ITEA (1996). **Vol. 92A N.º 2,** 126-133

RESPUESTA DE FORRAJE Y GRANO A LA DENSIDAD DE PLANTAS EN MAÍCES CON HOJAS EXTENDIDAS Y ERECTAS

G. Núñez Hernández[1]
F. González Castañeda[2]
S. Martín Del Campo Valle[2]
J.J. Márquez Ortiz[1]

1. Investigador en forrajes
Campo Experimental La Laguna, INIFAP
Apdo. postal 247
27000 Torreón, Coah.
México

2. Investigador en maíz
Campo Experimental Pabellón, INIFAP
Apdo. postal 20
20600 Pabellón de Arteaga, Ags.
México

RESUMEN

La respuesta a la densidad de plantas entre genotipos de maíz puede ser diferente. Dos experimentos se realizaron en el Campo Experimental Pabellón ubicado en el área templada de México. El objetivo fue evaluar la respuesta en producción de grano y forraje de dos genotipos diferentes de maíz a la densidad de plantas. El híbrido HV-313 (hojas erectas) y la variedad Celaya (hojas extendidas) se evaluaron a densidades de 40, 65, 90 y 115 mil plantas/ha. Los experimentos se establecieron en forma independiente por genotipo bajo el diseño de bloque completos al azar. La densidad de plantas tuvo un efecto lineal en la producción de forraje en verde y seco del HV-313 ($P<0.05$), pero no afectó la producción de grano ($P>0.05$), a pesar que disminuyó el número de mazorcas por planta ($P<0.01$). En la variedad Celaya, el número de mazorcas por planta disminuyó ($P<0.01$), pero no afectó el rendimiento de grano o forraje ($P>0.05$). Este trabajo sugiere que los híbridos de maíz con hojas erectas tienen buen potencial para aumentar la produción de forraje en cantidad y calidad mediante el incremento de la densidad de plantas.

Palabras clave: Maíz, densidad de plantas, forraje, grano, genotipos.

SUMMARY
PLANT DENSITY ON FORAGE AND GRAIN YIELD OF MAIZE WITH LAX OR ERECT LEAVES

Two experiments were established at the Pabellon experimental Station, Ags. Mex., located in the temperate region in México. The objective was to evaluate forage and grain responses of two different maize genotypes to plant density. The hybrid HV-313 (erect leaf hybrid) and the variety Celaya (lax leaves) were evaluated at population

densities of 40, 65, 90 and 115 thousand plants per hectare. These experiments were established independently by genotype, both under a randomized complete block design. Plant density had a linear effect on green and dry forage ($P<0.05$), but did not affect grain yield ($P>0.05$), even as the number of ears per plant decreased ($P<0.01$). The variety Celaya had a reduction in number of ears per plant ($P<0.01$) as plant density increased, but neither grain yield nor forage production decreased with increasing plant population density ($P>0.05$). This research suggests that maize hybrids with erect leaves have a good potential to increase the amount and quality of forage production by increasing plant density.

Key words: Maize, plant density, forage, grain, genotypes.

Introducción

El objeto de la producción de forrajes es obtener la mayor cantidad y calidad nutritiva de materia seca por unidad de área. Esto hace necesario considerar la influencia de factores genéticos y ambientales en el cultivo. En México, las variedades de maíz para forraje provienen de programas de mejoramiento genético para producción de grano. Se ha señalado una relación directa entre potencial para grano y materia seca (PATEL y SHELKE, 1988). Por esta razón, muchas variedades de maíz para grano se han utilizado para producir forraje. Sin embargo, SAMPOUX *et al.* (1989) encontraron que la selección específica para producción de forraje es 35% más efectiva, en comparación a la selección para producción de grano.

