

## ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD FORRAJERA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ

### STABILITY OF YIELD AND FORAGE QUALITY OF CORN HYBRIDS

Alfonso Peña Ramos<sup>1\*</sup>, Fernando González Castañeda<sup>1</sup>, Gregorio Núñez Hernández<sup>2</sup>, Ma. del Rosario Tovar Gómez<sup>3</sup>, Ricardo E. Preciado Ortiz<sup>4</sup>, Arturo Terrón Ibarra<sup>4</sup>, Noel Gómez Montiel<sup>5</sup> y Alejandro Ortega Corona<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Pabellón, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP. Km 32.5 Carr. Aguascalientes-Zacatecas. 20660, Pabellón de Arteaga, Ags. Tel. 01 (465) 95 80165 Ext. 127, Fax: Ext. 102. <sup>2,3,4,5 y 6</sup> Campos Experimentales La Laguna, Valle de México, Bajío, Iguala y Valle del Yaqui, del INIFAP, respectivamente.

\* Autor para correspondencia (pena.alfonso@inifap.gob.mx)

#### RESUMEN

En México la demanda de maíces híbridos forrajeros (*Zea mays* L.) ha incrementado aceleradamente. El objetivo del estudio fue identificar híbridos más productivos, estables y de mayor calidad forrajera para diferentes regiones del país. En 2004 se evaluaron cuatro híbridos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y tres comerciales, en seis localidades del país con diferencias extremas en altitud y clima: Pabellón, Ags., Iguala, Gro., Chapingo, Méx., Valle del Yaqui, Son. y Torreón, Coah., primavera y verano. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se fertilizó con 180 a 240 kg ha<sup>-1</sup> de N y 70 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de P y se sembró a una densidad de población de 80 mil plantas/ha. Se midió materia seca total (MST), fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA), digestibilidad *in vitro* (DIV), proteína cruda (PC), y se estimó la producción de leche por hectárea (LEHA). Hubo interacción híbridos x localidades para MST y LEHA ( $P \leq 0.05$ ). El híbrido subtropical 'H-376' sobresalió en MST a través de localidades, con producciones de 17.6 a 23.0 t ha<sup>-1</sup>; también sobresalió 'H-157' de valles altos pero sólo en localidades más favorables como Pabellón, Iguala, Torreón Primavera y Chapingo con rendimientos de 20.0 a 23.9 t ha<sup>-1</sup>. El testigo 'ABT-7887' fue el mejor en calidad forrajera con menor FDN y mayor DIV, y superó a 'H-376' en 37 y 33 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente en promedio de ambientes. En producción de leche por hectárea sobresalieron 'H-376' y 'H-157' por su estabilidad a través de ambientes especialmente en Iguala, Pabellón, Sonora y Torreón en siembras de primavera, donde rindieron entre 11.5 y 13.8 t ha<sup>-1</sup>. El testigo 'Z-23' tuvo mejor respuesta en ambientes más favorables, como Sonora y Pabellón donde rindió más de 15.0 t ha<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** *Zea mays*, producción de materia seca, contenido de fibra, digestibilidad *in vitro*, parámetros de estabilidad.

