

DENSIDAD DE SIEMBRA Y CRECIMIENTO DE MAÍCES FORRAJEROS¹

Miguel Ángel Sánchez-Hernández², Cecilio Ubaldo Aguilar-Martínez², Nicolás Valenzuela-Jiménez²,
César Sánchez-Hernández³, María Concepción Jiménez-Rojas³, Clemente Villanueva-Verduzco³

RESUMEN

Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. El objetivo de este trabajo fue identificar genotipos de maíz con potencial forrajero. Un primer trabajo (E_1) se hizo de noviembre del 2007 a febrero del 2008, se evaluaron los genotipos H-520, HE-1A17, HE-2A15, V-556AC, VS-536, A7573 y un genotipo criollo, en tres densidades (50 000, 62 500, 83 333 plantas/ha) y cuatro repeticiones. El segundo ensayo (E_2) (de enero a abril del 2009) se prescindió del HE-1A17 y HE-2A15, y se incluyó el H-564C. Los tratamientos fueron la combinación de genotipos y densidades, en un diseño de bloques al azar. Se hicieron análisis de varianza por experimento, el combinado y comparación de medias por Tukey ($P \leq 0,05$). El genotipo criollo en el promedio de densidades presentó la mayor altura de planta ($E_1=247$, $E_2=216$ cm), área foliar total ($E_1=5834$, $E_2=7516$ cm²) e índice de área foliar ($E_1=3,8$; $E_2=4,9$), diámetro de tallo ($E_1=6,6$; $E_2=7,5$ cm) y rendimiento de forraje en $E_1=44,3$ t/ha. En el segundo ensayo el H-564C ($E_2=36,6$ t/ha) superó en rendimiento al testigo VS-536. En promedio de genotipos, la densidad de 83 333 plantas ($E_1=35,8$; $E_2=37,3$ t/ha), superó en rendimiento de forraje a la de 62 500 y 50 000 plantas/ha. Por densidad, el máximo rendimiento se tuvo con el genotipo criollo establecido a 83 333 plantas con 57 t/ha de materia verde. En promedio de densidades el mayor índice de área foliar se alcanzó con 83 333 plantas y el menor se obtuvo con 50 000 plantas/ha.

Palabras clave: Híbridos, *Zea mays* L., índice de área foliar.

ABSTRACT

Plant density and growth of forage maize genotypes. A study was conducted to identify genotypes of maize with high forage potential. The first experiment (E_1) was conducted from November 2007 to February 2008, evaluating the genotypes H-520, HE-1A17, HE-2A15, V-556AC, VS-536, A7573 and a native variety, at three densities (50000, 62500 and 83333 plants/ha) and with four replications. In a second experiment (E_2) (January to April 2009) the hybrids HE-1A17 and 2A15 were excluded and H-564C was added. The treatments were the combination of genotypes and sowing densities, in a randomized block design. Analysis of variance for each experiment were conducted, and combined and comparison of means, by Tukey ($P \leq 0.05$). In the first experiment, the native genotype, average of densities, had the highest plant height ($E_1=247$, $E_2=216$ cm), total leaf area ($E_1=5834$, $E_2=7516$ cm²) and leaf area index ($E_1=3.8$; $E_2=4.9$), stem diameter ($E_1=6.6$; $E_2=7.5$ cm) and forage yield ($E_1=44.3$ t/ha). In the second experiment, H-564C ($E_2=36.6$ t/ha) surpassed the control. The density of 83333 plants/ha, average of genotypes, surpassed in forage yield ($E_1=35.8$; $E_2=37.3$ t/ha) the density of 62500 plants and 50000 plants/ha. For density, the maximum yield by genotype was established at 83333 plants/ha in the native variety, which produced 57 t/ha of forage. On average of the densities, the maximum leaf area index was achieved with 83333 plants/ha, and the lowest was obtained with 50000 plants per hectare.

Key words: Hybrids, *Zea mays* L., leaf area index.

¹ Recibido: 14 enero, 2011. Aceptado: 3 de octubre, 2011. Proyecto de investigación. Rendimiento de maíces tropicales con aptitud forrajera. Licenciatura en Zootecnia del primer autor. Universidad del Papaloapan. Loma Bonita, Oaxaca, México.

² Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n. Ciudad Universitaria Loma Bonita, Oaxaca, México. C.P. 68400 Tel. y Fax: 01(281) 872-9230. msanchez@unpa.edu.mx; ubaldoaguilar@hotmail.com; nicolas_val@yahoo.com

³ Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38,5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230. Chapingo, Estado de México. Tel. y Fax: 01 (595) 952-1500. cesarsh79@hotmail.com; marconjiro@hotmail.com; clemente@correo.chapingo.mx

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales más utilizados para consumo humano (Malvar *et al.* 2008, Madamombe *et al.* 2009) y animal (Antolín *et al.* 2009, Edalat *et al.* 2009, Reta *et al.* 2010). En términos de recepción de ingresos es el tercer cultivo más importante en el mundo, sembrándose 129 millones de hectáreas, con rendimientos de grano de 6,7 t/ha en países desarrollados y 2,4 t/ha en países en desarrollo (Khalily *et al.* 2010). Anualmente en México se establecen 8,0 millones de hectáreas para grano y cerca de 500 000 de maíz forrajero, con un rendimiento promedio de 26,0 t/ha de materia verde (SIAP 2010).

En el Estado de Oaxaca, en el 90% del área total establecida con maíz se utilizan variedades nativas, provenientes de treinta razas (Aragón *et al.* 2005); de las 59 que existen en el país (Martín *et al.* 2008), lo que se explica porque esta gramínea se originó y domesticó en México (Pecina *et al.* 2009, Keleman 2010) hace nueve mil años a partir del teocintle tropical (Warburton *et al.* 2008, Piperno *et al.* 2009). Solo el 10% de la superficie establecida con híbridos en esa entidad federativa incluye genotipos sembrados para forraje, los cuales rinden 36,2 t/ha de biomasa (SIAP 2010).

La Cuenca del Papaloapan, perteneciente a Oaxaca y Veracruz, es una región de trópico húmedo (Montes 2003, Vilaboa *et al.* 2009), donde se cultivan variedades de maíz de polinización abierta (Sánchez *et al.* 2008); de las cuales, el productor cosecha 2 t/ha de grano (Tosquy *et al.* 1995, Tinoco *et al.* 2008), utilizando cincuenta mil plantas por hectárea. Obtiene también elotes, hojas para tamales, esquilmos agrícolas y forraje, que se ensila para alimentar al ganado bovino en época de sequía (Sánchez *et al.* 2008). Aún siendo diversos los beneficios que aporta el cultivo, los ganaderos no cuentan con genotipos aptos para forraje y carecen de indicadores precisos del rendimiento en biomasa, el cual es influenciado por las densidades de población e índices de área foliar de tales variedades.

El uso de altas densidades de población en maíz se traduce en un mejor uso del terreno (Reta *et al.* 2000, Subedi *et al.* 2006), que en conjunto con un área foliar grande (Valentinuz y Tollenaar 2006) permiten al productor aumentar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie; debido a que la radiación fotosintéticamente activa, ubicada en longitudes de onda de 400 a

700 nm (Tinoco *et al.* 2008), al llegar al follaje es mejor aprovechada por el cultivo (Strieder *et al.* 2008).

Se recomienda el empleo de híbridos de doble propósito, productores de grano y forraje, siempre y cuando se utilicen prácticas de manejo similares. Así, las densidades de siembra recomendadas para maíz varían según el objetivo, que puede ser grano, forraje o ambos (Widdicombe y Thelen 2002). Por lo que Cuomo *et al.* (1998) recomendaron para maíz forrajero una densidad de población óptima de 98 800 plantas por hectárea, argumentando que la biomasa total de forraje se incrementa con la densidad de plantas.

La densidad óptima en maíz para rendimiento de grano y forraje depende del genotipo, fertilidad y manejo agronómico del cultivo (Subedi *et al.* 2006).

Se han evaluado maíces forrajeros a una densidad de 104 000 plantas/ha y tres separaciones en cintas de riego, de 0,8; 0,9 y 1,0 m, con un rendimiento entre 27,8 y 70,2 t/ha de forraje (Montemayor *et al.* 2007). A una densidad de 71 428 plantas/ha con el híbrido H-513 (Tinoco *et al.* 2008) se obtuvieron altos rendimientos de grano. El H-376, productor de grano y forraje, se recomienda sembrar a 80 000 plantas/ha con rendimientos de 78,1 a 90,8 t/ha de materia verde y 9,0 a 16,5 t/ha de grano. En maíces forrajeros: Aspros-721, H-31, VS-2000 y Cacahuacintle a una densidad de 85 mil plantas/ha, se obtuvieron rendimientos en forraje verde de 52,5 a 85,6 t/ha (Antolín *et al.* 2009).