Las prácticas agronómicas más comunes para aumentar la producción de grano y materia seca son la densidad y el arreglo topológico de las plantas en el campo, ya que aumentan la intercepción de la radiación solar. El incremento en la densidad de plantas disminuyó la producción de materia seca y grano por planta, el número de mazorcas y el índice de área foliar, pero el rendimiento total de materia seca y grano aumentó hasta en densidades de 90 mil plantas/ha (BANGARWA *et al.*, 1988). PINTER *et al.* (1994) indicaron que la densidad de plantas para obtener la mayor producción de forraje es mayor que para producción de grano, pero la diferencia es variable entre híbridos.

Recientemente, en México se han liberado híbridos de hojas erectas resultado de cruzamientos de germoplasma enano braquítico-2 con germoplasma normal. El estudio de estos híbridos se ha enfocado a la producción de grano, pero se desconoce su potencial de producción para forraje. El objetivo de este trabajo fue determinar la respuesta a la densidad de plantas de genotipos de maíz de hojas erectas y extendidas en base a su producción de forraje y grano.

Materiales y métodos

Dos experimentos se realizaron en el Campo Experimental Pabellón, Ags., que tiene características ecológicas representativas del área templada de México. Este lugar se localiza a 22o 11' lat. norte, 102° 20' longitud oeste y tiene una altitud de 1912 msnm. El clima es templado con una temperatura promedio anual de 16.7 °C y una precipitación pluvial de 544 mm durante los

meses de Junio a Septiembre. Los suelos son de textura migajón areno-arcilloso y pH ligeramente alcalino. La densidad aparente es de 1.45 y el contenido de materia organica de 1.5%.

El híbrido intravarietal HV-313 es el resultado de cruzas de germoplasma con el gene braquitico-2 y germoplasma tropical de México, con un ciclo de 136 días a la madurez fisiológica. La variedad Celaya es una variedad de hojas extendidas derivado de un compuesto de la región central de México con un ciclo de 144 días a la madurez fisiológica.

La siembra se realizó en forma manual el 2 de mayo de 1990 en suelo húmedo. Se utilizaron cadenas para depositar granos en exceso para asegurar 40, 65, 90 y 115 mil plantas/ha. Posteriormente, se realizó un aclareo en el momento de la aparición de la quinta hoja, para dejar las densidades de plantas programadas. La fertilización fue 120-60-00 (N-P-K) en la siembra. La única escarda se realizó el 31 de mayo y se aplicaron dos riegos de auxilio durante el ciclo. Debido a la presencia de lluvias (369 mm) la humedad del suelo se mantuvo a nivel adecuado durante el transcurso de los experimentos.

Los experimentos se establecieron en forma independiente para cada genotipo, cada uno bajo diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La separación de los genotipos por experimento se debió a las diferencias fisiológicas entre ellos. Por lo tanto, se enfatizó el análisis de la respuesta de cada genotipo a la densidad de plantas. Las parcelas experimentales consistieron de 8 surcos de 10 m de largo espaciados a 76 cm. La producción de forraje se determinó en estado lechoso-pastoso en los surcos 2 y 3. El contenido de materia seca del forraje a 60 °C, se obtuvo de una muestra de cuatro plantas por parcela. La producción de grano se determinó en los surcos 5 y 6. El surco 4 se utilizó para mantener la competencia hasta la madurez fisiológica del grano en las parcelas para evaluar grano. La cosecha de grano se realizó cuando se observó la aparición de la capa negra en el grano. Los días al 50% de floración masculina y 50% de floración femenina se determinaron mediante conteos de diez plantas al azar en cada parcela. Los índices de área foliar (IAF) se determinaron en cuatro plantas desde el día 35 después de la siembra hasta la madurez fisiológica, en intervalos de 15 días. El índice de área foliar se estimó mediante el procedimiento propuesto por FRANCIS *et al.* (1969).

