

EVALUACION DE VARIEDADES TROPICALES DE MAIZ DE PLANTA BAJA EN EL ESTADO DE VERACRUZ

José de Jesús Alcázar Andrade y Mauro Sierra Macías¹

RESUMEN

Para determinar la adaptabilidad de variedades experimentales de maíz desarrolladas para el trópico húmedo, en el ciclo invierno-primavera de 1979/1980 se sembraron 8 ensayos uniformes de variedades de planta baja en diferentes ambientes del estado de Veracruz. El diseño utilizado fue bloques al azar con 10 tratamientos y 4 repeticiones, y en la discriminación de variedades se siguió la metodología propuesta por Eberhart y Russell en 1966. Se encontró que el híbrido experimental de cruza simple HEV-2 superó estadísticamente en rendimiento a las demás variedades al nivel de significancia del 1%; de acuerdo a la clasificación de Carballo de 1970 las variedades estables fueron HEV-2, Cotaxtla XVI, Cotlaxtla XVIII ler. CSMV, Tuxpeño ciclo 17, Cotlaxtla XVII y un híbrido de una compañía particular; el híbrido de cruza doble H-509 y el CMB-10 respondieron mejor en ambientes favorables y fueron consistentes; las variedades V-524 y CMB-9 respondieron mejor en ambientes desfavorables y fueron consistentes. La cruza simple denominada HEV-2 presentó el mayor rendimiento y estabilidad lo que normalmente no es de esperar en una cruza simple; las demás variedades que resultaron estables fueron de polinización libre a excepción del híbrido de una compañía particular.

¹ Investigadores del Programa de Maíz del Campo Agrícola Experimental Cotaxtla. Actualmente realizando estudios de postgrado en el CP, Chapingo, Méx. y en el Tecnológico de Monterrey, N.L., respectivamente.

SUMMARY

For determining the adaptability of maize experimental varieties developed for the humid tropic, in the winter-spring cycle of 1979/1980 eight uniform trials of short plant varieties were planted in different environments of the state of Veracruz. The design used was randomized blocks with 10 treatments and 4 repetitions, and for the variety discrimination the method proposed by Eberhart and Russell in 1966 was followed. It was found that the single cross experimental hybrid HEV-2 was statistically superior in yield to the rest of the varieties at the 1% level of significance; according to the 1970 classification of Carballo the stable varieties were HEV-2, Cotaxtla XVI, Cotaxtla XVIII first CSMV, Tuxpeño cycle 17, Cotaxtla XVII and a hybrid from a private company; the double cross hybrid H-509 and the CMB-10 performed better in favorable environments and were consistent; the varieties V-524 and CMB-9 performed better in unfavorable environments and were consistent. The single cross HEV-2 showed the highest yield and stability which is normally not expected for a single cross; the other varieties that showed stability were open pollinated ones with the exception of the hybrid from a private company.

INTRODUCCION

La gran cantidad de granos básicos que demanda el pueblo de México, consecuencia de la creciente población, y la dificultad de incrementar las áreas de cultivo, hacen necesario el mejor uso de las tierras cultivadas disponibles.

Una forma de lograr aumentos significativos en la producción es mediante el uso de semillas mejoradas, que en general son más eficientes

en el aprovechamiento de los recursos disponibles, y más resistentes a las condiciones adversas del ambiente, como es el efecto negativo de los vientos.

En lo que se refiere al área tropical del estado de Veracruz, son muy variadas las condiciones ecológicas que prevalecen, así como los sistemas y manejo que el agricultor utiliza en sus siembras comerciales. Es por ello que se hace necesario establecer ensayos uniformes de variedades de plantas en varias localidades de modo que se puedan seleccionar genotipos en función de la respuesta a las condiciones ambientales que prevalecen en toda el área, eligiendo las variedades que interaccionen menos con el medio y que produzcan altos rendimientos, es decir, variedades "deseables".

El objetivo de este trabajo fue determinar la adaptación y la adaptabilidad en el área tropical de Veracruz, de variedades mejoradas de maíz de planta baja.

REVISION DE LITERATURA

Carballo y Márquez (1970) señalan que el comportamiento de una variedad en distintos ambientes puede expresarse en función del término "estabilidad", siendo variedad estable, aquella que interacciona menos con el ambiente. Por su parte, Eberhart y Russell (1966) definieron una variedad "estable", como aquella que posea un coeficiente de regresión igual a uno ($\hat{\beta}_i = 1$) y el cuadrado medio de las desviaciones de la regresión tan pequeño como sea posible ($S^2 d_i = 0$).

