EFECTO DE TRES DENSIDADES DE POBLACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO, COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA EN DOS GENOTIPOS DE MAÍZ

[1]Pedro Simón López Pérez, [2]Néstor Espinosa Paz y [2]Jesús Martínez Sánchez.
[1]Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera Ocozocoautla-Villaflores km. 84.5, C. P. 30470. Villaflores, Chiapas, México. [2]Campo Experimental Centro de Chiapas km 3.0 Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, C. P. 64120. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México.

RESUMEN

La investigación se realizó bajo condiciones de temporal, en el Campo Experimental Centro de Chiapas (CECECH), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. El objetivo de este trabajo fue cuantificar el efecto de tres densidades de población (50, 65 y 80 mil plantas/ha) sobre dos nuevos genotipos de maíz. Utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglos en parcelas divididas (3X2); donde la parcela grande correspondió a las densidades de población (50 000, 65 000 y 80 000 plantas/ha) y la parcela chica a los genotipos (V-560 y H-561), dando un total de seis tratamientos. Las variables estudiadas fueron, rendimiento, componentes del rendimiento, la producción de materia seca y el índice de cosecha. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y la prueba comparativa de medias por el método de Tukey al 5% de probabilidad. La densidad que aportó el mayor rendimiento de grano y componentes de rendimiento fue 65 000 plantas/ha, mientras que para el índice de cosecha y producción de materia seca no hubo diferencias estadísticas, por lo tanto la densidad de población recomendada para los genotipos evaluados es de 65 000 plantas/ha, con la que se obtuvo un rendimiento promedio de 6.7 t/ha para el híbrido H-561 y de 5.4 t/ha para la variedad V-560.
Palabras clave: maíz, rendimiento, materia seca, índice de cosecha

ABSTRACT

The research was conducted under rainfed conditions at the Country Experimental Center of Chiapas (CECECH), the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP) in the town of Ocozocoautla of Espinosa, Chiapas, Mexico. The aim of this study is to quantify the effect of three population densities (50, 65 and 80 thousand plants/ha). Using an experimental design of complete randomized block design with split plot arrangements (3X2); where the main plot corresponded to population densities (50 000, 65 000 and 80,000 plants/ha) and subplots to genotypes (V-560 and H-561), giving a total of six treatments. The variables studied were, yield, yield components, dry matter production and harvest index. Data were analyzed using analysis of variance and mean comparison test by the method of Tukey at 5% probability. The density that provided the highest grain yield and yield components was 65 000 plants/ha, while for harvest index and dry matter production were no statistical differences therefore recommended genotypes for population density 65 000 plants/ha, with an average yield of 6.7 was obtained t/ha for hybrid H-561 and 5.4 t/ha for the V-560 variety.
Key words: maize, yield, dry matter, harvest index.

INTRODUCCIÓN

En México, el maíz es uno de los cultivos de mayor importancia desde el punto de vista alimentario, ambiental, económico y social. Por lo que poco más del 47.2% de la superficie agrícola es sembrada con este grano con una producción de 22, 069, 254 toneladas (SIAP, 2013). Anualmente se establecen en promedio 7, 372, 218 hectáreas para grano. Chiapas contribuye con el 8.8 % de la producción nacional, en el 2012 en esta entidad se produjeron 1, 404, 679 de toneladas de grano, en una superficie de 705, 241 ha, lo que generó un valor de producción de 5 mil millones 536, 741 pesos (SIAP, 2013).

Dentro de la oferta de genotipos mejorados, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); libera genotipos para las distintas regiones ecológicas del país. En el estado de Chiapas los programas de mejoramiento genético para maíz; están enfocados para las regiones de clima cálido subhúmedo, sin embargo, posterior a su liberación es necesario generar un paquete tecnológico que incluya prácticas que optimicen el rendimiento de grano de estos genotipos.

El híbrido H-561 y la Variedad V-560 fueron formados en el Campo experimental Centro de Chiapas (CECECH) del INIFAP. El hibrido H-561 fue evaluado en la región centro de Chiapas, el cual ha tenido un rendimiento promedio de 7.6 t/ha bajo condiciones de temporal, mientras que en condiciones de buena humedad produjo 9.8 t/ha; su principal característica es la resistencia a pudriciones de mazorca, y cumple con los requisitos que fija la industria harinera en la fabricación de tortillas (Coutiño et al., 2013). En cuanto a la variedad V-560 ha tenido un rendimiento promedio en temporal de 4.6 a 5.2 t/ha y bajo riego de 6.2 a 6.8 t/ha; es una variedad de ciclo precoz y por las características de su grano es ideal para la fabricación de tortillas por el método tradicional (Coutiño, 2012).

