

MANEJO AGRONÓMICO PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO DE GRANO Y FORRAJE EN HÍBRIDOS TARDÍOS DE MAÍZ*

AGRONOMIC MANAGEMENT TO INCREASE GRAIN AND FORAGE YIELD IN FULL SEASON MAIZE HYBRIDS

Alfonso Peña Ramos¹, Fernando González Castañeda^{1§} y Francisco Javier Robles Escobedo¹

¹Campo Experimental Pabellón. INIFAP. Carretera Aguascalientes-Zacatecas, km 32.5. C. P. 20660. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes. Tel. 01 465 9580186 y 01 465 9580167. (pena.alfonso@inifap.gob.mx), (robles.francisco@inifap.gob.mx). [§]Autor para correspondencia: gonzalezc.fernando@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El manejo agronómico del maíz tiene impacto sobre el rendimiento de grano y la producción y calidad del forraje. El objetivo fue determinar el efecto de dos dosis de nitrógeno y tres densidades de población sobre el rendimiento de grano y materia seca, así como la calidad del forraje de maíces híbridos tardíos. El experimento se estableció en mayo de 2003 en Aguascalientes, México. El diseño fue bloques completos al azar con arreglo en parcelas subdivididas, donde las parcelas de mayor a menor fueron: niveles de N, 180 y 240 kg ha⁻¹; densidades de población, 60 000, 80 000 y 100 000 plantas ha⁻¹ y los híbridos H-376 y Lobo. Las variables cuantificadas fueron: rendimiento de grano por hectárea y por planta; para el forraje se determinó, producción de materia seca total, contenidos de fibra detergente neutro y ácido, digestibilidad *in vitro* de la materia seca y se estimó producción de leche por tonelada de materia seca y por hectárea. La dosis 240-90-00 incrementó el rendimiento y la materia seca total en 1.3 y 3.3 t ha⁻¹, respectivamente. El aumento en densidad de población de 80 000 a 100 000 plantas ha⁻¹ incrementó el rendimiento en 1 t ha⁻¹ y el aumento de 60 000 a 100 000 plantas ha⁻¹ incremento la materia seca total en 3.2 t ha⁻¹. El H-376 obtuvo el mayor rendimiento de materia seca total con 21.7 t ha⁻¹ y los mayores contenidos

de fibra detergente neutro y ácido y menor digestibilidad *in vitro*; sin embargo, Lobo produjo 216 kg de leche t⁻¹ y 3.5 t de leche ha⁻¹ más que H-376.

Palabras clave: densidad de plantas, fertilización nitrogenada, híbridos tardíos, maíz.

ABSTRACT

The agronomic management of maize impacts grain yield and production and quality of forage. The objective was to determine the effects of two nitrogen levels and three plant stands upon grain yield and dry matter production, also on the forage quality of full season maize hybrids. The experiment was established on May 2003 in Aguascalientes, Mexico. The experimental design was a completely random with split-split plots, in large plots N levels, 180 and 240 kg ha⁻¹, were tested; in medium plot plant stands, 60 000, 80 000 and 100 000 plants ha⁻¹ and the hybrids H-376 and Lobo in the small plots. The recorded variables were: grain yield per ha and total dry matter production, neutral and acid detergent fiber content, dry matter digestibility *in*

* Recibido: junio de 2009
Aceptado: marzo de 2010

vitro and milk production per ton of dry matter as well as per hectare. The 240-90-00-fertilization level increased grain yield and total dry matter in 1.3 and 3.3 t ha⁻¹ respectively. The increase in plant stand from 80 000 to 100 000 plants ha⁻¹ increased grain yield in 1 t ha⁻¹ and the change of 60 000 to 100 000 plants ha⁻¹ increased total dry matter in 3.2 t ha⁻¹. The H-376 had the greatest yield of total dry matter with 21.7 t ha⁻¹ and the largest contents of neutral and acid detergent fiber, and the lowest digestibility *in vitro*; nonetheless Lobo produced 216 kg of milk t⁻¹ and 3.5 t of milk ha⁻¹ more than H-376.

Key words: late maturity hybrids, maize, nitrogen fertilizer, plant stand.

