

Rendimiento en forraje de maíces del trópico húmedo de México en respuesta a densidades de siembra

Forage yield in response to sowing density in eight corn (*Zea mays*) genotypes in the humid tropics of Mexico

Miguel Angel Sánchez Hernández^a, Cecilio Ubaldo Aguilar Martínez^a, Nicolás Valenzuela Jiménez^a, Bertín Maurilio Joaquín Torres^a, César Sánchez Hernández^b, María Concepción Jiménez Rojas^c, Clemente Villanueva Verduzco^c

RESUMEN

El objetivo fue estimar el rendimiento de genotipos de maíz con potencial forrajero en respuesta a densidades de siembra. El Exp 1 se hizo de noviembre de 2007 a febrero de 2008 y el Exp 2 se realizó en 2009, en Loma Bonita, Oaxaca, México, evaluándose los genotipos H-520, HE-1A17, HE-2A15, V-556AC, VS-536, A7573, H-564C y un criollo, en tres densidades y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron la combinación de genotipos y densidades, en un diseño de bloques al azar. En promedio de densidades, el criollo tuvo la mayor altura de planta (Exp1=247, Exp2=216 cm), área foliar total (Exp1=5,834, Exp2=7,516 cm²), diámetro de tallo (Exp1=6.6 cm) y rendimiento de forraje (Exp1=44.3 t ha⁻¹). En el Exp2 el H-564C tuvo el mayor diámetro de tallo (8.2 cm), número de hojas arriba del elote (7.3), peso de elote con (251.7 g) y sin brácteas (148.7 g), longitud (18.0 cm) y diámetro de elote (13.2 cm), rendimiento por planta (564.7 g) y por hectárea (36.6 t ha⁻¹). En promedio de genotipos, la densidad de 83,333 plantas ha⁻¹ (Exp1=35.8; Exp2=37.3 t ha⁻¹), superó en rendimiento de forraje a la de 62,500 (Exp1=32.1; Exp2=32.1 t ha⁻¹) y 50000 plantas ha⁻¹ (Exp1=23.1; Exp2=25.5 t ha⁻¹). El análisis combinado indicó que el criollo produjo más forraje que los híbridos. Por densidad, el criollo a 83,333 plantas produjo 57.1 t ha⁻¹ de materia verde, superando en esa densidad al H-520 y al testigo VS-536.

PALABRAS CLAVE: *Zea mays* L., Híbridos, Variedades, Sintéticos, Área foliar.

ABSTRACT

The purpose was to estimate the forage yield in genotypes of maize with forage potential in response to different sown densities. A first essay (Exp1) was made in November 2007 to February 2008, a second study (Exp2) was made in 2009 in Loma Bonita, Oaxaca, Mexico, evaluating the genotypes H-520, HE-1A17, HE-2A15, V-556AC, VS-536, A7573, H-564C and a native variety, in three densities and four replications. Treatments were the combination of genotypes and densities, in a randomized block design. In average of densities native variety had the highest plant height (Exp1=247, Exp2=216 cm), total leaf area (Exp1=5834, Exp2=7516 cm²), stem diameter (Exp1=6.6 cm) and forage yield (Exp1=44.3 t ha⁻¹). In the second experiment H-564C genotype had the major stem diameter (8.2 cm), number of leaves upper the ear (7.3), ear weight with leaves (251.7 g), ear weight without leaves (148.7 g), ear height (18.0 cm), ear diameter (13.2 cm), yield per plant (564.7 g) and per hectare (36.6 t ha⁻¹). In average of genotypes, the density of 83,333 plants exceeded in forage yield (Exp1=35.8; Exp2=37.3 t ha⁻¹) to the density of 62,500 (Exp1=32.1; Exp2=32.1 t ha⁻¹) and 50,000 plants ha⁻¹ (Exp1=23.1; Exp2=25.5 t ha⁻¹). Combined analysis indicated that the native variety produced more forage than hybrids. For density, the maximum yield by genotype was established at 83333 plants ha⁻¹ the native variety; it produced 57.1 t ha⁻¹ of forage, above the maximum yield of H-520 and the control VS-536 in that density.