Márquez (1974) indica que la interacción genotipo - ambiente es el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete a diferentes ambientes, y explica el modelo fenotípico con interacción que a continuación se escribe:

$$f_{ij} = g_i + e_j + Y_{ij}$$

donde,

$Y_{ij} = (ge)_{ij}$, es el efecto de la interacción entre el genotipo i y el ambiente j .

Allard y Bradshaw (1964) señalan dos formas generales de obtener estabilidad; primero, la variedad puede estar formada de numerosos genotipos, cada uno adaptado a una gama de ambientes, y segundo, que cada miembro de la población esté bien adaptado a un ambiente particular. Por otra parte, señalan en relación a la diversidad genética, que poblaciones heterogéneas y heterocigóticas ofrecen una gran oportunidad para producir variedades que muestren poca interacción genotipo ambiente a través de la versatilidad y plasticidad.

Sprague y Federer (1951) mencionan que debido a que la varianza de una media es menor que la varianza de un individuo, el promedio de interacción genotipo ambiente de una mezcla se espera sea menor que la interacción para un genotipo sólo.

Márquez (1974) señala que en forma general, son tres los aspectos en que la componente de interacción genotipo ambiente interviene en genotecnia vegetal: a) selección dentro de una población heterogénea; b) proceso de selección de una población segregante durante el avance generacional y c) prueba de germoplasma seleccionado para su recomendación final.

Eberhart y Russell (1966), al señalar la importancia del conocimiento de la interacción genotipo ambiente en los programas de mejoramiento genético, mencionan que cuando las variedades son comparadas o evaluadas en una serie de ambientes, el comportamiento generalmente difiere; por su parte Comstock y Moll, citados por Eberhart y Russell (1966), mostraron estadísticamente el efecto de valores altos de la interacción genotipo ambiente en la reducción del progreso de la selección.

Shank y Adams, citados por Rowe y Andrew (1964), estudiando varios

caracteres de planta y mazorca en maíz, encontraron que las líneas endogámicas son menos amortiguadoras en su respuesta a varios ambientes que sus híbridos F_1 . Los coeficientes de variación dentro de parcela en las líneas fueron más elevados que los de los híbridos para altura de planta y mazorca, peso de mazorca, longitud y madurez de la mazorca; sin embargo, las diferencias para los coeficientes de variación entre líneas indcó que las estabilidad estuvo influenciada por los genotipos así como por la heterocigocidad.

Allard y Bradshaw (1964) indican que el amortiguamiento poblacional se realiza en maíz, a través del desarrollo de híbridos de cruce doble (poblaciones heterógenas). Sin embargo, otros tipos de poblaciones parecen factibles, tales como compuestos, mezclas de cruces simples, mezclas de cruces dobles y variedades sintéticas.

Con referencia al modelo para estabilidad, Eberhart y Russell (1966) indican que la regresión de cada variedad hacia un índice ambiental y el cuadrado medio de las desviaciones de esta regresión, proveen estimaciones de los parámetros de estabilidad deseados. Estos parámetros son definidos con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = media varietal de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente ($i = 1, 2, \dots, V : J = 1, 2, \dots, n$),

μ_i = media de la i -ésima variedad sobre todos los ambientes,

β_i = coeficiente de regresión que mide la respuesta de la i -ésima variedad al variar los ambientes,

δ_{ij} = desviación de la regresión de la i -ésima variedad en el i -ésimo ambiente,

l_j = índice ambiental obtenido como la media de todas las variedades en el i -ésimo ambiente menos la media general; teniendo entonces:

$$l_j = \left(\sum_i Y_{ij} / v \right) - \left(\sum_{ij} Y_{ij} / vn \right), \quad \sum_i l_j = 0$$

Carballo (1970), en un estudio sobre comparación de variedades de maíz de El Bajío y de la Mesa Central, empleó los parámetros de estabilidad propuestos por Eberhart y Russell (1966), y clasificó a las variedades en función del significado de los valores del coeficiente de regresión ($\hat{\beta}_i$) y de las desviaciones de la regresión (S_{di}^2) en las seis situaciones que se indican en el Cuadro 1. Así, cuando $\hat{\beta}_i < 1.0$, indica una respuesta mejor en ambientes desfavorables, y cuando $\hat{\beta}_i > 1.0$, significa que la variedad responde bien en ambientes favorables. En lo que respecta a S_{di}^2 , adoptó el término "consistente" para indicar pocas fluctuaciones en relación con lo que se esperaría en determinados ambientes, es decir $S_{di}^2 = 0$, e "inconsistente" cuando $S_{di}^2 > 0$, es decir, mayores fluctuaciones en los cambios ambientales alrededor de lo que debería esperarse en función de la tendencia general de la variedad.

