

RETROCRUZAS EN LINEAS TROPICALES DE MAIZ (*Zea mays* L.). CRUZAS DE PRUEBA CON UN PROBADOR DEL TROPICO SECO

Gilberto Palafox Apodaca¹
Carlos J. Garay López²
Ma. Cristina Vega Sánchez³
José Luis Guerrero Ortiz⁴
José R. Gómez González⁵
Jesús Arreola García⁶

RESUMEN

El Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario E. Castro Gil" ha formado diversos híbridos para la región del Trópico Húmedo, pero debido a que las líneas progenitoras de tales híbridos presentan alguna (s) característica (s) indeseable (s), se estableció un programa de retrocruzamiento para mejorarlas, llevado a cabo en Tepalcingo, Mor., y en Torreón, Coah.

Se utilizaron ocho líneas originales (O) del Trópico Húmedo como progenitor recurrente; se utilizó un donador común de amplia base genética, y se hicieron las cruzas de prueba con líneas a nivel de retrocruza dos (RC₂), con la línea élite AN₂₄, evaluando en Ursulo Galván, Ver., Tehuantepec, Oax. y Río Bravo, Tamps., ambientes de Trópico Húmedo, de Transición y Trópico Seco, respectivamente.

Las evaluaciones manifestaron que las líneas recobradas (R) tuvieron ganancia en precocidad y disminución en altura de planta y mazorca, lo cual fue el énfasis de selección en el retrocruzamiento, aunque fueron superadas por las líneas (O) en otras características agronómicas debido a que se desadaptaron

1. Tesista

2,3,4,5 y 6 Ing. MC. Maestros Investigadores del Depto. de Fitomejoramiento. Div. de Agronomía, UAAAN.

al salir de su ambiente natural. El mejor ambiente para las líneas (R) fue Río Bravo, seguido de Tehuantepec y Ursulo Galván; esto es debido a que la localidad en donde se realizaron los retrocruzamientos es considerada Trópico Seco (Tepalcingo). El probador fue de gran valor para observar las ventajas del material original de acuerdo a su resistencia a enfermedades (*Fusarium* spp) y pudriciones de mazorca, además de su potencial de rendimiento.

Se seleccionaron las líneas (O) TE91I y TE22I, así como las líneas (R) (TE41.1) R-1-1 y (Trop. 76-1-5-30) R-52-2, para que intervengan en la formación de híbridos triples destinados a Tehuantepec, Oax. y Río Bravo, Tamps.

INTRODUCCION

El Trópico Húmedo mexicano es una de las zonas más importantes en lo que se refiere a la producción del maíz; sin embargo, ésta se ve limitada por problemas como altura de planta que ocasiona pérdidas por acame de raíz y tallo, además de que su gran follaje y la elevada humedad relativa provocan una alta incidencia de mazorcas podridas, de ahí el gran valor de los programas de mejoramiento genético de maíz en el Trópico.

En el Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario Castro Gil" de la UAAAN, se han obtenido líneas e híbridos para el Trópico Húmedo con buenas características y potencial de rendimiento; sin embargo, carecen de alguna(s) característica(s) ideales para dicho ambiente, por lo que se estableció un programa de retrocruzamiento en líneas tropicales, y se obtuvieron líneas recuperadas que se sometieron a cruza de prueba con una línea del Trópico Seco y a su evaluación posterior con la finalidad de:

1. Determinar la ganancia por retrocruzamiento en las líneas seleccionadas.
2. Decidir sobre la conveniencia de seguir retrocruzando y en cuál de los ambientes.
3. Determinar el valor de la línea AN24 como probador de líneas del Trópico Húmedo.
4. Seleccionar alguna(s) línea(s) para uso inmediato en programas de hibridación.

REVISION DE LITERATURA

En el mejoramiento de líneas puras ya establecidas, como lo indica Jungeheimer (1981), se puede utilizar la selección gamética, el mejoramiento convergente y el retrocruzamiento. Este último como lo menciona House (1982), es esencialmente un proceso de transferencia de genes favorables de una línea que en general es deficiente (donador) a otra (padre recurrente) que es buena, pero deficiente en alguna(s) característica(s) en la que el donador es sobresaliente.