La densidad de población, es considerada como el factor controlable más importante para obtener mayores rendimientos en los cultivos. En el maíz ejerce alta influencia sobre el rendimiento de grano y las características morfológicas, pues el rendimiento de grano se incrementa con la densidad de población, hasta llegar a un punto máximo y disminuye cuando la densidad se incrementa más allá de este punto (Sangoi**,** 2000)**.**

Si se usa una densidad de población mayor que la óptima, incrementa la competencia por luz, agua y nutrimentos, lo que ocasiona reducciones en el rendimiento y volumen radical (Duncan, 1969, Cano *et al.*, 2001), en el número de mazorcas y en la cantidad de grano por planta (Tanaka y Yamaguchi, 1977; Wilson y Allison, 1978; Poneleit y Egli, 1979); también aumenta la intensidad de las pudriciones de raíz y tallo (Hunter y Francis, 1983), lo que propicia el acame tanto de raíz como de tallo, así como de pudriciones de mazorca y eleva los costos de la cosecha.

Los maíces con alto potencial productivo demandan un manejo eficiente de la población de plantas (Domínguez, 1997); además, aquellos desarrollados en años recientes toleran mayor número de plantas por unidad de superficie que los anteriores (Tollenaar, 1991). En un

estudio de rendimiento de grano donde se probaron cinco poblaciones de plantas y dos híbridos, la mejor densidad se ubicó entre 70 000 y 80 000 plantas/ha (Jugenheimer, 1990); en cambio Ortega *et al*., (2001), sugieren una población 50 000 a 70 000 plantas/ha para la producción de maíz.

Según Panera (2002), mencionan que al aumentar la densidad de población, aumenta el rendimiento total, pero disminuye el rendimiento comercial debido a un menor tamaño de las mazorcas y el grano. El objetivo de este trabajo fue cuantificar el rendimiento, componentes del rendimiento, producción de materia seca e índice de cosecha de los genotipos H-561 y V-560 sembrados a tres densidades de población, para determinar la densidad óptima para cada genotipo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental Centro de Chiapas (CECECH), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado en el km 3.0 de la carretera Ocozocoautla – Cintalapa, en el municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. Esta localidad se encuentra en las coordenadas geográficas 16° 45’ N y 93° 22’ W. con una altitud de 800 msnm. El clima del lugar es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un rango de precipitación de 900 – 1800 mm. Con una temperatura media anual de 21 – 23°C. Los suelos predominantes en el municipio son: Luvisol (41.08%), Leptosol (35.61%), Alisol (6.91%), Vertisol (6.08%), Phaeozem (5.49%), Regosol (3.87%), Cambisol (0.52%), Plintosol (0.19%), y Fluvisol (0.05%) (INEGI, 2005). En el sitio del experimento el suelo es de textura arcillosa, color café obscuro, sin pedregosidad, profundo y con mediano contenido de materia orgánica.

En este estudio se utilizaron dos genotipos de maíz: la variedad V-560 y el híbrido H-561, que fueron formados, registrados y liberados en el CECECH-INIFAP. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas (3X2); donde la parcela grande correspondió a las densidades de población (50,000, 65,000 y 80,000 plantas/ha) y la parcela chica a los materiales mejorados de maíz (V-560 y H-561), dando un total de seis tratamientos. La unidad experimental estuvo constituida por cuatro surcos de 8 m de longitud con una separación de 0.80 m entre surcos. La parcela útil estuvo formada por dos surcos centrales de cada unidad experimental.

Las variables que se estudiaron en el trabajo fueron, días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF), altura de la planta (ALP), altura de la mazorca (ALMAZ), diámetro de tallo (DTA), rendimiento de grano (REND), producción de biomasa en materia seca e indice de cosecha (IC). El análisis estadístico se realizó mediante análisis de varianza y la prueba comparativa de medias por el método de Tukey al 5% de probabilidad. Estas pruebas se hicieron en el programa estadístico SAS versión 9.1.