#### SUMMARY

In México the need for better corn (*Zea mays* L.) forage hybrids has increased quickly. The objective of this study was to identify stable corn hybrids with higher forage and quality production for different regions. In 2004 four hybrids from the National Research Institute for Agriculture, Forest and Livestock (INIFAP) and three commercial ones were evaluated at six locations greatly differing in altitude and climate: Pabellón, Ags., Iguala, Gro., Chapingo, Méx., Valle del Yaqui, Son. and Torreón, Coah. (Spring and Summer). A randomized complete blocks design with three replications was used at each location. Fertilization varied from 180 to 220 kg ha<sup>-1</sup> N and from 70 to 90 kg ha<sup>-1</sup> P across locations. Plant density was 80 000 plants/ha. Total dry matter production (TDM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), *in vitro* digestibility (IVD) and crude protein (CP) were measured, and production of milk per hectare (MPHA) was estimated. Interaction hybrid x location was detected only for TDM and MPHA ( $P \leq 0.05$ ). The subtropical hybrid 'H-376' was the best for TDM across locations, yielding from 17.6 to 23.0 t ha<sup>-1</sup>. The highland hybrid 'H-157' had also good response, but only in more favorable locations as Pabellón, Iguala, Chapingo, and Torreón Spring with yields varying from 20.0 to 23.9 t ha<sup>-1</sup> of TDM. The control 'ABT-7887' was the best in forage quality with less NDF content and higher IVD, outyielding hybrid 'H-376' in 37 and 33 g kg<sup>-1</sup>, respectively. Hybrids H-376 and H-157 were stable in MPHA production and had good responses across environments, especially at Iguala, Pabellón, Sonora and Torreón Spring, where they yielded between 11.5 and 13.8 t ha<sup>-1</sup>. The control 'Z-23' had better response in more favorable locations, as Sonora and Pabellón, where it yielded more than 15.0 t ha<sup>-1</sup>.

**Index words:** *Zea mays*, dry matter production, fiber content, *in vitro* digestibility, stability parameters.

#### INTRODUCCIÓN

La demanda de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en las cuencas lecheras del país, plantea la necesidad de identificar híbridos con mayor potencial de producción y calidad forrajera, con adaptación a una mayor diversidad de ambientes. En estas regiones es común que los productores utilicen híbridos con alta producción de materia verde para ensilar, pero poca atención se ha prestado a la calidad forrajera, donde el contenido de fibras, digestibilidad y proteína son fundamentales en la elección del mejor maíz. Algunos estudios indican que híbridos con alto porcentaje de mazorcas son buenos en calidad forrajera (Carter *et al.*, 1992; Cox *et al.*, 1994); en algunos híbridos la calidad del tallo y hojas contribuye también de manera importante en la calidad de la planta total (Coors y Lauer, 2001). Existe una amplia variación en calidad del forraje entre híbridos de maíz recomendados para producción de grano (Allen *et al.*, 1990; Núñez *et al.*, 2003) y entre poblaciones de maíz de diferente área de adaptación (Peña *et al.*, 2002).

Hay muchos estudios relacionados con diferencias en características de la calidad forrajera entre híbridos de maíz, pero la información sobre la estabilidad de estos caracteres a través de ambientes es escasa. Peña *et al.* (2004) detectaron interacción genotipo x ambiente en la mayoría

de los caracteres relacionados con la calidad, en dos grupos de cruza de maíz. En otros estudios no se detectó interacción genotipo x ambiente al evaluar un alto número de híbridos, a pesar de diferencias marcadas entre años y localidades (Deinum, 1988). Algunos híbridos mantienen una marcada consistencia en la digestibilidad de la planta total a través de localidades y años (Vattikonda y Hunter, 1983; Cox *et al.*, 1994), que otros (Carter *et al.*, 1992). Se ha encontrado mayor producción de materia seca y mejor calidad en híbridos de regiones templadas que en híbridos tropicales, cuando son evaluados en regiones templadas (Johnson *et al.*, 1997), pero sólo en contadas ocasiones se han seleccionado híbridos de alta calidad forrajera por su estabilidad a través de ambientes (Bertoia *et al.*, 2002).

En años recientes se han generado nuevos híbridos de maíz para grano en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias (INIFAP), algunos de los cuales han mostrado alto rendimiento de materia seca y calidad forrajera aceptable en las localidades de origen, de los cuales se desconoce su comportamiento en otras regiones del país en donde pudieran tener uso. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue identificar los híbridos más productivos, estables y de mayor calidad forrajera en diferentes regiones del país con diferencias extremas en altitud y clima.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron siete híbridos de maíz: 'H-143' y 'H-157' del INIFAP con adaptación a zonas de transición y valles altos respectivamente; 'H-323' y 'H-376' también de INIFAP, con adaptación a regiones subtropicales semiáridas, cálidas; los testigos comerciales de alta calidad forrajera 'G-8285' y 'ABT-7887' adaptados a regiones bajas con clima seco y muy cálido y el híbrido 'Z-23' también de regiones subtropicales.