Un caso del empleo de retrocruzamientos en México, es el de Ortíz y colaboradores (Alcázar, 1984) quienes lo utilizaron para bajar la altura de planta del maíz tropical al introducir el gen braquítico (br_2) a las líneas progenitoras de los híbridos comerciales H-503 y H-507 del Trópico, y cuyo problema principal era el acame de tallo. Después de seleccionar las mejores sublíneas, se evaluaron como cruza dobles y liberaron dos híbridos, a los que comercialmente se les llamó H-508 y H-509, que actualmente se siguen sembrando en el Trópico Húmedo. Otros usos del empleo de las retrocruzas es el de Duvick (1984), Kuhn y Stuker (1976), quienes lograron incrementar el número de mazorcas por planta en una y cinco líneas de maíz, respectivamente.

Por otro lado, como lo mencionan Hallauer y Miranda (1981), el uso de cruza de prueba en el mejoramiento de maíz puede tener cualesquiera de los siguientes objetivos: evaluar la aptitud combinatoria (AC) de las líneas endocriadas en un programa de mejoramiento por hibridación, o evaluar genotipos (plantas) en mejoramiento poblacional.

Señala López (1986), que un probador de bajo rendimiento presentó la mayor variabilidad debido a su baja frecuencia de genes favorables en los loci importantes; sin embargo, sus resultados mostraron que una línea no emparentada y de buen rendimiento, al usarse como probador, fue tan efectiva como el probador emparentado y de bajo rendimiento.

MATERIALES Y METODOS

Entre los materiales que participaron en este trabajo se encuentran: las líneas normales Trop. 76-1-5-30 y Trop. 148-1-3 que provienen de la población "La Posta", y las líneas enanas Tuxpeña Enana (TE): TE12I, TE71I, TE81I, TE127-2-1, TE22I, TE41-1-1, que provienen de la población Tuxpeño braquítico. El donador fue la fuente de amplia base genética: (Gaspé x Jala) (Gaspé x Tehua) (Nepo x Zapalote chico br_2br_2), y los pasos que se siguieron en el programa de retrocruzas se muestran en el Cuadro 1.

En Ursulo Galván, Ver. en 1985A* se llevó a cabo la formación de las cruza de prueba, usando como probador la línea endocriada AN24, que es un probador no emparentado del Trópico Seco.

La evaluación de las cruza de prueba se llevó a cabo en las localidades de Ursulo Galván, Ver. 1985B**, Tehuantepec, Oax. 1985B y Río Bravo, Tamps. 1986A.

Para estimar el rendimiento, las parcelas se ajustaron por covarianza, debido a que al cosechar el número de plantas por tratamiento y repetición fueron diferentes.

* Siembras en enero.

** Siembras en junio.

El diseño empleado para analizar las características agronómicas fue bloques al azar con dos repeticiones y combinado para localidades con testigos similares, haciendo una partición en la suma de cuadrados de tratamientos para hacer comparaciones entre cruza de prueba (CP), entre testigos (T) y el contraste CP vs. T. A su vez, CP se partió en líneas originales (O), líneas recuperadas (R) y su contraste O vs. R, las mismas particiones se obtuvieron en la interacción por localidades. Se determinaron los coeficientes de variación y el valor de la diferencia mínima significativa.

Las medias de CP se agruparon a través de ambientes, así como también las medias de los testigos y se obtuvo el diferencial o ganancia por retrocruza (D), restando las características agronómicas de la línea (O) a la media de las características agronómicas de las líneas (R).

Cuadro 1. Programa de actividades por año y localidad seguido para la obtención de las líneas recuperadas.