INTRODUCCIÓN

En México, la demanda de grano de maíz para consumo humano y pecuario es alrededor de 25 millones de toneladas; sin embargo, sólo se producen cerca de 20 millones de toneladas (FATUS, 2003) y el rendimiento promedio de grano es de 2.2 t ha⁻¹. Asimismo, el maíz ensilado es el forraje más utilizado para la alimentación del ganado en las principales cuencas productoras de leche, debido entre otras características a su alto rendimiento de materia seca y elevado contenido de energía, lo que permiten reducir los costos de alimentación. En el país, el maíz para forraje se siembra alrededor de 109 000 hectáreas con riego y 272 000 de temporal, los rendimientos promedio con riego fluctúan entre 40 y 55 t ha⁻¹ de forraje verde y en temporal se obtiene entre 15 y 25 t ha⁻¹ (SAGARPA, 2006). Estos rendimientos son bajos, pues el potencial de producción de forraje en las áreas de riego es superior a las 70 t ha⁻¹ de forraje verde y 20 t ha⁻¹ de materia seca (Núñez *et al.*, 1999; Tovar *et al.*, 2002).

En el cultivo de maíz, los cambios en densidad de plantas y en fertilización, son las prácticas agronómicas que más impactan la producción de grano y forraje. Para la producción de forraje, existen evidencias que los maíces híbridos de ciclo tardío, con porte alto y de hojas laxas incrementan la producción de materia seca al elevar la densidad de siembra hasta 80 000 plantas ha⁻¹, mientras que los híbridos intermedios de hojas erectas responden positivamente hasta 120 000 plantas ha⁻¹ (Núñez *et al.*, 1994). En Estados Unidos de América, Cusicanqui y Lauer (1999), registraron incrementos de 1.7 a 4.7 t ha⁻¹ en la producción de materia seca al aumentar la densidad de

población de 44 500 a 104 500 plantas ha⁻¹, mientras que en otro estudio realizado Widdicombe y Thelen (2002), los incrementos fueron de 1.6 t ha⁻¹ al pasar la densidad de 64 200 a 88 900 plantas ha⁻¹. Por su parte Cuomo *et al.* (1998), obtuvieron el máximo rendimiento de materia seca con densidades superiores a 55 000 plantas ha⁻¹; mientras que Reta *et al.* (2000) lo lograron a densidades mayores de 86 000 plantas ha⁻¹; y Ramírez y Flores (2000) con 70 000 plantas ha⁻¹.

En la mayoría de los estudios anteriores la calidad del forraje se redujo conforme la densidad de población fue mayor. Widdicombe y Thelen (2002), reportaron que cuando la densidad de plantas aumentó de 64 200 a 88 900 plantas ha⁻¹, la digestibilidad disminuyó en 11 g kg⁻¹, la proteína cruda en 4 g kg⁻¹, la fibra detergente ácido incrementó 11 g kg⁻¹ y la fibra detergente neutro en 15 g kg⁻¹; por su parte Cusicanqui y Lauer (1999), observaron que la reducción en la calidad del forraje ocurre en densidades de población superiores a 95 000 plantas ha⁻¹. El decremento en la calidad del forraje con altas densidades de población, hace que la densidad óptima de plantas para lograr la máxima producción de leche por hectárea, sea menor que la requerida para producción de materia seca (Cusicanqui y Lauer, 1999; Cox *et al.*, 1998). En contraste, Cox *et al.* (1998), mencionan que la máxima producción de leche por unidad de superficie se obtiene con 80 000 plantas ha⁻¹, aun cuando la mayor producción de materia seca se logra con una densidad mayor, mientras que Cusicanqui y Lauer (1999), determinaron que la mayor producción de leche por hectárea se logra al reducir en 20 000 plantas ha⁻¹ la densidad de población a la que se alcanza la máxima producción de materia seca.

Para producción de grano, se ha observado que incrementos en la densidad de población disminuyen el tamaño, número y producción de granos por planta (Poneleit y Egli, 1978; Otegui, 1997), debido que se afecta negativamente el número de inflorescencias femeninas y de mazorcas por tallo (Espinosa *et al.*, 2004). Sin embargo, lo anterior no significa que se afecte el rendimiento por unidad de superficie; sino que al contrario, éste puede incrementarse (Alessi y Power, 1973). En otros estudios, no se encontraron efectos de la densidad de plantas sobre el rendimiento de grano (Luna *et al.*, 2002) o sobre la producción de materia seca en niveles de 50 000 a 87 500 plantas ha⁻¹ (Téllez *et al.*, 2000) o en densidades superiores a 90 000 plantas ha⁻¹ (Cueto *et al.*, 2006).

La producción de materia seca es afectada por la fertilización nitrogenada, debido a que influye directamente en el desarrollo del área foliar, su mantenimiento y su eficiencia fotosintética (Muchow, 1988). De acuerdo con 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 leche por hectárea respondía en forma cuadrática a la aplicación de nitrógeno, con máximos rendimientos al aplicar 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 y energía, pero sí incrementaron el contenido de proteína cruda (Karlen y Camp, 1985). Resultados de Soto *et al.* (2002), indican que al aumentar de 150 a 450 kg de N ha⁻¹ se incrementó el rendimiento de forraje en 5.8 t ha⁻¹; con valores máximo (31.4 t ha⁻¹) al combinar una densidad de 110 000 plantas ha⁻¹ y 450 kg ha⁻¹ de nitrógeno.

