



Agricultura Técnica en México

ISSN: 0568-2517

contacto@agriculturarecnica.net.mx

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

México

Martínez Gómez, María Isabel; Gaytán Bautista, Rodolfo; Reyes Muro, Luis; Luna Flores, Maximino;
Padilla Ramírez, J. Saúl; Mayek Pérez, Netzahualcóyotl

Rendimiento de grano y forraje de maíces híbridos de riego en Aguascalientes y Zacatecas, México

Agricultura Técnica en México, vol. 30, núm. 1, enero-junio, 2004, pp. 53-61

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Texcoco, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60830105>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

RENDIMIENTO DE GRANO Y FORRAJE DE MAÍCES HÍBRIDOS DE RIEGO EN AGUASCALIENTES Y ZACATECAS, MÉXICO*

GRAIN AND FORAGE YIELD OF IRRIGATED MAIZE HYBRIDS IN AGUASCALIENTES AND ZACATECAS, MEXICO

María Isabel Martínez Gómez¹, Rodolfo Gaytán Bautista¹, Luis Reyes Muro¹, Maximino Luna Flores¹, José Saúl Padilla Ramírez¹ y Netzahualcóyotl Mayek Pérez^{2,3}

¹ Programa de Maíz. Campo Experimental Pabellón, INIFAP. Km 32.5 carretera Aguascalientes-Zacatecas. 20660 Pabellón de Arteaga, Ags., México. ² Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional. Reynosa, Tamps., México. ³ Autor para correspondencia: nmayek@ipn.mx

RESUMEN

Se determinó el rendimiento de grano y forraje de 20 híbridos comerciales de maíz con el objetivo de identificar aquellos sobresalientes en la productividad de ambos, así como identificar las características asociadas a la misma. Los híbridos se establecieron en las localidades de Tepezalá y Pabellón, Aguascalientes, y en Villanueva, Zacatecas, en condiciones de riego durante el ciclo primavera-verano 2000. Se usó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, con parcelas experimentales contiguas para la producción de grano y forraje. Se observó variabilidad fenológica, fenotípica y productiva entre los híbridos estudiados, en las tres localidades, así como alta relación positiva entre el ciclo vegetativo y el rendimiento de grano en Pabellón, el ciclo del cultivo y el rendimiento de forraje en Tepezalá y Pabellón, y alta asociación positiva entre altura de mazorca y rendimiento de forraje en Tepezalá y Pabellón. El rendimiento de grano se asoció positivamente con la producción de forraje verde en las localidades de Pabellón y Villanueva. Los mayores rendimientos de grano y forraje se observaron en Tepezalá y los menores

tanto en Villanueva (grano) como en Pabellón (forraje). Los híbridos H-311, Pantera, 30G40 y C-922 fueron los que obtuvieron mayor rendimiento de grano y forraje, y presentaron ciclo vegetativo intermedio. Los contenidos de proteína cruda y digestible en los híbridos se asociaron negativamente con el rendimiento de grano y forraje.

Palabras clave: *Zea mays* L., Altiplano Semiárido de México, contenido de proteína.

ABSTRACT

The grain and forage yields of 20 commercial maize hybrids were determined at three locations: Tepezala and Pabellon in the state of Aguascalientes and in Villanueva, Zacatecas, with the objective of identifying outstanding hybrids with high grain and forage yields and to determine the plant characteristics associated to high yield. The hybrids were established on a randomized complete block design with three replications at each location, using two side by side plots for grain and forage yield evaluation, respectively. Variation in phenological, phenotypical and seed and forage yield traits among hybrids was shown across locations and a high positive relationship was detected

* Fecha de recepción: 5 de agosto de 2003
Fecha de aceptación: 15 de abril de 2004

between maturity and grain yield in Pabellon and maturity and forage yield in Tepezala and Pabellon; while ear height was positively associated to forage yield at Tepezala and Pabellon. Grain yield was positively associated to forage yield in Pabellon and Villanueva. The highest grain and forage yields were produce at Tepezala and the lowest at Villanueva (grain) and Pabellon (forage). The hybrids H-311, Pantera, 30G40, and C-922 resulted outstanding in grain and forage yields and showed intermediate maturity. Crude and digestible protein contents in the hybrids were negatively associated to grain and forage yields.

Key words: *Zea mays* L., protein content, semiarid highlands of Mexico.