RESULTADOS

En los análisis de varianza se detectaron diferencias altamente significativas para el factor genotipo en las variables días a floración masculina, días a floración femenina, rendimiento de grano, diámetro de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera y producción de materia seca. En las densidades de población sólo hubo efecto significativo en la longitud y diámetro de mazorca. Para la interacción genotipo por densidad únicamente se encontraron diferencias altamente significativas en el diámetro de mazorca (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística del efecto de variedad, densidad y su interacción sobre variables relacionadas con la fenología, morfología, rendimiento de grano y sus componentes.

Variable	Bloque	Genotipo	Densidad	Gen*Den
DMF	101.7ns	180.1**	29.5ns	39.8ns
DFF	115.9ns	193.4**	47.7ns	60.8ns
Altpla	325.1ns	10.3ns	63.0ns	196.9ns
Altmaz	75.3ns	2.3ns	69.5ns	39.7ns
Diata	2.5ns	0.6ns	0.5ns	2.3ns
Ren	0.3ns	15.2**	1.4ns	0.1ns
Lonmaz	1.3ns	1.4ns	16.3**	2.4ns
Diamaz	0.1ns	0.4**	0.3**	0.2**
Hilmaz	0.8ns	18.7**	1.0ns	0.6ns
Grahil	1.3ns	17.3**	6.7ns	8.3ns
MS	4.2ns	57.6**	1.0ns	0.9ns
IC	0.1ns	0.1ns	0.08ns	0.1ns

ns= no significativo; * y ** significativos a nivel de P<0.05 y P<0.01, respectivamente. DFM = Días a floración masculina; DFF = Días a floración femenina; ASI = Asincronia floral; Altpla = altura de planta; Altmaz = altura de la mazorca; Diata = diámetro de tallo; Ren= rendimiento; Lonmaz = longitud de mazorca; Diamaz = diámetro de mazorca; Hilmaz = hileras por mazorca; Grahil = granos por hilera, MS= Materia Seca, IC = Índice de Cosecha.

Análisis de los efectos principales

La floración masculina y la floración femenina del híbrido H-561 fue a los 63 y 65 días, respectivamente; mientras que para la variedad V-560 la floración masculina se presentó a los 53 días y la floración femenina a los 55 días (Cuadro 2), esto es debido a que la variedad V-560 es un material precoz y el hibrido H-561 es un material tardío (Coutiño, 2012; Coutiño *et al*., 2013).

En el factor genotipo se encontraron diferencias estadísticas, el hibrido H-561 promedió 6.4 t/ha; mientras que la variedad V-560 obtuvo 4.8 t/ha, estos promedios corresponden a lo obtenido por (Coutiño, 2012; Coutiño *et al*., 2013), esto es debido a que un hibrido siempre presentará mayores rendimientos que una variedad por sus características fisiológicas y genotípicas. Otra de las diferencias en el rendimiento se debe al peso hectolítrico (Kg hL^{-1}) que posee cada material, el hibrido H-561 presenta una densidad elevada 82.4 Kg/hL^{-1} (Coutiño *et al*., 2013), por su parte la variedad V-560 tiene una densidad de 77.7 kg/ hL^{-1} (Coutiño, 2012), esto se reflejó en una diferencia de 2.4 t/ha de rendimiento a favor del hibrido H-561 (Cuadro 2).

La variedad V-560 presentó valores promedio más altos en diámetro de la mazorca, hileras por mazorca y granos por hilera, sin embargo, estas características no fueron determinantes para mejorar el rendimiento de grano (Cuadro 2).

Con relación al efecto del factor densidad de población, los resultados indican que al aumentar la densidad a 80 000 plantas/ha disminuye la longitud y diámetro de mazorca, según Panera (2002), al aumentar la densidad de población, aumenta el rendimiento total, pero disminuye el rendimiento comercial debido a un menor tamaño de las mazorcas. También, en el rendimiento de grano no se observaron diferencias estadísticas, sin embargo el valor promedio más alto se obtuvo cuando se sembró a 65 000 plantas/ha, con un rendimiento promedio de 6.1 t/ha. Esto coincide con el estudio realizado por Cano *et al.* (2001), quienes no encontraron diferencias estadísticas para el rendimiento de grano, pero el mayor rendimiento se registró al sembrar 62 500 plantas/ha con un rendimiento promedio de (6.29 t/ha), mientras que con 125 000 plantas/ha el rendimiento disminuyó.

