

COMPARACIÓN ENTRE PROBADORES PARA LA EVALUACIÓN DE LÍNEAS S₂ DE MAÍZ (*Zea mays* L.)*

Jorge R. Durón Ibarra ¹
Eleuterio López Pérez ²

RESUMEN

En programas de mejoramiento genético de maíz, es importante y necesario contar, para la fase de mejora poblacional, con poblaciones de amplia variabilidad genética, y para la fase de hibridación, con probadores que hagan una eficiente discriminación e identificación de líneas superiores entre un gran número de ellas. La finalidad del presente estudio fue: estimar la variabilidad genética de las poblaciones Pool 23 y Pool 24, en base al comportamiento de líneas S₂ cruzadas con seis probadores y correlacionar el comportamiento de los probadores para identificar líneas superiores. Para el presente trabajo, evaluado durante 1985 en las localidades de Río Bravo, Tamps; Cardel, Ver. y Mochis, Sin., se incluyeron 20 líneas S₂ derivadas de cada una de las poblaciones Pool 23 y Pool 24 en cruza con los probadores Pool 23 Co, Pool 24 Co, H-421, H-422, AN-12 y 43-46-1.

Las líneas de cada población en promedio con los seis probadores, mostraron diferencias altamente significativas para el carácter rendimiento, en la fuente de variación líneas/poblaciones, lo cual indica la existencia de variabilidad en las poblaciones Pool 23 y Pool 24. Los mestizos de la población Pool 24 mostraron, en promedio, los mayores componentes de varianza genética así como de la interacción línea x probador para el carácter rendimiento. Asimismo fue una línea élite (43-46-1) como probador, quien exhibió los valores más altos de las estimaciones de los componentes de varianza.

Finalmente, las correlaciones fenotípicas entre probadores para el carácter rendimiento presentaron valores muy bajos y no significativos; sin em-

*. Parte del trabajo de tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias.

1. M.C. Investigador. Líder del Programa de Maíz del INIFAP-CIFAP-Región Pánuco.

2. Ph. D. Maestro-Investigador, Depto. Fitomejoramiento, Div. de Agronomía, UAAAN.

bargo, se encontró que los probadores de amplia base genética emparentados, mostraron una mayor similitud en detectar a las líneas más o menos rendidoras.

INTRODUCCIÓN

Todo programa de mejoramiento genético de maíz debe conducirse en dos fases, como son: la mejora poblacional y la hibridación. En la primera fase, y cuando se use un probador no emparentado, es importante seleccionar al probador más apropiado, ya que la ganancia de la selección depende en gran parte de las diferencias en la frecuencia genética del carácter bajo selección, tanto de la población como del probador empleado. En la fase de hibridación, es necesario el desarrollo de líneas endocriadas superiores, así como la evaluación de éstas en sus combinaciones híbridas. Por lo tanto, la selección de un probador, para utilizarse en esta fase, se basa en el uso que tendrán las líneas bajo prueba al formar los híbridos.

De lo anterior, surge la importancia de contar con probadores que hagan una eficiente discriminación de líneas endocriadas, a fin de detectar las más sobresalientes y así optimizar los recursos disponibles.

Los materiales que pueden usarse como probadores son diversos, y muchas definiciones han sido propuestas para tratar de describir al probador más idóneo; sin embargo, existen discrepancias sobre cuál deberá ser el más adecuado para la identificación de líneas superiores.

En base a lo anterior, se utilizaron seis probadores de diferente base genética en cruza con 20 líneas S₂ derivadas de cada una de las poblaciones Pool 23 y Pool 24, con la finalidad de estimar la variabilidad genética de estas últimas poblaciones, y correlacionar el comportamiento de los probadores para identificar líneas superiores.

REVISIÓN DE LITERATURA

Se le da el nombre de probador, a la línea, variedad, híbrido o cualquier otro material genético con el cual se mide la aptitud combinatoria de un grupo de líneas endocriadas.

En los programas de mejoramiento genético de maíz, en la década de los 20', para detectar líneas sobresalientes se procedía a formar y evaluar $n(n-1)/2$ cruzaes simples entre n líneas, según lo consigna Matzinger (1953); sin embargo, a medida que el número de líneas aumentaba, la metodología anterior se hacía más difícil. Fue entonces que Davis (1927) y Jenkins y Brunson (1932), sugirieron el uso de un probador común para seleccionar líneas endocriadas superiores.