El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones por localidad. La unidad experimental fue de cuatro surcos de 5.0 m de largo y 0.76 m de ancho, con una densidad de 80 mil plantas/ha, dada por una planta cada 16 cm. Se fertilizó con nitrógeno y fósforo, con aplicaciones que variaron entre localidades de 180 a 220 kg ha<sup>-1</sup> de N y de 70 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de P. Los híbridos se evaluaron durante 2004, en seis localidades con diferencias marcadas en altitud y clima (Cuadro 1): Pabellón, Ags., Chapingo, Méx., Iguala, Gro., Valle del Yaqui, Son. (otoño-invierno) y Torreón, Coah. (primavera y verano). El trabajo se condujo bajo riego, excepto en Iguala, donde se estableció bajo temporal o seco. En Pabellón, Torreón primavera y Valle de México se sembró en abril, en

Torreón verano e Iguala en junio, y en el Valle del Yaqui en noviembre.

Se cosechó el total de plantas de los dos surcos centrales de cada unidad experimental en la etapa de 1/2 a 1/3 de línea de leche del grano (Wiersma *et al.*, 1993), a las cuales se les midió peso fresco total. Se tomó una muestra al azar de cinco plantas completas, se pesaron, picaron y mezclaron; luego se tomó una submuestra de 1 kg que se secó a 60 °C hasta alcanzar peso constante. Con estos datos se calculó la producción de materia seca total (MST).

Cuadro 1. Localización geográfica y temperatura media durante el ciclo de cultivo de los seis sitios de evaluación.

Localización	Pabellón	Iguala	Sonora	Chapingo	Torreón P.	Torreón V.
Altitud (m)	1932	780	39	2249	1120	1120
Latitud N	22° 07'	18° 21'	27° 22'	19° 22'	25° 31'	25° 31'
Longitud O	102° 15'	99° 31'	109° 55'	98° 39'	103° 14'	103° 14'
T media (°C)	21.4	27.5	15.1	16.6	27.2	24.5

P = Primavera; V = Verano.

Las muestras secas de las cinco plantas se molieron en partículas de 1 mm de diámetro con un molino Willey, y en ellas se determinó el contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad *in vitro* (DIV) y proteína cruda (PC) mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS). Además, se estimó la producción de leche por hectárea (LEHA) mediante el programa MILK-95, el cual combina producción de materia seca y calidad del forraje en un solo término (Undersander *et al.*, 1993); este programa ha sido utilizado eficientemente en la selección de materiales de maíz para forraje (Cox y Cherney, 2001b).

Se hizo un análisis de varianza conjunto para cada variable y la comparación de medias se hizo mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) a 0.05 de probabilidad. También se hizo un análisis de parámetros de estabilidad (Eberhart y Russell, 1966) para MST, DIV y LEHA.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias significativas entre localidades para todas las variables de estudio (datos no mostrados). No hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre híbridos para fibra detergente neutro y producción estimada de leche por hectárea, mientras que la interacción híbrido x localidad resultó significativa ( $P \leq 0.05$ ) solamente para producción de materia seca y producción estimada de leche por hectárea. La ausencia de interacción híbrido x localidad para el contenido de fibras, digestibilidad *in vitro* y proteína cruda, sugiere que la calidad forrajera de los

híbridos fue consistente a través de ambientes con tan amplias diferencias climáticas, lo cual coincide en parte con otros investigadores (Deinum, 1988; Cox *et al.*, 1994).

