

PRODUCCIÓN Y CALIDAD FORRAJERA DE HÍBRIDOS PRECOCES DE MAÍZ EN RESPUESTA A FECHA DE SIEMBRA, NITRÓGENO Y DENSIDAD DE POBLACIÓN

FORAGE YIELD AND QUALITY OF EARLY MAIZE HYBRIDS IN RESPONSE TO PLANTING DATE, NITROGEN AND PLANT DENSITY

Alfonso Peña Ramos*, Fernando González Castañeda, Gregorio Núñez Hernández
y Luis H. Maciel Pérez

Campo Experimental Pabellón, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 32.5 Carr. Aguascalientes-Zacatecas. 20660, Pabellón de A., Ags. Tel. 01 (465) 958-0165 Ext. 127, Fax: Ext. 102.

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

RESUMEN

El manejo agronómico del maíz (*Zea mays* L.) es importante para obtener altos rendimientos y buena calidad forrajera. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la fecha de siembra, dosis de nitrógeno y densidad de población en el rendimiento y calidad forrajera de dos híbridos precoces de maíz, en Pabellón, Aguascalientes, México. Se evaluaron los híbridos 'Halcón' y 'H-322E', sembrados el 6 de mayo y 17 de junio del 2003, a tres densidades de población (60, 80 y 100 mil plantas/ha) y dos dosis de N (180 y 240 kg ha⁻¹). La cosecha se efectuó cuando el grano se encontraba a 1/3 de la línea de la leche. Se midió: producción de materia seca total (MST), contenido de fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA), digestibilidad *in vitro* (DIV), y se estimó la producción de leche por tonelada de materia seca (LET) y por hectárea (LEHA). En la siembra tardía la MST, y los contenidos de FDN y FDA fueron 2.4 t ha⁻¹, 25 g kg⁻¹ y 24 g kg⁻¹ respectivamente, significativamente superiores a los obtenidos en la siembra temprana. DIV, LET y LEHA fueron iguales en ambas fechas. Los tratamientos de nitrógeno no afectaron la producción y calidad del forraje. Conforme la densidad de población aumentó de 60 a 100 mil plantas/ha, la MST y LEHA incrementaron en 4.5 y 1.9 t ha⁻¹, respectivamente, mientras que la DIV declinó en 16 g kg⁻¹. El híbrido 'H-322E' superó a 'Halcón' en 2.4 t ha⁻¹ de MST; sin embargo, 'Halcón' mostró mayor calidad forrajera con mayor DIV y LET, y menor contenido de fibras. La producción de LEHA fue igual con ambos híbridos, con una media de 14.4 t ha⁻¹. Por tanto, con cualquiera de los dos híbridos y fecha de siembra, con una densidad de 100 mil plantas/ha y fertilizado con 180 kg ha⁻¹ de nitrógeno, se obtendrá alta producción de leche por hectárea en el Valle de Aguascalientes.

Palabras clave: *Zea mays*, fechas de siembra, fertilización nitrogenada, densidad de población, producción de materia seca, calidad forrajera.

SUMMARY

Management practices in corn (*Zea mays* L.) are important considerations for obtaining high yield production and good forage quality. In this study we evaluated the effect of planting date, nitrogen rates and plant density on forage yield and quality of two early corn

hybrids, at Pabellón, Aguascalientes, México. The corn hybrids 'Halcón' and 'H-322E' were evaluated at two planting dates (May 6 and June 17, 2003), three plant densities (60, 80 and 100 thousands plants/ha) and two nitrogen rates (180 and 240 kg ha⁻¹). At 1/3 milk line stage we measured: total dry matter (TDM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), and *in vitro* digestibility (IVD), and milk production per ton of dry matter (MT) and milk per hectare (MHA) were estimated. At the later planting date TDM, NDF and ADF were 2.4 t ha⁻¹, 25 g kg⁻¹ and 24 g kg⁻¹, respectively, and significantly higher than those obtained at the earlier planting date; however DIV, MT and MPH were similar at both planting dates. Nitrogen rate had no effect on forage yield and quality. As plant density increased from 60 000 to 100 000 plants/ha, TDM increased 4.5 t ha⁻¹ and MHA 1.9 t ha⁻¹, whereas IVD decreased 1.6 %. H-322E yielded 2.4 t ha⁻¹ more TDM than 'Halcón'; however, 'Halcón' had higher forage quality with higher DIV and MT, and lower NDF and ADF contents. The MHA of both hybrids was similar with a mean of 14.4 t ha⁻¹. Thus, with any of the two hybrids and any of the two planting dates, at a population density of 100 000 plants/ha and fertilized with 180 kg ha⁻¹ of nitrogen, it would produce high yield of milk per hectare at the Aguascalientes Valley.

