dedican el 37% de cada hectárea con maíz. Estados Unidos y China aportan el 40 y 19% de la producción mundial, respectivamente (FIRA, 1998). En México se cultivan anualmente 7,5 millones de hectáreas, de las cuales el 15% se cultiva bajo riego y el resto (85%) bajo condiciones de secano.

La Comarca Lagunera se localiza en la parte central de la porción norte de México. Se encuentra ubicada entre los meridianos 102°03'09" y 104°46'12" de LO y los paralelos 24°22'21" y 26°52'54" LN. Su altura media sobre el nivel del mar es de 1139 m. Su topografía es en general plana y de pendientes suaves, que varían de 0,2 a 1,0 m/km, generalmente hacia norte y noreste. La temperatura media anual es de alrededor de 20 °C, alcanzando una temperatura máxima extrema de 42 °C en el verano y una temperatura mínima extrema de -7 °C durante el invierno. Su clima es considerado de tipo árido caliente y desértico, su precipitación media anual es de alrededor de 220 mm, presentándose el período principal de lluvias durante el verano y el otoño (Miranda Wong, 2008).

En la Comarca Lagunera, se siembran aproximadamente cada año 123 mil hectáreas, de las cuales el 53% se siembran en la parte del estado de Durango y el resto en el estado de Coahuila, del 53%, el 12% son de temporal y de éstas más del 50,5% se siembran con maíz para grano, con un promedio de 800 kg ha⁻¹ (SAGARPA, 2000).

Aún cuando la superficie que se dedica a este cultivo es relativamente baja, ésta toma importancia dada la densidad de población humana ubicada en el área rural, pues tan solo en el municipio de Lerdo, Durango representa más del 30% y donde éste cultivo es una fuente importante de su ingreso. Por tal razón, es justificable el enfoque de investigación tendiente a mejorar el estatus de vida de la población.

Existen dos formas en que se puede lograr aumentos en la producción de los cultivos. Una es mejorando las prácticas de cultivo y, otra, a través del mejoramiento genético. La selección del mejor genotipo es relevante cuando se quiere explotar al máximo el medio ambiente, la forma tradicional, rápida y económica, es a través de la introducción, prueba y posterior selección de materiales y/o genotipos (Duvick, 1996).

La respuesta de los genotipos depende o está en función de cómo interaccionen con el ambiente (Vincent y Woolley, 1972). Un genotipo que tenga un comportamiento medio aceptable en una diversidad de ambientes, se dice que interacciona poco con el ambiente ó que es estable. Se han desarrollado diversas metodologías que permiten hacer una separación de los efectos genéticos y no-genéticos (Finlay y Wilkinson, 1963).

La clave para aumentar la producción agrícola estriba en incrementar la eficiencia en la utilización de los recursos y lograr un mejor entendimiento de la interacción del genotipo-ambiente (Kang, 2000). La manifestación genotípica de las plantas depende en gran parte del medio que la rodea. La interacción entre estos dos factores hace difícil el logro y la magnitud de los avances genéticos en la prueba y selección de materiales. La interacción genotipo-ambiente (GA) se refiere al comportamiento diferencial de variedades o genotipos en ambientes diferentes. En mejoramiento genético el investigador se enfrenta al problema de la diversidad ambiental y a la respuesta relativa diferencial que muestran los genotipos al ambiente (Kearsey y Pooni, 1996). La selección de genotipos apropiados para un ambiente

específico, puede efectuarse con relativa facilidad, pero a medida que los ambientes se diversifican, la variabilidad ambiental se incrementa y en consecuencia las plantas pueden no mantenerse dentro del rango de altos rendimientos (Romagosa y Fox, 1993; Cienfuegos, 2000).