El creciente interés de los agricultores de la Cuenca del Papaloapan para producir maíces forrajeros, genera la necesidad de evaluar germoplasma (variedades, híbridos, sintéticos), a diferentes densidades de plantas, para aprovechar el potencial genético de esas variedades y ofrecerlas al productor para alimentar a su ganado.

En México ninguna variedad de maíz fue genéticamente desarrollada para producción y calidad forrajera, fueron seleccionadas para rendimiento de grano (Peña *et al.* 2004), enfocando el mejoramiento hacia la formación de híbridos que teóricamente superarían a los criollos en componentes vegetativos y reproductivos asociados con rendimiento y calidad de grano (González *et al.* 2008). Se carece de información precisa sobre la densidad de siembra óptima y de índices de área foliar que permitan obtener altos rendimientos en maíces forrajeros.

El presente estudio tuvo como objetivo identificar genotipos de maíz con potencial forrajero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad de evaluación

La investigación se condujo en el Campo Experimental de la Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita, la cual se localiza a 18° 06' 25" latitud Norte y 95° 52' 50" longitud Oeste a una altura de 25 msnm. El clima del lugar es Am, que es un tropical lluvioso con abundantes lluvias en verano, con temperatura media del mes más frío mayor de 18°C (García 2004). La precipitación y temperatura media anual son de 1845 mm y 24,7°C, respectivamente (Anónimo 2005). Los suelos dominantes en el Municipio son: arenosoles cámbicos de textura gruesa y acrisoles húmicos y órticos de textura fina, varios de los cuales presentan un pH ácido (Zetina *et al.* 2002, Anónimo 2005).

Material genético

De noviembre de 2007 a febrero de 2008 se estableció en campo el primer experimento (E₁), sembrando maíces adaptados a trópico, los genotipos en estudio fueron: H-520, HE-1A17, HE-2A15, V-556AC, VS-536 (testigo), A7573, provenientes del Programa Maíz del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Cotaxtla, Veracruz, México. Se incluyó un genotipo criollo colectado en Papantla, Veracruz; por presentar buen rendimiento en hoja y forraje. En 2009 se condujo un

segundo experimento (E₂) estableciendo los genotipos indicados en el experimento uno, excepto los híbridos HE-1A17 y HE-2A15 por carecer de suficiente semilla, lo que motivó que en esta segunda evaluación se probara el híbrido H-564C (Cuadro 1).

Tratamientos, diseño y parcela experimental

El primer experimento comprendió del 12 de noviembre de 2007 al 20 de febrero de 2008. Los tratamientos en estudio fueron la combinación de siete genotipos (H-520, HE-1A17, HE-2A15, V-556AC, VS-536, A7573, criollo para hoja) y tres densidades de siembra (50 000, 62 500, 83 333 plantas/ha) que se distribuyeron en el terreno en un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones lo que generó 84 parcelas experimentales. La parcela experimental fue de 16 m², constó de cuatro surcos (surcado a 0,80 m) de cinco metros de longitud. La parcela útil estuvo conformada por dos surcos centrales de los que se tomaron diez plantas con competencia completa para hacer las estimaciones de componentes de crecimiento y rendimiento.

El segundo experimento abarcó del 21 de enero al 20 de abril de 2009. Se trabajó con los genotipos: H-520, H-564C, V-556AC, VS-536, A7573 y criollo para hoja; con las tres densidades indicadas en el primer experimento. El diseño experimental consideró bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones. La parcela útil y experimental fue equivalente a lo declarado para el primer experimento.

Cuadro 1. Genotipos de maíz evaluados por su potencial forrajero en Loma Bonita, Oaxaca, México. 2007 - 2009.

Genotipo	Genealogía	Institución o Empresa	Tipo genotipo
H-520	(LT154xLT155)x(LT156)*	INIFAP-Cotaxtla	Híbrido triple
HE-1A17	Híbrido experimental	INIFAP-Cotaxtla	Híbrido
HE-2A15	Híbrido experimental	INIFAP-Cotaxtla	Híbrido
V-556AC	Variedad Poliniz. Libre	INIFAP-Cotaxtla	Variedad
VS-536	Variedad sintética	INIFAP-Cotaxtla	Sintético
A7573	No disponible	ASGROW-MONSANTO	Híbrido triple
Criollo	Variedad Poliniz. Libre	Productores de Papantla, Ver.	Criollo
H-564C	Híbrido experimental	INIFAP-Cotaxtla	Híbrido

* LT154xLT155 formaron el H-513, LT156 es una línea con seis autofecundaciones formada en el Campo Cotaxtla, Veracruz, México (Sierra *et al.* 2008).

Manejo de los experimentos

La preparación del terreno con maquinaria consistió en barbecho, rastreo, cruza y surcado, obteniendo una distancia de 0,80 m entre líneas. La siembra se efectuó manualmente el 12 de noviembre de 2007 (experimento uno) y el día 21 de enero de 2009 (experimento dos); depositando dos semillas por planta a distancias de 25, 20 y 15 cm. Cuando las plantas tenían una altura de 20 cm se raleó para ajustar las densidades a 50 000, 62 500 y 83 333 plantas/ha.

En la primera labor, a los 25 días después de siembra, se fertilizó con la fórmula 161-46-00 (INI-FAP 2007), aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo, con la segunda labor se incorporó el nitrógeno restante. Las malezas se eliminaron manualmente durante el ciclo vegetativo del cultivo y el control de plagas se realizó con paratión metílico (50% p/v) (1 l/ha) y clorpirifós etil (480 g i.a./l) (0,75 l/ha). La cosecha se efectuó el día 20 de febrero de 2008 y 20 de abril de 2009, para el experimento uno y dos, respectivamente.

VARIABLES REGISTRADAS

Crecimiento. Se midió en diez plantas la altura (AP), considerando la distancia en cm desde la superficie del suelo al punto de crecimiento. El área foliar total (AFT; cm²); se estimó midiendo diez plantas considerando largo (cm) x ancho de la hoja (cm) x 0,75 (Tanaka y Yamaguchi 1984), haciendo las determinaciones a los 21, 35, 56, 71, 90 y 100 días después de siembra para el experimento uno y solo se hicieron cinco muestreos en el experimento dos a los 21, 35, 56, 71 y 90 días.

El índice de área foliar (IAF), se estimó al dividir el área foliar total entre el área de suelo ocupada por la planta en plena fase de llenado de grano que en promedio ocurrió a los 90 días después de siembra (Díaz *et al.* 2007). Debido a que las densidades de siembra fueron distintas, el divisor utilizado en el cálculo del IAF fue: (área de planta a 50 000 plantas/ha=25x80=2000; 62 500 plantas/ha=20x80=1600; 83 333 plantas/ha=15x80=1200). El diámetro de tallo (DTA) se estimó en cm con un vernier al momento de cosechar el forraje. Durante el desarrollo de la planta se contabilizó floración masculina (DFM) y femenina (DFF), considerando los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas derramaban polen.

Rendimiento. Se contabilizó el número de elotes completamente desarrollados por planta (ELO). A partir del peso total por planta (PPL, g) que consideró la suma en pesos de órganos vegetativos y reproductivos; se estimó el rendimiento de forraje (REN) en toneladas por hectárea. Para ello, se cosechó el forraje de dos surcos centrales de la parcela útil, no considerando las plantas que se encontraban a un metro del final de cada extremo del surco para evitar efecto de orilla y así tener plantas con competencia completa. Para su determinación se usó una báscula digital con capacidad para 40 kilogramos.

Análisis estadístico

Se calcularon análisis de varianza en cada experimento para las distintas variables en estudio y la comparación de medias entre genotipos se hizo con la prueba de Tukey al nivel de significancia de 1%. El análisis de varianza se efectuó haciendo uso del procedimiento GLM del Software Statistical Analysis System (SAS 2010), teniendo como fuentes de variación a genotipos (G), densidades (D), repeticiones (R), la interacción GxD, además del error parcelar (E) e intraparcelar (W). Se realizó un análisis conjunto de la información en aquellos genotipos que se evaluaron en ambos ensayos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza indicó (información no presentada) que los genotipos en estudio tuvieron diferencias ($P \leq 0,01$) en altura de planta, diámetro de tallo, área foliar total por planta, índice de área foliar, días a floración masculina y femenina, peso total por planta y rendimiento total por planta de forraje por hectárea, tanto en el primero como en el segundo experimento. Existieron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,01$) para densidades (D), repeticiones (R) e interacción de genotipos por densidades (GxD) para la mayoría de variables estudiadas en los dos experimentos realizados.