Diversos conceptos se han manejado para elegir al mejor probador y así detectar líneas sobresalientes. Los principales son: aptitud combinatoria general contra aptitud combinatoria específica, amplia base genética contra estrecha base genética, alta frecuencia de genes favorables contra baja frecuencia, y varios probadores contra uno solo.

Hull (1945), sugirió el uso de una línea como probador para mejoramiento poblacional y formación de híbridos superiores. Por su parte Matzinger (1953), estudió tres tipos de probadores para evaluar líneas autofecundadas de maíz y concluyó que cuando se trata de evaluar un número grande de ellas, el mejor pudiera ser una población de amplia base genética.

Algunos investigadores como Green (1948) Lonnquist y Rambaugh (1968), al encontrar marcadas diferencias en la clasificación de líneas, hechas por mestizos con diferentes probadores, han llegado a sugerir el uso de más de un probador. Al respecto, Keller (1949), recomendó que siempre que sea posible no se utilice un solo probador para los mestizos, sino dos o tres, y que éstos no estén emparentados entre sí.

Las evidencias presentadas por Rawlings y Thompson (1962), Allison y Curnow (1966), Lonnquist (1968), y Márquez (1980), permiten llegar a conclusiones similares respecto a que el mejor probador, tanto para la evaluación de líneas en un programa de hibridación, como para el mejoramiento poblacional en un esquema de selección recurrente, puede ser tanto una línea homocigótica recesiva, como una población con frecuencia génica baja en *loci* importantes.

Posterior a la revisión de trabajos sobre probadores Allard (1975), concluye que el mejor probador es el que proporcione más información cuando las líneas evaluadas se utilicen en sus combinaciones híbridas; el probador debe ser también fácil de utilizar. No existe un probador que cumpla con todos los requisitos para todas las circunstancias, puesto que el valor de un probador viene determinado, en gran parte, por el uso que ha de hacerse de cierto número de líneas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

La población base a partir de las cuales se derivaron las 40 líneas S₂ fueron: población A (Pool 23), Blanco Cristalino Tardío Tropical (TLWF) y la población B (Pool 24) y Blanco Dentado Tardío Tropical (TLWD).

Las 40 líneas S₂ fueron cruzadas cada una con los probadores: Pool 23 Co, Pool 24 Co, H-421, H-422, AN-12 y 43-46-1.

Por lo que respecta al Pool 23 Co y Pool 24 Co, son probadores de amplia base genética y emparentados; H-421 y H-422, son híbridos simples de alto rendimiento; AN-12 y 43-46-1, son líneas endocriadas de estrecha base genética.

Diseño y parcela experimental

Las evaluaciones de los mestizos se realizaron durante 1985, en las siguientes localidades: Río Bravo, Tamps., donde se sembraron las cruza de prueba con los seis probadores; en Cardel, Ver., donde se evaluaron los mestizos con los probadores Pool 23 Co, Pool 24 Co y 43-46-1 y; en los Mochis, Sin., donde se sembraron los mestizos con los probadores. El diseño experimental utilizado fue de bloques incompletos al azar con dos repeticiones por localidad.

En Río Bravo, la parcela experimental estuvo formada, por un surco de 5 m de longitud, una distancia entre surcos de 0.80 m; la distancia entre plantas fue de 0.25 m. En Cardel y Mochis fue de un surco de 5 m de longitud, con una distancia entre surcos de 0.92 m; la distancia entre plantas fue de 0.25 m. En todas las localidades se tuvieron 20 plantas por parcela.

Caracteres estudiados

Durante las diferentes etapas fenológicas del cultivo se tomaron 10 caracteres de la planta y mazorca de maíz. No obstante, para los objetivos específicos del presente estudio, solo se hará mención a la información correspondiente a la variable rendimiento.

Análisis de varianza

Se realizaron análisis de varianza por localidad para cada variable; posteriormente se hizo una partición de la suma de cuadrados de entradas, en suma de cuadrados de la población A y población B; así mismo se efectuó una subdivisión de los grados de libertad y sumas de cuadrados de los mestizos de cada población en líneas, probadores y líneas/probadores.

También se realizaron análisis de varianza combinado para los mestizos con tres probadores sobre dos localidades. Al igual que para el análisis individual, se hicieron las mismas particiones y subdivisiones de la suma de cuadrados de entradas.