INTRODUCCIÓN

En México se siembran anualmente alrededor de 8 millones de hectáreas con maíz (*Zea mays* L.) para grano, con un rendimiento medio de 2.5 t ha⁻¹ y 300 mil ha de maíz para forraje, con un rendimiento medio de 29 t ha⁻¹, en condiciones de riego o temporal (SIEA, 2004). Aproximadamente 25% de la superficie de maíz se siembra con semillas híbridas o variedades mejoradas de polinización libre y el resto (75%) con variedades criollas o locales (Nadal, 2000). En Aguascalientes se sembró en 2003 una superficie de 53 800 ha con maíz para grano, cuyo rendimiento medio fue de 1.2 t ha⁻¹, además 53 700 ha de maíz para forraje, con rendimiento medio de 23.6 t ha⁻¹ de forraje verde. Por otra parte, en Zacatecas se sembraron en el mismo año 353 000 ha de maíz para grano y 2000 para forraje, con rendimientos medios de 1.5 y 30.9 t ha⁻¹ de grano y forraje, respectivamente (SIEA, 2004); estos bajos rendimientos se explican en parte por el uso reducido de semillas certificadas de maíces mejorados por parte de los productores (Mejía y Molina, 2003).

Los híbridos que se siembran en México se formaron originalmente para la producción de grano y muestran diferencias en origen (adaptación tropical o a condiciones templadas), altura de planta o en ciclo vegetativo. Los maíces forrajeros que se cultivan en México tienen valores energéticos bajos debido a que en su mejoramiento se dio énfasis al incremento del

rendimiento de forraje por hectárea sin considerar su contenido nutritivo (Núñez *et al.*, 2003).

Ante la limitada información técnica sobre la asociación entre la producción de grano y forraje en los híbridos de maíz con potencial para el Altiplano Semiárido de México, la identificación de materiales genéticos de doble propósito con altos rendimientos de grano y forraje es una alternativa viable en el corto y mediano plazos, lo cual puede estabilizar e incluso incrementar paulatinamente los rendimientos y la rentabilidad del cultivo del maíz en la región de estudio. Esto conlleva a evaluar la productividad de grano y forraje de los híbridos de maíz disponibles en cada sistema de producción; además, en las evaluaciones es importante considerar la determinación del valor energético y la calidad nutritiva del germoplasma de maíz y asociar estas características con la productividad de grano y forraje.

Mejía y Molina (2003) mencionan que la evaluación de variedades en un programa de mejoramiento genético debe repetirse en series de años y ambientes, debido a que las diferencias en suelo, prácticas culturales o ambiente pueden ocasionar variaciones en el comportamiento de cada variedad en cada localidad de prueba. Eberhart (1969) definió como interacción genotipo x ambiente al cambio en el orden de las diferencias en rendimiento a través de localidades. A su vez, las variaciones entre sitios y años de prueba no permiten identificar características de interés que puedan ser detectadas por medio del análisis de varianza convencional. Además, el análisis de varianza no proporciona información específica para la selección con referencia a reacciones de adaptación (Mejía y Molina, 2003).

El presente trabajo se llevó a cabo con los objetivos de: 1) Evaluar la producción de grano y forraje de 20 híbridos comerciales de maíz en dos localidades de Aguascalientes y una de Zacatecas, México; 2) Identificar maíces híbridos sobresalientes en la producción de grano y forraje en las condiciones agroclimáticas de la región de estudio, y 3) Determinar el grado de asociación entre características de la planta con el rendimiento de grano y forraje.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el ciclo primavera-verano del año 2000 en condiciones de riego, en las localidades de Pabellón de Arteaga (22° 09' latitud norte, 102° 17' longitud oeste y 1912 msnm) y Tepezalá, en Aguascalientes (22° 13' latitud norte, 102° 10' longitud oeste y 2090 msnm) y en la localidad de Villanueva, en Zacatecas (22° 33' latitud norte, 102° 51' longitud oeste y 2197 msnm). Las tres localidades presentan clima tipo BS, kw(w)(e), que se caracteriza por ser seco-árido con lluvias en verano y con temperatura media anual de 12 a 18 °C (García, 1988). El suelo de las tres localidades es del tipo Xerosol lúvico, con textura media y profundidad de 0.50 a 1.00 m, con pendientes mayores de 8%.