Se detectaron diferencias al 5% de probabilidad para densidades, genotipos e interacción GxD. No hubo diferencia estadística en dos variables para repeticiones (DTA, ELO) y en una variable en la interacción GxD en el segundo experimento.

La información anterior indica que existieron diferencias marcadas entre genotipos y densidades para varias características de crecimiento y rendimiento estudiadas, atribuido a un desarrollo distinto y a un patrimonio genético que se expresó de manera diferencial; aun cuando se proporcionó un ambiente similar. A lo anterior se agrega que la temperatura y precipitación variaron de un ciclo de cultivo a otro (Figura 1). Antolín *et al.* (2009) señalaron que en maíz el rendimiento en forraje es afectado por la densidad de plantas, fecha de siembra, estado de madurez, aporte de agua y variabilidad genética de variedades e híbridos, situaciones que concuerdan con lo obtenido en este trabajo. Los coeficientes de variación son aceptables, existiendo consistencia entre conducción de experimentos y resultados obtenidos (Sierra *et al.* 2010). Guillén *et al.* (2009) en ocho genotipos de maíces tropicales encontraron coeficientes de variación de 14%, aclarando que en poblaciones de alta variabilidad se esperan coeficientes de variación más altos. De la Cruz *et al.* (2009) detectaron coeficientes de variación de 17% para el componente rendimiento de grano en nueve genotipos tropicales de maíz.

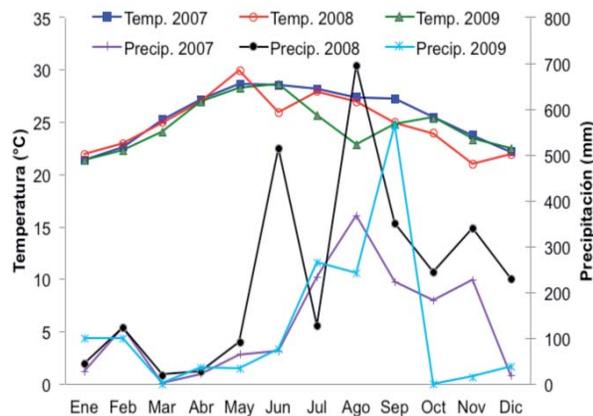


Figura 1. Comportamiento de la temperatura (°C) y precipitación (mm) en Loma Bonita, Oaxaca, México, 2007 - 2009.

Análisis de crecimiento

La altura de la planta al finalizar cada ciclo de producción fue estadísticamente superior ($P \leq 0,01$)

en el genotipo criollo ($E_1=244$; $E_2=216$ cm). Mejía y Molina (2002), al estudiar la respuesta a la selección en variedades tropicales de maíz en México reportaron una altura de planta promedio de 2,13 a 2,22 m. Acosta (2009) señaló que un criollo de maíz tropical promedia 2,2 a 3,2 m de altura, información que concuerda con la del presente estudio donde el criollo superó en altura de planta a los híbridos.

La variedad sintética VS-536 ($E_1=192$, $E_2=194$ cm) en los dos ciclos superó en altura de planta a los híbridos: HE-1A17, HE-2A15, H-520, H-564C y A7573 (Figuras 2A y B). Sierra *et al.* (2010), estimaron alturas de planta ligeramente superiores a las encontradas en este trabajo para VS-536 (233 cm), H-520 (228 cm), V556AC (211 cm) y A7573 (192 cm), situación entendible ya que su ensayo se condujo en el ciclo primavera verano que concuerda con los meses más lluviosos en el trópico húmedo de México.

Al inicio del ciclo y hasta el día 56 la altura de planta fue similar entre genotipos; de allí en adelante las alturas variaron notoriamente, toda vez que híbridos como el H-520 tuvieron una diferenciación floral rápida con 65 días a floración masculina (DFM) y 69 a floración femenina (DFF); mientras que el criollo fue más tardío promediando 72 y 78 días a floración masculina y femenina, respectivamente (Cuadro 2). El sintético VS-536 acumuló 68 DFM y 73 DFF, lo que confirmó que las variedades fueron más tardías que los híbridos generando que las primeras registraran mayores alturas de planta (Cuadro 2). Tosquy *et al.* (1995) y De la Cruz *et al.* (2009), contabilizaron 52 y 55 DFM, respectivamente para la variedad VS-536. García (2008) afirmó que en otoño-invierno VS-536 tarda 65 DFM; argumentando que los criollos tardan hasta 70 DFM. Reforzando esta idea Mejía y Molina (2002), reportaron que la floración masculina de maíz en trópico húmedo de México ocurre entre 75 y 80 días, lo que es consistente con lo obtenido en el criollo evaluado.

En el sureste mexicano en primavera-verano el H-520 en 56 días llega a floración masculina y su madurez fisiológica ocurre entre 90 y 100 días, alcanzando alturas de planta de 228 cm y 139 cm a la mazorca (Sierra *et al.* 2008). Tales resultados no concuerdan con los de este trabajo, debido a que los ensayos de campo se condujeron en temporal, en épocas donde la humedad del suelo fue limitante.

En el año 2009, la lluvia de enero a abril fue muy escasa (Figura 1). Trabajar con escasez de humedad

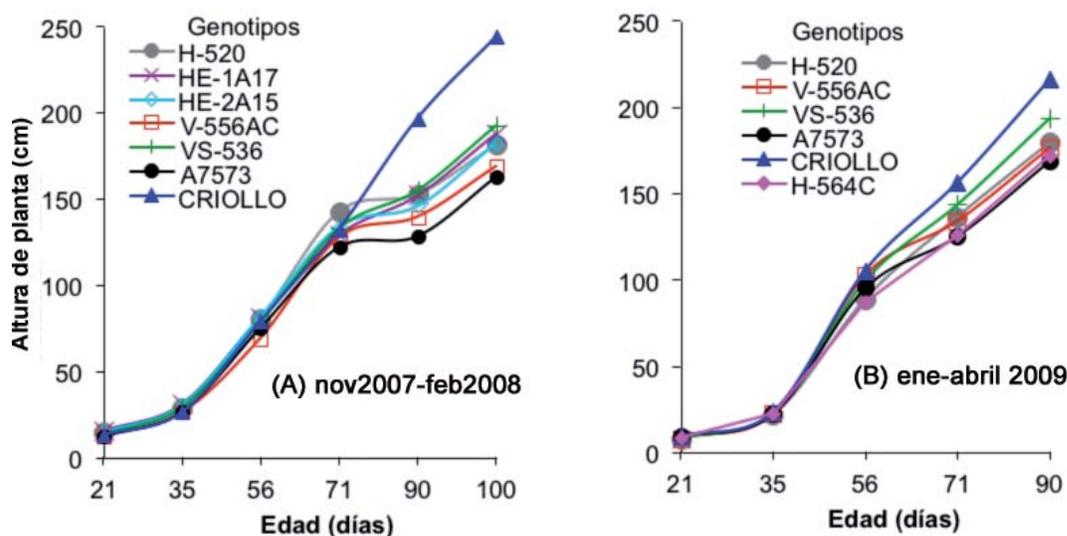


Figura 2. Altura de planta (cm) de siete (A) y seis (B) genotipos de maíz con potencial forrajero, en tres densidades de siembra (50 000, 62 500 y 83 333 plantas/ha) y dos épocas distintas. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2007 a 2009.

Cuadro 2. Días a floración masculina y femenina en maíces con potencial forrajero el experimento uno, dos y el combinado. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2007 - 2009.

Genotipo	Floración masculina (Días)			Floración femenina (Días)		
	†Experimento 1	‡Experimento 2	*Combinado	Experimento 1	Experimento 2	Combinado
H-520	64,0 b	65,7 d	64,9 d	67,3 c	70,7 e	69,0 d
HE-1A17	65,9 b	ND	65,9	70,1 bc	ND	70,1
HE-2A15	65,2 b	ND	65,2	68,8 bc	ND	68,8
V-556AC	65,7 b	65,4 e	65,6 c	69,0 bc	71,0 d	70,0 c
VS-536	69,0 ab	67,2 c	68,1 b	73,7 ab	72,8 c	73,3 b
A7573	64,3 b	64,3 f	64,3 e	66,7 c	69,8 f	68,3 e
Criollo	72,5 a	71,6 a	72,1 a	76,2 a	79,6 a	77,9 a
H-564C	ND	69,7 b	69,7	ND	75,0 b	75,0
MEDIA	66,7	67,3	67,0	70,3	73,2	71,7
DMS	5,1	0,3	0,4	6,0	0,2	0,6

†= Noviembre de 2007 a febrero de 2008, ‡= Enero a abril de 2009. *= Análisis conjunto de la información que consideró a los genotipos: H-520, V-556AC, VS-536, A7573 y criollo para hoja, ND= No disponible, DMS= Diferencia mínima significativa de Tukey al 0,05 de probabilidad.

fue necesario, ya que en el trópico húmedo se cultivan más de tres millones de ha de maíz; donde 80% de la superficie es de temporal (Cano *et al.* 2001, Martín

et al. 2008), lo que justifica estudiar diferentes variedades para aumentar su productividad por unidad de superficie y hacer más rentable el cultivo.