Los mayores rendimientos de materia seca se obtuvieron en Pabellón e Iguala con producciones superiores a las 20.5 t ha<sup>-1</sup>, mientras que en Torreón en siembras de verano se obtuvo el menor con 13.4 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 2). Estos resultados no se esperaban para Iguala, ya que ningún híbrido se reporta con adaptación a esa localidad; en cambio, para Pabellón es común obtener rendimientos superiores a las 20 t ha<sup>-1</sup> con los híbridos evaluados. Las siembras de verano en Torreón generalmente no son tan productivas como las de primavera, probablemente porque en las primeras etapas de desarrollo ocurren temperaturas muy altas que reducen el área foliar de la planta y el crecimiento del cultivo, lo que afecta principalmente la acumulación de materia seca en la mazorca (Reta *et al.*, 2000).

La mayor calidad forrajera con menor contenido de fibras, alta digestibilidad y un contenido de proteína intermedio se expresó en Sonora, localidad más baja y con temperaturas frescas. En Chapingo, localidad más alta y fresca, también hubo alta digestibilidad y proteína cruda; mientras que en Iguala y Torreón en siembra de verano, en general hubo menor calidad con mayor contenido de fibras, menor digestibilidad y bajo contenido de proteína cruda. Estos resultados concuerdan en parte con los de Núñez y Cantú (2000) y Peña *et al.* (2004) quienes señalan que ambientes con temperaturas más altas pueden reducir la calidad forrajera. La baja calidad obtenida en Torreón en siembras de verano pudo deberse también a que se cosechó con un contenido de materia seca más alto que en las otras localidades (39 a 44 % vs. 30 a 35 %). En otros estudios se ha observado que conforme se retrasa la cosecha a etapas avanzadas de madurez, el contenido de fibras se incrementa y la digestibilidad disminuye significativamente (Wiersma *et al.*, 1993).

En Pabellón y Sonora se obtuvieron las mayores producciones de leche por hectárea (Cuadro 2). En Pabellón, se atribuye principalmente a una mayor producción de materia seca, mientras que en Sonora a una mayor calidad forrajera. En Torreón en siembras de verano, por el contrario, se obtuvo el más bajo rendimiento de leche por hectárea, debido a que se combinó el menor rendimiento de materia seca y la menor calidad forrajera.

La producción de materia seca de los híbridos varió de 15.8 a 21.1 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 3). Los híbridos con mayor producción de materia seca fueron 'H-376' de origen subtropical y 'H-157' de valles altos con rendimientos que superaron las 20 t ha<sup>-1</sup> en promedio de ambientes; los peores rendimientos se registraron en los testigos 'G-8285' y

'ABT-7887'. En calidad forrajera sobresalió 'ABT-7887' por su menor contenido de fibras, mayor digestibilidad *in vitro* y mayor proteína cruda; entre los de menor calidad aparecen 'H-376' y 'H-143'. 'ABT-7887' tuvo 37 g kg<sup>-1</sup> menos de fibra detergente neutro y 33 g kg<sup>-1</sup> más en digestibilidad *in vitro* que 'H-376'. En otros estudios se han detectado diferencias entre híbridos de 30 a 100 g kg<sup>-1</sup> en el contenido de fibra detergente neutro y de 27 a 60 g kg<sup>-1</sup> en la digestibilidad *in vitro* (Allen *et al.*, 1990; Cox *et al.*, 1994). Debido a que no hubo interacción híbrido x localidad para las variables de calidad forrajera, se considera que la superioridad del híbrido 'ABT-7887' fue consistente en todos los ambientes. En producción de leche por hectárea no hubo diferencias significativas entre híbridos, pues quizás el número de ambientes o el número de repeticiones no fue suficiente para determinar estas diferencias como significativas. En términos económicos, diferencias hasta de 1 t ha<sup>-1</sup> ya son importantes para el productor.