Año	Localidad	Actividad
1977-1978	Tepalcingo, Mor.	Donador ¹ x líneas de Trópico Húmedo (L.T.H.) incorporación del gen br ₂ br ₂ .
1978-1979	Tepalcingo, Mor.	F ₁ x L.T.H. obtención de la RC ₁ .
1979-1980	Tepalcingo, Mor.	Se cruzaron fraternalmente las plantas seleccionadas de la RC ₁ F ₁ , obteniéndose la RC ₁ F ₂ .
1980-1981	Tepalcingo, Mor.	La RC ₂ F ₁ se obtuvo al cruzarse plantas seleccionadas de la RC ₁ F ₂ -F ₃ x L.T.H. Se obtuvo la RC ₁ F ₃ de la línea Trop. 76 al cruzarse fraternalmente las plantas seleccionadas.
1981	Torreón, Coah.	Se hizo una cruza fraternal del material seleccionado de la RC ₂ F ₁ , obteniéndose RC ₂ F ₂ .
1981-1982	Tepalcingo, Mor.	Se seleccionaron plantas de la RC ₂ F ₂ y se autofecundaron
1982-1983	Tepalcingo, Mor.	Se seleccionó entre líneas de la RC ₂ F ₂ y se avanzó en endogamia.
1984A	Ursulo Galván, Ver.	Se aumentaron las líneas seleccionadas (selección dentro de ellas).

¹ {(Gaspé x Jala) (Gaspé x Tehua) (Nepo x Zapalote chico br₂ br₂)}

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados estadísticos se presentan en base a las tres localidades; en el cuadro 2 se muestran los cuadrados medios y los coeficientes de variación respectivos de las características agronómicas estudiadas. Se observa que en localidades se encontró alta significancia, tanto en rendimiento como en todas las características agronómicas, debido a que la evaluación se llevó a cabo en áreas ecológicamente muy diferentes. Cruzas de prueba (CP) mostró diferencias altamente significativas en la mayoría de las características agronómicas, exceptuando acame de raíz y mazorcas por cien plantas, las que tuvieron significancia y no significancia respectivamente, lo cual es un reflejo de que hay diferencias entre el material original y recuperado. Las líneas (O) presentaron alta significancia en días a flor masculina y femenina y mala cobertura, a su vez, en rendimiento se observó significancia.

En las recuperadas (R) se presentó alta significancia en casi todas las características agronómicas, exceptuando acame de raíz que tuvo significancia y no significancia de mazorcas por cien plantas.

En la interacción CP x Localidad (Loc) se encontraron diferencias altamente significativas para: días a flor femenina, acame de tallo, mazorcas podridas, mala cobertura y rendimiento, lo cual indica que el comportamiento del material genético es muy variable en cada localidad, por lo que hay que definir a las más estables y las combinaciones específicas por localidad.

En las líneas (O) x Loc., hubo alta significancia para mala cobertura y rendimiento y tan sólo significancia en mazorcas por cien plantas. Las líneas (R) x Loc., mostraron diferencias altamente significativas en mala cobertura y rendimiento; para días a flor femenina, acame de raíz y tallo y mazorcas podridas se encontraron diferencias significativas. Esto señala que dentro del material retrocruzado hay líneas sobresalientes que mostraron buena adaptación en las tres localidades, así como también líneas con mala adaptación a cada una de esas condiciones ambientales.

En el Cuadro 3 se muestran las medias de las características agronómicas de las CP de líneas (O), líneas (R) y el diferencial o ganancia por retrocruzamiento (O), a través de las localidades que intervinieron. En los tres ambientes, los problemas que presentaron las líneas fueron acame de raíz y tallo, alto porcentaje de mazorcas podridas y, en menor proporción, mala cobertura. En general, las líneas con mayor producción fueron: Trop. 76-1-5-30, TE911, TE221 y la recuperada (Trop. 76-1-5-30) RC 2-52-2. En el grupo de la TE41-1-1, las líneas (R) fueron más rendidoras que la línea (O).