Se evaluaron 20 híbridos de maíz de diferente ciclo vegetativo que han sido sembrados comercialmente en la región de estudio; 19 de ellos pertenecen a siete diferentes empresas comerciales y uno (H-311) al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); la mayoría (17) de los híbridos son de ciclo intermedio y sólo tres de ciclo precoz; tres de ellos son de grano dentado, diez de grano semi-dentado y siete de grano semi-cristalino; todos presentan grano blanco cremoso, a excepción de Halcón cuyo grano es blanco cristalino (Cuadro 1).

En la localidad de Villanueva se sembró el 10 de mayo, en Pabellón el 29 de mayo y en Tepezalá el 29 de junio de 2000. Las condiciones climáticas en las tres localidades fueron similares, aunque sólo se consignaron los datos de las localidades de Pabellón (temperatura media máxima = 30.1°C; temperatura media mínima = 12.7°C; precipitación = 248 mm) y Tepezalá (temperatura media máxima = 28.5°C; temperatura media mínima = 12.3°C, precipitación = 251 mm).

Los híbridos fueron aleatorizados en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones en cada localidad de prueba. La unidad experimental constó de cuatro surcos de 10 m de largo, con separación de 0.76 m entre sí. Dos de los cuatro surcos se utilizaron para evaluar el rendimiento de grano y los otros dos para evaluar la producción de forraje

verde (parcelas de 7.6 m²). Las plantas en los surcos para grano se separaron 20 cm entre sí, mientras que en los surcos para forraje se separaron a 16 cm. Los surcos para grano se fertilizaron con la dosis 160-60-00 de N, P₂O₅ y K₂O por hectárea y para forraje con 200-60-00; en ambos casos, la mitad del N y todo el P se aplicaron en el primer cultivo (30 días después de la siembra) y el resto del N se aplicó en la escarda (50 días después de la siembra). Cada experimento se condujo de acuerdo con los paquetes tecnológicos del cultivo de maíz recomendados por el INIFAP para los estados de Aguascalientes y Zacatecas, descritos por Martínez (2001).

En cada experimento y localidad se determinaron las siguientes variables: número de días a floración femenina y masculina, altura de planta y de mazorca, rendimiento de forraje verde y seco así como la producción de grano a 14% de humedad. Para determinar el rendimiento de forraje verde se registró el peso de forraje verde de 10 plantas tomadas al azar en cada unidad experimental de cada experimento, al inicio de la madurez fisiológica. La muestra se secó en estufa a 60°C durante 48 h y se registró el peso seco de forraje; luego se integró una muestra de 4.5 kg de forraje seco de cada híbrido producto de combinar 0.5 kg de forraje de cada una de las repeticiones en cada experimento; finalmente, la muestra se molió y a partir de ella se determinaron los porcentajes de proteína cruda y digestible de acuerdo con la metodología descrita por Meeske *et al.* (2000).

La información registrada se sometió al análisis de varianza (ANVA) por localidad y en forma combinada, previo ajuste de los rendimientos de grano y forraje por análisis de covarianza, para lo cual se consideró el número de plantas por unidad experimental. En los casos en que el ANVA detectó diferencias significativas entre tratamientos, se calcularon los valores de la diferencia mínima significativa (DMS, $p=0.05$) para la comparación entre pares de híbridos; después se calcularon los valores de correlación simple entre variables para cada experimento; el análisis estadístico se realizó con apoyo del programa Statistica versión 5 para Windows (Statsoft, 1997).

Cuadro 1. Híbridos de maíz evaluados, ciclo vegetativo y algunas características del grano. 2000.