Index words: *Zea mays*, planting date, nitrogen fertilization rates, plant densities, dry matter production, forage quality.

INTRODUCCIÓN

En México la información sobre prácticas de manejo con bases técnicas sólidas para lograr mayor producción y calidad forrajera del maíz (*Zea mays* L.) es reducida. Existen evidencias que los híbridos tardíos de esta especie incrementan la producción de materia seca al elevar la densidad de siembra a 80 000 plantas/ha, mientras que los híbridos de ciclo intermedio responden positivamente hasta 120 000 plantas/ha (Núñez *et al.*, 1994). En Estados Unidos, Cusicanqui y Lauer (1999) registraron incrementos significativos en la producción de materia seca del maíz de

1.7 a 4.7 t ha⁻¹ al incrementar la densidad de población de 44 500 a 104 500 plantas/ha. Widdicombe y Thelen (2002) reportaron ganancias en la materia seca de 1.6 t ha⁻¹ al incrementar la densidad de 64 200 a 88 900 plantas/ha; Cox y Cherney (2001) lograron un incremento de 3.7 % en producción de materia seca al incrementar la densidad en 36 000 plantas/ha. En la mayoría de estos estudios la proteína cruda decreció, el contenido de fibras incrementó y la digestibilidad decreció conforme la densidad de población aumentó. Este decremento en la calidad forrajera a mayores densidades de población hace que la óptima densidad de plantas para producción de leche por hectárea sea menor que la requerida para producción de materia seca (Cusicanqui y Lauer, 1999; Cox *et al.*, 1998). Cusicanqui y Lauer (1999) determinaron que la máxima producción de leche por hectárea se logra al reducir en 20 mil plantas/ha la densidad de población en la que se alcanza la máxima producción de materia seca.

La fertilización nitrogenada afecta la producción de materia seca, debido a que influye directamente en el desarrollo del área foliar, el mantenimiento del área foliar y su eficiencia fotosintética (Muchow, 1988); pero la respuesta en producción de materia seca depende de la localidad y condiciones de cultivo (O'Leary y Rehm, 1990). Según Cox *et al.* (1993), el rendimiento máximo económico de producción de materia seca de maíz ocurrió con 150 kg de N ha⁻¹, mientras que la máxima calidad del ensilado se alcanzó con 200 kg de N ha⁻¹. Cox y Cherney (2001) establecieron que la producción de materia seca y de leche por hectárea respondía de manera cuadrática a la aplicación de nitrógeno, con máximos rendimientos al fertilizar con 150 kg de N ha⁻¹. Dosis de 200 a 336 kg de N ha⁻¹ no afectaron la producción de materia seca, contenido de fibras ni energía, pero sí incrementaron el contenido de proteína cruda (Karlen *et al.*, 1985).

En zonas semiáridas de la región Norte Centro de México, como el Valle de Aguascalientes, el maíz sembrado al inicio de la primavera puede lograr mayores producciones de materia seca que en siembras tardías debido a una mayor radiación solar y temperaturas más adecuadas durante el crecimiento de la planta (Martín del Campo *et al.*, 1996). Sin embargo, las siembras tempranas pueden requerir de mayor cantidad de agua por kilogramo de forraje debido a una mayor demanda de evapotranspiración durante los meses de mayo y junio. En tres regiones de Wisconsin, EE. UU., se encontró que las fechas de siembra intermedias (fines de mayo) eran las más adecuadas para producción de materia seca de maíz, pero las siembras de principios de mayo fueron las mejores para producción de leche (Darby y Lauer, 2002); también se encontró que las siembras tardías de junio mostraron un decremento significativo de producción de materia seca y de

leche por cada día de retraso en la siembra. Información adicional obtenida en el Oeste de Kansas, EE. UU., revela que las siembras tardías de maíz de principios de mayo tuvieron mayor rendimiento y una mejora de 45 % en la eficiencia en el uso de agua que las siembras tempranas de abril (Norwood, 2001).