La altura de planta considerando densidades, en promedio de genotipos, tuvo un comportamiento similar (Figuras 3A y B), lo que en primera instancia sugiere que el número de plantas por hectárea no influyó en los componentes de rendimiento. Aunque, al analizar la interacción GxD las densidades de siembra tuvieron un efecto muy marcado sobre los genotipos en estudio lo que repercutió en que se detectaran alturas de planta estadísticamente diferentes ($P \leq 0,05$) (Figuras

4A y B). Lo anterior indica que al aumentar el número de plantas por ha se generó una mayor producción de forraje de los genotipos en estudio. En dos híbridos de maíz en densidades de 60, 80 y 100 mil plantas/ha en distintas fechas de siembra y dosis de fertilización (Peña *et al.* 2006b), encontraron una respuesta lineal positiva entre producción de forraje seco y densidad de población recomendando sembrar 100 mil plantas/ha para maíces forrajeros.

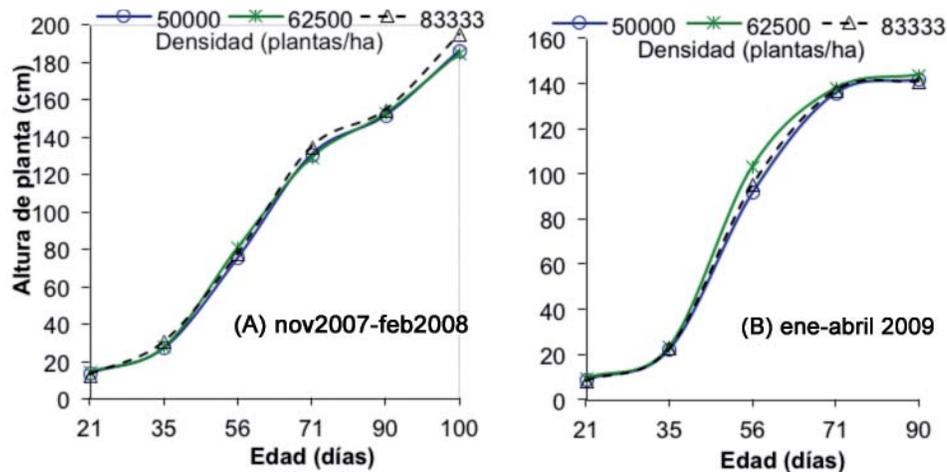


Figura 3. Altura de planta (cm) en maíz con potencial forrajero en tres densidades de siembra (50 000, 62 500 y 83 333 plantas/ha) de siete (A) y seis (B) genotipos de maíz con potencial forrajero y dos épocas distintas. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2007 - 2009.

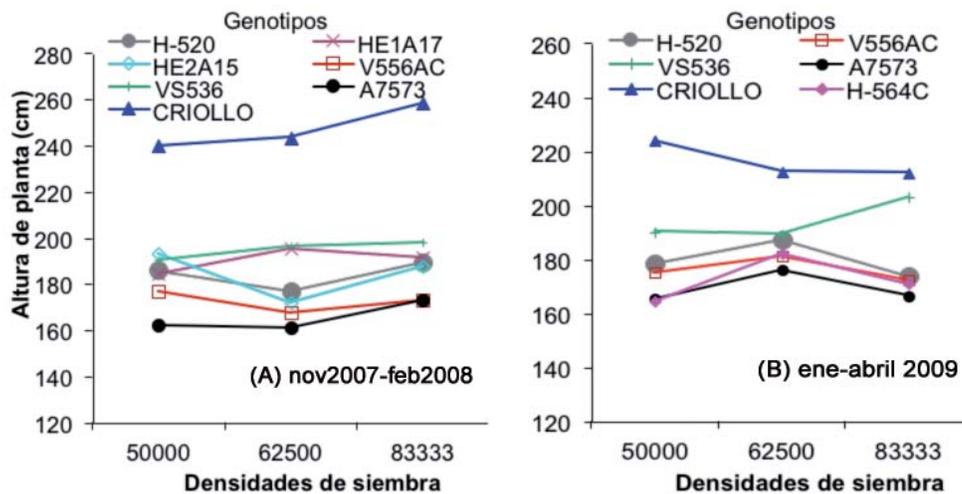


Figura 4. Altura de planta (cm) de siete (A) y seis (B) genotipos de maíz con potencial forrajero, en la interacción entre genotipos y densidades de siembra (50 000, 62 500 y 83 333 plantas/ha) en dos épocas distintas. Loma Bonita, Oaxaca, México. 2007 - 2009.

El área foliar al final de cada experimento fue mayor en el genotipo criollo ($E_1=5834 \text{ cm}^2$; $E_2=7515 \text{ cm}^2$), seguido por el H-520 ($E_1=4342$, $E_2=4344 \text{ cm}^2$) y VS-536 ($E_1=4028$, $E_2=4368 \text{ cm}^2$) (Figuras 5A y B). La densidad que presentó áreas foliares mayores fue la de 50 000 plantas/ha ($E_1=4500$, $E_2=4730 \text{ cm}^2$), superando en el primer ciclo a la de 62 500 plantas ($E_1=4191$, $E_2=4812 \text{ cm}^2$) y en las dos evaluaciones a la densidad

de 83 333 ($E_1=4078$, $E_2=4482 \text{ cm}^2$) (Figuras 6A y B), esto se atribuye a que las plantas que crecieron a densidades de población bajas tuvieron menor competencia por luz, agua y nutrientes, lo que repercutió en que se generaran doseles de planta más vigorosos.

Durante dos años, Subedi *et al.* (2006) evaluaron la respuesta de híbridos de maíz a densidades de población y fertilización nitrogenada, encontraron que el

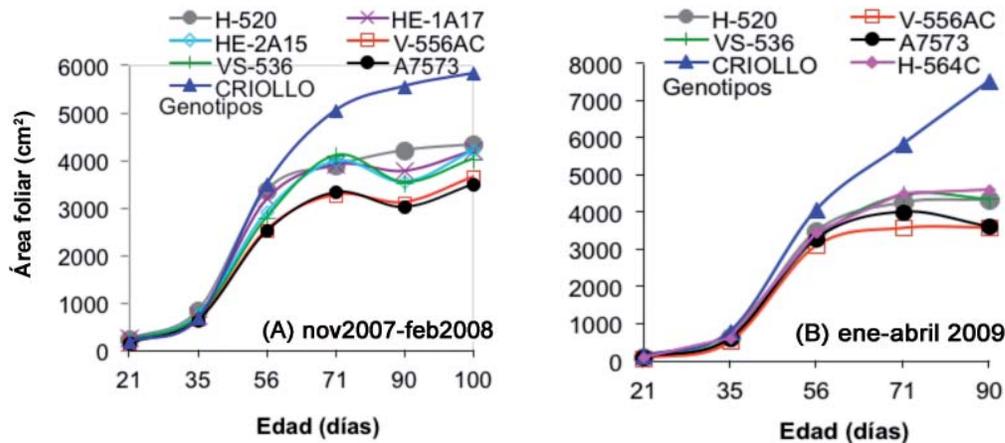


Figura 5. Área foliar (cm^2) de siete (A) y seis (B) genotipos de maíz con potencial forrajero en tres densidades de siembra y dos épocas distintas. Loma Bonita, Oaxaca, México. 2007 - 2009.

