

Comportamiento agronómico y productivo de maíces criollos mejorados y sus progenitores en dos fechas de siembra

Francisco Cervantes, Martín Cano, Guadalupe Rivera, Hugo Cisneros, José Rangel, Mariano Mendoza y Enrique Andrio

F. Cervantes, M. Cano, G. Rivera, H. Cisneros, J. Rangel, M. Mendoza y E. Andrio
Instituto Tecnológico de Roque. ²Estudiante de Posgrado, Instituto Tecnológico de Roque, Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. [§]Autor responsable: frcervantes@itroque.edu.mx

M. Ramos., V. Aguilera., (eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

Abstract

Although a widerange of improved varieties on the market, this technology is not available to many farmers because it is often not possible to get or because its price is very high. The objective of this research was to evaluate the agronomic improved landraces and their parents in two sowing dates. Ten maize genotypes were evaluated: Celaya native, Cuenda native, H-374C, variety Roque, M1 (Celaya × H-374C), M2 (Celaya × V-322), M3 (Cuenda × Roque), M1RC1 (M1 × Celaya), M2RC1 (M2 × Celaya) and M3RC1 (M3 × Cuenda), of which the H-374C and V-322C belong to CEBAJ-INIFAP and other genotypes are owned breeding program of the ITR landraces. The following characters were evaluated: days to silking, ear health, prolificacy index, field performance and components. Where each experimental unit consisted of six rows 10 meters long, an experimental design of randomized complete block with 10 genotypes and three replications. Combined analysis of variance was performed through planting dates using the PROC GLM procedure of SAS (SAS, 1999) view. 8.1 test and multiple comparison of means according to Tukey was 0.05. There were significant differences ($p \leq 0.01$) among genotypes for female flowering, field performance, ear health and prolificacy index. Similarly, the genotypes showed a strong genetic diversity for yield components. Regarding planting date evaluation was statistical effect for days to silking, field performance, ear health and ear prolificacy index, as well as yield components. Thus, the first planting date provided the best performance for most of the variables evaluated.

9 Introducción

La diversidad genética del maíz (*Zea mays* L.) en México se mantiene primordialmente gracias a la prevalencia y al uso de esta gramínea en las comunidades rurales e indígenas. Así, las razas de maíz nativo en México generan su propia dinámica fundamental por la selección natural y por la selección de los agricultores. Sin embargo, en la actualidad los maíces nativos como polos fitogenéticos de biodiversidad se ven amenazados de forma creciente por factores bióticos, abióticos, socioeconómicos, políticos y comerciales, entre otros (Vidal et al., 2010). Actualmente, se considera que existen en el continente Americano entre 220 y 300 razas de maíz (Brown y Goodman, 1977; Vigouroux et al., 2008); en México, según diferentes autores e instituciones se salvaguardan entre 41 a 65 razas de maíz (Ortega-Paczka et al., 1991; LAMP, 1991; Sánchez et al., 2000).

En el Programa de Mejoramiento de Razas a Nivel Nacional de la Universidad Autónoma de Chapingo, se evaluaron 42 accesiones y se obtuvieron las primeras retrocruzas en la generación F3 o retrocruza (BC1F3); el método de “retrocruza limitada” resultó un buen procedimiento para mejorar las razas de maíz y obtener variedades en poco tiempo. La técnica de retrocruza mejora las características cuantitativas del maíz, tales como rendimiento de grano, arquetipo de planta y mazorca, días a floración, madurez y adaptabilidad (Márquez et al., 2000). Se han reportado resultados donde han evaluado el mejoramiento genético a través de retrocruzas en maíz y muestran que el rendimiento de grano se incrementó en 30% con respecto de sus progenitores (Márquez et al., 2000 y Vázquez et al., 2003). Por otro lado, Vázquez et al. (2003), encontraron que el 60% de las retrocruzas hechas en maíz tuvieron un peso hectolitro mayor o igual al mínimo establecido en la norma mexicana de calidad (74 KghL⁻¹). La cual establece que para que un genotipo de maíz este dentro de norma debe de encontrarse entre los valores de 70 a 80 K HI⁻¹.