Las diferencias morfológicas entre híbridos afectan la eficiencia productiva y uso del nitrógeno en el suelo. Subedi *et al.* (2006), cultivaron un híbrido frondoso y un convencional para evaluar el rendimiento de grano y materia seca, bajo tres densidades de población y cuatro dosis de nitrógeno (0, 75, 150 y 225 kg de N ha⁻¹); los resultados mostraron que el híbrido frondoso produjo entre 20 y 25% más área foliar y mayor rendimiento de materia seca que el híbrido convencional, pero tuvo una producción de grano significativamente menor. La máxima producción de grano se logró con la aplicación de 225 kg de N ha⁻¹ y para el rendimiento de materia seca con 150 kg de N ha⁻¹.

La obtención de incrementos en la producción tanto de grano como de forraje, se requieren híbridos y variedades de alto rendimiento, con tolerancia a factores bióticos y abióticos que afectan al maíz en las diferentes áreas agrícolas; pero también tecnología de manejo que permita una mejor expresión genético-fisiológica de la planta con base en un mejor aprovechamiento del agua, nutrientes, luz solar, etc; por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar la respuesta en producción de grano, forraje y calidad de forraje de híbridos tardíos por efecto de niveles de nitrógeno y densidades de población.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Campo Experimental Pabellón, del Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado a los 22° 09' latitud norte y 102° 16' longitud oeste y una altitud de 1 920 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 crecimiento del cultivo del maíz. El suelo del área de estudio es de textura franco arenosa, pH 7.5, profundidad de 80 cm, 1% de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico de 125 cmol_c kg⁻¹ y con un contenido de nitrógeno mineralizable de 276 kg ha⁻¹.

La siembra se realizó el 3 de mayo en un diseño bloques al azar con arreglo en parcelas sub-divididas con tres repeticiones, las parcelas de mayor a menor fueron: tratamientos de fertilización (180 y 240 kg ha⁻¹ de N); densidades de población (60 000, 80 000 y 100 000 plantas ha⁻¹) y los híbridos (H-376 de INIFAP y Lobo de Asgrow). Los tratamientos de fertilización recibieron adicionalmente 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅. La unidad experimental fue de cuatro surcos de 5 m de largo y 0.76 m de separación. A 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 fertilización se aplicó en dos partes; la primera a 25 días 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 días después de la siembra con el resto del nitrógeno. Se aplicó el herbicida pre-emergente Primagram Gold® a razón de 3 L ha⁻¹. Durante el ciclo del cultivo la precipitación fue de 448 mm y se aplicaron cuatro riegos en los meses de mayo, junio, julio y agosto con una lámina total de 390 mm. El criterio de riego se hizo con base en el balance de humedad del suelo, de tal manera que se cubrieran las demandas hídricas del cultivo. La evapotranspiración potencial de referencia (Monteith, 1965) fue de 752 mm, la entrada de agua al suelo por riegos y precipitación pluvial fue de 838 mm y la evapotranspiración real estimada (Driessen, 1986) para la evaluación del rendimiento de grano fue de 615 mm, con lo cual se infiere que la disponibilidad de humedad en el suelo no fue limitante en la respuesta de los tratamientos evaluados.

La cosecha del forraje se realizó cuando el grano presentó entre 1/3 y 1/2 de línea de leche, se cortó y pesó el total de plantas de uno de los surcos centrales de cada unidad experimental. Se tomó una muestra al azar de cinco plantas, las cuales se pesaron, picaron y mezclaron, después se tomó una submuestra de 1 kg que se secó en una estufa de aire forzado a 60 °C hasta alcanzar peso constante. Con estos datos se determinó la producción de materia seca total (MST).

Las muestras secas se molieron en un molino Willey utilizando una criba de 1 mm de diámetro; posteriormente, se determinó el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) mediante el procedimiento descrito por Van Soest *et al.* (1991); asimismo, se determinó la digestibilidad de la materia seca *in vitro* (DIV) y el contenido de proteína cruda mediante espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano. 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).

La cosecha de grano se realizó cuando los híbridos alcanzaron la madurez fisiológica; para ello se cosecharon 30 plantas con competencia completa en uno de los surcos centrales, el total de mazorcas cosechadas se pesó, se tomó una muestra de 100 granos y se determinó el porcentaje de humedad, para calcular el rendimiento de grano por hectárea a 14% de humedad. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza mediante el procedimiento PROC MIXED de SAS (Littell *et al.*, 1996). La separación de medias entre tratamientos se efectuó mediante la diferencia mínima significativa (DMS), en los casos en que la prueba de F fue significativa. Las variables que resultaron significativas ($p < 0.05$) en el factor densidades de población, fueron sujetas a un análisis de regresión lineal usando a esta fuente de variación como variable independiente.