Los experimentos fueron analizados mediante un modelo estadístico que incluyó la descomposición ortogonal de la suma de cuadrados de los tratamientos. Con esto se evaluaron los efectos lineales, cuadráticos y cúbicos en producción de forraje verde y seco, número de mazorcas, días a la floración masculina y floración femenina, altura de planta y rendimiento de grano. Los procedimientos se realizaron de acuerdo con STEEL y TORRIE (1980) utilizando PROC GLM (SAS, 1985).

Resultados y discusión

La producción de forraje en verde y seco por hectárea del híbrido HV-313 aumentó en forma lineal ($P<0.05$) con la densidad de plantas (Cuadro 1). La densidad de plantas no afectó ($P>0.05$) el rendimiento de grano, a pesar de la reducción en el número de mazorcas por plantas ($P<0.01$). En la variedad Celaya, el aumento en la densidad de plantas no incrementó la producción de forraje verde, seco ni de grano por hectárea

CUADRO 1
PRODUCCION DE FORRAJE DEL HIBRIDO DE MAIZ HV-313 BAJO DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAS EN LA REGION TEMPLADA DE MEXICO

	Densidad de plantas (miles plantas/ha)				Error estándar	Contrastes		
	40	65	90	115		Lineal	Cuadrático	Cúbico
Materia verde (ton/ha)	53.6	56.2	58.4	64.5	2.54	**	NS	NS
Materia seca (ton/ha)	14.7	14.8	16.4	18.7	1.40	*	NS	NS
Grano (ton/ha)	8.4	9.3	9.4	9.2	0.28	NS	NS	NS
Mazorcas por planta	1.3	1.1	1.0	0.9	0.04	**	NS	NS
Altura de planta (m)	1.8	1.9	2.0	2.0	0.04	**	NS	NS
Días a floración masculina	4.2	85.0	86.0	86.7	0.44	**	NS	NS
Días a floración femenina	85.5	86.2	88.0	89.0	0.51	**	NS	NS

* P<0.05
** P<0.01
NS No significativo (P>0.05)

(P>0.05), a pesar de que disminuyó el número de mazorcas por planta como en el HV-313 (Cuadro 2).

La altura del HV-313 se incrementó con la densidad de plantas (P<0.01) mientras que en la variedad Celaya se observó un efectó cúbico (P<0.05); sin embargo, ninguna de las variedades presentó problemas de acamado (Cuadros 1 y 2).

Los días a las floraciones masculina y femenina en el HV-313, se incrementaron con la densidad de plantas en forma similar (P<0.05), razón por la que no existió asincronía entre ellas, pero aumentó la duración del ciclo del híbrido. En la variedad Celaya, los días a la floración masculina no fueron afectados por la densidad de plantas (P>0.05), pero los días a la floración femenina se incrementaron en forma lineal (P<0.05), lo que ocasionó asincronía entre los dos tipos de floraciones a medida que se incrementó la densidad de plantas. El índice de área foliar en los dos genotipos y en todas las densidades de plantas tuvo el mismo patrón de desarrollo. Los valores máximos de IAF fueron de 9 a 10 entre 80 a 95 días después de la siembra en los dos genotipos (Figura 1 y 2).

La respuesta positiva del rendimiento de forraje del híbrido HV-313 al incrementar la densidad coincide con lo hallado por otros autores, así JOLLIFE *et al.* (1990) encontraron que el rendimiento de forraje se incrementó al pasar de 49 a 111 mil plantas por hectárea. GRAYBILL *et al.* (1991) también obtuvieron respuestas positivas en producción de materia seca con 15.7, 16.5 y 17.5 ton/ha para densidades de 50, 65 y 80 mil plantas/ha. El estudio de un rango amplio de densidades de plantas generó una relación asintótica entre producción de forraje y densidad de plantas. En dicho estudio, la mayor

CUADRO 2
PRODUCCION DE FORRAJE DE LA VARIEDAD DE MAIZ CELAYA BAJO DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAS EN LA REGION TEMPLADA DE MEXICO