El análisis de parámetros de estabilidad indicó que la mayoría de los híbridos tuvo un comportamiento estable a través de ambientes en las tres variables analizadas, con  $bi = 1$  y  $Sdi = 0$  (Cuadro 4). Solamente el híbrido 'Z-23' tuvo mejor respuesta en ambientes favorables en producción de materia seca y leche por hectárea, y el 'H-157' en producción de materia seca ( $bi > 1$ ); mientras que 'H-143' y 'ABT-7887' mostraron inconsistencia a través de ambientes en las tres variables, y Z-23 en producción de leche por hectárea ( $Sdi \neq 0$ ).

El híbrido 'H-376' tuvo uno de los rendimientos de materia seca más altos a través de ambientes, que fluctuaron entre 17.5 t ha<sup>-1</sup> en Torreón en siembra de verano y 22.5 t ha<sup>-1</sup> en Pabellón e Iguala, y solamente fue igualado por el híbrido 'H-157' en los ambientes más favorables como Chapingo, Torreón en siembra de primavera, Pabellón e Iguala (Figura 1a). Los híbridos con los rendimientos más pobres fueron 'G-8285' y 'ABT-7887' con diferencias cercanas a las 5.0 t ha<sup>-1</sup> a través de localidades respecto al 'H-376'. En las regiones productoras de maíz para forraje los rendimientos superiores a 20 t ha<sup>-1</sup> se pueden considerar aceptables en producción. En el presente estudio 'H-376' tuvo rendimientos iguales o superiores a 20 t ha<sup>-1</sup>, en cinco localidades, excepto en la siembra de verano en Torreón, y 'H-157' en cuatro. El menor rendimiento de los híbridos 'G-8285' y 'ABT-7887', se explica en parte porque son de menor porte que el resto y de reducida área foliar; también son materiales que tuvieron fuerte incidencia de pudrición de mazorca en Iguala y de roya (*Puccinia polysora*) en Chapingo.

El testigo 'ABT-7887' de menor rendimiento de materia seca, fue el mejor en digestibilidad *in vitro* a través

de ambientes, con una fluctuación de 720 a 765 g kg<sup>-1</sup>; los peores en digestibilidad fueron ‘H-376’ y ‘H-143’ con 20 a 50 g kg<sup>-1</sup> menor digestibilidad que ‘ABT-7887’ en esos mismos ambientes (Figura 1b). Diferencias de 27 a 29 g kg<sup>-1</sup> en digestibilidad *in vitro* en maíz se consideran de magnitud suficiente y económicamente importantes para los productores lecheros, quienes incluyen de 25 a 50 % de ensilado de maíz en las raciones (Carter *et al.*, 1992). Otros híbridos con alta digestibilidad fueron los testigos ‘Z-23’ y ‘G-8285’, y solamente uno de los híbridos de

INIFAP (H-323) presentó una digestibilidad aceptable a través de ambientes con una fluctuación de 715 a 745 g kg<sup>-1</sup>. Todos los híbridos tuvieron su mejor respuesta en Torreón en siembra de primavera, y la peor en Torreón en siembra de verano. Los valores de digestibilidad obtenidos por los mejores híbridos en las localidades más favorables son buenas y comparables a las encontradas por Peña *et al.* (2004) en cruza experimentales sobresalientes mejoradas para alta calidad forrajera.

Cuadro 2. Producción y calidad forrajera de maíz en seis localidades, en promedio de siete híbridos de maíz.

Localidad	MST (t ha <sup>-1</sup> )	Fibra (g kg <sup>-1</sup> )		DIV	PC	LEHA (t ha <sup>-1</sup> )
		FDN	FDA			
Pabellón	20.6 ab	501 c	291 b	711 bc	94 a	13.4 a
Sonora	16.9 d	462 d	240 c	729 abc	82 b	13.4 a
Torreón P	19.0 bc	580 ab	279 b	752 a	65 c	11.5 ab
Iguala	20.8 a	561 b	315 a	715 bc	61 c	11.3 ab
Chapingo	18.1 cd	591 a	331 a	742 ab	90 a	10.3 b
Torreón V	13.4 e	566 b	318 a	707 c	79 b	7.1 c
DMS <sub>0.05</sub>	1.7	20	18	34	8	2.1

P = Primavera; V = Verano; MST = Materia seca total; FM = Floración masculina; FDN y FDA = Fibra detergente neutro y ácido respectivamente; DIV = Digestibilidad *in vitro*; PC = Proteína cruda; LEHA = Producción estimada de leche por hectárea. Medias con diferente letra dentro de cada columna son diferentes estadísticamente (DMS, 0.05).