Cuadro 1. Efecto de la aplicación de nitrógeno y densidad de plantas, sobre el rendimiento de grano por hectárea y por planta, promedio de dos híbridos de maíces tardíos.

Características	Dosis de fertilización		P	Densidad (plantas ha ⁻¹)			P
	180-90-00	240-90-00		60 000	80 000	100 000	
RENDH (t ha ⁻¹)	12	13.3	s	12.3	12.3	13.3	s
RENDP (g planta ⁻¹)	159	180	s	210	159	138	s

RENDH= rendimiento de grano por hectárea; RENDP= rendimiento de grano por plantas; P= probabilidad; s= significativo ($p > 0.05$).

Producción de materia seca y calidad del forraje

El análisis de varianza detectó efectos significativos en las fuentes de variación fertilización y densidades de población sólo para producción de materia seca total; mientras que la fuente de variación híbrido y la interacción fertilización*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de grano

El análisis de varianza detectó efectos significativos en las fuentes de variación fertilización y densidades de población para rendimiento de grano por hectárea (Cuadro 1). Los resultados indican que la aplicación de nitrógeno influyó en el rendimiento de grano y que la respuesta en el rendimiento cambió a través de densidades. Los híbridos resultaron similares entre sí y no hubo diferencias entre ellos a través de niveles de fertilización y densidades de población. El incremento en los niveles de fertilización nitrogenada de 180 a 240 unidades aumentó el rendimiento de grano en 1.3 t ha⁻¹.

El rendimiento promedio de grano por hectárea de los híbridos evaluados, incrementó significativamente en 1 t ha⁻¹ al pasar de 60 000 a 100 000 plantas ha⁻¹; en cambio el rendimiento de grano por planta decreció en 72 g en esas mismas densidades de población (Cuadro 1). Los datos muestran que el rendimiento por planta se afectó negativamente con el cambio de densidad, pero este efecto no generó decrementos en el rendimiento potencial, al parecer todavía pueden lograr mayores rendimientos por unidad de superficie con mayores densidades de población. Entre híbridos no hubo diferencias significativas en rendimiento de grano por hectárea y tampoco por planta, con media de 12.65 t ha⁻¹ y 169 g planta⁻¹ respectivamente.

densidad*híbrido, hubo significancia estadística en la mayoría de las variables del estudio (Cuadro 2). En ninguno de los casos anteriores se detectó una interacción similar para esa cantidad de variables e indica que los híbridos respondieron diferente a través de densidades y niveles de nitrógeno aplicados.

Cuadro 2. Probabilidad estadística del análisis de varianza, para variables de producción de materia seca y calidad de forraje de híbridos tardíos, manejados a dos niveles de fertilización y tres densidades de plantas.

FV	GL	MST	PMS	PEL	DIV	PC	FDN	FDA	LET	LEHA
F	1	0.050	0.487	0.148	0.566	0.37	0.662	0.872	0.922	0.141
D	2	0.033	0.807	0.475	0.324	0.438	0.627	0.321	0.37	0.54
F*D	2	0.993	0.807	0.028	0.48	0.427	0.339	0.839	0.208	0.451
H	1	0.005	0.003	0.66	0	0.235	0	0.025	0	0
D*H	2	0.257	0.487	0.123	0.421	0.733	0.64	0.459	0.536	0.193
F*H	1	0.327	0.315	0.798	0.606	0.844	0.633	0.182	0.481	0.493
F*D*H	2	0.055	0.005	0.031	0.246	0.503	0.251	0.038	0.175	0.038
CV (%)		6.7	5.5	8.2	3.5	5.2	5.7	6.6	13.7	12.9

FV= fuente de variación; F= se probó contra el error A; D y F*D= se probaron contra el error B; H, D*H, F*H y F*D*H= se probaron contra el error C; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación; MST= material seco total; PMS= porcentaje de material seco; PEL= porcentaje de elote; 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.

El incremento en la fertilización nitrogenada de 180 a 240 unidades, aumentó significativamente la producción de materia seca en 3.3 t ha⁻¹, pero no tuvo efectos significativos en la calidad forrajera, ni en la producción de leche (Cuadro 3); no obstante que hubo 2.5 t ha⁻¹ más de leche con la aplicación de 240 unidades de nitrógeno. Los resultados de calidad coinciden con los mencionados por Karlen y Camp (1985), quienes refieren que no hay cambios en la calidad del forraje, excepto para proteína

cruda al incrementar la fertilización nitrogenada. La ausencia de significación estadística para producción de leche posiblemente sea debida a la acumulación de fuentes de error en la estimación, ya que ésta involucra la producción de materia seca, contenido de fibra detergente neutro, proteína cruda y digestibilidad. Probablemente con un mayor número de repeticiones la diferencia de 2.5 t ha⁻¹ de leche que es económicamente importante pueda llegar a ser significativa.