CONCLUSIONES

1. Las líneas recuperadas tuvieron ganancias en lo que se refiere a precocidad y menor altura de planta y mazorca, pero en el resto de sus características agronómicas fueron superadas por las líneas originales.
2. Los resultados obtenidos manifestaron que el programa de retrocruzas no funcionó como se esperaba, ya que las líneas tropicales se desadaptaron al salir de su ambiente natural.
3. El probador AN₂₄ resultó de gran valor para observar las buenas ventajas del material original del Trópico Húmedo entre las que se encuentran resistencia a enfermedades (*Fusarium* spp) y pudriciones de mazorca, además del potencial de producción de grano en combinaciones híbridas.
4. De acuerdo a su buena aptitud combinatoria, las líneas seleccionadas para usarse en programas de hibridación fueron las líneas originales TE911 y TE221 y las líneas recuperadas (Trop. 76-1-5-30) R-52-2 y TE41-1-1 que tuvieron buen comportamiento en Tehuantepec, Oax. y Río Bravo, Tamps.

Cuadro 2. Cuadrados medios y su significancia de características agronómicas de 31 cruza de prueba, 8 líneas originales y 23 recuperadas en comparación con 15 testigos, evaluadas en tres

Fuentes de variación	g.1. g.1. ¹		Días	a	Flor
Localidades	2	1	11554.135**		13214.423**
Rep./Loc.	3	2	6.007**		7.891**
Tratamientos	45	45	7.473**		8.560**
Cruzas de Prueba (CP)	30	30	6.360**		7.545**
Líneas originales (O)	7	7	7.286**		7.381**
Líneas recuperadas (R)	22	22	4.628**		5.613**
O vs. R	1	1	37.973**		51.221**
Testigos (T)	14	14	6.659**		7.973**
CP vs. T	1	1	52.270**		47.229**
Trat. x Loc.	90	45	1.660		1.902**
CP x Loc.	60	30	1.454		1.613**
O x Loc.	14	7	0.741		1.193
R x Loc.	44	22	1.705		1.803*
O vs. R x Loc.	2	1	0.929		0.354
Testigos x Loc.	28	14	2.071*		2.471**
CP vs. T x Loc.	2	1	2.086		2.606
Error Experimental	135	90	1.185		1.202
C.V. (%)			2		2

¹ Grados de libertad para analizar altura de mazorca en Tehuantepec y Río Bravo.

² Datos transformados por Arco seno $x/100 + 0.05$

³ Mazorca ton/ha. al 15.5% de humedad.

*, ** Significativo al nivel de probabilidad de .05 y 0.01, respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Basándose en las conclusiones obtenidas, se recomienda seguir el programa de retrocruzas, pero en el ambiente de Trópico Húmedo (Ursulo Galván, Ver.) debido principalmente a que las líneas originales están bien adaptadas a esta región ecológica, además de que las líneas recobradas únicamente cuentan con dos retrocruzas.
2. Se debe seguir utilizando como probador AN₂₄ debido a que es una línea élite no emparentada con las líneas del Trópico Húmedo, y no enmascara la susceptibilidad de las plantas al acame de raíz y tallo, así como a las enfermedades y pudriciones de la planta y mazorca.

localidades: Ursulo Galván, Ver. 1985B; Tehuantepec, Oax. 1985B; y Río Bravo, Tamps. 1986A.