	Densidad de plantas (miles plantas/ha)				Error estándar	Contrastes		
	40	65	90	115		Lineal	Cuadrático	Cúbico
Materia verde (ton/ha)	60.0	56.2	60.1	59.5	3.03	NS	NS	NS
Materia seca (ton/ha)	11.7	14.0	15.2	15.1	1.15	NS	NS	NS
Grano (ton/ha)	5.9	6.6	5.6	5.2	0.88	NS	NS	NS
Mazorcas por planta	1.1	0.8	0.6	0.6	0.08	**	NS	NS
Altura de planta (m)	2.8	3.0	2.5	2.7	0.93	NS	NS	*
Días a floración masculina	92.0	93.5	97.0	97.5	2.68	NS	NS	NS
Días a floración femenina	97.5	99.7	103.7	108.2	2.92	*	NS	NS

* P<0.05
** P<0.01
NS no significativo (P>0.05)

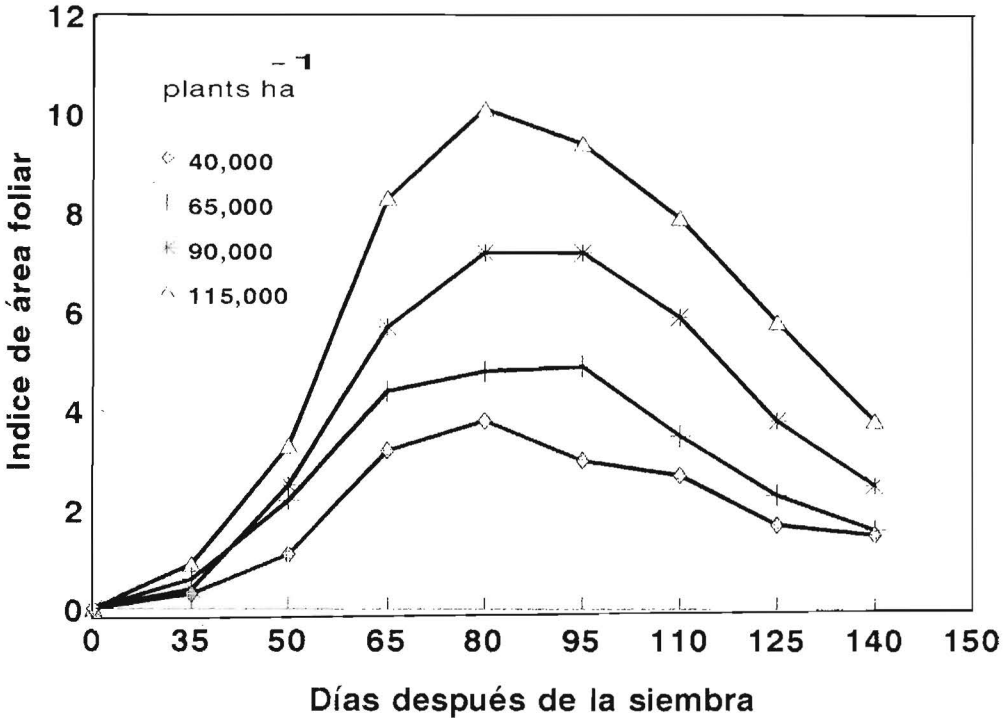


Figura 1. Índice de área foliar durante el desarrollo del híbrido de maíz HV-313 bajo cuatro densidades de plantas