Cuadro 3. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de materia seca y calidad forrajera de dos híbridos de maíz, promedio de las densidades de plantas.

Fertilización	MST (t ha ⁻¹)	PMS (%)	PEL (%)	DIV (g kg ⁻¹)	PC (g kg ⁻¹)	FDN (g kg ⁻¹)	FDA (g kg ⁻¹)	LET (kg t ⁻¹)	LEHA (t ha ⁻¹)
180-90-00	19.2	31.4	50.5	707	77	466	277	714	13.6
240-90-00	22.5	32.2	53.7	702	81	460	278	717	16.1
DMS _{0.05}	2.8	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

DMS= diferencia mínima significativa; MST= material seco total; PMS= porcentaje de material seco; PEL= porcentaje de elote; 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; ns= no significativo ($p > 0.05$).

El incremento en la densidad de población de 60 000 a 100 000 plantas ha⁻¹, propició un incremento significativo en la producción de materia seca total de 2.2 t ha⁻¹, pero no influyó en la calidad del forraje y en la producción de leche (Cuadro 4). No obstante, varios estudios señalan que el incremento en la densidad de población afecta negativamente la calidad del forraje (Cox *et al.*, 1998; Cusicanqui y Lauer, 1999; Widdicombe y Thelen, 2002) e incluso señalan que la óptima densidad de plantas para producción de leche por hectárea, es

generalmente menor que la requerida para producción de materia seca (Cox *et al.*, 1998; Cusicanqui y Lauer, 1999). En el presente estudio la densidad más recomendable tanto para producción de materia seca como de leche puede ser de 80 000 a 100 000 plantas ha⁻¹; debido a que la producción de leche no aumentó a partir de las 80 000 plantas ha⁻¹.

El híbrido H-376 superó al híbrido Lobo en producción de materia seca en 1.7 t ha⁻¹; sin embargo, tuvo menor calidad forrajera con menor digestibilidad, mayor contenido de

fibras y menor producción de leche por tonelada de materia seca y por hectárea que Lobo (Cuadro 5); en contraste, tuvieron igual proporción de elote y que éste es la parte más

digestible de la planta. Probablemente, la diferencia en la calidad del forraje esté dada más por la digestibilidad del follaje y tallo, que por el elote.

Cuadro 4. Efecto de la densidad de plantas sobre la producción de materia seca y calidad forrajera, promedio de dos híbridos de maíz y promedio de los niveles de fertilización.

Densidades (plantas ha ⁻¹)	MST (t ha ⁻¹)	PMS (%)	PEL (%)	DIV (g kg ⁻¹)	PC (g kg ⁻¹)	FDN (g kg ⁻¹)	FDA (g kg ⁻¹)	LET (kg t ⁻¹)	LEHA (t ha ⁻¹)
60 000	19	32.1	53.3	71.1	7.8	45.8	26.8	737.3	14
80 000	21.4	31.9	51.6	70.6	7.9	45.8	27.8	726.9	15.3
100 000	22.2	31.4	51.4	69.6	8.1	47.1	28.5	682.3	15.2
DMS _{0.05}	2.5	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

DMS= diferencia mínima significativa; MST= material seca total; PMS= porcentaje de material seca; PEL= porcentaje de elote; 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; ns= no significativo ($p > 0.05$).

Cuadro 5. Producción de materia seca y calidad forrajera de dos híbridos de maíz, promedio de niveles de fertilización y densidades de plantas.

Híbrido	MST (t ha ⁻¹)	PMS (%)	PEL (%)	DIV (g kg ⁻¹)	PC (g kg ⁻¹)	FDN (g kg ⁻¹)	FDA (g kg ⁻¹)	LET (kg t ⁻¹)	LEHA (t ha ⁻¹)
Lobo	20	32.9	51.8	72.9	8	44.1	26.9	823.8	16.6
H-376	21.7	30.7	52.4	68	7.8	48.5	28.5	607.3	13.1
DMS _{0.05}	1	1.3	ns	1.8	ns	1.9	1.3	71.4	1.4

DMS= diferencia mínima significativa; MST= material seca total; PMS= porcentaje de material seca; PEL= porcentaje de elote respecto del total de materia seca; 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; ns= no significativo ($p > 0.05$).