Cuadro 2. Promedios y comparaciones estadísticas del efecto de variedad (V-560 y H-561) y densidad de población (50, 65 y 80,000 plantas/ha).

Factor	DFM	DFF	ASI	Altpla	Altmaz	Diata	Ren	Lonmaz	Diamaz	Hilmaz	Grahil
Genotipo											
H-561	63.0a*	65.0a	2.0 a	200.3 a	81.0 a	3.1 a	6.4a	18.0 a	3.6b	14.1b	34.5b
V-560	53.0b	55.0b	2.0 a	199.0 a	80.4 a	2.8 a	4.8b	17.5 a	3.8 a	15.8 a	36.2a
Densidad											
50,000	58.0 a	60.0 a	2.0 a	201.5 a	81.5 a	2.8 a	5.4 a	18.9 a	3.9 a	15.3 a	35.6 a
65,000	58.0 a	60.0 a	2.0 a	196.4 a	77.5 a	3.2 a	6.1 a	18.3 a	3.7 a	14.6 a	36.2 a
80,000	58.0 a	60.0 a	2.0 a	201.1 a	83.2 a	2.8 a	5.3 a	16.2 b	3.5b	15.0 a	34.4 a

DFM = días a floración masculina (DDS); DFF = días a floración femenina (DDS); ASI = Asincronía floral (DDS); Altpla = altura de planta (cm); Altmaz = altura de la mazorca (cm); Diata = diámetro de tallo (cm); Lonmaz = longitud de mazorca (cm); Diamaz = diámetro de mazorca (cm); Hilmaz = hileras por mazorca; Grahil = granos por hilera. *Medias con la misma letra en columna no son estadísticamente diferentes.

En la producción de materia seca se encontraron diferencias estadísticas entre los dos genotipos bajo estudio, el hibrido H-561 promedió 14.64 t/ha de materia seca, por su parte la variedad V-560 tuvo un rendimiento promedio de materia seca de 11.60 t/ha (Figura 1). Los rendimientos promedio de materia seca de este estudio, son inferiores a lo reportado por Sánchez *et al.,* (2011); la diferencia estriba en que estos autores evaluaron genotipos de maíz seleccionados para la producción de forraje. Los genotipos H-561 y V-560 no fueron seleccionados para este fin, por lo tanto muestran rendimientos promedio bajos respecto a otros estudios en donde se evaluaron genotipos con potencial forrajero (Tinoco *et al.,* 2008; Antolín *et al.,* 2009; Montemayor *et al.,* 2007).

En ambos genotipos el valor más alto del índice de cosecha se presentó a 65 000 plantas/ha, con valores de 0.44 y 0.47 para el hibrido H-561 y la variedad V-560 respectivamente, tendencia similar fue reportada por Cano *et al.,* (2001), quienes evaluaron el efecto de diferentes densidades de población (50 000 hasta 125 000 plantas/ha) sobre híbridos mejorados por el INIFAP. Encontrando que el mejor incide de cosecha (0.39) obtenido fue

cuando se sembraron 62 500 plantas/ha. También reportaron que a medida que aumentó el número de plantas por unidad de área, se incrementó la cantidad de plantas jorras y disminuyó el índice de cosecha.

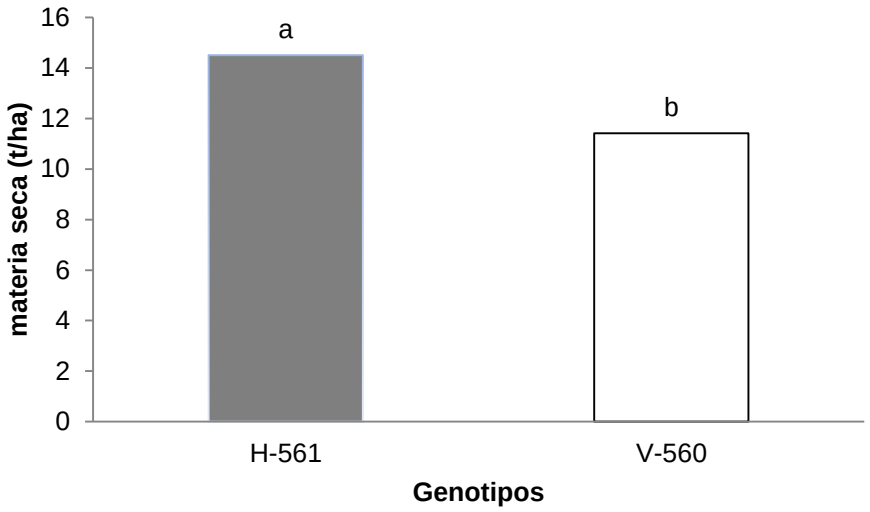

Figura 1. Producción de materia seca del híbrido de maíz H-561 y de la variedad V-560.