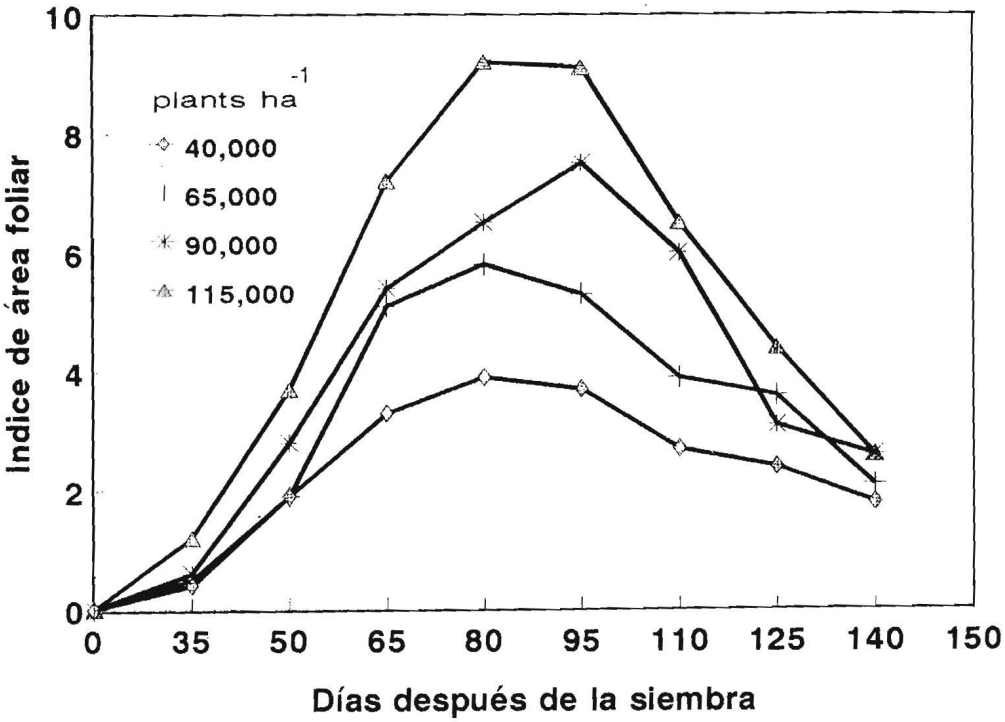


Figura 2. Índice de área foliar durante el desarrollo de la variedad de maíz Celaya bajo cuatro densidades de plantas

producción se obtuvo con una densidad de 125 mil plantas/ha (TETIO-KAGHO y GARDNER 1988). Nuestros resultados sugieren que la densidad crítica del HV-313 para obtener la mayor producción de forraje por hectárea es superior a las 115 mil plantas/ha, que fue la mayor densidad de plantas evaluada en este trabajo.

TETIO-HAGHO y GARNIER (1988) reportaron que un ajuste fisiológico en el maíz es la disminución en el número de mazorcas por planta al aumentar la densidad de plantas, como se observó en el presente estudio. Esto ocasiona un menor índice de cosecha por planta pero permite aumentar el rendimiento por hectárea hasta una densidad óptima (BERZSENYI, 1988). TETIO-KAGHO y GARDNER (1988) hallaron que esta relación entre la producción de grano y la densidad de plantas fue parabólica. La mayor producción de grano se obtuvo con una densidad de 100 mil plantas/ha. En nuestro trabajo, las diferencias de densidad de plantación no ocasionaron incrementos ni reducciones de rendimiento de grano en ninguno de los dos genotipos.

La mejor respuesta del HV-313 con índices de área foliar altos se considera una característica deseable para la producción de forraje. Nuestros resultados coincidieron en parte con GRAYBILL *et al.* (1991), quienes hallaron IAF óptimos para producción de grano de 3 a 3.2 e IAF críticos hasta de 6 para producción de forraje. Una de las posibles explicaciones de la respuesta positiva en producción de forraje del HV-313 bajo

altos IAF es la característica erecta de sus hojas. En experimentos con manipulación mecánica para inclinar las hojas se observó un incremento de 40% de grano en comparación con el mismo híbrido con hojas extendidas (PENDLETON *et al.*, 1968). Por otra parte, en genotipos con hojas verticales arriba de la mazorca y hojas horizontales abajo de la misma se ha tenido una mejor intercepción de la radiación solar en los diferentes estratos foliares (CASTILLO *et al.*, 1990).