El híbrido H-376 en el nivel de nitrógeno de 180 unidades, tuvo un incremento casi lineal de 3.8 t ha⁻¹ en producción de materia seca al pasar de 17.7 a 21.5 t ha⁻¹, con el incremento de la densidad de población de 60 000 a 100 000 plantas ha⁻¹ y superó al híbrido Lobo, solamente en la densidad más alta, ya que este híbrido alcanzó un máximo de 19.3 t ha⁻¹ a 80 000 plantas ha⁻¹ y no incrementó a 100 000 plantas ha⁻¹ (Figura 1a).

Con 240 unidades de nitrógeno, ambos híbridos produjeron mayor cantidad de materia seca que con 180 unidades; en ese nivel de fertilización H-376 incrementó su producción de materia seca en 4 t ha⁻¹, al aumentar la densidad de 60 000 a 80 000 plantas ha⁻¹, alcanzó un máximo de 25.5 t ha⁻¹, ya que a mayor densidad de plantas, la producción de materia seca disminuyó. El híbrido Lobo en cambio, tuvo un incremento casi lineal de 4.4 t ha⁻¹ en producción de materia seca, con el incremento de la densidad de 60 000 a 100 000 plantas ha⁻¹, produjo un máximo de 24 t ha⁻¹. El

híbrido H-376, superó a Lobo en la densidad de 80 000 plantas ha⁻¹ y fueron similares a 60 000 y 100 000 plantas ha⁻¹ (Figura 1b).

El mayor potencial de rendimiento de materia seca de H-376 se observó con un nivel de nitrógeno de 240 unidades, sembrado a 80 000 plantas ha⁻¹; mientras que Lobo alcanza su mayor expresión en ese mismo nivel de nitrógeno pero a 100 000 plantas ha⁻¹. Las diferencias en las respuestas de ambos híbridos al efecto de las densidades de población y a la aplicación de nitrógeno pueden deberse a diferencias en área foliar o bien a diferencias en el arreglo espacial de las hojas; generalmente los híbridos con mayor cantidad de follaje como H-376 con altas dosis de nitrógeno favorecen más el desarrollo foliar (Muchow, 1988); y pueden alcanzar un nivel de saturación máximo a menores densidades que híbridos con menor área foliar o con hojas semieréctas como el caso de Lobo, que todavía puede responder a mayores densidades de población como observaron Núñez *et al.* (1994).

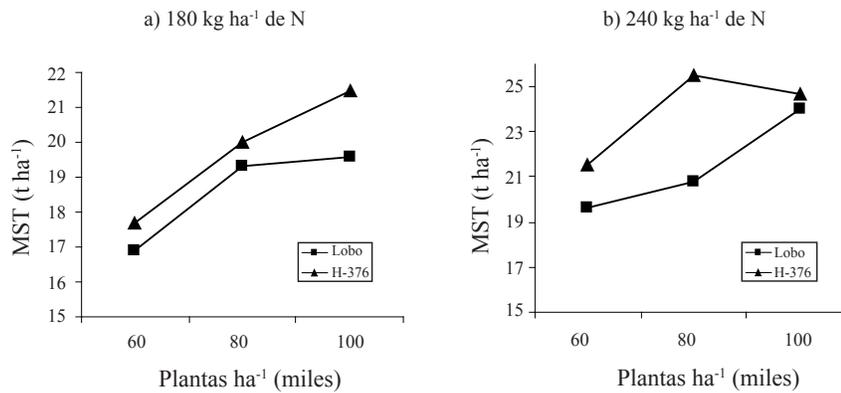


Figura 1. Interacción fertilización*densidad de plantas*híbrido para producción de materia seca total. (DMS_{0.05}= 2.5 para comparar híbridos dentro de cada densidad de plantas y nivel de nitrógeno).

El híbrido Lobo, tuvo en ambos niveles de nitrógeno y en varias densidades de población mayor producción de leche por hectárea que H-376; por ejemplo, Lobo incrementó significativamente su producción de leche con el nivel de fertilización más bajo en 4.5 t ha⁻¹, al pasar de 60 000 a 80 000 plantas ha⁻¹; mientras que en el nivel de fertilización más alto incrementó en 3.6 t ha⁻¹ al pasar de 60 000 a 100 000 plantas ha⁻¹, con producciones máximas en cada nivel de nitrógeno de 16.7 y 19.8 t ha⁻¹ de leche respectivamente. En cambio

el híbrido H-376, con el nivel de nitrógeno más bajo, no mostró cambios significativos en la producción de leche por hectárea a través de densidades de población; mientras que en el nivel de nitrógeno más alto solamente incrementó en 2.5 t ha⁻¹ al pasar de 60 000 a 80 000 plantas ha⁻¹, ya que a 100 000 plantas ha⁻¹ su producción tendió a declinar. La máxima producción de leche por hectárea del híbrido H-376 en cada nivel de nitrógeno fue de 12 y 15.5 t ha⁻¹ respectivamente y en densidades más bajas que Lobo (Figura 2).