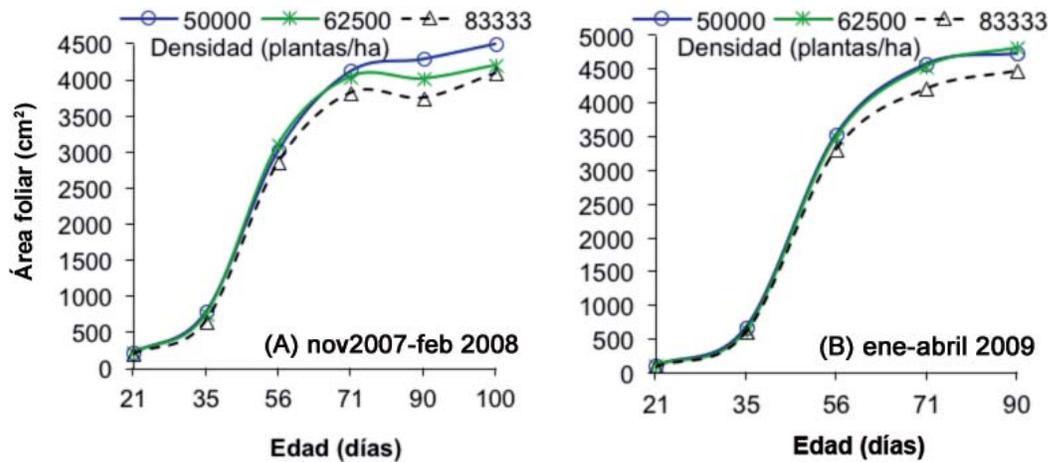


Figura 6. Área foliar (cm^2) en tres densidades de siembra (50 000; 62 500 y 83 333 plantas/ha) de genotipos de maíz con potencial forrajero, y dos épocas distintas. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2007 - 2009.

área foliar (AF) decreció al incrementar la densidad de plantas de 60 000 ($E_1=4800$, $E_2=5700$ cm²) hasta 75 000 ($E_1=4400$, $E_2=5500$ cm²) y 90 000 plantas/ha ($E_1=4100$, $E_2=5400$ cm²). Dwyer y Stewart (1986), reportaron AF totales/planta de 4570 a 6638 cm², información concordante con la del presente estudio. Camacho *et al.* (1995), en nueve genotipos de maíz a 80 000 plantas/ha, cuantificaron áreas foliares de 5327 a 8411 cm². Yang y Alley (2005), encontraron que el AF total/planta de maíz varió entre genotipos de 2921 a 8703 cm², atribuido a que el número de hojas por planta varió entre 14 y 23.

Al analizar el área foliar considerando la interacción entre genotipos y densidades de siembra, se encontró que la densidad de 50 000 y 62 500 plantas superó a aquella de 83 333 plantas/ha (Figuras 7A y B). Aquí el genotipos criollo e híbridos H-520 y H-564C acumularon la mayor área foliar.

El híbrido A7573 presentó las menores acumulaciones de área foliar ($E_1=3025$, $E_2=3611$ cm²); atribuido a que tuvo bajas alturas de planta ($E_1=163$, $E_2=169$ cm) (Figuras 2 y 4). Peña *et al.* (2006a), aseguraron que el menor rendimiento de algunos híbridos de maíz forrajero, se explica por su menor porte y su reducida área foliar. El A7573 también se vio afectado por las altas temperaturas lo que influye en el contenido de

humedad en suelo, aire y planta. Rivera *et al.* (2009) estudiaron en maíz A7573 cuatro niveles de tensión de humedad en suelo (-5, -30, -55, -80 kPa) y tres niveles de fertilización (60, 80 y 100 kg/ha de P₂O₅), encontraron que a -80 kPa la altura de planta promedió 183-221 cm, el diámetro de tallo varió en 2,74 y 3,18 cm y su rendimiento en elote varió de 6,6 a 16,7 t/ha; así, al disminuir el contenido de agua en la planta el rendimiento del híbrido se afectó de manera negativa.

Los índices de área foliar (IAF) fueron mayores en el genotipo criollo ($E_1=3,8$; $E_2=4,9$) y los más bajos se registraron en el híbrido A7573 ($E_1=2,3$; $E_2=2,4$) (Figuras 8A y B). Tinoco *et al.* (2008), en trópico húmedo, estudiaron en floración el arreglo espacial sobre el IAF de híbridos de maíz para grano; encontrando que el IAF varió de 3,4 a 4,2. Amado y Ortíz *et al.* (1998), determinaron la respuesta del híbrido de maíz 7251 a humedad del suelo (30, 60 y 90% de abatimiento), nitrógeno (100 a 550 kg N/ha) y densidad de población (45 000 a 125 000 plantas/ha), reportando un IAF de 2,2 a 4,8; corroborándose que con un IAF alto, se obtiene un mayor rendimiento en materia seca; por el contrario, los bajos índices de área foliar repercuten en menores cantidades de biomasa.

El IAF por densidad en promedio de genotipos fue estadísticamente diferente ($P \leq 0,05$) superando

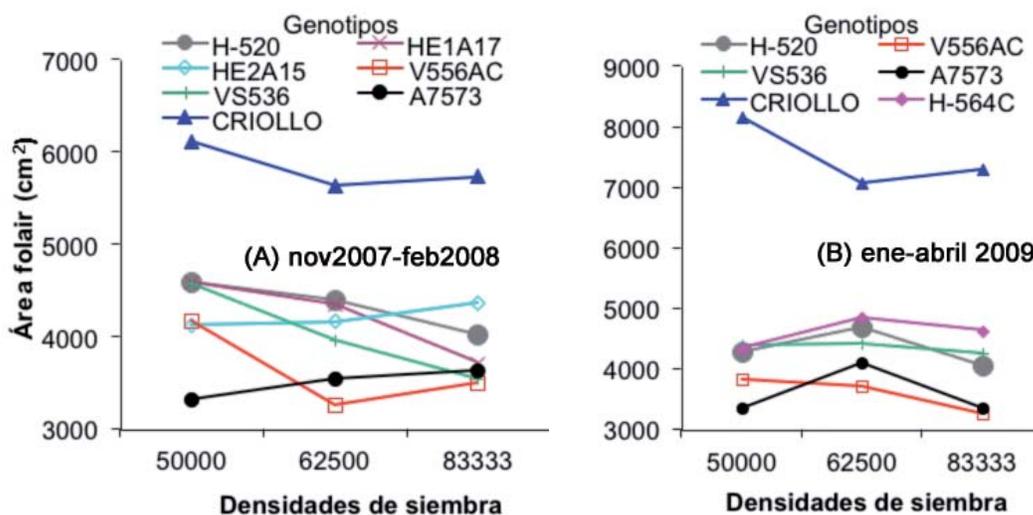


Figura 7. Área foliar (cm²) de siete (A) y seis (B) genotipos de maíz con potencial forrajero, en la interacción entre genotipos y densidades de siembra (50 000; 62 500 y 83 333 plantas/ha), en dos épocas distintas. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2007 - 2009.

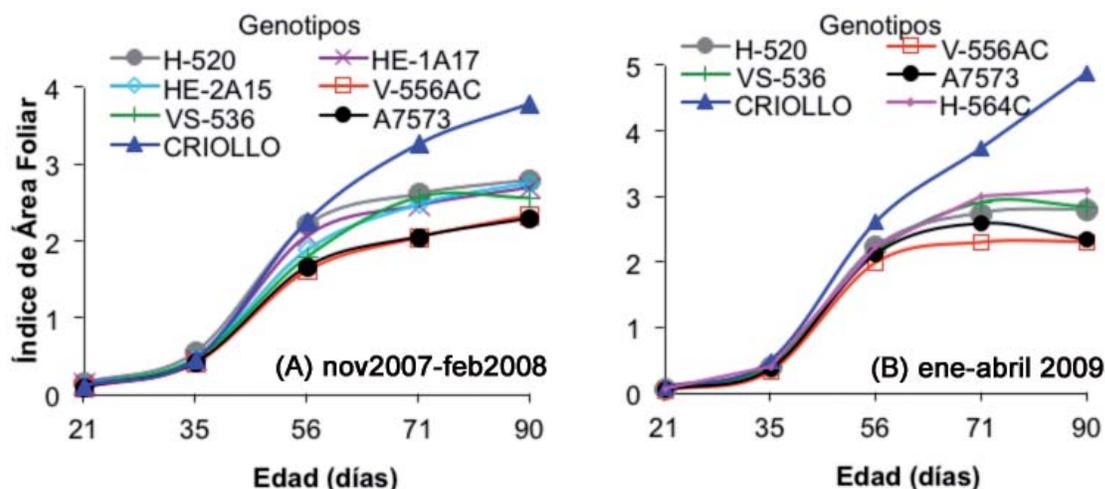


Figura 8. Índice de área foliar de siete (A) y seis (B) genotipos de maíz con potencial forrajero en promedio de tres densidades de siembra y dos épocas distintas. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2007 - 2009.

la densidad de 83 333 plantas/ha ($E_1=3,4$; $E_2=3,7$) a aquella de 62 500 plantas ($E_1=2,6$; $E_2=3,0$); y esta a su vez, sobresalió sobre la de 50 000 plantas/ha ($E_1=2,3$; $E_2=2,4$; Figuras 9A y B). Al respecto, Camacho *et al.* (1995) realizaron una caracterización de nueve genotipos de maíz, en relación con el área foliar, dichos autores encontraron que el IAF varió entre 4,3 y 6,6; por lo que concluyeron que el rendimiento de

grano de maíz aumenta a medida que lo hace el índice de área foliar. Dichos autores también señalaron que el IAF es una consecuencia directa del área foliar total por planta.