Una variedad estable ($\hat{\beta}_i = 1.0$ y $S_{di}^2 = 0$) con un rendimiento elevado, son características que debe reunir una variedad "deseable".

Cuadro 1. Situaciones posibles derivadas de los valores de los parámetros de estabilidad (Carballo, 1970).

Situación	Coefficiente de regresión (β_i)	Desviaciones de regresión (S_{di}^2)	Desviación
A	$\beta_i = 1$	$S_{di}^2 = 0$	Variedad estable.
B	$\beta_i = 1$	$S_{di}^2 > 0$	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente.
C	$\beta_i < 1$	$S_{di}^2 = 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistente.
D	$\beta_i < 1$	$S_{di}^2 > 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables e inconsistente.
E	$\beta_i > 1$	$S_{di}^2 = 0$	Respuesta mejor en buenos ambientes y consistente.
F	$\beta_i > 1$	$S_{di}^2 > 0$	Respuesta mejor en buenos ambientes e inconsistente.

MATERIALES Y METODOS

En el ciclo invierno-primavera de 1979-1980 se establecieron ocho ensayos uniformes de variedades de maíz de planta baja en diferentes ambientes en el estado de Veracruz.

El germoplasma utilizado correspondió a variedades comerciales y experimentales que fueron generadas en el Campo Agrícola Experimental Cotaxtla (CAECOT) y en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

La preparación del suelo donde la topografía del terreno lo permitió (plano), se hizo de acuerdo a las recomendaciones del CAECOT (barbecho, rastreo y surcado), y en los terrenos con mayor pendiente se usaron las prácticas de cultivo tradicionales (Cuadro 2), las que consistieron en un mínimo laboreo en el terreno, sin surcado y la siembra fue realizada a espeque (palo de madera puntiagudo). El combate de malas hierbas y de insectos se realizó con los productos y dosis recomendadas por el CAECOT.

El diseño utilizado fue en bloques al azar con 10 tratamientos y cuatro repeticiones. La parcela útil consistió de dos surcos de 5 m de largo, separados a 75 cm, obteniendo una densidad de población de 53 000 plantas por hectárea.

Para la discriminación de variedades se siguió la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966).

RESULTADOS Y DISCUSION

Del análisis de varianza conjunto se detectó que hubo diferencias altamente significativas entre medias varietales y para la interacción variedad x ambiente.

El valor del coeficiente de variación (15.42%) del análisis conjunto, indica que las inferencias que se hagan, tendrán un alto grado de confiabilidad.

Cuadro 2. Ambientes de evaluación y prácticas culturales realizadas.
CAECOT-CIAGOC-INIA-SARH. 1980.

No. de orden	Prácticas culturales	Topografía del terreno
1 El Jardín, Mpio. de Alamo, Ver.	Recomendadas por CAECOT	Plano
2 Banderas, Mpio. de Tuxpan, Ver.	Tradicional	Pendiente
3 Las Piedras, Mpio. de Tihuatlán, Ver.	Tradicional	Pendiente
4 Palo Blanco, Mpio. de Alamo, Ver.	Tradicional	Plano
5 El Sauce, Mpio. de Tlalixcoyan, Ver.	Recomendadas por CAECOT	Plano
6 Rincón de Pérez, Mpio. de Medellín de Bravo, Ver.	Recomendadas por CAECOT	Plano
7 Paso de la Boca, Mpio. de Tlalixcoyan, Ver.	Recomendadas por CAECOT	Plano
8 Nuevo Malzaga, Mpio. de Ayoztin tepec, Oax.	Tradicional	Pendiente