Por otra parte, Medina et al. (2002) mencionan que la interacción genotipo por localidad evidenció un comportamiento diferencial entre los genotipos para el rendimiento de campo en maíz. Otros estudios indican que la interacción genotipo por ambiente ha mostrado un comportamiento diferencial entre variedades e híbridos de maíz (Medina et al., 2002).

Del mismo modo, Ramírez et al. (2003), encontraron efecto estadístico entre localidades para rendimiento de grano en genotipos de maíz.

9.2 Materiales y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2012 en el campo experimental del Instituto Tecnológico de Roque (ITR), ubicado en Celaya, Gto. en el km. 8 de la carretera Celaya - J. Rosas, ubicado en las coordenadas 20°31' LN y 100°45' LO y a una altura de 1765 msnm. El clima del sitio experimental es semicálido BS1Hw (e), con una precipitación de 550 a 710 mm durante el año y temperatura media anual de 18.4 °C (García, 1973). Los suelos son de tipo Vertisol Pélico, que se caracterizan por ser arcillosos de coloración oscura.

Se realizaron dos fechas de siembra; la primera fecha fue el 15 de abril (fecha de siembra temprana) y la segunda se efectuó el 15 de junio (fecha de siembra tardía) de 2012. La siembra se realizó de forma manual a una distancia de 20 cm entre semilla para tener una densidad de población de 66 500 plantas por hectárea. Se utilizaron 10 genotipos de maíz; Criollo Celaya, Criollo Cuenda, H-374C, V. Roque, Mestizo 1 (C. Celaya x H-374C), Mestizo 2 (C. Celaya x V 322) y Mestizo 3 (C. Cuenda x V. Roque), M1RC1 (mestizo 1-retrocruza 1), M2RC1 (mestizo 2-retrocruza 1) y M3RC1 (mestizo 3-retrocruza 1) y se utilizó un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con 10 genotipos y tres repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por 6 surcos de 10 metros de longitud y separados a 0.75 metros.

En el experimento se realizó un barbecho a una profundidad de 30 cm, posteriormente se dieron dos pasos de rastra y se surcó a 0.75 m de separación entre surcos. En la fecha de siembra temprana (Abril) se aplicó un riego de siembra y tres riegos de auxilio; los riegos de auxilio se aplicaron en estado V6 (visible el cuello de la hoja 6), el segundo en V12 (visible el cuello de la hoja 12) y el último en R1 (emisión de estigmas). Mientras que, para la fecha de siembra tardía (Junio) se aplicó el riego de siembra y sólo un riego de auxilio en estado V6, esto por la buena distribución de las lluvias.

Todos los riegos fueron de forma rodada utilizando tubos de pvc con compuertas de 6 pulgadas de diámetro. Se aplicó la dosis fertilización de 240-60-00. Aplicando el 50 % del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra. El resto del nitrógeno se aplicó de forma manual a los 40 días después de la siembra. Como fuentes de fertilizantes se emplearon urea (46-00-00) y la fórmula 18-46-00 (DAP). Se aplicó el herbicida selectivo Sansón (nicosulfuron: 2-(4,6-dimetoxipirimidin-2-ilcarbomoilsulfamoil)-N,N-dimetilnicotinamida) a una dosis de 2 L ha⁻¹ con mochila de 15 L. Finalmente, se aplicó el herbicida secante Paraquat para hoja angosta y 2-4-D para hoja ancha cuando el cultivo se encontraba en madurez fisiológica y se aplicó DISPARO* (clorpirifos etil + permetrina) a una dosis de 1 L ha⁻¹ para el control de gusano cogollero.