Al analizar el IAF considerando la interacción entre genotipos y densidades de siembra, se observó que la densidad de 83 333 y 62 500 superaron claramente a la de 50 000 plantas/ha (Figuras 10A y B).

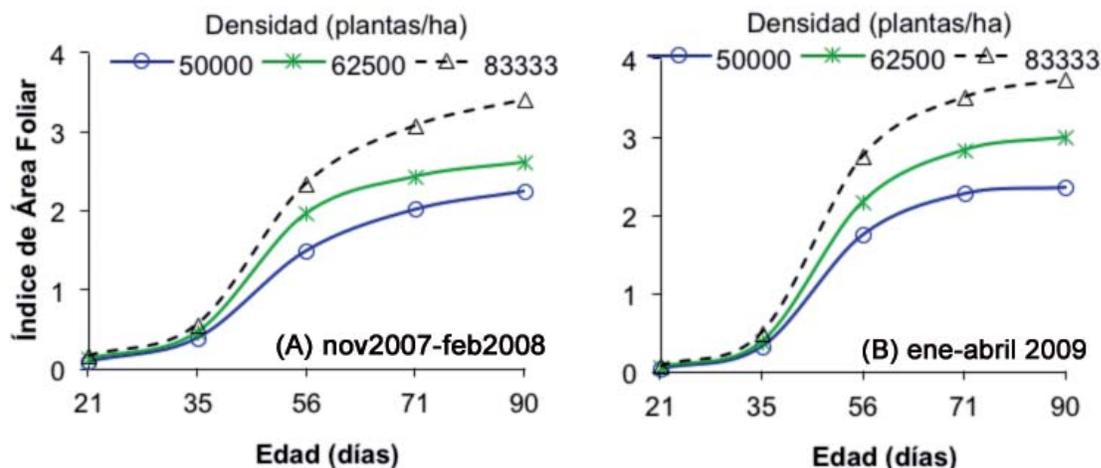


Figura 9. Índice de área foliar en tres densidades de siembra (50 000, 62 500 y 83 333 plantas/ha) en promedio de genotipos de maíz con potencial forrajero, en dos épocas distintas. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2007 - 2009.

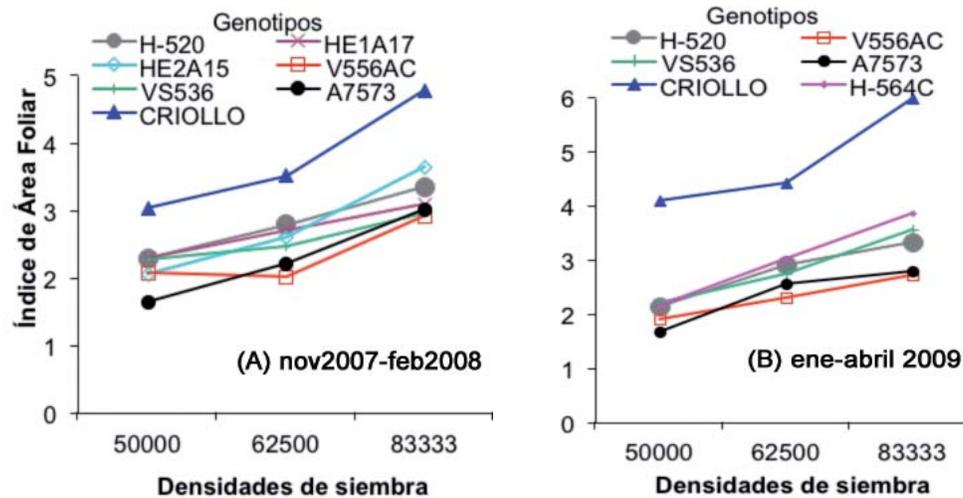


Figura 10. Índice de área foliar de siete (A) y seis (B) genotipos de maíz con potencial forrajero, en la interacción entre genotipos y densidades de siembra (50 000, 62 500 y 83 333 plantas por hectárea), en dos épocas. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2007 - 2009.

En las tres densidades estudiadas el genotipo criollo y los híbridos H-520 y H-564C, acumularon los índices de área foliar mayores. Los IAF menores en los dos experimentos para la interacción GxD se presentaron en el híbrido A7573 y en la variedad V-556AC, lo que fue consistente con lo observado en relación con la acumulación de área foliar.

El rendimiento en forraje de genotipos en promedio de densidades varió entre ensayos (Figura 11). En el E_1 el criollo promedió 44,2 t/ha de materia verde, estadísticamente superior ($P \leq 0,05$) en 26,5% al testigo VS-536 (32,5 t/ha). La producción de forraje del criollo es adecuada si se considera que Núñez *et al.* (2001) evaluaron en el norte de México, la producción de forraje en maíces precoces e intermedios de origen tropical y templado en condiciones de riego a densidades de 80 a 90 mil plantas/ha, encontrando producciones de forraje verde de 52,8 a 75,6 t/ha en un primer experimento; 38,6 a 48,2 t/ha en el segundo y 39,0 a 50,3 t/ha en el tercer ensayo.

El menor rendimiento lo tuvo A7573 (Figura 11), en concordancia con su baja altura de planta y área foliar. Aún cuando el criollo no se cosechó en etapa óptima, por ser tardío, por rendimiento superó a otras variedades e híbridos, situación similar a la reportada por Elizondo y Boschini (2002), quienes al estimar la producción de forraje, encontraron que el rendimiento

a una misma edad de cosecha fue 30% mayor en un genotipo criollo con relación a híbridos atribuido a que su altura de planta fue mayor.

En el experimento dos el H-564C (36,6 t/ha), en promedio de densidades, superó al criollo (33,3 t/ha; Figura 11). Dicha respuesta es atribuible a que en el E_2 la sequía afectó el desempeño de genotipos, pero el H-564C fue más eficiente por reducir sus días a floración masculina y femenina, ya que el criollo fue tardío (Cuadro 2); el híbrido A7573 (28,8 t/ha) junto con V-556AC (27,0 t/ha) presentaron las menores acumulaciones en forraje. Elizondo y Boschini (2001), aseguraron que en maíz pueden cultivarse diferentes genotipos para forraje, pero los de mayor rendimiento son aquellas variedades regionales de porte alto, argumentando que los híbridos por su porte pequeño, generalmente producen menos cantidad de forraje por unidad de área.

El análisis combinado de la información (Figura 11) indicó que el criollo en promedio de dos ciclos tuvo 38,7 t/ha de forraje y superó ($P \leq 0,01$) al H-564C (36,6 t/ha) y al H-520 (30,5 t/ha), seleccionados para mayor rendimiento de grano (Sierra *et al.* 2008). El testigo VS-536 produjo más forraje (32,8 t/ha) que los híbridos H-520, HE-1A17 (28,2 t/ha), HE-2A15 (28,4 t/ha) y A7573 (25,5 t/ha). Este último junto con V-556AC (26,0 t/ha) acumularon poca biomasa (Figura 11). Los

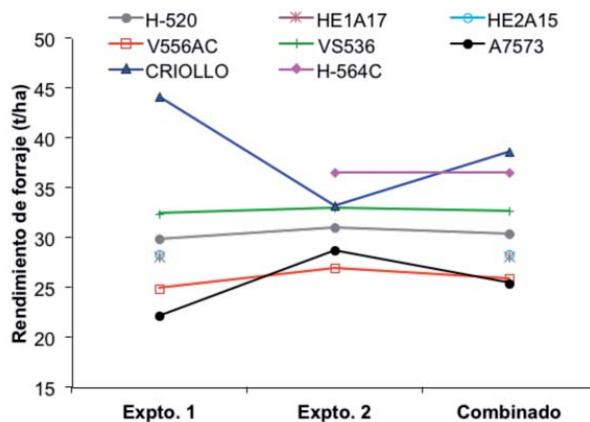


Figura 11. Rendimiento en forraje de genotipos de maíz con potencial forrajero, en promedio de tres densidades de siembra (50 000, 62 500 y 83 333 plantas/ha), y dos épocas distintas. Loma Bonita, Oaxaca, México, 2007 - 2009.

resultados del estudio son aceptables si se contrastan con la información generada por Montemayor *et al.* (2007), quienes estudiaron el consumo de agua en maíz forrajero, a 104 mil plantas/ha y con riego sub-superficial obtuvieron rendimientos entre 27,8 y 70,2 t/ha de forraje verde. En el presente trabajo algunos genotipos superan el rendimiento estatal de 36,6 t/ha de forraje (SIAP, 2010), donde la producción es de riego; en contraparte los ensayos realizados se condujeron en temporal, con una tecnología de producción similar a la que tradicionalmente utiliza el productor.