Así mismo, se realizaron estimaciones de los componentes de varianza, los cuales fueron obtenidos de las esperanzas de cuadrados medios de los análisis de varianza individual y combinado. También las varianzas de estos componentes fueron obtenidas usando las fórmulas propuestas por Comstock y Moll (1963).

Con el objetivo de conocer si los probadores clasifican de una manera similar a las líneas, se estimaron correlaciones entre las medias de los mestizos de cada probador.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza

De acuerdo a las diferencias altamente significativas encontradas para todos los caracteres de las líneas, excepto pudrición de mazorca (Cuadro 1), se infiere que existe variabilidad genética en las poblaciones Pool 23 y Pool 24, la cual puede ser aprovechada para fines de mejoramiento poblacional.

Sin embargo, en los análisis combinados de las localidades de Río Bravo con Cardel, y Río Bravo con los Mochis, las líneas no mostraron diferencias significativas para el carácter rendimiento, dicho comportamiento puede ser atribuible al efecto enmascarador del ambiente.

Estimaciones de componentes de varianza

En base a los resultados de Río Bravo (Cuadro 2), se puede observar que las líneas de la Pob. A (Pool 23) exhibieron mayores componentes de varianza genética que las líneas de la Pob. B (Pool 24), para las características de altura de planta y mazorca; sin embargo, esta última población mostró mayores componentes de varianza genética para días a floración y rendimiento; esta situación hace suponer que al trabajar en un programa de mejoramiento genético, cuyos objetivos sean precocidad y alta producción, se tendrá mayor probabilidad de éxito al usar como germoplasma base a la población Pool 24.

Reyes (1979), cuestionó hasta dónde es importante que las líneas interactúen o no con los probadores, siendo cierto que en un programa de mejoramiento se emplean las líneas para formar híbridos o sintéticos; por lo tanto, es importante la interacción. Al respecto, en el Cuadro 2 se observa que las líneas de la Pob B mostraron los valores más altos de la interacción línea x probador para todos los caracteres, excepto altura de mazorca.

Por otro lado, Matzinger (1953), reportó que a medida que la heterogeneidad de los probadores aumenta, el componente de varianza de la interacción de línea x probador disminuye; puede decirse que en este trabajo, para el carácter rendimiento (Cuadro 2), se observó esa tendencia, comportamiento que no sucedió para el resto de los caracteres.

Cuadro 1. Cuadrados medios para seis caracteres de maíz evaluados en Río Bravo, Tamaulipas en 1985.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Días a flor	Altura de mazorca	Altura de planta	Mala Cob.	Mazorcas podridas	Rendimiento en mazorca
Rep/Prob	6	1.66*	63.12	208.12	0.02	0.02	829800.15
Probadores	5	155.46**	3673.37**	8231.87**	0.11**	0.11*	12830861.68**
Poblaciones	1	537.63**	6976.87**	10267.50**	0.24	0.13*	10586268.03**
Prob x Pob	5	4.18	156.87	57.25	0.03	0.02	3380311.80**
Líneas/Pob	38	13.27**	279.76**	676.26**	0.05	0.03	2873886.48**
Líneas/Pob A	19	11.51**	295.23**	733.99**	0.04**	0.03	1708514.77**
Líneas/Pob B	19	15.04**	246.29**	618.52**	0.07**	0.02	4039258.20**
Líneas x Prob/Pob	190	1.96**	71.00	108.59	0.01	0.01	820333.61
Líneas x Prob/Pob A	95	1.73**	73.04	97.55	0.01	0.01	716600.49
Líneas x Prob/Pob B	95	2.19**	68.96	119.63	0.01	0.01	924066.72*
Error	234	0.70	69.32	106.43	0.01	0.02	643111.72
C.V. (%)		1.09	13.09	5.43	131.12	44.77	14.14
\bar{X}		76.34	63.56	189.94	0.09	0.32	5669.66

* y ** = Significativo y altamente significativo al 0.5 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 2. Estimaciones de los componentes de varianza y errores estándar de las líneas de la población A y B y sus interacciones con probadores, Río Bravo, Tamps.