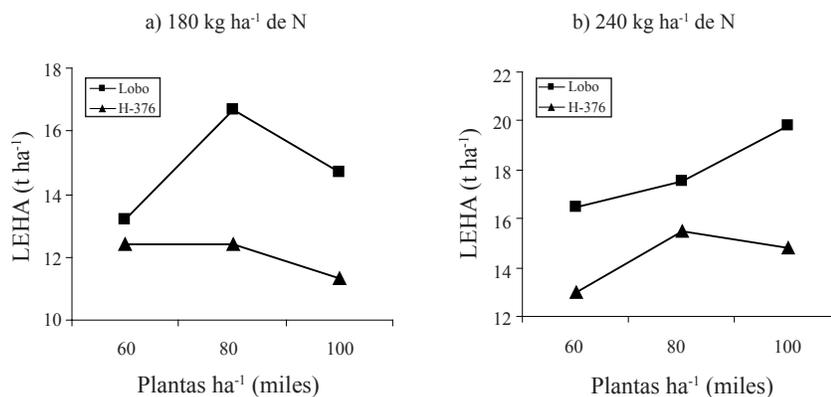


Figura 2. Interacción fertilización*densidad de plantas*híbrido para producción de leche por hectárea. (DMS_{0.05}= 3.4 para comparar híbridos dentro de cada densidad de plantas y nivel de nitrógeno).

En varios estudios se ha observado, que los rendimientos promedio de leche por hectárea de los mejores híbridos en Aguascalientes fluctúan entre 15 y 18 t ha⁻¹ (Peña *et al.*, 2004; Peña *et al.*, 2006); de tal manera que los resultados obtenidos con el híbrido Lobo, superan los límites de producción obtenidos anteriormente. La mayor producción de leche por hectárea del híbrido Lobo, respecto al H-376, se debió principalmente a su mayor calidad forrajera en términos de digestibilidad y menor contenido de fibras, dado que en

producción de materia seca fue superado por H-376. Algunos estudios indican que la óptima densidad de plantas para producción de leche por hectárea es generalmente menor que la requerida para producción de materia seca (Cusicanqui y Lauer, 1999; Cox *et al.*, 1998). Esto ocurrió en el presente estudio solamente con H-376 y con el nivel de nitrógeno más bajo; en los otros casos, la producción de leche por hectárea y materia seca total, tuvieron una tendencia similar a través de densidades de población.

CONCLUSIONES

El promedio de ambos híbridos, respecto al rendimiento de grano y materia seca aumentó en 1.3 y 3.3 t ha⁻¹ respectivamente, al pasar de 180 a 240 unidades de N; pero no afectó la calidad forrajera. Ambos híbridos tuvieron un rendimiento de grano similar a 12.6 t ha⁻¹ y mostraron mayor potencial de producción de grano a mayor densidad de plantas, donde obtuvieron un máximo de 13.3 t ha⁻¹.

Ambos híbridos tuvieron igual rendimiento de materia seca y mayor expresión con el nivel de N más alto, pero en diferente densidad de población; H-376 lo obtuvo en 80 000 plantas ha⁻¹ y Lobo a 100 000 plantas ha⁻¹.

En producción estimada de leche Lobo superó al H-376 a través de diferentes densidades de plantas y niveles de N, debido a una mayor calidad forrajera.