Debido a que el cultivo de maíz para forraje se ha incrementado significativamente en los últimos años y a la necesidad de obtener forraje de mayor calidad, el objetivo de este trabajo fue determinar el rendimiento y la calidad del forraje de maíces precoces cultivados en varias densidades de población, fechas de siembra y niveles de nitrógeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el Campo Experimental Pabellón, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado entre 22° 09' LN y 102° 16' LO, y una altitud de 1920 m. El clima es semiseco, templado, con una temperatura media de 19.9 °C y una precipitación promedio de 393 mm entre los meses de mayo a octubre, que corresponde con la estación de cultivo del maíz. El suelo del área de evaluación es de textura franco arenosa, pH 7.5, profundidad de 80 cm, 1.0 % de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico de 125 meq 100 g⁻¹, y medianamente rico en contenido de nitrógeno mineralizable con 276 kg ha⁻¹.

El diseño experimental fue bloques completos al azar con arreglo en parcelas sub-sub-divididas. Cada tratamiento se repitió tres veces. Las parcelas de mayor a menor orden fueron: fechas de siembra: (6 de mayo y 17 de junio de 2003); tratamientos de fertilización (180 y 240 kg ha⁻¹ de N); densidades de población (60, 80 y 100 mil plantas/ha) y dos híbridos precoces ('Halcón' de Asgrow y 'H-322E' de INIFAP). Los tratamientos de fertilización recibieron adicionalmente 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de 5.0 m de largo y 0.76 m de separación. Al momento de la siembra se depositaron dos semillas por golpe para después de la emergencia ralea a una planta y dejar las densidades de población deseadas. La dosis de fertilización se aplicó en dos partes; la primera a 25 d después de la siembra y antes del primer riego de auxilio con la mitad del nitrógeno y todo el fósforo, y la segunda a los 50 d después de la siembra con el resto del nitrógeno. Se aplicó el herbicida preemergente Primagram Gold® a razón de 3.0 L ha⁻¹.

La aplicación del riego se hizo con base en las recomendaciones del INIFAP (González y Peña, 2003), de manera que el cultivo no tuviera deficiencias de humedad durante su desarrollo. El gasto de agua aplicado en cada

riego se cuantificó a la entrada de la parcela con un medidor marca Hidrónica (MPL-SCC serie MP 0200291).

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

Las muestras secas de las cinco plantas se molieron en partículas de 1 mm de diámetro con un molino Willey, en la cual se determinaron el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y el de fibra detergente ácido (FDA) mediante el procedimiento de química húmeda descrito por Van Soest *et al.* (1991); asimismo, se determinó la digestibilidad *in vitro* (DIV) y el contenido de proteína cruda mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS). La producción de leche por tonelada de materia seca (LET) y leche por hectárea (LEHA) se estimaron con el programa MILK 95 (Undersander *et al.*, 1993).

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza mediante el procedimiento PROC MIXED de SAS (Littell *et al.*, 1996), de acuerdo con el modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + FS_j + (R FS)_{ij} + F_k + (FS F)_{jk} + (R F FS)_{ijk} + DI + (FS D)_{jl} + (F D)_{kl} + (FS F D)_{jkl} + (R FS F D)_{ijkl} + H_m + (FS H)_{jm} + (F H)_{km} + (D H)_{lm} + (FS D H)_{jlm} + (F D H)_{klm} + (FS F H)_{jkm} + (FS F D H)_{jklm} + E_{ijklm}$$

Donde: μ , es la media general; R_i , es el efecto aleatorio de la i -ésima repetición; FS_j , F_k , DI , H_m y sus interacciones, son efectos fijos debidos a la j -ésima fecha de siembra, al k -ésimo nivel de fertilización, a la l -ésima densidad de población y al m -ésimo híbrido; $(R FS)_{ij}$, $(R F FS)_{ijk}$, $(R FS F D)_{ijkl}$, y E_{ijklm} , son efectos aleatorios correspondientes a los errores a , b , c y d , respectivamente.

La separación de medias entre tratamientos se obtuvo mediante la diferencia mínima significativa (DMS), en los casos en que la prueba de F fue significativa. Las variables que resultaron significativas ($P \leq 0.05$) en el factor densidades de población, fueron sujetas a un análisis de regresión lineal en el que esta fuente de variación se usó como variable independiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La siembra temprana recibió una precipitación 108 mm

por arriba del promedio histórico y una lámina total de riego 137 mm superior a la aplicada a la siembra tardía que a su vez recibió 90 mm más de precipitación que el promedio histórico de la zona (Cuadro 1). El mayor consumo de agua en la siembra temprana es consecuencia de la mayor evapotranspiración y temperaturas más altas, en comparación con la siembra tardía.

Cuadro 1. Datos meteorológicos para 2003 y promedio histórico durante la estación de crecimiento del cultivo en ambas fechas de siembra en Pabellón, Aguascalientes.