KEY WORDS: *Zea mays* L., Hybrids, Varieties, Synthetics, Leaf Area.

Recibido el 8 de diciembre de 2011. Aceptado el 12 de abril de 2012.

a 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. Correspondencia al primer autor.

b Universidad de la Cañada. Carretera Teotitlán-San Antonio Nanahuatipan, Km 1.7 paraje Titlacuatitla, Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca. México.

c Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. México.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) originario de México y Centroamérica⁽¹⁾ se utiliza para consumo humano con 209.8 kg per cápita⁽²⁾, y en alimentación animal como grano o forraje por su alto contenido de biomasa aérea de 35 a 95 t ha⁻¹⁽³⁾. Es uno de los cultivos más importantes en el mundo por superficie; en el año 2008 se establecieron cerca de 160 millones de hectáreas de maíz para grano⁽⁴⁾. En México es el cultivo más importante por área plantada y valor de la producción⁽²⁾, sembrándose 8.0 millones de hectáreas para grano cada año; de las cuales 2.5 a 3.0 millones se tienen en trópico húmedo^(5,6).

En Oaxaca, 80 % del área total sembrada con maíz es con razas locales adaptadas a las diferentes regiones agrícolas, con promedios de rendimiento para grano de 1.4 a 2.2 t ha⁻¹⁽⁷⁾. La producción de forraje de maíz se concentra en dos de las siete regiones del Estado que son: Mixteca (463 ha; 35.0 t ha⁻¹ de forraje verde)⁽⁷⁾ y Valles Centrales en riego (762 ha; 35.4 t ha⁻¹)⁽⁸⁾.

La región Papaloapan, perteneciente a Oaxaca y Veracruz es una zona de trópico húmedo donde el 95 % de productores son en su mayoría tradicionales⁽⁹⁾, los cuales siembran variedades de maíz de polinización abierta, de las que el productor cosecha en promedio 2.0 t ha⁻¹ de grano y el forraje ocasionalmente se ensila para alimentar ganado rumiante en época de sequía⁽¹⁰⁾. Aún siendo importantes los beneficios que aporta el cultivo, los ganaderos no cuentan con genotipos especializados en producción de forraje, los cuales se ven afectados por: plagas, enfermedades, malezas, acidez del suelo, fertilización, edad de corte y densidades de población a las que se establecen, incidiendo directamente en los principales componentes del rendimiento⁽¹⁾.

Se ha indicado que cualquier tipo de maíz puede cultivarse para forraje, pero las variedades que producen mayores rendimientos de biomasa son las de porte alto. Los híbridos por ser de porte

INTRODUCTION

Originally from Mexico and Central America⁽¹⁾, corn (*Zea mays* L.) is a vital element in human diets, with annual per capita intake of 209.8 kg⁽²⁾. Its high aerial biomass production (35-95 t ha⁻¹) also makes it an important element in livestock feed, be it as grain or forage⁽³⁾. Worldwide, it is one of the most widely sown crops per surface area, with almost 160 million hectares of corn sown for grain in 2008⁽⁴⁾. In Mexico, approximately 8 million hectares of corn are sown annually for grain (2.5 to 3 million in the humid tropics)^(5,6), making it the most important crop in terms of area planted and production value⁽²⁾.

Of the total area planted with corn in the State of Oaxaca, Mexico, 80 % is accounted for by local cultivars adapted to the state's different agricultural regions⁽⁷⁾. Average grain yield is 1.4 to 2.2 t ha⁻¹⁽⁷⁾. Forage corn production in the state is concentrated in the Mixteca (463 ha; 35.0 t ha⁻¹ fresh forage)⁽⁷⁾ and Central Valleys (irrigated; 762 ha; 35.4 t ha⁻¹) regions⁽⁸⁾.