Fuentes de variación*	C A R A C T E R			
	Días a flor	Altura de mazorca (cm)	Altura de planta (cm)	Rendimiento en mazorca
Líneas de la Pob A	.90 ± .30	18.83 ± 7.60	52.30 ± 18.83	88783.64 ± 44072.66
Líneas de Pob B	1.20 ± .39	14.75 ± 6.35	42.67 ± 15.83	283012.26 ± 103662.28
Líneas de la Pob A x prob	.52 ± .13	1.86 ± 6.80	0 ± 8.55	36744.69 ± 59356.93
Líneas de la Pob B x prob	.74 ± .16	0 ± 6.47	6.60 ± 9.88	140477.80 ± 72648.45
Líneas x P ₁ y P ₂	.47 ± .19	7.69 ± 9.99	5.63 ± 14.04	0 ± 52639.60
Líneas x P ₃ y P ₄	.49 ± .19	8.16 ± 10.09	.50 ± 12.97	37961.32 ± 93366.53
Líneas P ₅ y P ₆	.45 ± .18	0 ± 6.30	0 ± 10.65	172471.49 ± 1143365.16

*Pob A, Pob B, P₁, P₂, P₃, P₄, P₅ y P₆ se refiere a las poblaciones Pool 23 y Pool 24 y a los probadores Pool 23 Co, Pool 24 Co, H-421, H-422, AN-12 y 43-46-1, respectivamente.

En los análisis combinados de las localidades de Río Bravo con Cardel, y de Río Bravo con los Mochis (Cuadro 3), nuevamente se detectó que las líneas de la Pob. B exhibieron los mayores componentes de varianza para el carácter rendimiento, lo cual puede reafirmar lo antes expuesto, en el sentido de tener mayor probabilidad de éxito al utilizar la población Pool 24 como fuente geoplásmica en programas de mejoramiento; sin embargo, para estos análisis no se pudo hacer una comparación homogénea de probadores.

La varianza entre mestizos ha sido un criterio utilizado con frecuencia para seleccionar un buen probador, según lo citó Rawling y Thompson (1962) y Allison y Curnow (1966); al respecto, la variabilidad entre mestizos con diferentes probadores se muestra en el Cuadro 4, en base a la localidad de Río Bravo (que fue la única en donde se sembraron todas las cruza de prueba), de la combinación de Río Bravo con Cardel, y de Río Bravo con Mochis (en donde se evaluaron solamente tres grupos de mestizos en cada combinación).

Se puede observar que el probador 43-46-1, el cual es una línea élite, exhibió los valores más altos de las estimaciones de componentes de varianza para el carácter rendimiento en ambas poblaciones y en todas las localidades (excepto en la combinación de Río Bravo con Cardel, para la Pob. B; sin embargo, el mayor valor también lo presentó una línea élite); es decir, se muestra la característica de este probador para provocar variabilidad en los cruzamientos donde interviene.

El resultado anterior concuerda con los reportados por Hallauer y López (1979), quienes encontraron que un solo probador, en su caso una línea autofecundada de alto rendimiento, puede servir para evaluar aptitud combinatoria general y específica; así también concuerda con los resultados presentados por Darrah *et al.* (1972), y Horner *et al.* (1976), en donde concluyen que probadores de estrecha base genética son efectivos para el mejoramiento en general.

Cuadro 3. Estimaciones de los componentes de varianza genética y errores estándar de las líneas de las poblaciones A y B, en base a las localidades de Río Bravo, Tamps., con Cardel, Ver, y de Río Bravo, Tamps. con los Mochis, Sin.

Fuente de variación	Rendimiento	
	R.B. con Cardel	R.B. con Mochis
Líneas de la Pob A	0 ± 43033	24335 ± 49063
Líneas de la Pob B	3478 ± 79160	62675 ± 120957
Líneas de la Pob A x Loc	107578 ± 67093	0 ± 66062
Líneas de la Pob B x Loc	253060 ± 111713	224431 ± 153188
Líneas de la Pob A x prob.	0 ± 65319	150655 ± 107494
Líneas de la Pob B x prob.	79557 ± 57915	0 ± 99938
Líneas x P ₁ y P ₂		

Cuadro 4. Estimaciones de varianzas genéticas y errores estándar para los mestizos de la población A y B, en base a la localidad de Río Bravo, Tamps., y de la combinación de Río Bravo, Tamps. con Cardel, Ver., y de Río Bravo con Mochis, Sin.