Variable	Siembra temprana		Siembra tardía	
	2003	Promedio histórico [†]	2003	Promedio histórico [†]
Precipitación pluvial acumulada (mm)	410	302	425	335
Evapotranspiración total (mm)	599	639	394	504
Temperatura máxima promedio (°C)	28	27	23	26
Temperatura mínima promedio (°C)	12	12	10	11
Lámina de riego total (mm)	407		270	

[†] Para el promedio se utilizaron datos de 1968-2003 de la estación climática del Campo Experimental Pabellón INFAP-CIRNOC.

La fecha de siembra afectó significativamente la producción de materia seca, el contenido de proteína cruda y el de fibras, pero no la digestibilidad *in vitro* ni la producción de leche por tonelada de materia seca y por hectárea (Cuadro 2). La fertilización nitrogenada no afectó a las variables experimentales, pero la densidad de población afectó la producción de materia seca, digestibilidad y producción de leche por hectárea, lo cual coincide con los resultados de Widdicombe y Thelen (2002) y de Cox y Cherney (2001). Entre híbridos hubo diferencias en todas las variables, excepto en producción de leche por hectárea. Hubo pocas interacciones significativas: fecha de siembra x fertilización x densidad para fibra detergente ácido, y fecha de siembra x híbrido para digestibilidad *in vitro* y fibra detergente ácido, lo que indica que en estas características los híbridos respondieron diferente a través de fechas de siembra. Darby y Lauer (2002) detectaron pocas interacciones significativas entre fechas de siembra x híbridos, mientras que Nafziger (1994) encontraron que los resultados variaron entre años de evaluación.

En la siembra tardía se obtuvo mayor producción de materia seca y contenido de proteína cruda del maíz, en promedio de tratamientos de fertilización y densidades, que en la siembra temprana; sin embargo, la calidad del forraje del maíz en términos de contenido de fibra detergente neutro y ácido fue menor en la siembra tardía (Cuadro 3). Martín del Campo *et al.* (1996) estimaron para el Estado de Aguascalientes que el potencial de producción de materia seca de híbridos de maíz precoces es de 22.5 a 25.4 t ha⁻¹, con producciones mayores en siembras tempranas. Estas estimaciones son superiores al rendimiento máximo de 20.5 t ha⁻¹ obtenido en el presente estudio en siembra tardía, probablemente porque consideraron sólo

las variables climatológicas de la región dentro de un modelo teórico, sin considerar el efecto del genotipo y del suelo. En tres regiones de Estados Unidos se observó que la producción de materia seca declinó a medida que la fecha de siembra se retrasó, y coincide con el presente estudio en que los contenidos de proteína cruda y fibra detergente neutro se incrementaron en las siembras tardías de siembra (Darby y Lauer, 2002). Fairey (1983) observó, adicionalmente, un decremento en la digestibilidad del forraje a medida que la fecha de siembra se retrasó. En el presente estudio, ésta permaneció sin cambios.

Cuadro 2. Fuentes de variación y probabilidad estadística del análisis de varianza para las variables en estudio.

Fuente de Variación [†]	Variable [‡]						
	MST	PC	DIV	FDN	FDA	LET	LEHA
FS	*	**	ns	*	*	ns	ns
F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FSxF	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
D	**	ns	*	ns	ns	ns	*
FxD	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FSxD	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FSxFxD	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
H	**	**	**	**	**	**	ns
DxH	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FxH	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FSxH	ns	ns	*	ns	*	ns	ns
FxDxH	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FSxDxH	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FSxFxH	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FSxFxDxH	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

[†] FS = Fecha de siembra; F = Fertilización; D = Densidad de población; H = Híbridos.

[‡] MST = Materia seca total; PC = Proteína cruda; DIV = Digestibilidad *in vitro*; FDN = Fibra detergente neutro; FDA = Fibra detergente ácido; LET = kg de leche por tonelada de materia seca; LEHA = Toneladas de leche por hectárea.

** Significativo ($P \leq 0.01$) * significativo ($P \leq 0.05$); ns = no significativo ($P > 0.05$).

Cuadro 3. Producción y calidad del forraje de maíz en dos fechas de siembra.

Fecha de Siembra	Variable						
	MST (t ha ⁻¹)	PC	DIV	FDN g kg ⁻¹	FDA	LET (kg t ⁻¹)	LEHA (t ha ⁻¹)
Temprana	18.1	81	718	448	274	778	14.0
Tardía	20.5	95	716	473	298	724	14.7
	*	**	ns	*	*	ns	ns

MST = Materia seca total; PC = Proteína cruda; DIV = Digestibilidad *in vitro*; FDN = Fibra detergente neutro; FDA = Fibra detergente ácido; LET = kg de leche por tonelada de materia seca; LEHA = Toneladas de leche por hectárea.