La evaluación de genotipos se realiza con el propósito de obtener información acerca del rendimiento y otras características agronómicas, pero no dan información sobre la adaptación en general. Diversos métodos y/o técnicas han sido desarrollados para analizar la interacción GA; la estimación y partición de componentes de varianza, (Sprague y Federer, 1951; Miller *et al.* 1959a;1962b), el uso de la regresión lineal (Yates y Cochran, 1938; Finlay y Wilkinson, 1963; Rowe y Andrew, 1964; Eberhart y Russell, 1966; Bucio y Hill, 1966; Knight, 1970; Tai, 1971; Shulka, 1972); y los métodos multivariados, donde Fisher y Makenzie (1923), hicieron los primeros intentos, treinta años después Williams (1952) amplió el concepto y mostró que la sumas de cuadrados (SC) para la interacción puede ser representada por la suma de los eigenvalores de una matriz y, si la SC's para cualquiera o ambos de los efectos principales fueran sumados a esa interacción, el resultado se mantiene con una matriz diferente. En el caso de interacción, combinando ambientes y repeticiones, el modelo de variación entre y dentro genotipos es: $Y_{ij} = \mu + d_i + w_{ij}$, donde w_{ij} representa toda la variación dentro de genotipos, incluyendo el error (Mandel, 1969). Hasta 1972 el uso de estos análisis fue limitado, por la dificultad que representaba el cálculo de los eigenvalores, por la falta de equipo de cómputo (Freeman, 1973).

La existencia de computadoras más rápidas, de mayor capacidad y la existencia de software han promovido el uso de los análisis multivariados para el análisis de la interacción GA, conocidos como modelos bilineales y/o multiplicativos. En mejoramiento genético, el mas conocido es el AMMI, propuesto por Gauch (1978), que utiliza una parte aditiva y otra multiplicativa, donde esta última estima el efecto de la interacción a través de componentes principales (Cruz y Hernández, 1994; Van Eeuwijk *et al.* 2000; Crossa y Cornelius; 2000). La técnica de componentes principales, permite conocer la dimensionalidad y la clasificación de datos, siempre y cuando dichas variables estén correlacionadas, originando la formación de nuevas variables lineales (componentes) y el peso y/o importancia relativa de cada variable (Genotipos) Jhonson (1998).

Por tal motivo, el estudio se realizó con el objeto de identificar al mejor genotipo para las condiciones de El Ejido Francisco Villa, municipio de Lerdo, Durango, México.

MATERIALES y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el ejido Francisco Villa, Municipio de Lerdo, Durango, México, localizado a los 20° 40' 00" Norte y 103° 21' 00" Oeste a 1110 msnm. Se utilizaron cuatro genotipos de maíz: Dos variedades de polinización libre, Blanco Hualahuises (G2) y San Lorenzo (G3), y dos híbridos, el H-412 (G1) y H-419 (G4). La siembra se realizó en agosto 23 de 2007 en surcos a 0,8 m y a una distancia entre plantas de 0,2 m; se fertilizó al momento de la siembra con 80 kg de nitrógeno y 17,48 kg de fósforo por hectárea.

Se cuantificó el agua almacenada en el suelo para cada experimento y posteriormente se cuantificó la lámina de agua consumida por parcela.

Al final del ciclo se cosechó por separado cada parcela y se pesó el grano, transformándose a kilogramos por hectárea. Para determinar el grado de influencia de la humedad en el rendimiento, los datos de las variables rendimiento (Y) y lamina de agua (X) se analizaron por covarianza; asimismo se realizaron gráficos de dispersión para cada genotipo para ambas variables.

Con el propósito de conocer el mejor genotipo, se usó un diseño de bloques al azar con datos no balanceados en las repeticiones donde cada genotipo fue un tratamiento y se aplicaron las técnicas de contrastes ortogonales y componentes principales para clasificar el comportamiento de los genotipos tal como lo sugieren Cruz y Hernández (1994); Van Eeuwijk *et al.* (2000) y Crossa y Cornelius (2000). Además, se generó un gráfico de dispersión con los valores característicos de los dos componentes principales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestra la cantidad de agua almacenada en el suelo en cada genotipo y la lámina de agua consumida por parcela y el rendimiento promedio de granos.