The Papaloapan region is a humid tropical zone in the states of Oaxaca and Veracruz. Most (95 %) of the corn growers in this area use traditional methods, including open-pollinated corn cultivars⁽⁹⁾. Grains harvests are 2.0 t ha⁻¹ on average and the stover is occasionally silaged for later use as ruminant livestock feed during the dry season⁽¹⁰⁾. Livestock producers in this region do not have specialized forage production corn genotypes. The principal yield components of these genotypes can be affected by pests, diseases, weeds, soil acidity, fertilization, harvest age and sowing density⁽¹⁾.

Any type of corn can be grown for forage, although taller varieties produce higher biomass yields while relatively shorter hybrids produce less fresh forage per unit area⁽¹⁾. Sowing densities are determined by production objective (i.e. grain, forage or both). Densities of 39,250 to 98,800 plants per hectare are optimum for forage production since in theory total forage

bajo, producen menos forraje verde por unidad de área⁽¹⁾.

Las densidades de siembra en maíz varían según el objetivo, que puede ser grano, forraje o ambos, recomendándose para maíz forrajero una densidad de población óptima de 39,520 a 98,800 plantas por hectárea, ya que en teoría la biomasa total de forraje incrementa cuando lo hace la densidad de plantas⁽¹¹⁾. Se sabe también que la densidad óptima de plantas en maíz para rendimiento de grano y forraje depende del tipo de híbrido, fertilidad del suelo y manejo agronómico del cultivo⁽¹²⁾. Así, al evaluarse maíces forrajeros a una densidad de 104 mil plantas por hectárea en condiciones de riego se obtuvieron rendimientos de forraje entre 27.8 y 70.2 t ha⁻¹⁽¹³⁾. Híbridos como el H-376, productor de grano y forraje, se recomienda sembrar bajo riego a 80 mil plantas ha⁻¹ con rendimientos estimados de 78.1 a 90.8 t ha⁻¹ de materia verde⁽¹⁴⁾. En maíces forrajeros: Aspros-721, H-31, VS-2000 y cacahuacintle a 85 mil plantas ha⁻¹ se obtuvieron rendimientos en forraje de 52.5 a 85.6 t⁻¹ ha⁻¹⁽¹⁵⁾.

Se recomiendan híbridos de maíz de doble propósito, productores de grano y forraje, siempre y cuando se utilicen prácticas de manejo similares⁽¹⁶⁾. Nótese que el rendimiento de grano y forraje de los híbridos modernos de maíz es mucho mayor que el de sus predecesores de hace cincuenta años, dichos incrementos se han atribuido a ganancias por mejora genética y prácticas de manejo agronómico del cultivo; de ahí que los genotipos modernos en cierta medida sean tolerantes a plagas, enfermedades, sequía, fertilidad baja del suelo y altas densidades de población⁽¹⁷⁾.

En México ninguna variedad de maíz mejorada se desarrolló para producción y calidad forrajera, sólo se seleccionaron por rendimiento de grano⁽¹⁸⁾, formándose híbridos que teóricamente podrían superar a los criollos en diversos componentes vegetativos y reproductivos asociados con rendimiento y

biomass increases in tandem with plant density⁽¹¹⁾. Hybrid type, soil fertility and crop management also affect plant density for optimum yield of grain and forage⁽¹²⁾. For example, in a study of forage corn varieties, yields of 27.8 to 70.2 t ha⁻¹ were recorded at a 104,000 plants ha⁻¹ density under irrigation⁽¹³⁾. In contrast, recommended density for the H-376 hybrid, a forage and grain variety, is 80,000 plants ha⁻¹ for estimated yields of 78.1 to 90.8 t ha⁻¹ fresh matter⁽¹⁴⁾. This is just slightly lower than the 85,000 plants ha⁻¹ density used to produce forage yields of 52.5 to 85.6 t⁻¹ ha⁻¹ in four forage varieties (Aspros-721, H-31, VS-2000 and Cacahuacintle)⁽¹⁵⁾.