Análisis de las interacciones

Respecto a la interacción genotipo por densidad de población; el híbrido H-561 presentó un mayor diámetro de mazorca a una densidad de población de 65,000 plantas por /ha, mientras que para la variedad V-560 el mayor diámetro de mazorca se presentó a la densidad de población de 50,000 plantas/ha, esto se debió a las características morfológicas y fisiológicas de cada material y a que cada una de estas respondió diferente a las diferentes densidades en que se sembró.

En ambos genotipos, el rendimiento más alto se presentó a la densidad de 65,000 plantas/ha con un rendimiento promedio de 5.4 t/ha para la variedad V-560 y de 6.7 t/ha para el hibrido H-561 (Figura 2). Las diferencias en relación a las densidades de población de 50 000 y 80 000 plantas/ha, fueron de 0.9 t/ha y 0.5 t/ha en la variedad V-560 y en el hibrido H-561, respectivamente. De manera similar, De la Cruz-Lázaro *et al.*, (2009) reportaron que el incremento en densidad de 44 289 a 66 500 plantas/ha aumento el rendimiento de grano en 941 kg/ha (28.4%). Este resultado también fue similar a otros estudios, en los cuales se observaron aumentos del rendimiento de grano en densidades superiores a 50 000 plantas/ha (Cano *et al.*, 2001; Violic 2001; Carrera y Cervantes 2006). Por lo tanto, la mejor densidad de población para los genotipos evaluados (H-561 y V-560) es de 65,000 plantas/ha; de acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio y a la expresión de sus características genéticas en el rendimiento.

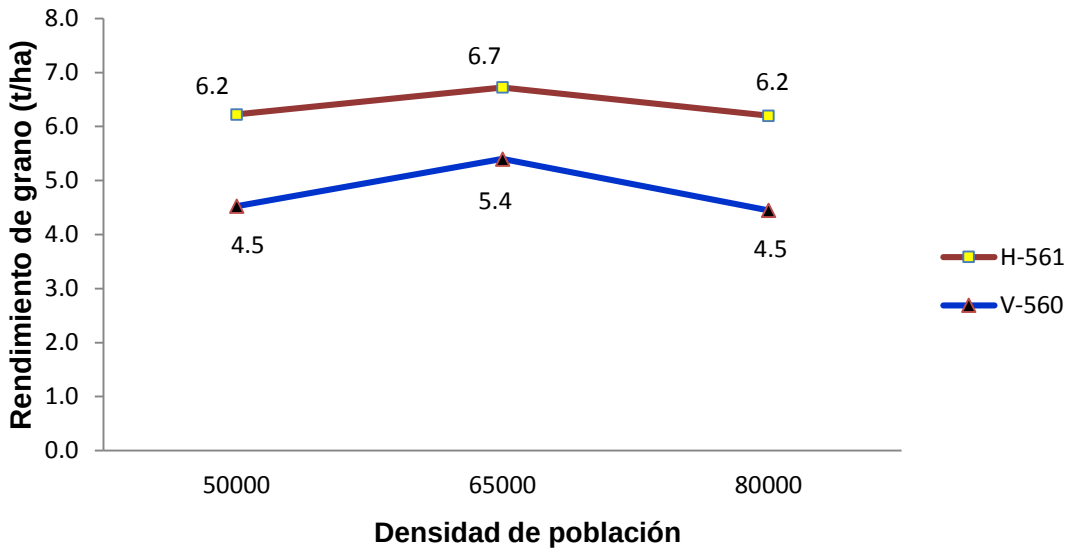

Figura 2. Rendimiento de grano de la variedad V-560 y del híbrido H-561 en relación a la densidad de siembra

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados derivaron las siguientes conclusiones:

La densidad que aportó el mayor rendimiento de grano y componentes de rendimiento fue 65 000 plantas/ha. No hubo diferencias estadísticas para el índice de cosecha y producción de materia seca para las tres diferentes densidades de población. La densidad de población recomendada para los genotipos evaluados es de 65 000 plantas/ha, con las que se obtuvo un rendimiento promedio de 6.7 t/ha para el híbrido H-561 y de 5.4 t/ha para la variedad V-560.