Los resultados del análisis de covarianza indica que el rendimiento variable dependiente (Y) no

estuvo significativamente influenciado por el contenido de humedad (Cuadro 2). Aún cuando en los parámetros estadísticos del Cuadro 1 se advierte que el rango en lámina consumida por los genotipos oscila de 2,6 cm para el genotipo H-419 a 6,6 cm para Blanco Hualahuises, y lo mismo se observa para las respectivas desviaciones estándar (DE). No se observa un paralelismo entre la magnitud de estos dos parámetros y el rendimiento. La anterior tendencia puede deberse a lo reportado por Pierre *et al.* (1965) quienes consideran que las plantas que crecen en ambientes secos son más eficientes en el uso del agua y por ende sufren menos pérdidas en su rendimiento.

En el análisis de componentes principales los tres primeros componentes explicaron el 90% de la varianza acumulada en los datos. En conjunto el componente 1 y 2 explican el 66%, por tal razón se pueden utilizar para hacer inferencias acerca del comportamiento de los genotipos (Cuadro 3).

La dispersión de los datos de la Figura 1 para los cuatro genotipos ratifica por la línea de tendencia la baja relación entre ambas variables por la magnitud del coeficiente de determinación (R^2). Las respuestas de H-412 y Blanco Hualahuises son contrarias, pues en tanto H-412, muestra una respuesta positiva con el incremento de humedad, Blanco Hualahuises responde negativamente. Algo similar ocurre con San Lorenzo y H-419. Este comportamiento puede estar mas relacionado con la estabilidad ó adaptación a las condiciones del ambiente de prueba, pues independientemente de la respuesta se observa menor dispersión correlativamente en Blanco Hualahuises, H-412 y H-419 que en San Lorenzo. Los tres primeros, al parecer son genotipos más uniformes genéticamente, en tanto San Lorenzo es una variedad muy heterogénea lo que se refleja en la magnitud de la desviación estándar (Cuadro 1). Blanco Hualahuises con la menor DE (155,2) indica que es un genotipo de bajo rendimiento pero muy adaptado a las condiciones típicas de las regiones áridas ó que fue seleccionado para ó bajo esas condiciones. Lo mismo puede decirse de H-412. Esta misma jerarquización se observa al realizar los contrastes (Cuadro 4), pues H-412 y Blanco Hualahuises por la magnitud del rendimiento son estadísticamente iguales entre sí y diferentes a San Lorenzo y H-419. Estos resultados coinciden con Vincent y Wolley (1972) quienes mencionan que las deficiencias de humedad durante la formación y llenado de grano provocan una disminución del número de grano por mazorca y/o peso de grano y por ende en rendimiento

dependiendo de la adaptación y estabilidad del genotipo y con Jurgens *et al.* (1978); Grant *et al.* (1989) y Reta Sánchez y Martínez (1990); quienes señalan que esta reducción de rendimiento es de 29 a 53%, al reducir el peso medio del grano de 19 a 49%.

Con los vectores de los dos primeros componentes se generó un gráfico de dispersión en el cual se comprueba el comportamiento de los genotipos. De acuerdo a la posición en la gráfica, los genotipos San Lorenzo y H-419 se ubican a la

Cuadro 1. Valores y estadísticos de rendimiento promedio de grano (Y) y lámina de agua consumida por parcela (X) en cuatro genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en el ejido Francisco Villa, Durango. México. 2007.