Altura mazorca	Acame Raíz ²	Acame Tallo ²	Mazorcas podridas ²	Mala cobertura ²	Mazorcas x 100 plantas	Rendimiento ³
9044.020**	10251.578**	24414.923**	4559.750**	6540.783**	9931.140**	416.963**
180.804	1260.255**	309.543*	660.766**	11.790	58.561	5.924**
284.394**	181.248**	119.829	100.462**	198.125**	130.144	2.477**
223.446**	136.383*	276.370**	119.669**	222.080**	108.999	2.956**
131.567	50.136	118.593	37.285	283.268**	117.988	2.880*
237.969**	166.218*	278.597**	138.162**	210.047**	102.538	2.203**
547.075*	83.738	1331.800**	289.512**	58.492	188.211	20.047**
108.814	285.943**	285.538**	62.657	115.881**	182.076	1.318
4570.940**	61.480	88.580	53.541	630.899**	37.472	4.344*
72.400	148.440**	186.145**	73.396**	99.675**	142.386	1.856**
75.131	118.744	198.470**	85.148**	108.784**	161.907	2.276**
71.031	65.520	88.707	38.246	101.238**	211.068*	3.306**
77.284	140.334*	176.821*	91.341*	114.911**	119.536	1.856**
56.461	16.336	1443.105**	277.201**	26.784	749.953**	4.312*
71.124	177.196**	160.605	53.267	69.511**	107.431	1.077
8.332	636.732**	173.954	2.674	247.711**	46.108	0.174
80.671	87.230	103.291	39.412	31.198	118.947	1.059
11	32	35	29	25	11	17

Cuadro 3. Medias de características agronómicas de las cruces de prueba de líneas originales, líneas recoradas y del diferencial o ganancia por retrocruzamiento en Ursulo Galván, Ver. 1985B; Tehuantepec, Oax. 1985B y Río Bravo, Tamps. 1986A.

Genealogía mazorca	Días a flor	Altura cm. Pta.Maz.	Acame % Raíz Tallo	Maz. Pod.%	Mala Cob. %	Calific. Mazorca (1-5)	Mazorcas X100 plantas	Rendimiento mazorca ton/ha*
Trop.76-1-5-30 x AN ₂₄ (original)	61	244	21	17	6	14	106	7.68
(***xTrop.76-1-5-30) RC ₂ F ₂ 52-2 x AN ₂₄	61	221	19	7	8	27	107	7.114
(***xTrop.76-1-5-30) RC ₂ F ₂ 13-1 x AN ₂₄	61	237	14	20	9	20	102	6.409
(***xTrop.76-1-5-30) RC ₂ F ₂ 48-1 x AN ₂₄	61	219	33	34	8	10	107	5.735
(***xTrop.76-1-5-30) RC ₂ F ₂ 14-1 x AN ₂₄	63	212	33	25	11	23	100	5.650
X	62	222	25	22	9	20	104	6.227
D	+1	-22	+4	+5	+3	+6	-2	-1.457
Trop.148-1-3 x AN ₂₄	61	241	19	14	2	26	97	6.367
(***xTrop.148-1-3) RC ₂ F ₂ 12-1 x AN ₂₄	60	222	23	44	5	8	99	5.965
(***xTrop.148-1-3) RC ₂ F ₂ 12-3 x AN ₂₄	61	209	31	29	12	10	94	5.470
(***xTrop.148-1-3) RC ₂ F ₂ 27-4 x AN ₂₄	62	204	27	28	21	29	104	4.982
(***xTrop.148-1-3) RC ₂ F ₂ 27-1 x AN ₂₄	62	221	24	32	28	27	95	4.877
X	61	214	26	33	17	19	98	5.324
D	0	-17	+7	+19	+15	-7	+1	-1.043
TE 121 x AN ₂₄	63	230	23	19	10	21	97	6.306
(***xTE 121) RC ₂ F ₂ 31-1 x AN ₂₄	62	224	17	29	21	22	98	6.161
(***xTE 121) RC ₂ F ₂ 10-2 x AN ₂₄	63	215	14	14	7	5	99	5.960
(***xTE 121) RC ₂ F ₂ 19-1 x AN ₂₄	62	200	18	25	13	6	93	5.525
X	62	213	16	23	14	11	97	4.882
D	-1	-17	-7	+4	+4	-10	0	-0.424
TE 711 x AN ₂₄	63	236	17	25	8	8	90	6.050
(***xTE 711) RC ₂ F ₂ 27-3 x AN ₂₄	62	238	26	33	23	11	96	5.636
D	-1	+2	+9	+8	+15	+3	+6	-0.414