*, ** = Diferencias significativas entre pares de medias ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente); ns = diferencias no significativas ($P > 0.05$).

La cantidad y calidad del forraje de maíz producidos en cada fecha de siembra se compensaron de tal forma que mantuvieron una misma cantidad de leche por tonelada de materia seca y por hectárea. Esto sugiere que fechas tempranas de siembra pueden compensar el menor rendimiento

de forraje con una mayor calidad; sin embargo, el consumo de agua de riego puede ser muy alto (Martín del Campo *et al.*, 1996) y esto debe considerarse antes de tomar una decisión final sobre la conveniencia de sembrar temprano.

La aplicación de 240 kg de N ha⁻¹ no incrementó la producción ni mejoró la calidad del forraje de maíz, comparada con la aplicación de 180 kg de N ha⁻¹; este resultado sugiere que la aportación de este elemento del suelo a partir del nitrógeno potencialmente mineralizable, el cual generalmente es superior a 55 kg ha⁻¹ por ciclo para estos suelos, es un factor que limita la respuesta del cultivo a la aplicación de mayor cantidad de nitrógeno, ya que éste se encuentra en niveles por arriba de lo que se demanda. En consecuencia, el tratamiento con menor nivel de nitrógeno fue suficiente para satisfacer los requerimientos del maíz y expresar tanto un máximo rendimiento como un forraje de calidad adecuada en ambos híbridos. Cox y Cherney (2001) determinaron que la producción de materia seca de maíz y de leche por hectárea mostraron una respuesta cuadrática a la aplicación de nitrógeno, con máximas producciones en el tratamiento de 150 kg de N ha⁻¹. Por su parte, Karlen *et al.* (1985) no encontraron variación en las respuestas evaluadas al aplicar entre 200 y 336 kg de N ha⁻¹.

Se observó una respuesta lineal positiva entre producción de materia seca y densidad de población (Figura 1A). La producción de materia seca se incrementó en 2.25 t ha⁻¹ por cada 20 mil plantas/ha de aumento en la densidad de población en el rango de 60 000 a 100 000 plantas/ha. Widdicombe y Thelen (2002) determinaron también una respuesta lineal con un incremento de 1.6 t ha⁻¹ en producción de materia seca en promedio de varios híbridos de maíz, al elevar de 64 200 a 88 900 plantas/ha. Reta *et al.* (2000) observaron mayores rendimientos de materia seca a densidades más altas en primavera que en verano; Cusi-canqui y Lauer (1999) encontraron una respuesta cuadrática del rendimiento a la densidad de población, con una producción máxima en densidades de 97 300 y 102 200 plantas/ha. En el presente estudio no se observó ese punto de inflexión en las densidades de población evaluadas (60 a 100 mil plantas/ha).

La densidad de población afectó también la digestibilidad *in vitro* del forraje de maíz. Conforme la densidad de población incrementó, la digestibilidad decreció linealmente en 8 g kg⁻¹ por cada 20 mil plantas/ha de incremento en la densidad (Figura 1B). Contrariamente, la producción de leche, se incrementó linealmente 0.95 t ha⁻¹ con el incremento de la densidad (Figura 1C). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Widdicombe y Thelen (2002) quienes adicionalmente encontraron incrementos lineales en contenidos de fibra detergente neutro y ácido y

decrementos en el contenido de proteína al pasar de una densidad de población de 64 200 a 88 900 plantas/ha. El aumento en la producción de leche por hectárea en el presente estudio con densidades de población mayores, se debió principalmente a la alta producción de materia seca registrada en esas densidades de población ya que los contenidos de fibras y proteína se mantuvieron sin cambios significativos y la digestibilidad decreció. En general, los resultados indican que los dos híbridos alcanzan su mayor producción de materia seca y de leche sembrados a 100 mil plantas/ha, pero que es necesario investigar con densidades de población mayores para precisar más la información.