Double-purpose (grain/forage production) corn hybrids are recommended as long as management practices are similar for each purpose⁽¹⁶⁾. Both grain and forage yields are much higher in modern corn hybrids than in their predecessors 50 yr ago. These increases are attributed to improved genetics and crop management practices. Modern genotypes have a certain tolerance for pests, disease, drought, low soil fertility and high sowing density⁽¹⁷⁾.

All improved corn cultivars in Mexico, particularly hybrids, have been selected for grain yield rather than forage production⁽¹⁸⁾. Theoretically, these hybrids can surpass native (criollo) cultivars in various vegetative and reproductive traits associated with grain yield and quality⁽¹⁹⁾. Given this imbalance among hybrids and native cultivars, and the need for forage corn varieties adapted to the agricultural conditions of the Papaloapan Basin, the present study objective was to evaluate potential forage yield at different sowing densities in corn genotypes adapted to the humid tropics. The results will aid in taking full advantage of these varieties' genetic potential and offering growers outstanding genotypes for use as livestock feed.

MATERIALS AND METHODS

The experiments were carried out at the Experimental Field of the Loma Bonita Campus

calidad de grano⁽¹⁹⁾. Ante esta situación y considerando la inquietud de los agricultores de la Cuenca del Papaloapan por contar con maíces productores de forraje adaptados a sus condiciones particulares de clima y suelo, se tuvo como objetivo evaluar el potencial de rendimiento en forraje de diferentes genotipos de maíz adaptados a trópico húmedo, y en diferentes densidades de siembra, con la finalidad de aprovechar al máximo el potencial genético de esas variedades y ofrecer al productor genotipos sobresalientes que se utilicen en la alimentación animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se efectuó en el Campo Experimental de la Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita que se localiza a 18° 06' N y 95° 52' O, a 25 msnm. El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano⁽²⁰⁾. La precipitación y temperatura media anual son de 1,845 mm y 24.7 °C, respectivamente⁽²¹⁾. Los suelos son arenosoles de textura gruesa y acrisoles de textura fina, los cuales presentan acidez (pH 4.5 a 5.5)^(21,22).

Del 12 de noviembre de 2007 al 20 de febrero de 2008 se estableció en campo el Exp 1, con

of Papaloapan University (18°06' N; 95°52' W). Located at 25 m asl, regional climate is warm humid with abundant summer rainfall⁽²⁰⁾. Average annual rainfall is 1,845 mm and average annual temperature is 24.7 °C⁽²¹⁾. Soils are thick arenasols and fine acrisols with pH ranging from 4.5 to 5.5^(21,22).

Two experiments were done to produce data for forage and grain yield, and growing density. In an effort to imitate traditional corn production practices to the extent possible, the experiments were deliberately done using a seasonal rainfall regime and traditional technology. Experiment 1 (Exp 1) was run from 12 November 2007 to 20 February 2008 and involved seven genotypes: H-520, HE-1A17, HE-2A15, V-556AC and VS-536 (property of the Corn Program, INIFAP-Cotaxtla, Veracruz, Mexico); A-7573 (property of Monsanto Company, Inc.); and, for its good leaf and forage yields, a criollo cultivar collected in Papantla, Veracruz, Mexico (Table 1)⁽¹⁰⁾. Treatments in Exp 1 consisted of the seven tested genotypes distributed in small parcels and at three sowing densities (50,000; 62,500 and 83,333 plants ha⁻¹) within large parcels. Experimental design was one of random blocks arranged in divided parcels with four replicates per treatment. Eighty-four experimental

Cuadro 1. Genotipos de maíz evaluados para producción de forraje en Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2007 a 2009