Probador	RENDIMIENTO		
	L o c a l i d a d e s		
	R.B.	R.B. con Cardel	R.B. con Mochis
	0 ± 77183	35390 ± 49816	
Pool 23 Co	30722 ± 112673	78183 ± 92164	
	17308 ± 108684	3758 ± 138569	
Pool 24 Co	567982 ± 276108	0 ± 158627	
	0 ± 75838		3267 ± 166432
H-421	340481 ± 206442		0 ± 193170
	277168 ± 187126		275028 ± 134020
H-422	248366 ± 178355		0 ± 176443
AN-12	42890 ± 116300		71463 ± 147724
	537525 ± 266765		359949 ± 283971
	539917 ± 267468	415221 ± 229468	
43-46-1	675383 ± 309082	234820 ± 174410	

Nota: Los valores superiores e inferiores corresponden a la Pob A y B, respectivamente.

Correlaciones fenotípicas

El objetivo de estimar correlaciones, fue el de identificar aquellos probadores que mostraran mayor similitud entre ellos para detectar a las mismas líneas, ya fueran más o menos rendidoras en combinaciones híbridas. Según los resultados obtenidos se pudo detectar que, en general, los valores de los coeficientes de correlación fueron muy bajos, por lo que es conveniente usar más de un probador, tal y como lo propone Keller (1949); sin embargo, es de notarse que los probadores que mostraron mayor similitud en detectar a las líneas más o menos rendidoras, fueron los probadores Pool 23 Co y Pool 24 Co (Cuadro 5 y 6), que como puede observarse, dichos probadores detectaron a las líneas 18, 17 y 13 dentro de las cinco más rendidoras de la población A (Pool 23), y a las líneas 20, 10 y 13 de la población B (Pool 24); así como las líneas 16 y 8 entre las cinco menos rendidoras de la población A, y a las líneas 19, 15 y 2 de la población B. Puede ser que este tipo de probadores sigan siendo los más confiables para detectar líneas con mayores efectos de amplitud combinatoria general, esto debido a su amplia variabilidad genética, destacando al probador Pool 24, cuya población mostró tener líneas con mayor variabilidad genética.

Cuadro 5. Medias de rendimiento para los cinco más altos mestizos de la población Pool 23 (A) y Pool 24 (B) con cada probador.

Línea Rend.*	Pool 23 Co		Pool 24 Co		H-421		H-422		An-12		43-46-1	
				ALTO		ALTO		ALTO		ALTO		ALTO
18	6688.00	13	7249.50	20	8124.50	15	8581.25	07	7969.25	07	6960.75	07
11	6341.75	17	6999.75	11	7937.50	16	8467.50	18	7935.25	15	6692.50	15
17	6287.00	09	6706.25	10	7641.25	14	8385.75	10	7826.25	09	6675.25	09
13	5546.75	18	6657.00	02	7525.75	01	8313.75	09	7575.25	14	6246.00	14
15	6207.25	06	6645.00	16	7506.25	07	7506.25	04	7485.50	10	6031.25	10
Línea **												
20	6600.50	13	7410.50	11	8741.50	01	9499.75	13	7943.50	17	7091.50	17
10	6503.25	20	7214.00	10	8320.25	11	8959.75	04	7692.00	10	6514.75	10
13	6364.25	10	7067.75	18	7600.25	13	8817.25	11	7671.75	08	6438.75	08
08	6299.25	11	6861.00	02	7527.75	10	8377.75	18	7368.50	16	6328.50	16
16	6206.00	18	6637.75	04	7496.50	12	8320.75	01	7251.25	06	6312.50	06

* Datos correspondientes a la Pob. A

** Datos correspondientes a la Pob. B

Cuadro 6. Medias de rendimiento para los cinco más bajos mestizos de la población Pool 23 (A) y Pool 24 (B) con cada probador.

Pool 23 Co		Pool 24 Co		H-421		H-422		AN-12		43-46-1	
Línea Rend. *											
08	5273.75	04	5229.75	04	5780.00	05	6212.25	20	6032.50	06	5425.75
02	4521.00	19	5312.50	06	6197.50	02	6220.00	12	6094.60	05	5454.75
16	5506.00	08	5381.00	19	6239.75	10	6927.50	06	6126.50	18	5504.25
13	5546.75	20	5634.75	18	6307.25	13	7111.15	15	6396.25	19	5528.75
07	5631.75	16	5791.25	15	6481.25	19	7202.00	05	6441.25	17	5575.75
Línea Rend. **											
19	4894.00	15	5273.50	07	6197.75	20	7302.25	07	4573.50	19	4574.75
02	5066.75	19	5295.25	06	6380.50	09	7308.50	19	5066.75	14	4836.50
15	5074.25	05	5601.25	05	6497.00	17	7263.00	09	5266.25	12	5204.00
18	5380.00	02	5636.00	16	6635.00	14	7600.25	15	5692.75	20	5258.50
17	5395.75	08	5842.75	20	6802.75	03	7731.00	12	6163.00	13	5308.50