Cuadro 3. Producción y calidad forrajera de híbridos de maíz en promedio de seis localidades.

Híbrido	MST (t ha <sup>-1</sup> )	Fibra (g kg <sup>-1</sup> )		DIV	PC	LEHA (t ha <sup>-1</sup> )
		FDN	FDA			
‘Z-23’	17.6 bc	539 ab	291	734 a	78 ab	12.0
‘H-157’	20.1 ab	550 ab	303	722 abc	81 ab	11.9
‘H-376’	21.1 a	558 a	295	711 bc	79 ab	11.5
‘ABT-7887’	15.9 c	521 b	287	744 a	82 a	11.3
‘H-323’	18.3 bc	549 ab	300	729 abc	78 ab	11.0
‘H-143’	18.0 bc	550 ab	294	709 c	76 b	10.5
‘G-8285’	15.8 c	544 ab	302	732 ab	76 b	10.0
DMS <sub>0.05</sub>	2.7	34	ns	22	5	ns

MST = Materia seca total; FM = Floración masculina; FDN y FDA = Fibra detergente neutro y ácido respectivamente; DIV = Digestibilidad *in vitro*; PC = Proteína cruda; LEHA = Producción estimada de leche por hectárea. Medias con diferente letra dentro de cada columna son diferentes estadísticamente (DMS 0.05). ns = no significativo.

Cuadro 4. Parámetros de estabilidad para materia seca total (MST), digestibilidad *in vitro* (DIV) y producción leche por hectárea (LEHA).

Híbrido	MST		DIV		LEHA	
	bi	Sdi	bi	Sdi	bi	Sdi
‘G-8285’	0.86	-1.46	1.10	48.5	1.22	0.10
‘Z-23’	1.45 *	1.98	1.11	34.7	1.58 *	4.45 *
‘ABT-7887’	0.88	4.35 *	1.20	315.2 *	1.06	7.69 **
‘H-143’	0.77	8.41 **	0.99	817.8 **	0.76	14.56 **
‘H-157’	1.46 *	5.74 **	1.30	-21.5	0.90	1.31
‘H-376’	0.74	0.88	0.58	55.3	0.85	1.17
‘H-323’	0.84	1.22	0.72	33.9	0.63	0.44

\* para bi ≠ 1 al 0.05 de probabilidad; \*\*, \*\* para Sdi ≠ 0 al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