BIBLIOGRAFÍA

Antolín, DM; González, RM; Goñi, CS; Domínguez V, IA; Ariciaga, GC. 2009. Rendimiento y producción de gas in vitro de maíces híbridos conservados por ensilaje o henificado. Técnica Pecuaria en México 47(4):413-423.

Cano, O; Tosquy OH; Sierra, M; Rodríguez, FA. 2001. Fertilización y densidad de población en genotipos de maíz cultivados bajo condiciones de temporal. Agronomía Mesoamericana. 12: 199–203.

Coutiño E, B. 2012. V-560, Nueva variedad precoz de maíz, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigaciones Regional del Pacifico Sur, Campo experimental centro de Chiapas, Ocozocoautla de Espinoza, Chiapas, México. Desplegable para productores N. 12.

Coutiño E, B., Salinas, MY; Gómez, MN; y Vidal M, VA. 2013. H-561, nuevo híbrido de maíz resistente a pudriciones de mazorca para regiones tropicales. Revista Fitotecnia Mexicana. 36 (1): 85-87.

Domínguez, VA. 1997. Tratado de fertilización. 3ª edición. Editorial Mundi-Prensa. México, D.F. 613 p.

Duncan, WG. 1969. Cultural manipulation for higher yields. In: JD Eastin, FA Haskins, CY Sullivan, CHM Van Bavel (Eds). Physiological Aspects of Crop Yield. Amer. Soc. Agron. Madison, Wi. USA: pp: 327-342

Hunter, R. B., T. R. Francis. 1983. Good ears on good stalks a challenge for corn breeders. 38th Annual Corn and Sorghum Research Conference. ASTA. Chicago, Ill. pp: 71-79.

Jugenheimer, RW. 1981. Maíz; variedades mejoradas, métodos de cultivo producción de semillas. Ed. Limusa. México. Pp. 20-25.

Montemayor T, JA; Olaguer, RJ; Fortis, HM; Sam, BR; Leos R, JA. 2007. Consumo de agua en maíz forrajero con riego superficial. Terra Latinoamericana. 25 (2): 163-168.

Ortega, CA; Cota, AO; Vasal, SK; Villegas ME; Córdoba, OH; Barreras S, MA; Wong P, JJ; Reyes M, CA; 2001. H-441C, H-442 y H-469C, híbridos de maíz de calidad proteínica mejorada para el Noroeste y subtrópico de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo experimental Valle del Yaqui. Cd. Obregón, Sonora, México. (folleto técnico Núm. 41). 25 p.

Poneleit, CG; Egli, DB; 1979. Kernel growth rate and duration in maize affected by plant density and genotype. Crop Sci. 19: 385-388.

Sánchez H, MA; Aguilar M, CU; Valenzuela, JN; Sanchez, HC; Jiménez R, MC; Villanueva, VC. 2011. Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. Agronomia Mesoamericana. 22(2): 281-285.

Sangoi, L. 2000. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issueto maximize grain yield. Ciencia Rural, Santa Maria. 31(1): 159-158.

SIAP, (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Anuario estadístico de la producción agrícola 2008. (en línea). Consultado 10 de Diciembre 2013. Disponible en http:// www.siap.gob.mx.

Tanaka, A; J, Yamaguchi. 1977. Producción de Materia Seca, Componentes del Rendimiento y Rendimiento del Grano de Maíz. Trad. J Kohashi S. Rama de Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp: 84-105.

Tinoco A, CA; Ramírez, FA; Villareal, FE; Ruiz, CA. 2008. Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. Agricultura técnica en México. 34(3):271-278.

Tollenaar, M. 1991. Physiological basis of genetic improvement of maize hybrids in Ontario from 1959 to 1988. *Crops Sci*. 31:119-124.

Wilson, J. H., and J. C. S. Allison.1978. Effect of plant population on ear diferentiation and growth in maize. Ann. Appl. Biol. 90:12-132.