Híbrido	Empresa Comercial	Ciclo vegetativo	Textura de grano	Color de grano
SB-302	Semillas Berentsen	Intermedio	Dentado	Blanco cremoso
SB-304	Semillas Berentsen	Intermedio	Dentado	Blanco cremoso
AS-31	Aspros	Intermedio	Semi-dentado	Blanco cremoso
AS-910	Aspros	Intermedio	Dentado	Blanco cremoso
AS-948	Aspros	Intermedio	Semi-dentado	Blanco cremoso
AS-820	Aspros	Precoz	Semi-dentado	Blanco cremoso
Gilsa-120	Gilsa	Intermedio	Semi-cristalino	Blanco cremoso
Z-21	Heertz Seed	Intermedio	Semi-cristalino	Blanco cremoso
Z-60	Heertz Seed	Precoz	Semi-dentado	Blanco cremoso
C-922	Heertz Seed	Intermedio	Semi-cristalino	Blanco cremoso
C-220	Heertz Seed	Intermedio	Semi-dentado	Blanco cremoso
C-526	Heertz Seed	Intermedio	Semi-cristalino	Blanco cremoso
30G40	Pioneer	Intermedio	Semi-cristalino	Blanco cremoso
A-7597	Asgrow	Intermedio	Semi-cristalino	Blanco cremoso
Halcón	Asgrow	Precoz	Semi-dentado	Blanco cristalino
Pantera	Asgrow	Intermedio	Semi-cristalino	Blanco cremoso
Tromba	Ceres	Intermedio	Semi-dentado	Blanco cremoso
Tomado	Ceres	Intermedio	Semi-dentado	Blanco cremoso
Trueno	Ceres	Intermedio	Semi-dentado	Blanco cremoso
H-311	INIFAP	Intermedio	Semi-dentado	Blanco cremoso

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó amplia variabilidad entre híbridos en cuanto a su fenología, fenotipo y producción de grano y forraje en cada localidad (datos no incluidos) y entre localidades (Cuadro 2). El análisis de varianza combinado detectó diferencias significativas para cada variable registrada entre localidades, híbridos y para la interacción localidad x híbrido, lo que refleja la importancia de la interacción híbrido de maíz x ambiente. La amplia diversidad observada en fenología, fenotipo y producción de grano entre los híbridos pudo deberse a sus diversos orígenes, tanto de diferentes localidades de México (Gil *et al.*, 1995; Caraballosa *et al.*, 2000; Nava y Mejía, 2002; Arellano *et al.*, 2003) como de otros países (Meeske *et al.*, 2000; Guimaraes *et al.*, 2002).

Los mayores rendimientos de grano y forraje se observaron en Tepezalá y Pabellón y los menores en Villanueva, debido a que las condiciones ambientales prevalentes en esta última localidad fueron menos favorables para el cultivo (temperaturas medias altas y suelos menos fértiles y delgados) que los de las localidades de Aguascalientes. A este respecto, Guimaraes *et al.* (2002), en Brasil, también observaron amplia variabilidad en el comportamiento de híbridos

de maíz debido a la diversidad genética amplia del germoplasma que incluyeron en sus evaluaciones, así como a la diversidad de los ambientes de prueba. En México, Gil *et al.* (1995) observaron que el patrón varietal del maíz en la Sierra Purépecha de Michoacán está asociado con el color de grano, la duración del ciclo vegetativo y el rendimiento de grano; además, encontraron que el mejor comportamiento de cada genotipo se atribuye a su capacidad para aprovechar el régimen de precipitación específico y a otros factores ambientales tales como el tipo y fertilidad del suelo, las temperaturas y el manejo agronómico (Gil *et al.*, 1995; Mejía y Molina, 2003).

La época de floración sólo mostró asociación positiva con rendimiento de grano en Pabellón y con rendimiento de forraje en Tepezalá y Pabellón. Las variables altura de planta y de mazorca mostraron una asociación positiva con el rendimiento de grano en Pabellón y Villanueva, y también con el rendimiento de forraje en Pabellón; la altura de mazorca sólo se asoció positivamente con el rendimiento de forraje en Tepezalá y Pabellón; a su vez se encontró asociación positiva entre el rendimiento de grano y la producción de forraje verde en Pabellón y Villanueva. El análisis de correlación entre medias a través de localidades indicó estrecha asociación positiva entre días a floración

Cuadro 2. Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza combinado de 20 híbridos de maíz evaluados en tres localidades del Altiplano Semiárido de México. 2000.

Fuente de variación	g.l.	RG	RF	DFE	DFM	AP	AM
Localidades	2	107.8**	924257886.9**	2546.3**	5003.9**	20570.9**	28552.2**
Repeticiones	2	11.8**	109498868.7*	0.6NS	105.2NS	240.5NS	33.3NS
Híbridos	19	10.2**	148650135.6*	305.3**	316.7**	2069.9**	1102.3**
Loc x Híb	38	3.4**	53290610.6**	11.3**	36.7NS	442.6NS	288.9**
Rep x Loc	4	9.6**	54702188.2NS	4.2NS	28.8NS	832.8*	433.9**
Covariable	1	6.8*	250.3NS	11.0*	0.1NS	7089.9**	1358.0**
Error	113	1.7	28633734.6	2.2	37.9	299.3	123.3
CV (%)		17.5	25.4	1.8	7.6	7.9	10.7

g.l. = Grados de libertad; RG = Rendimiento de grano; RF = Rendimiento de forraje; DFE = Días a floración femenina; DFM = Días a floración masculina; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; Loc = Localidad; Rep = Repetición; Híb = Híbrido; CV = Coeficiente de variación. * Significativo ($p \leq 0.05$); ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$); NS = No significativo ($p \leq 0.05$).