Table 1. Corn genotypes used in two forage yield experiments at Loma Bonita, Oaxaca, Mexico in 2007-2008 and 2009

Genotype	Genealogy	Source	Type
H-520	(LT154xLT155)x(LT156)*	INIFAP-Cotaxtla	Triple Hybrid
HE-1A17	Experimental hybrid	INIFAP-Cotaxtla	Hybrid
HE-2A15	Experimental hybrid	INIFAP-Cotaxtla	Hybrid
V-556AC	Open-pollinated variety	INIFAP-Cotaxtla	Variety
VS-536	Synthetic variety	INIFAP-Cotaxtla	Synthetic
A7573	Not available	ASGROW-MONSANTO	Triple Hybrid
Criollo	Open-pollinated variety	Traditional growers, Papantla, Veracruz.	Native cultivar
H-564C	Hybrid	INIFAP-Cotaxtla	Triple Hybrid

* The LT154xLT155 formed H-513; LT156 is a line of six self-pollinations created at the Cotaxtla Experimental Field, Veracruz, Mexico⁽⁶⁾.

los genotipos: H-520, HE-1A17, HE-2A15, V-556AC, VS-536, propiedad del Programa Maíz de INIFAP-Cotaxtla, Veracruz, México. Se incluyó el híbrido A7573 propiedad de Monsanto y un criollo colectado en Papantla, Veracruz; por su buen rendimiento en hoja y forraje⁽¹⁰⁾. En 2009 se condujo el Exp 2 con los genotipos del experimento uno, excepto HE-1A17 y HE-2A15 por falta de semilla, de ahí que en dicha evaluación se incluyera el híbrido H-564C (Cuadro 1).

En el Exp 1 los tratamientos ensayados fueron la combinación de siete genotipos distribuidos en parcela chica y tres densidades de siembra (50, 62.5 y 83.3 mil plantas ha⁻¹ en parcelas grandes), en un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones, que generó 84 parcelas experimentales cada una de 16 m², con cuatro surcos (surcado a 0.80 m) de 5 m de longitud. La parcela útil se conformó por dos surcos centrales de los que se tomaron diez plantas con competencia completa para estimar componentes de crecimiento y rendimiento.

El Exp 2 fue del 21 de enero al 20 de abril de 2009, e incluyó a 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, parcela experimental y la parcela útil fueron equivalentes a lo declarado para el primer experimento.

Para preparar el terreno de siembra se hizo un barbecho, rastreo, cruza y surcado a 0.80 m; y la siembra fue manualmente el 12 de noviembre de 2007 (Exp1) y el día 21 de enero de 2009 (Exp2); se depositaron dos semillas por mata a 25, 20 y 15 cm. Cuando las plantas tenían una altura de 20 cm se raleó a una planta por mata para ajustar las densidades a 50, 62.5 y 83.3 mil plantas ha⁻¹. Al realizar el primer control de malezas, 25 días después de siembra, se fertilizó con la fórmula 161-46-00⁽²³⁾, aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo, con el segundo cultivo se incorporó el nitrógeno restante. El control de plagas como

parcels resulted, each measuring 16 m² and containing four rows, 5 m long and spaced at 80 cm. In each treatment, the effective plot was two central rows from which ten completely competent plants were selected for growth and yield parameter estimation.

Experiment 2 (Exp 2) was run from 21 January to 20 April 2009 and included six of the same genotypes: H-520; H-564C; V-556AC; VS-536; A7573; and the criollo. Genotypes HE-1A17 and HE-2A15 in Exp 1 were not included due to lack of seed, and H-564C was added in substitution (Table 1). Sowing density, experimental design, parcel distribution and effective plot were the same as in Exp 1.