Se registraron las siguientes características: floración femenina, sanidad de mazorca, índice de prolificidad y el rendimiento de campo. La floración femenina se obtuvo al cuantificar los días transcurridos del primer riego hasta que el 50 + 1% de las plantas presentaban estigmas de 2 a 3 centímetros de largo; la sanidad de mazorca se obtuvo del total de las mazorcas de la parcela útil y se sacó el porcentaje de mazorcas podridas por hongos. Por otro lado, el índice de prolificidad se obtuvo dividiendo el total de las mazorcas cosechadas con el número total de plantas de la parcela útil y para el rendimiento de campo, se pesaron las mazorcas de cada parcela útil (2 surcos de 5 m de longitud) y se estimó el rendimiento en kg ha^{-1} ajustado a un 12 % de humedad.

Por otra parte, en una muestra de cinco mazorcas tomadas al azar de cada unidad experimental se registraron los siguientes caracteres: diámetro de mazorca, longitud de mazorca y el número de granos por hilera. Finalmente, se registró el Peso volumétrico para cada genotipo; donde todas las mazorcas fueron desgranadas y pesadas en una balanza de peso volumétrico y el resultado fue expresado en kg hL^{-1} .

Para todos los caracteres evaluados se hizo un análisis de varianza combinado a través de fechas de siembra usando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 1999) ver 8.1. La comparación múltiple de medias se realizó de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

9.3 Resultados y discusión

El análisis de varianza combinado a través de fechas de siembra (Tabla 9), para características agronómicas; se observan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$) entre los genotipos para la floración femenina, el rendimiento de campo y sanidad de mazorca. Sin embargo, no hubo efecto para el índice de prolificidad (número de mazorcas cosechadas entre el número total de plantas). Con respecto al efecto de la fecha de siembra de evaluación, se aprecia que este factor afectó significativamente ($P \leq 0.01$) todas las variables estudiadas. La interacción genotipo-ambiente, mostró efectos estadísticos ($P \leq 0.05$) para sanidad de mazorca e índice de prolificidad.

Tabla 9 Análisis combinado a través de ambientes para caracteres agronómicos en genotipos de maíz para el Bajío, Roque, Celaya, Gto, 2012

F.V	G.L	FF (días)	RC (kg ha^{-1})	SM (%)	IP (no)
Bloque	2	1.40	179 724.90	0.06	0.043
Genotipo (G)	9	4.02**	19349710.90**	47.56**	0.024 ^{ns}
Fecha de siembra (FS)	1	106.66**	63288464.30**	749.06**	1.069**
G*FS	9	2.46*	4180240.70 ^{ns}	25.25*	0.036*
Error	36	1.15	3 391603.60	10.81	0.019
C.V (%)	-	1.30	29.61	57.36	11.736

En la Tabla 9.2, se presenta el comportamiento promedio de todos los genotipos en las fechas de siembra. Donde se puede apreciar que los materiales M1, criollo Celaya, M3 y M2RC1 fueron los más precoces con 81 días a floración. Sin embargo, la variación únicamente consistió en dos días entre aquellos genotipos precoces y tardíos.

Por otro lado, en la fecha de siembra temprana, los genotipos en general mostraron mayor retraso para alcanzar la floración. En el rendimiento de campo sobresalen los materiales M2 RC1, M3 RC1 y M1 RC1 con rendimientos superiores a ocho toneladas por hectárea; mientras que, la variedad Roque presentó el peor comportamiento en promedio para las dos fechas de siembra.

Estos resultados están de acuerdo con los reportados por Márquez et al. (2000) quienes mencionan que el mejoramiento de maíces criollos por retrocruzamiento supera a los progenitores hasta en 30%. En relación con la sanidad de mazorca, se observa que el mestizo M2 RC1 presenta el mayor porcentaje de mazorca podridas por hongos y los genotipos menos afectados fueron la variedad Roque, M3 y M1 RC1. Con respecto al número de mazorcas por planta, todos los materiales al menos produjeron una mazorca por planta.