Este trabajo mostró que no existió ninguna respuesta de la variedad Celaya a la densidad de plantas. CARLONE y RUSSEL (1987) indicaron que en los Estados Unidos de América, los incrementos más notables en el rendimiento de grano se observaron con híbridos para sustituir a las variedades de polinización libre. En ese estudio también se demostró que una de las características de esos híbridos fue su respuesta positiva a la densidad de plantas. PINTER *et al.* (1994) también demostraron que la respuesta a la densidad de plantas es diferente entre variedades de maíz. Los resultados de este trabajo sugieren que los nuevos híbridos de hojas erectas (HV-313) en México tienen una mejor respuesta al aumento de la densidad de plantas que las variedades viejas (Celaya).

Conclusiones

En el híbrido de hojas erectas HV-313 se obtuvo un incremento lineal en la producción de forraje al aumentar la densidad de plantas, pero no fue posible determinar la densidad crítica para obtener la máxima producción por hectárea. Sin embargo, no se obtuvo respuesta en rendimiento de grano. En la variedad Celaya de hojas extendidas no se observaron respuestas positivas ni negativas en producción de forraje ni en grano por hectárea. Dicha variedad fue más sensible a los efectos causados por el aumento en densidad de plantas, en el número de mazorcas por planta y en la sincronización entre floraciones masculina y femenina.

Bibliografía

BANGARWA, A.S., AIRON M.S., SING K.P., 1988. Effect of plant density and level and proportion of nitrogen fertilization on growth, yield and yield components of winter maize (*Zea mays* L.). Indian Journal of Agricultural Sciences, 58, 854-856.

BERZSENYI, Z., 1988. Changes in the harvest index of maize (*Zea mays* L.) in relation to fertilizer application, plant density and growing season. Novenytermeles, 37, 229-238.

CARLONE M.R., RUSSELL W.A., 1987. Response to plant and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding. Crop Sci., 27, 465-470.

CASTILLO R.M.A., LIVERA M.M., GONZÁLEZ H.V.A., 1990. La arquitectura de la planta de maíz y la distribución de la radiación fotosinteticamente activa en la cubierta. Resumen. XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Chih, Chih., pp. 122.

FRANCIS, C.A., RUTGER J.N., PALMERA.F.E., 1969. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). Crop Sci., 9, 537-539.

GRAYBILL J.S., COX W.J., OTIS D.J., 1991. Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date, and plant density. Agron. J., 83, 559-564.

JOLLIFE P.A., TARIMO, A.J.P., EATON G.W., 1990. Plant growth analysis: Growth and yield component responses to population density in forage maize. Annals of Botany, 65, 139-147.

PATEL M.P., SHELKE D.K., 1988. Correlation studies in forage maize. J. of Maharastra Agricultural Universities, 13, 218-219.

PENDLETON J.W., SMITH G.E., WINTER S.R., JOHNSTON T.J., 1968. Field invetsigations of the relationship

of leaf angle in corn (Zea mays L.) to grain yield and apparent photosyntesis. Agron. J., 60, 422-424.

PINTER L., ALFODIZ., BURUCS., PALDI E., 1994. Feed value of forage maize hybrids varing in tolerance to plant density. Agron. J., 86, 799-804.

SAMPOUX P., GALLAIS A., LFORT B.M., 1989. Selection combining fodder value and grain quality for fodder and grain maize breeding. Agronomie, 7, 667-675.

SAS INSTITUTE, 1985. SAS User's guide: statistics. SAS Inst., Cary, N.C.

STEEL R.D., TORRIE J.H., 1980. Principles and procedures of statistics. 2nd ed. McGraw-Hill. New York, 633 p.

TETIO-KAGHO F., GARDNER F.P., 1988. Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustments. Agron. J., 80, 935-940.

(Aceptado para publicación el 10 de junio de 1996)