y altura de planta y de mazorca, así como asociación intermedia positiva entre el rendimiento de forraje con días a floración, altura de mazorca y rendimiento de grano (Cuadro 3).

Otros investigadores han reportado resultados similares, como Guimaraes *et al.* (2002) quienes también observaron una asociación positiva entre el rendimiento de grano y la altura de la planta, mientras que Núñez *et al.* (2003) la encontraron entre rendimiento de forraje y altura de planta. Por su parte, Cummins y Dobson (1973), Bolaños y Edmeades (1996); Arellano *et al.* (2003) y Núñez *et al.* (2003) detectaron relación negativa entre el rendimiento de grano y días a floración, lo que indica que el menor potencial de rendimiento estuvo asociado con la mayor precocidad del germoplasma. Con base en lo anterior,

Cuadro 3. Coeficientes de correlación simple entre características fenológicas y productivas de 20 híbridos de maíz evaluados en tres localidades del Altiplano Semiárido de México. 2000.

Variable	DFM	APL	AMZ	RG	RF
Tepezalá					
DFM	0.98**	0.15NS	0.34NS	0.16NS	0.55**
DFM		0.17NS	0.35NS	0.22NS	0.55**
APL			0.68**	0.33NS	0.27NS
AMZ				0.26NS	0.69**
RG					0.21NS
Pabellón					
DFM	1.00**	0.55**	0.69**	0.44*	0.73**
DFM		0.53**	0.67**	0.44*	0.71**
APL			0.78**	0.42*	0.65**
AMZ				0.47*	0.78**
RG					0.78**
Villanueva					
DFM	1.00**	0.51*	0.24NS	0.33NS	0.36NS
DFM		0.50*	0.23NS	0.28NS	0.36NS
APL			0.53*	0.55**	0.30NS
AMZ				0.47*	0.64**
RG					0.55**
Correlaciones combinadas					
DFM	0.95**	0.40*	0.41*	0.31NS	0.49*
DFM		0.38*	0.42*	0.27NS	0.51*
APL			0.55**	0.42*	0.38NS
AMZ				0.35NS	0.64**
RG					0.52*

DFM= Días a floración femenina; APL= Altura de planta; AMZ= Altura de mazorca; RG= Rendimiento de grano; RF= Rendimiento de forraje; DFM= Días a floración masculina; *Significativo ($p \leq 0.05$); ** Altamente significativo ($p \leq 0.01$); NS= No significativo ($p \leq 0.05$).

se puede afirmar que las características estrechamente asociadas con el rendimiento de grano o de forraje pueden ser utilizadas durante el proceso de evaluación y selección de germoplasma de maíz de doble propósito, en regiones agrícolas con condiciones climáticas similares a las de los sitios de evaluación de este trabajo; a este respecto, los resultados obtenidos en esta investigación sugieren utilizar en la selección de maíces de doble propósito características asociadas con alta productividad como el ciclo vegetativo intermedio y mayor altura de mazorca y de planta.

Los rendimientos mayores de grano y forraje se observaron en Tepezalá, mientras que los menores de grano se obtuvieron en Villanueva y los menores de forraje en Pabellón. Por su alta producción combinada de grano y forraje destacaron en Tepezalá los híbridos SB-304, Trueno, 30G40 y H-311, mientras que en Pabellón y Villanueva sobresalieron H-311 y Pantera; por el contrario, la menor producción combinada de forraje y grano se observó con AS-820, Z-60, C-220 y Halcón, en las tres localidades (Cuadro 4). Es importante mencionar que los híbridos SB-304 y Pantera fueron evaluados en la Comarca Lagunera de México (estados de Coahuila y Durango) con fines de producción de forraje y SB-304 destacó por su alto rendimiento (Núñez *et al.*, 2003).