Finalmente, es importante señalar que existe una fuerte interacción genotipo-ambiente para el rendimiento de campo, comportamiento esperado ya que esta característica así ha sido reportada por muchos investigadores y como carácter cuantitativo esa es su naturaleza. En este sentido, se puede apreciar que en la fecha de siembra temprana el rendimiento de campo promedio fue de 7.3 ton ha⁻¹; mientras que en la tardía el valor promedio fue de 5.2 ton ha⁻¹. Los resultados anteriores confirman que el rendimiento de grano es un carácter cuantitativo y sujeto fuertemente a la influencia del ambiente de producción (Kempton, 1984; Flores et al., 1998; Alejos et al., 2006; Cepeda et al., 2009).

También se puede observar que la sanidad de mazorca se presentó en menor proporción en el ambiente 1 con un valor promedio de 2 %; mientras que en el ambiente 2, el porcentaje promedio de mazorcas dañadas por hongos fue mayor al 9%. Esta situación puede deberse a las condiciones climáticas presentadas para cada ambiente. Donde en el ambiente 2 se presenta mayor humedad relativa por efecto de las lluvias y esto favorece la presencia de plagas y enfermedades.

Tabla 9.1 Comparación de medias para caracteres agronómicos en maíces criollos, Roque, Celaya, Gto. 2012

GENOTIPOS	FF	RC	SM	IP
	(días)	(kg ha ⁻¹)	(%)	(no.)
Var. Roque	83.50 a	3,968 b	2.83 b	1.18 a
M1	81.33 b	6,446 ab	5.50 b	1.28 a
Criollo Cuenda	82.83 ab	6,386 ab	4.83 b	1.17 a
M3	81.33 b	5,930 ab	2.33 b	1.25 a
M2	82.16 ab	8,636 a	5.33 b	1.12 a
M2 RC1	81.33 ab	8,163 a	12.16 a	1.18 a
M3 RC1	82.33 ab	8,485 a	7.83 ab	1.15 a
M1 RC1	82.66 ab	4,178 b	3.83 b	1.20 a
H 374C	83.00 ab	4,025 b	6.00 ab	1.30 a
Celaya	81.00 b	5,975 ab	6.66 ab	1.11 a
Ambientes de evaluación				
Siembra temprana	83.53 a	7,246.1 a	2.20 b	1.06 b
Siembra tardía	80.86 b	5,192.1 b	9.26 a	1.33 a

FF, RC, SM y PROL; corresponden a la floración femenina, rendimiento de campo, sanidad de mazorca e índice de prolificidad, respectivamente.

Por otro lado, con respecto a los componentes del rendimiento; el análisis de varianza combinado a través de fechas de siembra, muestra efectos estadísticos significativos ($P \leq 0.01$) para número de granos por hilera y peso volumétrico del grano en los materiales evaluados. También los caracteres de diámetro de olote y longitud de mazorca presentaron efectos estadísticos ($P \leq 0.05$) entre los genotipos. Sin embargo, no hubo efectos significativos para el diámetro de mazorca. También se observa efecto significativo ($P \leq 0.01$) del ambiente para los caracteres de diámetro de mazorca, longitud de mazorca y peso volumétrico del grano. Por otro lado, hubo efecto significativo al 0.05 de probabilidad para el número de granos por hilera. La interacción genotipo-ambiente sólo mostró efectos significativos para longitud de mazorca, número de granos por hilera y peso volumétrico del grano (Cuadro 3).

Tabla 9.2 Análisis combinado a través de fechas de siembra para componentes de rendimiento en genotipos de maíz para el Bajío, Roque, Celaya, Gto, 2012

F.V	G.L	D.M	L.M	G.P.H	P.V
		(cm)	(cm)	(no)	(kg hL ⁻¹)
Bloque	2	0.145	2.32	3.27	0.55
Genotipo (G)	9	0.340 ^{ns}	2.42*	52.34**	25.63**
Fecha de siembra (FS)	1	2.600**	13.38**	109.72*	273.49**
G*FS	9	0.065 ^{ns}	2.92*	61.72**	13.98*
Error	36	0.198	1.30	16.10	4.84
C.V (%)	-	9.150	6.47	10.63	2.93