En el Cuadro 3 se presentan los rendimientos promedios y los parámetros de estabilidad; se observa que el rendimiento del híbrido de cruza simple HEV-2 superó estadísticamente al de las demás variedades evaluadas. Considerando los valores de los coeficientes de regresión y la significancia de sus diferencias con respecto a 1.0 se pueden formar tres grupos de variedades de acuerdo a la clasificación que Carballo (1970) utilizó: como variedades estables resultaron los híbridos HEV-2 y Comercial 1, y las variedades de polinización libre Cot-XVI, Cot-XVII, Cot-XVIII (Primer CSMVE) y Tuxpeño C17; las variedades que responden mejor en ambientes favorables y son consistentes fueron el híbrido de cruza doble H-509 y la variedad de polinización libre CMB-10, y por último las que responden mejor en ambientes desfavorables fueron las varieda-

Cuadro 3. Comparación de medias de rendimiento de 10 variedades de maíz evaluadas en 8 ambientes de Veracruz. CAECOT-CIAGOC-INIA-SARH. 1980.

No.	Variedad	Rend.medio kg mz/ha	Coeficiente de regresión (bi)	Desviación de regresión (S^2_{di})	Clasificación se- gún Carballo (1970)
7	HEV - 2	5868	1.16	100256.2	A
1	H - 509	5277	1.30 (a)	63437.6	E
6	COT-XVI	5057	0.99	- 22818.9	A
4	COT-XVIII 1 ^{er} CSMVE	5045	1.12	- 52654.4	A
5	TUXP C17	4964	0.83	- 73825.4	A
3	COT-XVII	4881	0.85	74001.7	A
10	Comercial 1	4846	0.98	67976.4	A
9	V - 524	4648	0.73 (a)	- 59277.3	C
2	CMB - 9	4621	0.83 (a)	-122109.6	C
8	CMB - 10	4150	1.19 (a)	- 59779.1	E

DMS 0.01 y 0.05 = 490 y 373 kg/ha, respectivamente; CV = 15.42%.

(a) = El coeficiente de regresión es diferente de 1.

des de polinización libre V-524 y el CMB-9.

Los resultados obtenidos en este trabajo no concuerdan con lo que han señalado varios autores en el sentido de que una variedad estable, por lo general, es una variedad de polinización libre o híbridos de cruza doble formados con líneas de pocas autofecundaciones; pues aquí se encontró que la cruza simple formada con líneas de dos y seis autofecundaciones, denominada HEV-2, presentó estabilidad y además alto rendimiento.

A nivel de recomendación, se sugiere sembrar al híbrido HEV-2 bajo las diferentes condiciones tropicales del estado de Veracruz; el híbrido H-509 se considera adecuado para aquellas zonas que tengan un buen nivel de tecnología, y la variedad V-524 para aquellas zonas de agricultura de subsistencia.

CONCLUSIONES

1. De los 10 genotipos evaluados seis resultaron estables; dos responden bien en ambientes favorables y son consistentes, y dos responden mejor en ambientes desfavorables y son consistentes.
2. Por su estabilidad y buen rendimiento, el híbrido experimental de cruza simple HEV-2 resultó el más deseable.
3. Se recomienda sembrar al híbrido H-509 en zonas que tengan un buen nivel de tecnología.

4. La variedad de polinización libre V-524 se recomienda para áreas que presenten una agricultura de subsistencia.
5. Se detectaron variedades de polinización libre con mayor rendimiento y estabilidad que la variedad V-524, por lo que se sugiere probar a nivel semicomercial y ver su posible utilización por los productores.

BIBLIOGRAFIA

- Allard, R.W. and, Bradshaw, A.D. 1964. Implications of genotype x environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4: 503-508.
- Carballo C.,A. 1970. Comparación de variedades de maíz de El Bajío y de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Carballo C.,A. y Márquez S.,F. 1970. Comparación de variedades de maíz de El Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia* 5(1): 129-146.
- Eberhart, S.A., and Russell, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- Márquez S.,F. 1974. El problema de la interacción genético ambiental en genotecnia vegetal. Primera edición, PATENA A.C. p.
- Rowe, P.R., and Andrew, R.H. 1964. Phenotypic stability for a systematic series of corn genotypes. *Crop Sci.* 4: 562-567.
- Sprague, G.E., and Federer, W.T. 1951. A comparison of variance components in corn yield trials II error, year x variety, location x variety, and variety components. *Agron. J.* 43: 535-541.