El contenido de proteína cruda en los híbridos varió de 7.7 a 9.2%, mientras que el contenido de proteína digestible fue de 3.2 a 4.7%. Estos valores de proteína cruda son menores en amplitud a los citados por Aufrère *et al.* (1992) que fueron del 5.8 al 13% y De Boever *et al.* (1988) del 8.2 al 11.4%, aunque son mayores a los mencionados por Meeske *et al.* (2000) del 5.7 al 7.7% y similares a los indicados por Núñez *et al.* (2003) del 7.9 al 9.5%. Los híbridos con mayor contenido de proteína en el forraje fueron Pantera, Gilsa-120, Tromba, C-526 y 30G40 (más de 9% de proteína cruda y más de 4% de proteína digestible), mientras que los híbridos Z-21, AS-948, AS-910 y AS-31 presentaron los menores contenidos de proteína (menos de 8% de proteína cruda y menos de 3.5% de proteína digestible) (datos no mostrados). Los contenidos de proteína cruda y digestible se asociaron negativamente con el rendimiento de grano y forraje, a excepción de los híbridos Pantera y 30G40; lo anterior indica que no

Cuadro 4. Rendimientos de grano y forraje verde de 20 híbridos de maíz cultivados en tres localidades del Altiplano Semiárido de México. 2000.

Híbrido	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)			Rendimiento de forraje (t ha ⁻¹)		
	Tepezalá	Pabellón	Villanueva	Tepezalá	Pabellón	Villanueva
SB-302	11.2	8.7	5.3	56.8	29.3	42.5
SB-304	11.9	9.7	6.0	65.9	32.1	43.6
AS-31	11.3	10.1	6.3	61.1	32.4	43.4
AS-910	10.8	8.6	6.5	64.7	30.5	48.1
AS-948	10.1	8.8	5.8	63.6	35.4	42.2
Gilsa-120	9.3	9.3	4.9	63.8	38.5	45.6
AS-820	8.6	7.1	3.4	42.5	21.8	33.2
C-922	12.1	11.6	6.9	55.7	31.7	43.5
Z-60	9.9	7.0	4.4	48.5	19.5	40.1
C-220	9.9	6.6	6.2	64.1	26.3	42.7
Z-21	10.6	9.6	4.8	51.8	34.6	41.4
C-526	10.2	8.6	7.0	46.3	27.3	43.3
Halcón	11.5	8.0	5.2	41.9	20.5	34.4
A-7597	10.4	10.3	6.7	52.6	38.3	34.9
Pantera	11.0	11.9	8.4	59.3	45.7	46.7
Tromba	12.3	7.4	7.1	38.3	26.9	40.8
Tomádo	10.4	9.7	4.1	62.3	37.7	33.2
Trueno	12.8	9.5	6.9	60.3	29.1	38.6
30G40	12.6	10.5	7.1	59.7	43.1	39.6
H-311	11.6	12.1	7.7	60.7	47.3	48.9
Media	10.8	9.4	6.0	55.2	33.5	41.3
DMS 0.05	4.0	1.3	1.3	12.3	9.6	8.9

obstante que existen maíces con alto rendimiento de forraje y grano, es difícil encontrar híbridos que además muestren alta calidad del forraje, ya que dicha relación es generalmente inconsistente a través de ambientes (Núñez *et al.*, 2003). Por tanto, el fitomejorador deberá decidir si selecciona por alto rendimiento de forraje o por la mejor calidad del mismo, con base en los valores nutritivos y energéticos, o bien, aprovechar híbridos sobresalientes como Pantera o 30G40 para la formación

de nuevas poblaciones con características productivas de grano y forraje, y con mejor calidad de éste último. Es importante señalar que la selección por altos rendimientos de grano también podría favorecer los altos rendimientos de forraje, además de la adaptación a ambientes favorables; sobre este aspecto, Mejía y Molina (2003) señalan que las poblaciones mejoradas incrementan la frecuencia de alelos en cada *locus*, lo que permite tomar ventaja en condiciones ambientales

favorables para la producción. La identificación de híbridos estables en rendimientos de grano y de forraje garantizará la mejor explotación de las condiciones ambientales dedicadas al cultivo del maíz de doble propósito en el Altiplano Semiárido de México.

CONCLUSIONES

Se observó variabilidad fenológica, fenotípica y productiva de grano y forraje en 20 híbridos comerciales de maíz en Aguascalientes y Zacatecas. La selección de híbridos por altos rendimientos de grano también puede favorecer los altos rendimientos de forraje, además de la adaptación a ambientes favorables.