La prueba de comparación de medias (Tukey, 0.05) para los componentes de rendimiento (Tabla 9.2), muestra que los genotipos M2 y M1 RC1 produjeron los valores más altos para longitud de mazorca. Para el número de granos por hilera sobresalen los genotipos H-374C, M3 y M1 RC1 y en el peso volumétrico del grano el H-374C fue consistente con el valor más alto (79.20 kg hL⁻¹). Sin embargo, es importante destacar que siete de los 10 genotipos estuvieron dentro del rango de calidad de la norma Mexicana (74 kg hL⁻¹); dentro de este grupo, aparecen todos los criollos mejorados por retrocruza. Estos resultados coinciden con los reportados por Vázquez et al. (2003) quienes afirman que el 60% de las retrocruzas realizadas en su investigación se encontraban dentro de norma para esta característica. Por otro lado, la fecha de siembra temprana fue consistente en la mejor expresión para la mayoría de estas características de componentes de rendimiento. Donde se puede apreciar que en la fecha de siembra temprana de producción los genotipos presentaron un mayor peso volumétrico (77 Kg hL⁻¹); mientras que en la fecha de siembra tardía, el peso volumétrico del grano fue de 73 Kg hL⁻¹.

La expresión de esta característica reafirma la importancia que tiene el efecto del ambiente de producción. Estos resultados coinciden por los reportados por Virgen et al. (2013), quienes observaron diferencias en el peso volumétrico al evaluar líneas progenitoras de híbridos de maíz en localidades de Valles Altos de México; lo cual indica que es un parámetro influido por el ambiente de producción. Por otro lado, Zepeda et al., 2007 mencionan que el peso volumétrico de la semilla tiene una respuesta positiva a la fertilización nitrogenada.

Tabla 9.3 Comparación de medias para caracteres de rendimiento en maíces criollos, Roque, Celaya, Gto. 2012

GENOTIPOS	DM	LM	GPH	PV
	(cm)	(cm)	(no.)	(kg hl ⁻¹)
Var. Roque	4.71 a	16.09 b	31.78 b	74.08 bc
M1	4.98 a	17.60 ab	38.48 ab	73.76 bc
Criollo Cuenda	4.96 a	17.74 ab	37.01 ab	73.01 bc
M3	5.09 a	17.91 ab	39.99 a	77.28 ab
M2	5.00 a	18.33 a	36.98 ab	76.63 abc
M2 RC1	5.09 a	17.48 ab	35.85 ab	75.53 abc
M3 RC1	5.02 a	17.46 ab	37.88 ab	75.05 abc
M1 RC1	4.38 a	18.42 a	39.67 a	72.76 c
H 374C	4.55 a	17.50 ab	43.03 a	79.20 a
Celaya	4.84 a	17.71 ab	36.75 ab	73.78 bc
Ambientes de evaluación				
Fecha de siembra temprana	5.07 a	18.09 a	36.39 b	77.24 a
Fecha de siembra tardía	4.65 b	17.15 b	39.09 a	72.97 b

DM, LM, GPH, PV; corresponden al diámetro de mazorca, longitud de mazorca, granos por hilera y peso volumétrico del grano, respectivamente

9.4 Conclusiones

Hubo diferencias estadísticas para genotipos en la mayoría de las características evaluadas en las dos fechas de siembra. Por otro lado, los criollos mejorados (M2, M2 RC1 y M3 RC1) presentaron los rendimientos más altos (> 8 ton ha⁻¹). La variedad Roque presentó el peor comportamiento para la mayoría de los caracteres evaluados.

Por otro lado, el rendimiento de campo más alto se presentó en la fecha de siembra temprana (7.2 ton ha⁻¹); mientras que la fecha de siembra tardía el valor promedio fue de 5.2 ton ha⁻¹.

El peso volumétrico del grano, el diámetro de la mazorca y la longitud de la mazorca fueron afectados por el ambiente de producción; donde al establecer el cultivo en fechas tempranas se favorece esta expresión.