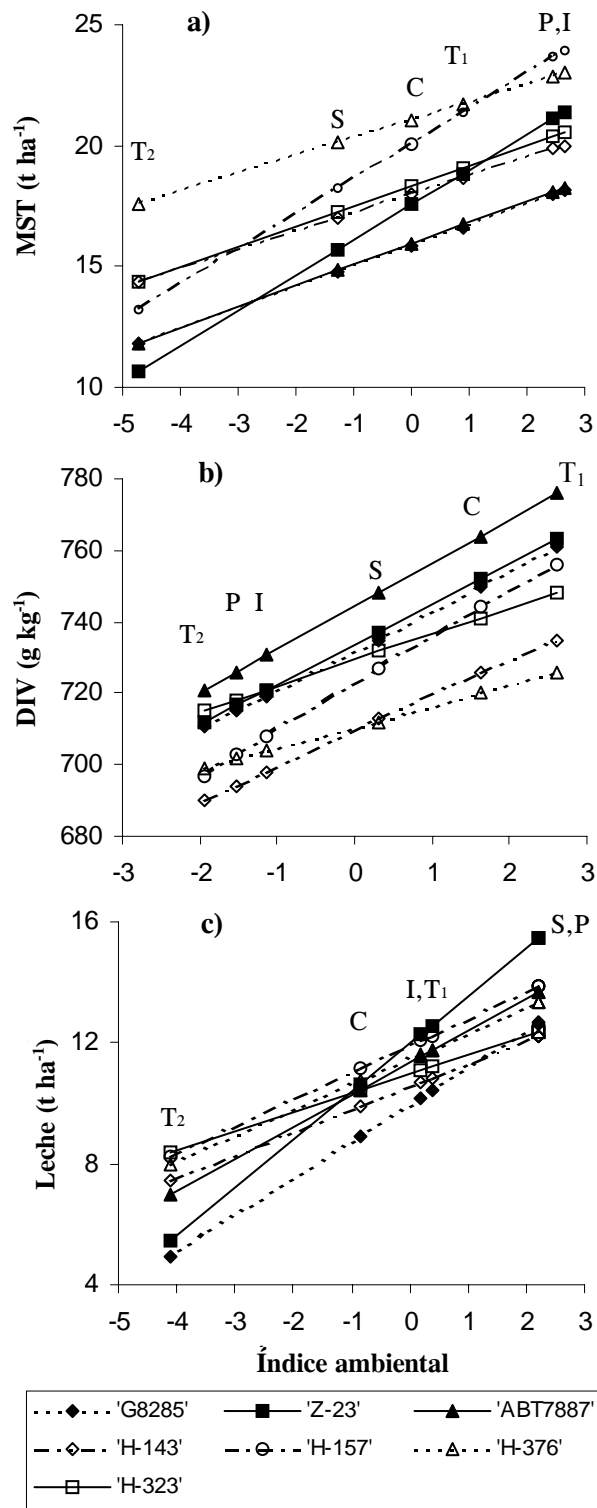


Figura 1. Respuesta de los híbridos a través de ambientes: a) Materia seca total, b) Digestibilidad in vitro y c) Leche por hectárea. S = Sonora; P = Pabellón; C = Chapingo; T<sub>1</sub> = Torreón siembra de primavera; y T<sub>2</sub> = Torreón siembra de verano.

En producción de leche por hectárea hubo cinco híbridos ('H-157', 'H-376', 'H-323', 'H-143' y 'ABT-7887') con respuestas similares a través de ambientes y con diferencias máximas no significativas de 1.7 t ha<sup>-1</sup> (Figura 1c). Entre ellos, sólo 'ABT-7887' y 'H-143' tuvieron desviaciones de regresión Sdi ≠ 0 (Cuadro 4), lo cual sugiere que sus respuestas no se ajustan a una regresión lineal y que su producción varía mucho de una localidad a otra. Por su estabilidad y mayor consistencia en producción a través de ambientes, puede considerarse que los híbridos 'H-376' y 'H-157' tienen mayores ventajas para su uso a través de localidades donde rindieron entre 8.1 y 13.8 t ha<sup>-1</sup>; especialmente en Iguala, Pabellón, Sonora y Torreón en siembras de primavera, donde produjeron más de 11.5 t ha<sup>-1</sup> de leche, lo cual es comparable con resultados previos (Peña *et al.*, 2004). Destaca también el testigo 'Z-23' por su mayor producción en los ambientes más favorables, como Sonora y Pabellón, donde produjo más de 15 t ha<sup>-1</sup> de leche, aunque su respuesta fue inconsistente. Es importante señalar que 'H-376' tiene limitaciones en Chapingo por la incidencia de roya, 'H-157' tiene limitaciones en Iguala por una alta pudrición de elote, y en Pabellón por susceptibilidad al acame de raíz.