LITERATURA CITADA

- Alessi, J. J. and Power, F. 1973. Effects of plant population, row spacing, and relative maturity on dryland corn in the northern plains. I Corn forage and grain yield. *Agron. J.* 66:316-319.
- Cox, W. J.; Kalongo, S.; Cherney, D. J. R. and Reid, W. S. 1993. Growth, yield, and quality of forage maize under different nitrogen management practices. *Agron. J.* 85:341-347.
- Cox, W. J.; Cherney, D. J. R. and Hancher, J. J. 1998. Row spacing hybrid and plant density effects on corn silage yield and quality. *J. Prod. Agric.* 11:128-134.
- Cox, W. J. and Cherney, D. J. R. 2001. Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. *Agron. J.* 93:597-602.
- Cueto, W. J. A.; Reta, D. S.; Barrientos, J. L. R.; Cervantes, G. G. y Sosa, E. S. 2006. Rendimiento de maíz forrajero en respuesta a fertilización nitrogenada y densidad de población. *Rev. Fitotéc. Mex.* 19:29-35.
- Cuomo, G. J.; Rdfearn, D. and Blovin, D. C. 1998. Plant density effects on tropical corn forage mass, morphology, and nutritive value. *Agron. J.* 90:93-96.
- Cusicanqui, J. A. and Lauer, J. G. 1999. Plant density and hybrid influence of corn forage yield and quality. *Agron. J.* 91:911-915.
- Driessen, P. M. 1986. The water balance of soil. *In: Modelling of agricultural production: weather, soils and crops* van Keulen, H. and Wolf J. (Eds). Simulation monographs. Pudoc, Wageningen, Netherlands. 76-115 pp.
- Espinosa, T. E.; Mendoza, C. y Ortiz, C. J. 2004. Producción de mazorcas por planta en poblaciones ahijadoras de maíz en dos densidades de población. *Rev. Fitotéc. Mex.* 27:19-21.
- Foreign Agricultural Trade of the United States (FATUS). 2003. Database Search, U.S. Department of Agricultural. Economic Research Service. 263 p.
- Karlen, D. L. and Camp, C. R. 1985. Plant density, distribution, and fertilizer effects on yield and quality of irrigated corn silage. *Common Soil Sci. Plant Anal.* 16(1):55-70.
- Littell, R. C.; Milliken, G. A.; Stroup, W. W. and Wolfinger, R. D. 1996. SAS System for mixed models. Cary, NC. SAS. Institute Inc. 633 p.
- Luna, F. M.; Madrid, C. y Gutierrez, J. R. 2002. Densidad de plantas en maíces de alta calidad de proteína. *Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética.* 356 p.
- Monteith, J. L. 1965. Evaporation and environment. *In: Fogg, G. E. (Ed.). The state and movement of water in living organisms.* Cambridge University Press, London. 217 p.
- 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.
- Núñez, H. G.; González, C. F. y Martín del Campo, V. S. 1994. Efecto de la densidad de plantas en la producción y calidad de maíz en híbridos de hojas erectas para ensilaje. *Avances de investigación agropecuario.* 3(1):25-30.
- Núñez, H. G.; Contreras, F.; Faz R. y Herrera, R. 1999. Selección de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético en maíz para ensilaje. *In: Componentes tecnológicos para la producción de ensilados de maíz y sorgo.* SAGAR-INIFAP-CIRNOC-CELALA. Folleto técnico. Núm. 4. 2-5 pp.
- Otegui, M. E. 1997. Kernel set and flower synchrony within the ear of maize. II Plant population effects. *Crop Sci.* 37:448-455.

- Peña, R. A.; Núñez, H. G.; González, C. F. y Jiménez, G. C. A. 2004. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. Número especial. *Rev. Fitotéc. Mex.* 27:1-6.
- Peña, R. A.; González, C. F.; Núñez, H. G. y Maciel, P. L. H. 2006. Producción y calidad forrajera de híbridos precoces de maíz en respuesta a la fecha de siembra, nitrógeno y densidad de población. *Rev. Fitotéc. Mex.* 29(3):207-213.
- Poneleit, C. G. and Egli, D. B. 1978. Kernel growth rate and duration in maize as affected by plant density and genotype. *Crop Sci.* 19:385-388.
- Ramírez, V. H. y Flores, H. L. 2000. Evaluación del H-358 maíz forrajero en tres densidades de población. *Memorias del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética.* 149 p.
- Reta, S. D. G; Gaytán, A. M. y Carrillo, S. J. J. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Rev. Fitotéc. Mex.* 23:37-48.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2006. Anuario Estadístico de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). URL: <http://www.siap.gob.mx>.
- Soto, P.; Arredondo, S. y John, E. 2002. Población y fertilización nitrogenada en un híbrido de maíz para ensilaje en el valle central. *Agric. Téc. Méx.* 62:255-265.
- Subedi, K. D.; Ma, B. L. and Smith, D. L. 2006. Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Sci.* 46:1860-1869.
- Téllez, J. E.; López, G. M.; Salazar, H. S.; Medina, T. N. y Benjamín, L. D. 2000. Dosis de fertilización y densidades de población en híbridos de maíz. *Resúmenes del XI Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Técnica Agropecuaria.* 142-148 pp.
- Tovar, G. M. R.; Terrón, A. D. I.; Núñez, H. G. y Arellano, V. J. L. 2002. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de maíz de alta calidad proteínica (MCP) en la región de Valles Altos. *Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética.* 167 p.
- Undersander, D.; Howard, W. and Shaver, R. 1993. Milk per acre spreadsheet for combining yield and quality into a silage term. *J. Prod. Agric.* 6:231-325.
- Van Soest, P. J; Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 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. and Thelen, K. D. 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agron. J.* 94:326-330.