9.5 Agradecimientos

El trabajo fue apoyado por el programa PROEDED-DGEST (antes PROMEP), para EL FORTALECIMIENTO DE CUERPOS ACADÉMICOS con el proyecto “Mejoramiento genético de plantas y producción artesanal de semilla de maíz para zonas marginales” para el cuerpo académico en formación “Producción sustentable de semillas y granos” con clave: ITROQ-CA-3.

9.6 Referencias

Alejos, G.; Monasterios, P y Rea, R. 2006. Análisis de la interacción genotipo-ambiente para rendimiento de maíz en la región maicera del Estado de Yaracuy, Venezuela. *Agronomía Tropical*. 56(3): 369-384.

Brown, W. L. and M. M. Goodman. 1977. Races of corn. In: Sprague, G. F. (ed.), *Corn and Corn Improvement*. Number 18. Series Agronomy. American Society of Agronomy, Inc. Publisher, Madison Wisconsin, U.S.A. pp. 49-88.

Cepeda B, R.; Carballo C, A y Hernández A, C. 2009. Interacción genotipo ambiente en la estructura y calidad de nixtamal-tortilla de grano en híbridos de maíz. *Agrociencia*. 43(7): 695-706.

Flores, F.; Moreno, T and Cubero, J. 1998. A comparison of univariate and multivariate methods to analyze G x E interaction field. *Crops Research*. 47: 117-127.

García, E 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen* 2da. Ed. UNAM, México, D.F.

Kempton, R.A. 1984. The use of biplots in interpreting variety by interactions. *Journal of agricultural Science*. 103: 123-135.

LAMP (Proyecto Latinoamericano de Maíz). 1991. ARS-USDA, CIMMYT, Pioneer Hi-Bred International Inc., Universidad Agraria La Molina (Perú).

Márquez. S. F, L. Sahagún, J. A. Carrera, E. Barrera (2000) *Retrocruza limitada para el mejoramiento de maíces criollos*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 51 p.

Medina, S. y V. Segovia. 2002. Evaluación de variedades experimentales de maíz en la región nor-oriental del Estado Guárico-Venezuela. *Agronomía Trop*. 46(2):171-187.

Ortega. P. R, J. J. Sánchez, F. Castillo, J. M. Hernández (1991) Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México. In: *Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México*. R. Ortega, G. Palomino, F. Castillo, V. González, M. Livera (eds). Sociedad Mexicana de Fitogenética, AC. (SOMEFI). Chapingo, México. Pp: 161-185.

Ramírez, A. M. Y. Salinas, O. Taboada. 2003. Maíz azul de los valles altos de México. I. Rendimiento de grano y caracteres agronómicos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 26, núm. 2, abril-junio 2003, pp. 101-107, Sociedad Mexicana de Fitotecnia, A.C. México.

Sánchez G., J., M. M. Goodman, and C. W. Stuber. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.* 54(1):43-59.

Vásquez, C. M. L. Guzmán, J. García, F. Márquez, J. Castillo. 2003. Calidad de grano y tortilla de maíces criollos y sus retrocruzas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 26, núm. 004, octubre-diciembre, pp. 231-238, Sociedad Mexicana de Fitotecnia, A.C. Chapingo, México.

Vidal-Martínez V. A, F. Herrera, B. Coutiño-Estrada, J. J. Sánchez-González, J. Ron-Parra, A. Ortega-Corona y M. de J. Guerreño-Herrera (2010). Identificación y localización de una especie de *Tripsacum* spp. En Nayarit, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33 (4):27.30.

Vigouroux, Y., J. C. Glaubitz, Y. Matsuoka, M. M. Goodman, J. Sánchez G., and J. Doebley. 2008. Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. *Amer. J. Bot.* 95(10):1240-1253.

Virgen V, J.; Zepeda B, R.; Arellano V, J.L. Ávila P, M.A y Rojas M, I. 2013. Producción de semilla de progenitores e híbridos de maíz de Valles Altos en dos fechas de siembra. *Rev. Cienc. y Tecnol. Agropec. Méx.* 1(1): 26-32.