El híbrido 'H-322E' produjo 13.2 % más materia seca que el híbrido 'Halcón' (Cuadro 4). El promedio de rendimiento del híbrido 'H-322E' (20.5 t ha^{-1}) es aceptable y se compara con híbridos sobresalientes de igual ciclo biológico evaluados en la región (Peña *et al.*, 2004); también es comparable con algunos híbridos de ciclo más tardío cuyos rendimientos de materia seca más altos fluctúan entre 21.3 y 22.1 t ha^{-1} (Núñez *et al.*, 2003). En cambio, la calidad del forraje de Halcón fue mejor que la del 'H-322E', ya que presentó 25 g kg^{-1} más digestibilidad, 40 g kg^{-1} menos fibra detergente neutro, 33 g kg^{-1} menos fibra detergente ácido y 144 kg de leche más por tonelada de materia seca. En otros estudios se mencionan diferencias entre híbridos de 28 a 74 g kg^{-1} en el contenido de fibra detergente neutro y de 19 a 35 g kg^{-1} en la digestibilidad *in vitro* (Cox *et al.*, 1994). En contenido de proteína cruda, 'H-322E' fue mejor que 'Halcón'; sin embargo, la diferencia fue mínima y de acuerdo con Cusicanqui y Lauer (1999) la proteína en maíz no es considerada como un factor importante en la evaluación forrajera, debido a la baja concentración que tiene en comparación con leguminosas forrajeras.

El híbrido 'Halcón' tuvo un contenido de fibra detergente ácido significativamente menor y una digestibilidad *in vitro* significativamente mayor que 'H-322E' en ambas fechas de siembra (Figura 2 A, B); sin embargo, en la siembra temprana la diferencia fue mayor que en la tardía, lo cual se debió a que 'Halcón' incrementó de manera más pronunciada el contenido de fibra detergente ácido que el 'H-322E' en la siembra tardía, y a que la digestibilidad *in vitro* de 'Halcón' disminuyó mientras que en 'H-322E' tendió a incrementar en esa fecha de siembra. No obstante que los híbridos difirieron en contenido de fibra y digestibilidad en ambas fechas de siembra, 'Halcón' tuvo mayor calidad forrajera que 'H-322E'. Cox *et al.* (1994) también encontraron respuestas diferentes en digestibilidad *in vitro* en la interacción híbridos x años de evaluación, mientras que Cusicanqui y Lauer (1999) no encontraron efecto de

las interacciones híbrido x localidad ni híbrido x año para contenido de fibras y digestibilidad *in vitro*.