### CONCLUSIONES

Se observaron híbridos con amplia adaptación y de adaptación más específica, que pueden usarse con éxito en la producción de forraje en la mayoría de los ambientes de evaluación. Sin embargo, no hubo híbridos que reunieran todos los atributos de producción y calidad forrajera. En producción de materia seca, sobresalió el híbrido de origen subtropical 'H-376' en todas las localidades, y el de valles altos 'H-157' en las más favorables como Chapingo, Pabellón, Iguala y Torreón en siembra de primavera. En calidad forrajera sobresalió el testigo 'ABT-7887' con menores contenidos de fibra detergente neutro y mayor digestibilidad *in vitro*. En producción de leche por hectárea sobresalieron 'H-376' y 'H-157' por su estabilidad a través de ambientes, especialmente en Iguala, Pabellón, Sonora y Torreón; el testigo 'Z-23' tuvo mejor respuesta que éstos, en ambientes más favorables como Sonora y Pabellón, pero fue inconsistente.

### BIBLIOGRAFÍA

Allen M S, D G Main, K A O'neil, J Beck (1990) Variation in fiber fractions and in vitro true and cell wall digestibility of corn silage hybrids. J. Dairy Sci. 73 (Suppl. 1):129.  
 Bertoia L M, R Burak and M Torrecillas (2002) Identifying inbred lines capable of improving ear and stover yield and quality of superior silage maize hybrids. Crop Sci. 42:365-372.

- Carter P R, J G Coors, D J Undersander, K A Albrecht, R D Shaver (1992)** Corn hybrids for silage: an update. *In: Proc. 46th Annual Corn and Sorghum Industry*. D Wilkinson (ed). Chicago, IL. 11-12 Dec. Am. Seed Trade Assoc., Washington, D. C. pp:141-164.
- Coors J G, J G Lauer (2001)** Silage corn: *In: Specialty corns*. A R Hallauer (ed). 2nd ed. CRC, Press. Boca Ratón FL. pp:347-392.
- Cox W J, J H Cherney (2001)** Influence of brown midrib, leafy, and transgenic hybrids on corn forage production *Agron. J.* 93:790-796.
- Cox W J, J H Cherney, D J R Cherney, W D Pardee (1994)** Forage quality and harvest index of corn hybrids under different growing conditions. *Agron. J.* 86:277-282.
- Deinum B (1988)** Genetic and environmental variation in quality of forage maize in Europe. *Netherland J. Agric. Sci.* 36:400-403.
- Eberhart S A, W A Russell (1966)** Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
- Johnson J C, Jr., R N Gates, G L Newton, J P Wilson, L D Chandler, P R Utley (1997)** Yield, composition, and in vitro digestibility of temperate and tropical corn hybrids grown as silage crops planted in summer. *J. Dairy Sci.* 80:550-557.
- Núñez H G, B J Cantú E (2000)** Producción, composición química y digestibilidad de forraje de sorgo x sudán de nevadura café en la región Norte Centro de México. *Téc. Pecu. Méx.* 3:177-188.
- Núñez H G, E F Contreras G, R Faz C (2003)** Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Téc. Pecu. Méx.* 41:37-48.
- Peña R A, G Núñez H, F González C (2002)** Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. *Téc. Pecu. Méx.* 40:215-228.
- Peña R A, F González C, G Núñez H, C A Jiménez G (2004)** Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. *Rev. Fitotec. Mex.* 27 (Núm. Especial 1):1-6.
- Reta S D G, A Gaytán M, J S Carrillo A (2000)** Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Rev. Fitotec. Mex.* 23:37-48.
- Undersander D, W Howard, R Shaver (1993)** Milk per acre spreadsheet for combining yield and quality into a silage term. *J. Prod. Agric.* 6:231-235.
- Vattikonda M R, and R B Hunter (1983)** Comparison of grain yield and whole-plant silage production of recommended corn hybrids. *Can. J. Plant Sci.* 63:601-609.
- Wiersma D W, P R Carter, K A Albrecht, J G Coors (1993)** Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. *J. Prod. Agric.* 6:94-99.