Se identificaron híbridos sobresalientes por su alta producción combinada de grano y forraje, tales como H-311, Pantera, 30G40 y C-922, aunque la producción alta no estuvo relacionada con un mayor contenido de proteína en el forraje, a excepción de Pantera y 30G40.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por el Sistema de Investigación Regional Miguel Hidalgo (SIHGO-CONACYT) Proyecto 19990201021. También hacen un especial agradecimiento a: LPA. Eduardo Salinas Hernández, M.C. Rodolfo Ocampo Jaime y MVZ. Irene Vitela, del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 20, con sede en El Llano, Aguascalientes, por sus sugerencias y apoyo técnico en el desarrollo de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Arellano V., J. L.; Tut C., C.; María R., A.; Salinas M., Y. y Taboada G., O. R. 2003. Maíz azul de los Valles Altos de México. I. Rendimiento de grano y caracteres agronómicos. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(2): 101-107.
- Aufrère, J.; Graviou, D.; Demarquilly, C.; Andrieu, J.; Emile, J. C.; Giovanni, R. and Maupetit, P. 1992. Estimation of organic matter digestibility of whole maize plants by laboratory methods. *Anim. Feed Sci. Technol.* 19: 247-260.
- Bolaños, J. and Edmeades, G. O. 1996. The importance of the anthesis silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. *Field Crops Res.* 48: 65-80.
- Carballoso T., V.; Mejía C., A.; Valderrama C., S.; Carballo C., A. y González C., F. V. 2000. Divergencia en poblaciones de maíz nativas de Valles Altos de México. *Agrociencia* 34(2): 167-174.
- Cummins, D.G. and Dobson Jr., J.W. 1973. Corn for silage as influenced by hybrid maturity, row spacing, plant population and climate. *Agron. J.* 65: 240-243.
- De Boever, J. L.; Cottyn, B. G.; Andrien, J. L.; Buysse, F. X. and Vanacker, J. M. 1988. The use of a cellulase technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of forages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 19: 247-260.
- Eberhart, S. A. 1969. Yield stability of single-cross genotypes. *Proc. Corn Sorghum Ind. Res. Conf.* 24: 22-35.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 217 p.
- Gil M., A.; Muñoz O., A.; Carballo C., A. y Trinidad S., A. 1995. El patrón varietal de maíz en la región sureste de la Sierra Purépecha. I. Variables importantes empleadas en su definición. *Rev. Fitotec. Mex.* 18(2): 163-173.
- Guimaraes, P.; Juliatti, F. C.; Lopes, A. e Toshiyuki, O. 2002. Avaliação do desempenho agronomico de híbridos de milho em Uberlandia, MG. *Pesq. Agropec. Bras.* 37: 597-602.
- Martínez G., M. I. 2001. Evaluación de diferentes tipos de híbridos de maíz para grano y forraje y formación de sus F₂ bajo riego en Aguascalientes. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario de Aguascalientes. El Llano, Aguascalientes, México. 75 p.
- Meeske, R.; Basson, H. M.; Peinar, J. P. and Cruywagen, C. W. 2000. A comparison of the yield, nutritional value and predicted production potential of different maize hybrids for silage production. *South African J. Anim. Sci.* 30: 18-21.

- Mejía C., A. y Molina G., J. D. 2003. Cambios de estabilidad en el rendimiento de variedades tropicales de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(2): 89-94.
- Nadal, A. 2000. El caso del maíz mexicano en el NAFTA: Variabilidad genética y liberalización comercial. *Biodiversidad* 24: 3-12.
- Nava P., F. y Mejía C., A. 2002. Evaluación de maíces precoces e intermedios en Valles Altos Centrales de México. II. Divergencia genética. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(2): 187-192.
- Núñez H., G., Contreras G., E. F. y Faz C., R. 2003. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Téc. Pecu. Méx.* 41(1): 37-48.
- Servicio de Información y Estadística Agropecuaria y Pesquera (SIEA). 2004. Avances de siembra y cosecha primavera-verano de 2003. [En línea] Disponible en: <http://www.sica.sagarpa.gob.mx>. (Revisado el 5 de marzo de 2004).
- Statsoft, 1997. *Statistica for Windows* (CD-ROM Computer File). Release 5.1. Tulsa, OK., USA.