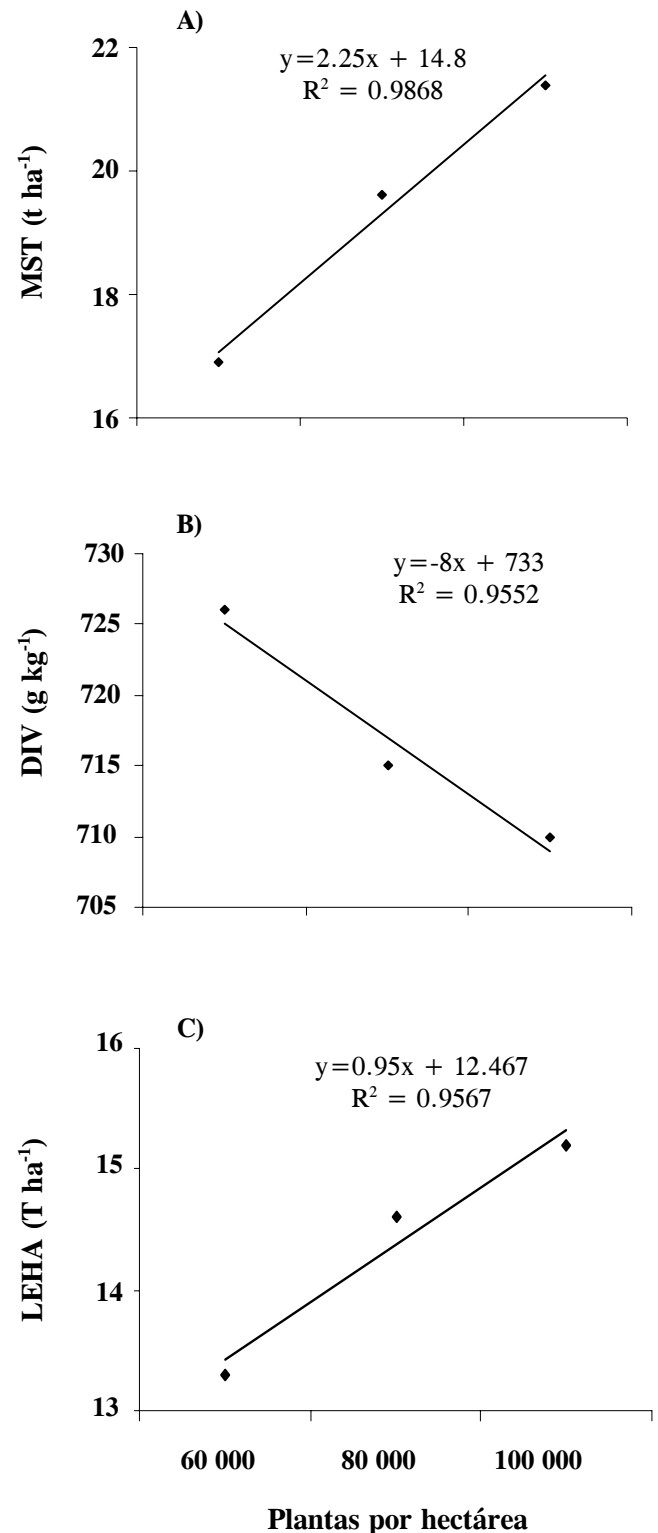


Figura 1. Efecto de la densidad de siembra sobre: A) Producción de materia seca total (MST); B) Digestibilidad *in vitro* (DIV), y C) Producción de leche por hectárea (LEHA). Datos promedio de híbridos, fechas de siembra y tratamientos de fertilización.

Cuadro 4. Producción y calidad forrajera de dos híbridos en promedio de fechas de siembra, niveles de fertilización y densidades de población.

Híbrido	Variable						
	MST (t ha ⁻¹)	PC	DIV g kg ⁻¹	FDN	FDA	LET (kg t ⁻¹)	LEHA (t ha ⁻¹)
Halcón	18.1	86	730	440	270	823	14.8
H-322E	20.5	90	705	480	303	679	13.9
	**	**	**	**	**	**	ns

MST = Materia seca total; MS = Contenido de materia seca a la cosecha; PC = Proteína cruda; DIV = Digestibilidad *in vitro*; FDN = Fibra detergente neutro; FDA = Fibra detergente ácido; LET = kg de leche por tonelada de materia seca; LEHA = Toneladas de leche por hectárea.

** = Diferencias significativas entre pares de medias ($P \leq 0.01$); ns = diferencias no significativas ($P > 0.05$).

El híbrido 'Halcón', a pesar de su menor producción de materia seca, tuvo una producción estimada de leche por hectárea similar a la del híbrido 'H-322E' (Cuadro 4), pues como se indicó, 'Halcón' tuvo mayor calidad forrajera. La producción de leche por hectárea que puede aportar el maíz, es finalmente el aspecto más importante para decidir sobre el uso de un determinado material, ya que esto involucra todas las variables de producción y calidad forrajera. Por lo anterior, se infiere que cualquiera de los

dos híbridos puede ser usado en la región para producir forraje con resultados satisfactorios.

CONCLUSIONES

En la fecha de siembra tardía hubo mayor producción de materia seca, pero en la siembra temprana el forraje tuvo mayor calidad. Por ello, en ambas fechas de siembra se obtuvo similar producción de leche por tonelada de materia seca y por hectárea. La dosis con menos nitrógeno (180 kg ha⁻¹) fue suficiente para lograr máximos rendimientos y mantener una adecuada calidad forrajera de los híbridos. En la densidad de población de 100 mil plantas/ha se obtuvo mayor producción de materia seca y de leche por hectárea que en las densidades de 60 y 80 mil plantas/ha, aunque la digestibilidad *in vitro* disminuyó linealmente con la densidad. Ambos híbridos presentaron iguales ventajas como productores de forraje; 'H-322E' por su mayor producción de materia seca y 'Halcón' por su mayor calidad forrajera.