Observaciones	H-412		Blanco Hualahuises		San Lorenzo		H-419	
	X †	Y ‡	X	Y	X	Y	X	Y
1	6,1	976	5,0	1200	6,4	3090	8,2	2120
2	6,2	928	7,0	1482	6,4	2440	8,8	2090
3	6,3	1236	7,5	1282	6,8	2400	8,8	2430
4	6,5	1024	7,5	1141	7,3	1080	8,8	1590
5	7,5	1464	9,7	1229	7,3	950	8,9	2250
6	7,9	988	9,8	1364	7,3	950	9,0	1830
7	8,0	1156	9,8	1291	7,5	1010	9,2	2310
8	8,3	935	9,8	1265	7,5	1870	9,3	2770
9	8,3	1454	10,0	1439	7,6	1030	9,3	2200
10	8,4	962	10,6	1459	7,6	1620	9,3	2040
11	8,5	1304	10,8	1232	7,8	2010	9,3	2010
12	8,5	1500	10,8	1190	8,1	3060	9,6	1920
13	9,0	1600	10,8	1095	8,7	2730	9,8	3130
14	9,3	1450	11,0	1248	8,7	2150	9,9	2150
15	9,5	1112	11,2	1124	8,8	1700	9,9	2050
16	10,1	1120	11,4	1098	9,0	3030	10,0	1490
17	10,1	1468	11,4	995	9,2	1500	10,0	1280
18	10,1	1204	11,4	1042	9,2	940	10,1	1440
19	10,5	1456	11,5	916	9,2	2270	10,3	1640
20			11,6	1039	9,6	2850	10,5	1370
21					9,7	2260	10,5	1200
22					9,7	850	10,6	1800
23					10,0	2520	10,8	1250
Promedio	8,4	1228,3	9,9	1206,6	8,2	1926,5	9,6	1928,7
Rango	4,5	672,0	6,6	566,0	3,6	2240,0	2,6	1930,0
DS	1,4	226,6	1,8	155,2	1,1	774,9	0,7	488,5

† Lámina de agua (cm); ‡ Rendimiento en kg ha⁻¹.

Cuadro 2. Análisis de covarianza entre rendimiento (y) y lámina de agua consumida (x) por cuatro genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en el ejido Francisco Villa, Durango. México. 2007.

Fuente de variación	G.L.	SC(YY)	Y Ajustada por X			
			GL	SC	CM	F _t
Total	84	30500877.95				
Rep	22	6303489.62				
Trat	3	590818.19				
Error	59	23606569.39	58	23086559,94	403216,60	
Trat + Error	61	24197388.33	61	24178512,91		
Trat Ajustado			3	791952,97	263984,32	0,65 ns
Bx/y = - 59,42			Intercepto= 1670,22 ± 990,8			

ns= no diferencia significativa al 0,05.

derecha con respecto al eje “X” con valores de 3,78 y 2,03 unidades, que de acuerdo a Cruz y Hernández (1994) son genotipos con rendimientos altos pero muy variables en su respuesta con el ambiente y su lejanía del cero con respecto al eje “Y” los clasifica como inconsistentes en su comportamiento promedio

Lo anterior se ratifica con la mayor dispersión de datos que se muestra en la Figura 2. Los genotipos H-419 y Blanco Hualahuisés, se ubican en el lado negativo del eje “X” y muy cercanos al cero de “Y”, lo cual los clasifica como genotipos de bajo rendimiento pero con mayor estabilidad en su

Cuadro 3. Valores característicos, porcentaje de varianza y varianza acumulada en cuatro genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en el ejido Francisco Villa, Durango, México. 2007.

Componente	% de varianza	Varianza acumulada
1	39,49	39,49
2	27,26	66,75
3	23,45	90,20
4	9,80	100,00

comportamiento medio. Lo anterior coincide con el comportamiento de estos genotipos en la Figura 1.

CONCLUSIONES

Se concluye que el rendimiento no estuvo influenciado por el agua acumulada en cada muestreo. El mejor genotipo en este estudio con base a la variable rendimiento fue la variedad San Lorenzo y con base a la estabilidad la variedad Blanco Hualahuisés. Además, el mejor genotipo no es aquel que produce más, sino aquel que garantiza una producción más constante a través del tiempo y/o en condiciones de siembra y manejo diferente.

LITERATURA CITADA

Bucio A. L. and J. Hill. 1966. Environmental and genotype-environmental components of variability. II. Heterozygote. *Heredity*, 21: 399-405.