Field preparation involved weeding, raking, plowing, and row cutting (80 cm spacing). In Exp 1, sowing was done manually on 12 November 2007 and in Exp 2 it was done on 21 January 2009. Two seeds per plant were deposited at 25, 20 or 15 cm intervals, depending on treatment sowing density. When plantlets had reached 20 cm height, one was eliminated to ensure that sowing densities conformed to the three experimental densities. An initial weeding was done 25 d after planting. A 161-46-00 formula fertilizer was applied at this time⁽²³⁾, applying half the nitrogen and all the phosphorous; the remaining nitrogen was applied with the second crop. Ethyl chlorpyrifos (Lorsban 480, 0.75 L ha⁻¹) was applied to control fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) and corn earworm (*Helicoverpa zea*), while methyl parathion (Foley 35 CE 1 L ha⁻¹) was applied to control banded cucumber beetle (*Diabrotica balteata*), grasshoppers (*Melanoplus* spp.) and flea beetles (*Epitrix* spp.). Harvest was done on 20 February 2008 in Exp 1 and on 20 April 2009 in Exp 2.

Growth variables. Plant height (ALP; cm) was measured from soil surface to the growth point at the base of the stalk in 10 plants per treatment. In Exp 1, measurements were taken 21, 35, 56, 71, 90 and 100 d after sowing, and in Exp 2, measurements were taken 21, 35,

gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gusano elotero (*Heliothis zea*) se hizo con clorpirifós etil (Lorsban 480, 0.75 L ha⁻¹). Diabroticas (*Diabrotica balteata*), grillos (*Melanoplus* spp) y pulga saltona (*Epitrix* sp) se combatieron con paration metílico (Foley 35 CE 1 L ha⁻¹). La cosecha se hizo el 20 de febrero de 2008 y 20 de abril de 2009, para los Exp 1 y 2, respectivamente.

Variables de crecimiento. Se midió en diez plantas su altura (ALP; cm), desde la superficie del suelo al punto de crecimiento en la base de la espiga, a los 21, 35, 56, 71, 90 y 100 días después de siembra para Exp1 y sólo se hicieron cinco muestreos a los 21, 35, 56, 71 y 90 días en el Exp2. En las mismas fechas que se midió la altura de planta se estimó el área foliar total por planta (AFT; cm²); considerando largo (cm) x ancho de la hoja (cm) x 0.75⁽²⁴⁾. Durante el desarrollo de cada genotipo se contabilizó floración masculina (DFM) como los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas derramaban polen. La floración femenina (DFF) se registró a partir de que un 50 % de las plantas tenían sus estigmas completamente expuestos. El número de hojas arriba del elote (NHO) se contabilizó al momento de realizar la cosecha de forraje, con la idea de tener un indicador de la acumulación de carbohidratos en dicho órgano reproductivo. El diámetro de tallo de las plantas (DTA) se midió en centímetros con un vernier.

Variables de rendimiento. A la cosecha, en una muestra de diez plantas de cada parcela experimental se estimó por planta el peso de hojas (PEH; g), tallos (PET; g) y espigas (PES; g). Se contabilizó el número de elotes completamente desarrollados por planta (ELO); y de estos, con un vernier se midió su longitud (LEL; cm) y diámetro ecuatorial (DEL; cm) sin brácteas. Además del número de hileras por elote (NHE), número de granos por hilera (NGH) y número de granos totales por elote (NGE). También se consideró el peso del elote (g) con totomoxtle o brácteas (PTO) y el peso del elote (g) sin brácteas (PST). A partir del peso total

56, 71 and 90 d after sowing. On the same dates when growth was measured, total plant leaf area (AFT; cm²) was estimated using the calculation length (cm) x width (cm) x 0.75⁽²⁴⁾. Male flowering (DFM) was quantified in each genotype as the number of days from sowing until 50 % of the plants had emitted pollen. Female flowering (DFF) was measured as the point at which 50 % of the plants exhibited completely exposed stigma. The number of leaves above the ear (NHO) was counted at the moment of forage harvest to generate an indicator of carbohydrate accumulation in the ear. Stem diameter (DTA; cm) was measured with a vernier.