En el primer experimento se encontró que el rendimiento en forraje, en promedio de genotipos, en la densidad de 83 333 plantas/ha (36 t/ha) fue estadísticamente superior ($P \leq 0,01$), a la de 62 500 (31,3 t/ha), y esta a su vez estuvo por arriba de la densidad de 50 000 plantas (23,2 t/ha). Es de destacar que el criollo establecido a 83 333 plantas produjo 57 t/ha de materia verde, por arriba de la mayor producción observada en el híbrido H-520 que a 62 500 plantas aportó 36,4 t/ha de forraje, superando al testigo VS-536 que en esa última densidad acumuló 36 t/ha (Figura 12). En la Comarca Lagunera de México, una de las principales cuencas lecheras del país, en condiciones de riego se reportan rendimientos promedio de 44,6 a 49,0 t/ha de forraje verde (Olague *et al.* 2006, Cueto *et al.* 2006). Núñez *et al.* (2005) en híbridos de maíz productores de forraje establecidos a una densidad de 80 mil plantas/ha en riego y tres

estados de madurez obtuvieron un promedio de 57,8 t/ha de forraje verde; de ahí que los rendimientos del criollo ensayado en temporal sean bastante aceptables.

La segunda evaluación confirmó lo observado en E_1 ; así, en promedio de genotipos, la densidad de 83 333 plantas/ha (37,3 t/ha) acumuló más forraje que la de 62 500 plantas (32,1 t/ha), siendo esta última superior que la densidad de 50 000 plantas/ha (25,5 t/ha) (Figura 13). A diferencia de lo obtenido en E_1 , el H-564C a 83 333 plantas produjo 43,8 t/ha de forraje, superando en esa densidad al testigo VS-536 (41,3 t/ha) y al criollo que rindió 37,7 toneladas. Los rendimientos de los diferentes genotipos fueron intermedios en la densidad de 62 500 plantas/ha y los menores se tuvieron a 50 000 plantas; en esta densidad el elotero A7573 (21,6 t/ha) y V-556AC (22,9 t/ha) tuvieron los rendimientos más bajos en forraje (Figura 13). La información anterior confirma que la fecha de siembra en el ciclo otoño-invierno debe ajustarse a lo señalado por García (2008), quien aseguró que las siembras en la región del Papaloapan deben de realizarse del 15 de octubre al 20 de noviembre, para así disminuir riesgos por falta de humedad en dos etapas críticas del cultivo de maíz que son floración y llenado de grano.

La totalidad de variables en estudio fueron estadísticamente superiores en el genotipo criollo, excepto en rendimiento para el segundo ciclo donde fue superior el híbrido, H-564C (Tukey ($P \leq 0,05$)). Lo

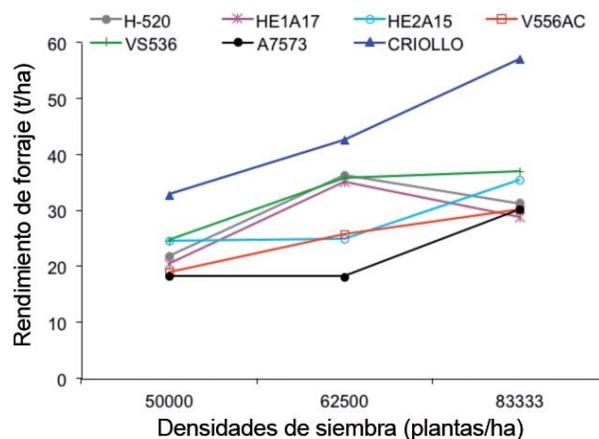


Figura 12. Rendimiento en forraje de diferentes genotipos de maíz con potencial forrajero, en promedio de tres densidades de siembra (50 000, 62 500 y 83 333 plantas por hectárea), y dos épocas distintas. Loma Bonita, Oaxaca, México, Noviembre de 2007 a febrero de 2008 (E_1).

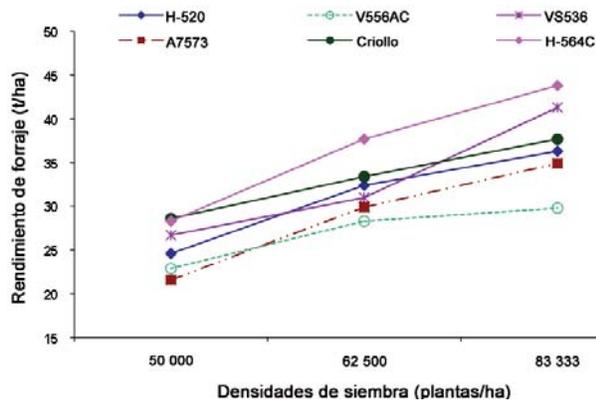


Figura 13. Rendimiento en forraje de genotipos de maíz con potencial forrajero, en promedio de tres densidades de siembra (50 000, 62 500 y 83 333 plantas/ha), y dos épocas distintas. Loma Bonita, Oaxaca, México. Enero a abril de 2009 (E.).

que se explica porque el número de días a floración masculina y femenina fue mayor en el criollo por ser una variedad tardía en relación con lo observado en los híbridos, que fueron precoces (Cuadro 2). El híbrido H-564C además de tener buen rendimiento por planta y por hectárea en el segundo ciclo; también destacó en número de elotes por planta, dado que es un material diseñado para mayor rendimiento de grano, aunque en precocidad fue superado por otros híbridos como el elotero A7573 y el H-520.

AGRADECIMIENTOS

Al programa de maíz de INIFAP, Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, México, a través de los investigadores Mauro Sierra Macías y Artemio Palafox Caballero por los genotipos otorgados para la realización de este trabajo. Al Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo y al Programa de Doctorado en Horticultura, por las facilidades otorgadas al primer autor para afinar este trabajo durante su estancia Posdoctoral en dicha Institución.

LITERATURA CITADA

Acosta, R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos tropicales* 30(2):113-120.

Amado A, JP; Ortíz, FP. 1998. Respuesta del maíz de riego a humedad del suelo, nitrógeno y densidad de población en Cuauhtémoc, Chihuahua. *Terra Latinoamericana* 16:239-245.

Anónimo. 2005. Cuaderno Estadístico Municipal de Loma Bonita, Estado de Oaxaca. Aguascalientes, México. 170 p.

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.

Aragón, CF; Taba, S; Castro G, HF; Hernández C, JM; Cabrera T, JM; Osorio, AL; Dillanés, RN. 2005. *In situ* conservation and use of local maize races in Oaxaca, Mexico: A participatory and decentralized approach. In Taba, S. ed. *Latin American maize germplasm conservation: regeneration, in situ conservation, core subsets, and prebreeding; proceedings of a workshop held at CIMMYT*. CIMMYT, Mexico, D. F. p. 26-38.

Cano, O; Tosquy, OH; Sierra, M; Rodríguez, FA. 2001. Fertilización y densidad de población en genotipos de maíz cultivados bajo condiciones de temporal. *Agro-nomía Mesoamericana* 12(2):193-197.

Camacho, RG; Garrido, O; Lima, MG. 1995. Caracterización de nueve genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en relación a área foliar y coeficiente de extinción de luz. *Scientia Agricola*, Piracicaba 52(2):294-298.

Cueto W, JA; Reta S, DG; Barrientos R, JL; González CG; Salazar SE. 2006. Rendimiento de maíz forrajero en respuesta a fertilización nitrogenada y densidad de población. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(2):97-101.

Cuomo, JG; Redfearn, DD; Blouin, CD. 1998. Plant density effects on tropical corn forage mass, morphology, and nutritive value. *Agronomy Journal* 90:93-96.

De la Cruz, LE; Córdova, OH; Estrada B, MA; Mendoza P, JD; Gómez VA; Brito M, NP. 2009. Rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo* 25:93-98.

Díaz, VT; Pérez D, NW; Páez, OF; López, GA; Partidas, RL. 2007. Evaluación del crecimiento del maíz (*Zea mays* L.) en función de dos técnicas de riego y diferentes niveles de nitrógeno. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 16(4):84-87.

Dwyer, LM; Stewart, DW. 1986. Leaf area development in field-grown maize. *Agronomy Journal* 78:334-343.