Cienfuegos Rivas, E. G. 2000. Interacción genotipo-ambiente: Evaluación mediante la correlación

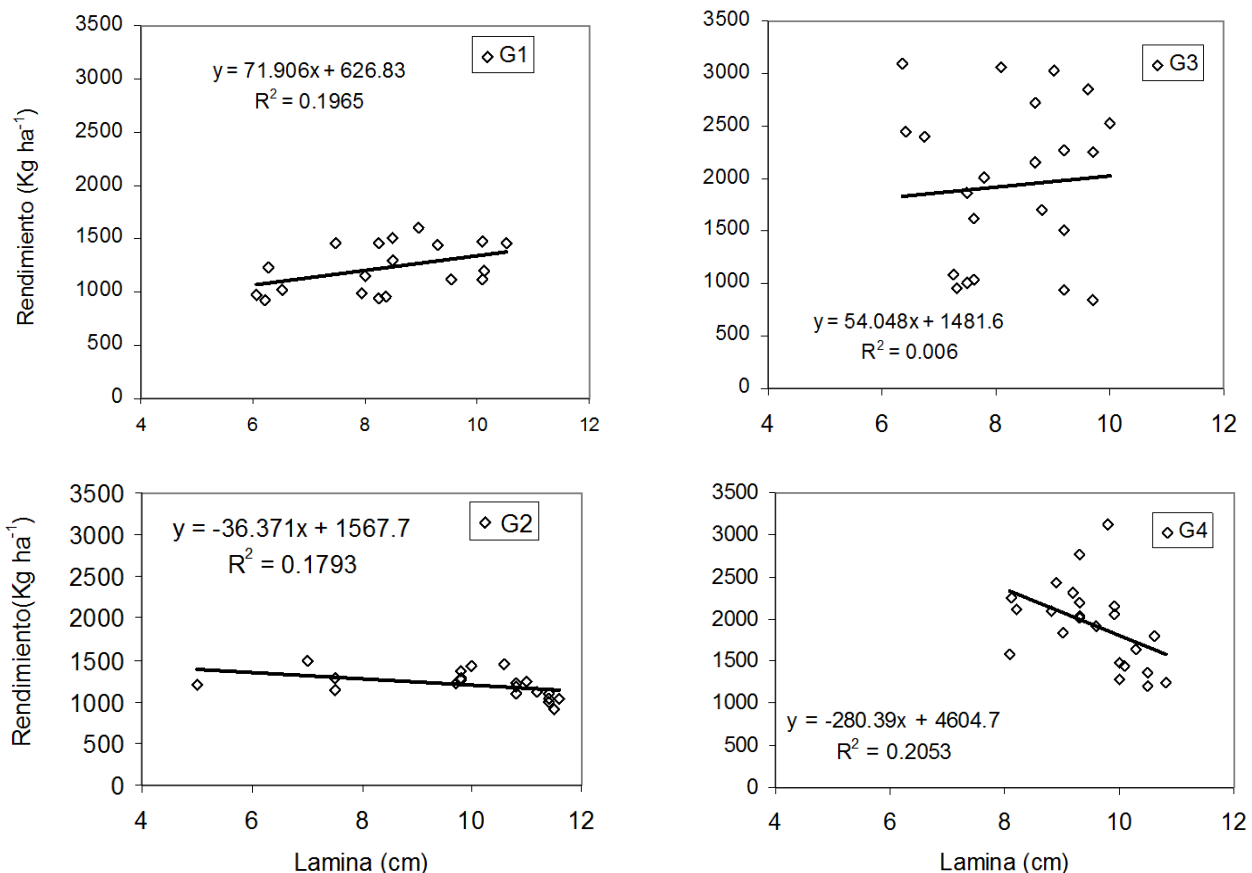


Figura 1. Respuesta de cuatro genotipos de maíz (*Zea mays* L.) al contenido de humedad en el ejido Francisco Villa, Durango, México. 2007. Genotipos: H-412 (G1), Blanco Hualahuisés (G2), San Lorenzo (G3) y H-419 (G4).