Yield variables. A sample of ten plants per treatment (i.e. parcel) were collected at harvest and used to estimate leaf weight (PEH; g), stem weight (PET; g) and stalk weight (PES; g) per plant. The number of completely developed ears per plant was counted and their length (LEL; cm) and central diameter (DEL; cm) without husk measured with a vernier. In each ear, counts were done of the number of grain rows (NHE), number of grains per row (NGH), and total number of grains per ear (NGE). Ear weight (g) was measured with (PTO) and without husk (PST). After calculating total plant weight (PPL; g) by adding the vegetative and organ weights, an estimate of forage yield (REN; t ha⁻¹) was generated for each genotype. Plants for quantification of yield variables were harvested from the two central rows of each effective plot. Plants within the final meter at each extreme of each row were excluded to avoid the edge effect and ensure completely competent plants. Weight was measured with a 40 kg capacity digital scale (Eura M2/50) or a 2,000 g capacity scale (OHAUS Scout Pro) for greater accuracy.

An analysis of variance (ANOVA) was run for each experiment for the studied variables, and means compared between genotypes using a Tukey test with a 1% significance level. The ANOVA was run using the GLM procedure in the Statistical Analysis System (SAS)

FORRAJE DE MAÍCES DEL TRÓPICO EN RESPUESTA A DENSIDADES DE SIEMBRA

Cuadro 2. Cuadrados medios de 19 caracteres en maíces con potencial forrajero para trópico húmedo. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2007 a 2009

Table 2. Square means for 19 traits quantified in eight corn genotypes with forage production potential in the humid tropics produced at Loma Bonita, Oaxaca, Mexico, in 2007 to 2009

	Mean	VC	Replicate (R)	Density (D)	Genotype (G)	Interaction GxD	E	W
ALP	†191.5	10.5	4339.7**	5093.4**	85202.3**	1643.6**	3414.3	404.9
	‡184.8	8.7	18768.5**	1562.8**	28073.3**	1398.8**	1388.1	261.7
DTA	6.2	13.9	16.4**	18.6**	7.7**	2.6**	2.4	0.7
	7.4	12.1	2.0ns	13.6**	20.5**	5.2**	5.5	0.8
DFM	66.7	2.0	198.5**	73.5**	1761.2**	70.8**	121.6	0.1
	67.3	2.0	105.7**	22.4**	695.3**	26.2**	15.9	0.2
DFF	70.1	1.0	149.6**	119.9**	2305.9**	135.2**	170.0	0.1
	73.2	1.0	214.0**	14.6**	1191.8**	28.6**	26.0	0.2
AFT	4257.0	18.9	9508038.6**	13467657.0**	69731542.1**	3690705.0**	615949.5	65393.0
	4674.7	12.9	7615938.6**	5317978.9**	89911832.9**	3599902.0**	2762493.0	364430.0
ELO	1.0	14.0	0.2**	0.3**	0.3**	0.2*	0.1	0.2
	1.0	18.9	0.1ns	0.2*	0.1*	0.1ns	0.1	0.1
NHO	6.6	9.3	1.0**	1.4*	23.1**	1.2**	0.7	0.4
	6.7	9.1	1.2*	0.1ns	13.3**	0.3ns	0.9	0.4
PEH	117.5	48.5	126954.2**	34400.8**	114805.8**	15456.3**	23030.9	3242.6
	148.4	25.8	92780.5**	17008.8**	158586.0**	2454.1**	4403.2	1471.7
PET	114.7	48.0	132758.3**	26050.3**	384505.9**	16586.4**	24396.8	3697.7
	148.8	30.9	36562.1**	6312.6ns	199005.6**	6317.7**	6862.3	21118.3
PTO	226.3	30.9	245585.5**	64307.8**	48849.5**	26814.9**	38962.3	4915.2
	209.6	28.0	270176.2**	57777.9**	93320.7**	7869.4*	10103.4	3455.9
PST	146.7	31.2	96750.4**	16802.5**	43705.7**	13172.2**	14496.9	2094.9
	121.9	31.7	120737.8**	18313.5**	66538.7**	2847.2**	5241.9	1492.4
PES	6.0	9.0	89.8**	280.3**	430.8**	23.08**	23.1	0.01
	8.5	15.6	66.2**	91.7**	1246.0**	18.4**	33.9	1.8
LEL	15.7	14.3	45.7**	22.4*	66.6**	12.9**	11.6	5.0
	16.2	13.6	197.1**	76.3*	91.6**	11.2**	13.5	4.9
DEL	13.6	10.3	12.7**	7.7*	83.4**	2.1ns	8.1	1.9
	12.6	10.2	77.7**	6.2*	218.3**	8.9ns	5.1	1.7
NHE	13.2	11.4	1.8ns	17.1**	70.5**	2.2ns	4.3	2.3
	13.0	11.4	4.6ns	5.4ns	39.2**	3.3ns	3.8	2.2
NGH	28.2	19.4	293.9**	569.6**	355.2**	68.9**	87.5	30.0
	27.7	19.4	1123.1**	477.6**	1597.5**	32.0ns	69.0	28.8
NGE	373.0	22.1	64887.5**	95464.8**	16794.5*	8837.4ns	19749.6	6820.5
	361.0	25.2	241680.1**	140175.7**	176293.1**	6381.9**	20255.3	8288.1
PPL	464.3	32.0	1467271.3**	358547.0**	1382654.1**	158384.0**	239224.0	22197.0
	490.0	24.2	1009922.5**	245751.0**	246113.3**	21110.4*	44381.7	14029.2
REN	30.1	34.1	6009.4**	11490.7**	6005.8**	892.5**	926.4	105.3
	31.6	24.8	3672.0**	6361.6**	1062.1**	119.3*	161.4	61.4
DF			3	2	6	12	60	756