TE 911 x AN ₂₄	63	64	235	109	26	17	9	0	2	109	7.489
(***xTE 911)RC ₂ F ₂ -16-2 x AN ₂₄	61	61	216	92	20	26	12	8	2	100	6.593
(***xTE 911)RC ₂ F ₂ -13-1 x AN ₂₄	62	63	242	114	33	37	16	3	2	97	5.522
(***xTE 911)RC ₂ F ₂ -1-3 x AN ₂₄	62	63	228	109	14	22	11	92	2	49	5.469
(***xTE 911)RC ₂ F ₂ -19-3 x AN ₂₄	62	63	220	89	7	17	20	8	3	100	5.186
X	62	63	227	101	19	26	15	12	2	98	5.668
D	-1	-1	-8	-8	-7	+9	+6	+12	0	-11	-1.821
TE 127-2-1 x AN ₂₄	64	65	241	111	14	12	9	14	2	91	6.332
(***xTE 127-2-1)RC ₂ F ₂ -19-2 x AN ₂₄	61	62	231	109	15	36	8	18	2	105	6.465
(***xTE 127-2-1)RC ₂ F ₂ -8-1 x AN ₂₄	62	63	226	106	19	19	23	3	2	97	6.365
(***xTE 127-2-1)RC ₂ F ₂ -9-1 x AN ₂₄	62	63	235	103	14	25	7	10	2	100	5.905
X	62	63	231	106	16	28	6	14	2	101	6.245
D	-2	-2	-10	-5	+2	+16	-3	0	0	+10	-0.087
TE 221 x AN ₂₄	64	65	230	100	17	3	6	8	2	102	7.478
(***xTE 221)RC ₂ F ₂ -27-1 x AN ₂₄	63	64	230	99	35	16	11	11	2	98	6.715
(***xTE 221)RC ₂ F ₂ -1-2 x AN ₂₄	63	63	234	107	23	9	3	7	2	106	6.619
X	63	64	232	103	29	13	7	9	2	102	6.667
D	-1	-1	+2	+3	+12	+10	+1	-1	0	0	-0.811
TE 41-1-1 x AN ₂₄	63	65	226	105	18	14	12	1	2	86	6.106
(***xTE 41-1-1)RC ₂ F ₂ -5-1 x AN ₂₄	60	61	205	99	23	24	9	4	2	101	6.670
(***xTE 41-1-1)RC ₂ F ₂ -1-1 x AN ₂₄	63	64	226	112	28	9	11	4	2	99	6.669
X	62	63	216	106	26	17	10	4	2	100	6.670
D	-1	-2	-10	+1	+8	+3	-2	+3	0	+14	+0.564
D.M.S. (0.5)	1.244	1.253		12.613	3.379	4.001	1.509	1.186		12.461	1.176

D = { (Gaspé x Tehua) (Gaspé x Jala) (Gaspé x Jalisco) (Gaspé x Jalisco) }
 * Al 15.5% de humedad *** = { (Gaspé x Tehua) (Gaspé x Jala) (Gaspé x Jalisco) (Gaspé x Jalisco) }
 1 Altura de planta de Ursulo Galván y Tehuantepec.

BIBLIOGRAFIA

- Alcázar A., J. J. et. al. 1984. Comportamiento de maíces mejorados para el Trópico Húmedo de México. Agrociencia Núm. 58. México. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Duvick, D.N. 1974. Continuous backcrossing to transfer prolificacy to single eared inbred line of maize. Crop. Sci. 14:69-71.
- Hallauer, A. R. and J.B. Miranda. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Ames, Iowa. U.S.A. The Iowa State University Press.
- House, L.R. 1982. El sorgo. Guía para su mejoramiento genético. México. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Jugenheimer, R.W. 1981. El maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. México. Ed. Limusa, S.A.
- Kuhn, W.E. and R.E. Stucker. 1976. Effect of increasing morphological component expression on yield in corn. Crop Sci. 16:270-274.
- López P., E. 1986. Comparación entre diferentes probadores para evaluar líneas de maíz. Saltillo, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Folleto de divulgación. Vol. 1 No. 7.