* Datos correspondientes a la Pob A

** Datos correspondientes a la Pob B

Por lo tanto, los resultados confirman los ya reportados por Allison y Curnow (1966), quienes sugieren que, debido a que en la práctica se desconoce el tipo de acción génica, la población original puede ser el probador más confiable por su frecuencia génica intermedia de alelos favorables.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir lo siguiente:

1. Las poblaciones Pool 23 y Pool 24 muestran variabilidad genética, que puede ser aprovechada para fines de mejoramiento poblacional. La población Pool 24 fue la que mostró los mayores componentes de varianza para el carácter rendimiento.
2. Con el probador 43-46-1, se estimaron los mayores componentes de varianza para rendimiento en las poblaciones Pool 23 y Pool 24.
3. En general, los coeficientes de correlación entre los diferentes probadores fueron bajos; no obstante, los probadores Pool 23 Co y Pool 24 Co, fueron los que tuvieron mayor similitud para seleccionar líneas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al M.C. Carlos Garay L., Ing. Miguel A. Gutiérrez G. y al M.C. Raúl Wong R., por el apoyo brindado en el trabajo de campo. Así mismo, vaya el agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Allard, R.W. 1975. Principio de la mejora genética de las plantas. Barcelona, España. Ed. Omega, S.A.
- Allison, C.S., y R.N. Curnow. 1966. On the choice of tester parent for the breeding of synthetic varieties of maize (*Zea mays* L.) Crop. Sci. (6): 541-544 USA.
- Comstock, R.E. y R.H. Moll. 1963. Genotype-environment interaction. In H.F. Robinson (ed). Statistical genetics and plant breeding NAS-NRS. Publ. 982. p. 164-194. USA.
- Darrah, L.L., S.A. Eberhart, y O.H. Penny. 1972. A maize breeding study in Kenya. Crop. Sci. 12:605-608. USA.

- Davis, R.L. 1927. Report of the plant breeders. Agr. Exp. Sta. Ann. Puerto Rico, p. 14-15.
- Green, J.M. 1984. Relative value of two testers for estimating top cross performance in segregating progenies, J. Am Soc. Agr. 40:45-57 USA.
- Hallauer, A.R. y E. López P. 1979. Comparison among testers for evaluating lines of corn, Proce annu. Hybrid corn. Res. Cont. 34:57-75 USA.
- Horner, E.S., M.C. Lutrick, W.H. Chapman y F.G. Martin. 1976. Effect of recurrent selection for combining ability with a single cross testers in maize. Crop. Sci. 16:5-8 USA.
- Hull, F.H. 1945. Recurrent selection and specific-combining ability in corn. J. Am. Soc. Agron. 37:134-145 USA.
- Jenkins, M.T. y A.M. Brunson. 1932. Methods of testing inbred Agron. 24:523-530 USA.
- Keller, K.R. 1949. A comparison involving the number of and relationship between tester in evaluating inbred lines of maize. Agron. J. 41:322-331 USA.
- Lonnquist, J.H. 1968. Further evidence on test cross versus lines performance in maize. Crop. Sci. 8(1):50-58 USA.
- Márquez Sánchez, F. 1980. Tester cross-line regression in the selection of tester for general combining ability. J. Am. Soc. Abs. p. 61 USA.
- Matzinger, D.F. 1953. Comparison of three types of testers for the evaluation of corn. Agron. J. 45(10):493-495.
- Rawlings, J.O. y D.L. Thompson. 1962. Performance levels as criteria for the choice of maize testers. Crop. Sci. (3):217-220 USA.
- Reyes Méndez, C.A. 1979. Variedades de bajo y alto rendimiento como probadores de la aptitud combinatoria general de líneas autofecundadas de maíz. Tesis de M.C. Chapingo, Méx. Colegio de Postgraduados, 115 p.