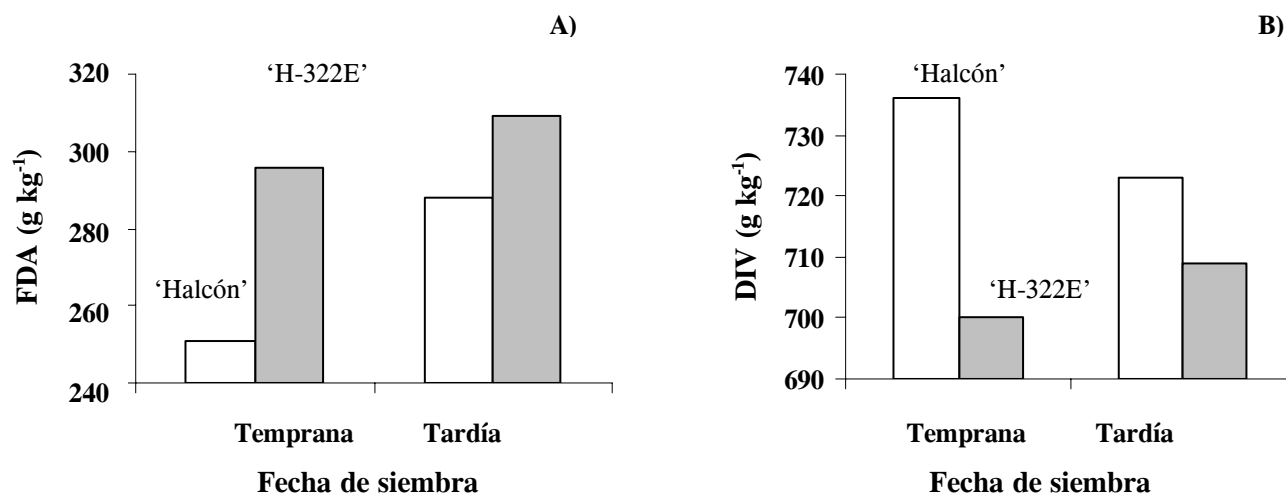


Figura 2. Efecto de la fecha de siembra sobre: A) Contenido de fibra detergente ácido (FDA) y B) Digestibilidad *in vitro* (DIV), de dos híbridos de maíz. Promedio de densidades de población y tratamientos de fertilización. Para comparar híbridos en cada fecha de siembra, DMS 0.05 = 21.7 y 13.5, para FDA y DIV, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Cox W J, D J R Cherney (2001) Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. *Agron. J.* 93:597-602.
- Cox W J, D J R Cherney, J J Hancher (1998) Row spacing, hybrid, and plant density effects on corn silage yield and quality. *J. Prod. Agric.* 11:128-134.
- 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.
- Cox W J, S Kalongo, D J R Cherney, W S Reid (1993) Growth, yield, and quality of forage maize under different nitrogen management practices. *Agron. J.* 85: 341-347.
- Cusicanqui J A, J G Lauer (1999) Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality. *Agron. J.* 91:911-915.
- Darby H M, J G Lauer (2002) Harvest date and hybrid influence on corn forage yield, quality, and preservation. *Agron. J.* 94:559-566.
- Fairey N A (1983) Yield, quality and development of forage maize as influenced by dates of planting and harvesting. *Can. J. Plant Sci.* 63:157-168.
- González C F, A Peña R (2003) Guía para producir maíz de alta calidad forrajera. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-CEPAB. Folleto para Productores Núm 33. pp:1-13
- Karlen D L, C R Camp, J P Zublena (1985) Plant density, distribution, and fertilizer effects on yield and quality of irrigated corn silage. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 16:55-70.
- Littel R C, G A Milliken, W W Stroup, R D Wolfinger (1996) SAS System for Mixed Models. Cary, NC. SAS Institute Inc. 633 p.
- Martín del Campo V S, L H Maciel P, A Peña R (1996) Un modelo del potencial productivo del maíz en el altiplano de México. *Ciencia* 47:267-273.
- Muchow R C (1988) Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment: I. Leaf growth and leaf nitrogen. *Field Crops Res.* 18:1-16.
- Nafzinger E (1994) Corn planting date and plant population. *J. Prod. Agric.* 7:69-72.
- Norwood Ch A (2001) Planting date, hybrid maturity, and plant population effects on soil water depletion, water use, and yield of dry-land corn. *Agron. J.* 93:1034-1042.
- Núñez H G, F González C, S Martín del Campo V (1994) Efecto de la densidad de plantas en la producción y calidad de maíz en híbridos de hojas erectas para ensilaje. *Avances Invest. Agropec.* 3(1):25-30.
- Núñez H G, E Contreras F, G R Contreras F (2003) Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Téc. Pecu. Méx.* 41:37-48.
- O'Leary M J, G W Rehm (1990) Nitrogen and sulfur effects on the yield and quality of corn grown for grain and silage. *J. Prod. Agric.* 3:135-140.
- Peña R A, G Núñez H, F González C, C A Jiménez G (2004) Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. *Rev. Fitotec. Mex.* 27 (Número 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.
- Van Soest P J, J B Robertson, B A Lewis (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Widdicombe W D, K D Thelen (2002) Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agron. J.* 94:326-330.
- Wiersma D W, P R Carter, K A Albrecht, R W Coors (1993) Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter digestibility of corn plant parts. *J. Prod. Agric.* 6:94-99.