Cuadro 4. Análisis de varianza y contrastes ortogonales de cuatro genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en el ejido Francisco Villa, Durango. México. 2007.

F.V.	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > F
Modelo	25	16205674,65	648226,98	2,68	0,0010
Trat	3	11119788,95	3706596,31	15,30	0,0001 *
Rep	22	5547145,94	252142,99	1,04	0,4339
Error	59	14295203,29	242291,58		
Total corregido	84	30500877,95			
	$R^2 = 0,53$	C. V. = 30,73%	Promedio = 1601,62		
Contrastes	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > F
G1 vs G2 G3 G4	1	3353411,40	3353411,40	13,84	0,0004
G2 vs G3 G4	1	7766323,20	7766323,20	32,05	0,0001
G3 vs G4	1	54,34	54,34	0,00	0,9881

* Diferencia significativa al 0,05.

Genotipos: H-412 (G1), Blanco Hualahuises (G2), San Lorenzo (G3) y H-419 (G4)

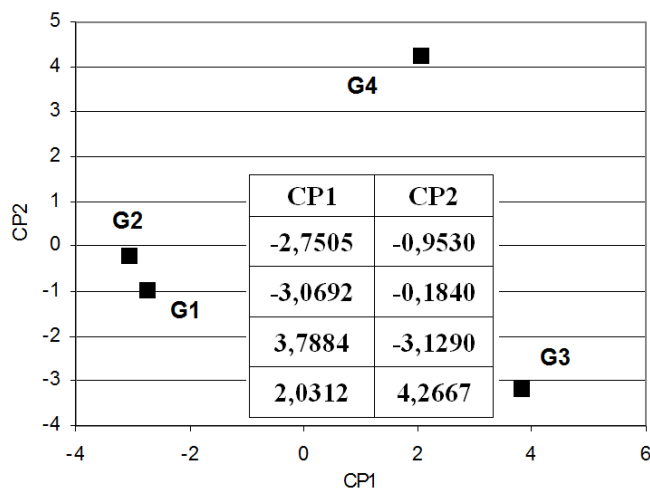


Figura 2. Comportamiento de cuatro genotipos de maíz (*Zea mays* L.) de acuerdo a la magnitud de los vectores de los componentes (CP1 y CP2) en el ejido Francisco Villa, Durango. México. 2007.

genética. *In*: Simposio Interacción genotipo x ambiente; Zavala y Treviño editores. SOMEFI-CSSA-UG, del 15-20 de octubre, Irapuato México.

Crossa, J. and P. L. Cornelius. 2000. Modelos lineales-bilineales para el análisis de ensayos de genotipos en ambientes múltiples. *In*: Simposio Interacción genotipo x ambiente; Zavala y Treviño editores. SOMEFI-CSSA-UG, del 15-20 de octubre, Irapuato México.

Cruz, M. R. y A. Hernández. 1994. Análisis computacional de la interacción genotipo-ambiente con el modelo AMMI. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 17: 103-115.

Duvick, D. 1996. Plant breeding an evolutionary concept. *Crop Sci*. 36: 539-548.

Eberhart, S. A, and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci*. 6: 36-40.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). 1998. Oportunidades de desarrollo del maíz mexicano, alternativas de competitividad. Banco de México. Boletín informativo N0. 309 Volumen XXX, México p. 88.

Finlay, K. W, and G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust. J. Agric. Res*. 14: 742-754.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2010. FAOSTAT. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>. Consultado 25 de junio de 2010.

Fisher, R. A. and W. Aa Makenzie. 1923. Studies in crop variation. II. The manorial response of different potato varieties. *J. Agric. Sci.*, 13: 311-320.

Freeman, G. H. 1973. Statistical methods for the analysis of genotype-environment interactions. *Heredity*, 31: 339-354.