Edalat, M; Kazemeine, SA; Bijanzadeh, E; Naderi, R. 2009. Impact of irrigation and nitrogen on determining the contribution of yield components and morphological

- traits on corn kernel yield. *Journal of Agronomy* 8(2):84-88.
- Elizondo, J; Boschini, C. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 12(2):181-187.
- Elizondo, J; Boschini, C. 2002. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana* 13:13-17.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 246 p.
- García A, JL. 2008. Tecnología para la producción de maíz en la región Papaloapan. *Agroproduce. Fundación Produce Oaxaca A. C.* p. 21-22.
- González, HA; Vázquez G, LM; Sahagún, CJ; Rodríguez P, JE. 2008. Diversidad fenotípica en variedades e híbridos de maíz en el Valle de Toluca-Atlacomulco, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(1):67-76.
- Guillén CP; De la Cruz LE; Castañón NG; Osorio OR; Brito MNP; Lozano RA; López NU 2009. Aptitud combinatoria general y específica de germoplasma tropical de maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:101-107.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 2007. Paquetes tecnológicos para maíz de temporal. (Ciclo agrícola primavera-verano) para condiciones de alto, medio y bajo potencial productivo. 49 p. Consultado mayo 2010. Disponible en <http://www.inifap.gob.mx/productos/PAQUETES%20TECNOL%20MA%CDZ%20PV.pdf>
- Keleman, A. 2010. Institutional support and *in situ* conservation in Mexico: biases against small-scale maize farmers in post-NAFTA agricultural policy. *Agriculture and Human Values* 27:13-28.
- Khalily, M; Moghaddam, M; Kanouni, H; Asheri, E. 2010. Dissection of drought stress as a grain production constrain of maize in Iran. *Asian Journal of Crop Science* 2:60-69.
- Madamombe, MI; Vibrans, H; López, ML. 2009. Diversity of coevolved weeds in smallholder maize fields of Mexico and Zimbabwe. *Biodiversity and Conservation* 18:1589-1610.
- Malvar, RA; Revilla, P; Moreno, GJ; Butron, A; Sotelo, J; Ordás, A. 2008. White maize: genetics of quality and agronomic performance. *Crop Science* 48:1373-1381.
- Martín L, JG; Ron, PJ; Sánchez G, JJ; De la Cruz, LL; Morales R, MM; Carrera V, JA; Ortega, CA; Vidal M, VA; Guerrero H, MJ. 2008. Caracterización agronómica y morfológica de maíces nativos del noroccidente de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(4):331-340.
- Mejía C, JA; Molina G, JD. 2002. Respuesta a la selección en variedades tropicales de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25(3):305-310.
- Montemayor T, JA; Olague, RJ; Fortis, HM; Sam, BR; Leos R, JA; Salazar, SE, Castruita, LJ; Rodríguez R, JC; Chavarría G, JA. 2007. Consumo de agua en maíz forrajero con riego subsuperficial. *Terra Latinoamericana* 25(2):163-168.
- Montes, HA. 2003. Situación actual y perspectivas económicas de la piña en la Cuenca del Papaloapan. División de Ciencias Económico Administrativas. Licenciado en Comercio Internacional de Productos Agropecuarios. Chapingo, México. 142 p.
- Núñez HG; Faz RC; Tovar GMR; Zavala GA. 2001. Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. *Técnica Pecuaria en México* 39(2):77-88.
- Núñez HG; Faz RC; González CF; Peña AR. 2005. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. *Técnica Pecuaria en México* 43:69-78.
- Olague RJ; Montemayor TJA; Bravo SSF; Fortis HM; Aldaco NRA; Ruíz CE. 2006. Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego subsuperficial. *Técnica Pecuaria en México* 44(3):351-357.
- Pecina M, JA; Mendoza C, MC; López S, JA; Castillo, GF; Mendoza, RM. 2009. Respuesta morfológica y fenológica de maíces nativos de Tamaulipas a ambientes contrastantes de México. *Agrociencia* 43:681-694.
- Peña, RA; González, CF; Núñez, HG; Jiménez, GC. 2004. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:1-6.
- Peña, RA; González, CF; Núñez, HG; Tovar G, MR; Preciado O, RE; Terrón IA; Gómez MN; Ortega CA. 2006a. Estabilidad del rendimiento y calidad forrajera de híbridos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(2):109-114.
- Peña, RA; González, CF; Núñez, HG; Maciel PLH. 2006b. Producción y calidad forrajera de híbridos precoces de maíz en respuesta a fechas de siembra, nitrógeno y densidad de población. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(3):207-213.
- Piperno, RD; Ranere, JA; Holst, I; Iriarte, J; Dickau, R. 2009. Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B. P. maize from the Central Balsas River Valley, Mexico. *PNAS* 106(13):5019-5024.

- Reta S, DG; Mascorro, GA; Carrillo A, JS. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Revista Fitotecnia Mexicana* 23:37-48.
- Reta S, DG; Cruz, CS; Palomo, GA; Serrato C, SJ; Cueto W, JA. 2010. Rendimiento y calidad de forraje de kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) en tres edades en comparación con maíz y sorgo x Sudán nevadura café. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 1(1):13-23.
- Rivera, HB; Carrillo, AE; Obrador O, JJ; Juárez L, JF; Aceves, N, LA; García, LE. 2009. Soil moisture tension and phosphate fertilization on yield components of A-7573 sweet corn (*Zea mays* L.) hybrid, in Campeche, Mexico. *Agricultural water management* 96:1285-1292.
- Sánchez H, MA; Valenzuela, JN; Aguilar M, CU; Jiménez R, MC; Sánchez HC; Hernández BJ; Joaquín T, BM. 2008. Rendimiento de maíces forrajeros en Loma Bonita, Oaxaca, México. XXII Congreso Nacional y II Internacional de Fitogenética. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Sas Institute Inc. 2010. SAS/STAT® 9.22. User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc., Cary NC, USA. 8444 p. Consultado mayo 2010. Disponible en <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/PDF/default/statug.pdf>
- Siap (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2010. Anuario Estadístico de la producción agrícola 2008. (en línea). Consultado 22 marzo 2010 Disponible en <http://www.siap.gob.mx>
- Sierra, MM; Palafox, CA; Rodríguez, MF; Espinosa, CA; Gómez, MN; Caballero, HF; Barrón, FS; Zambada, MA; Vásquez, CG. 2008. H-520, híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. *Agricultura Técnica en México* 34(1):119-122.
- Sierra, MM; Becerra L, EN; Palafox CA; Rodríguez MF; Espinosa CA; Valdivia BR. 2010. Tropical corn (*Zea mays* L.) genotypes with high yield and tolerance to corn stunt disease in the Gulf of Mexico region. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12:485-493.
- Strieder, LM; Ferreira S, PR; Rambo, L; Sangoi, L; Alves, SA; Endrigo, PC; Batista, JD. 2008. Crop management systems and maize grain yield under narrow row spacing. *Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)* 65(4):346-353.
- Subedi, KD; Ma, BL; Smith, DL. 2006. Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Science* 46:1860-1869.
- Tanaka, A; Yamaguchi, J. 1984. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 120 p.
- 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.
- Tosquy, O; Sierra, M; Rodríguez, F; Castillo, R; Ortíz, J; Tinoco, C; Sandoval, A; Uribe, S. 1995. Validación del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) de cruza doble H-512 en el Estado de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana* 6:93-97.
- Valentinuz, RO; Tollenaar, M. 2006. Effect of genotype, nitrogen, plant density, and row spacing on the area-per-leaf profile in maize. *Agronomy Journal* 98:94-99.
- Vilaboa, AJ; Díaz, RP; Ruíz, RO; Platas R, DE; González, MS; Juárez, LF. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:53-62.
- Warburton, ML; Reif, JC; Frisch, M; Bohn, M; Bedoya, C; Xia, XC; Crossa, J; Franco, J; Hoisington, D; Pixley, K; Taba, S; Melchinger, AE. 2008. Genetic diversity in CIMMYT nontemperate maize germplasm: landraces, open pollinated varieties, and inbred lines. *Crop Science* 48:617-624.
- Widdicombe, D; Thelen, DK. 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agronomy Journal* 94:326-330.
- Yang, J; Alley, M. 2005. A mechanistic model for describing corn plant leaf area distribution. *Agronomy Journal* 97:41-48.
- Zetina, LR; Pastrana, LA; Romero M, JA; Jiménez C, JA. 2002. Manejo de suelos ácidos para la región tropical húmeda de México. INIFAP. CIRGOC. Campos experimentales Papaloapan y Huimanguillo. Libro técnico No. 10. México. 170 p.