Guauch, H. G. 1978. Model selection and validation for yield trials with interaction. *Biometrics* 44: 705-715.

- Grant, R. F.; B. S. Jackson, J. R. Kiniry and G. F. Arkin. 1989. Water deficit timing effects on yield components in maize. *Agronomy J.* 89:104-112.
- Jurgens, S. K.; R. R. Johnson and J. S. Boyer. 1978. Dry matter production and translocation in maize subjected to drought during grain fill. *Agronomy J.* 70: 678-692.
- Johnson, D. E. 1998. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Ed. International Thompson, México.
- Kang, M. S. 2000. Genotype-by-environment interaction and performance stability in crop breeding. *In* : Simposio Interacción genotipo x ambiente; Zavala y Treviño editores. SOMEFI-CSSA-UG, del 15-20 de octubre, Irapuato México.
- Kearsey, M. J. and H. S. Pooni. 1996. The genetical analysis of quantitative traits. Chapman and Hall, London, UK.
- Knight, R. 1970. The measurement and interpretation of genotype - environmental interactions. *Euphytica*, 19: 225-235.
- Mandel, J. 1969. A method for fitting empirical surfaces to physical or chemical data. *Technometrics*, 11: 411-429.
- Miller, P. A.; J. C. Williams and H. F. Robinson. 1959. Variety x environment interactions in cotton variety tests and their implications on testing methods. *Agron. J.* 51: 132-134.
- Miller, P. A.; H. F. Robinson and O. A. Pope. 1962. Cotton variety testing: additional information on variety x environment interactions. *Crop Sci.* 2: 349-352.
- Miranda Wong, R. 2008. Caracterización de la producción del cultivo de algodónero (*Gossypium hirsutum* L.) en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Agronegocios* 23 (2):696-705
- Pierre, W. H.; D. Kirkham, J. Pesek and R. Shaw. 1965. Plant environment and efficient water use. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA.
- Reta-Sánchez, R, y M. A. Martínez. 1990. Influencia de diferentes niveles de humedad en el suelo sobre el rendimiento de grano y producción de materia seca del maíz. *ITEA* 86V:37-45.
- Romagosa, I. and P. N. Fox. 1993. Genotype x environment interaction and adaptation. p. 373-390. *In*: M. D. Hayward, N. O. Bosemark and I. Romagosa (Eds.). *Plant breeding: Principles and prospects*. Chapman and Hall, New York, N.Y. USA.
- Rowe, P. R, and R. A. Andrew. 1964. Phenotypic stability for a systematic series of corn genotypes. *Crop Sci.* 4: 563-567.
- Shulka, G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity*, 29: 237-245.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2000. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria 2000. Región Lagunera Coahuila-Durango, Alianza para el Campo. Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica del Sector Agroalimentario y Pesquero.
- Sprague, G. F. and W. T. Federer. 1951. A comparison of variance components in corn yield trials. II. Error, year x variety, location x variety, and variety components. *Agronomy J.* 43: 535-541.
- Tai, G. C. 1971. Genotypic stability and its application in potato regional trials. *Crop Science* 11: 184-190.
- Van Eeuwijk, F. A.; J. Crossa, M. Vargas and J. M. Ribaut. 2000. Modeling QTLs and QTL x E using factorial regression models and partial least squares techniques. *In*: García y Treviño (eds.). *Simposium: Interacción genotipo x ambiente*. SOMEFI-CSSA-UG. Irapuato, Guanajuato, México.
- Vincent, G. B. and D. G. Woolley. 1972. Effect of moisture stress at different stages of growth: II. Cytoplasmic male-sterile corn. *Agronomy J.* 64: 599-602.
- Williams, E. J. 1952. The interpretation of interactions in factorial experiments. *Biometrika*, 39: 65-81.
- Yates, F. and W. G. Cochran. 1938. The analysis of group of experiments. *J. Agric. Sci.* 23: 556-580.