† = Exp 1 (November 2007 to February 2008); ‡ = Exp 2 (January to April 2009). VC= variation coefficient (%); E= parcel error; W= intraparcel error; ALP= plant height (cm); DTA= stem diameter (cm); DFM= days to male flowering; DFF= days to female flowering; AFT= total leaf area per plant (cm²); ELO= number of ears per plant; NHO= number of leaves above ear; PEH= leaf weight (g); PET= stem weight (g); PTO= ear weight with husk (g); PST= ear weight without husk (g); PES= stalk weight (g); LEL= ear length (cm); DEL= ear diameter (cm); NHE= number of rows per ear; NGH= number of grains per row; NGE= number of grains per ear; PPL= total weight per plant (g); REN= forage yield per hectare (t ha⁻¹); DF= degrees of freedom.

* = (P≤0.05); ** = (P≤0.01); ns = not significant.

por planta (PPL; g) que consideró la suma en pesos de órganos vegetativos y reproductivos; se estimó para cada genotipo el rendimiento de forraje (REN; t ha⁻¹). Para conocer las variables de rendimiento se cosechó el forraje de dos surcos centrales de cada 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. En tales determinaciones se usó una báscula digital Marca Eura M2/50 con capacidad para 40 kg; y en el caso de las variables que requirieron de mayor precisión se utilizó una balanza OHAUS Scout Pro con capacidad para 2,000 g.

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⁽²⁵⁾, teniendo como fuentes de variación a genotipos (G), densidades (D), repeticiones (R), la interacción GxD, además del error parcelar (E) e intraparcular (W). Se efectuó un análisis conjunto de la información, usando el procedimiento GLM de SAS, en aquellos genotipos que se evaluaron en ambos ensayos.

software⁽²⁵⁾, including the variation sources of genotype (G), sowing density (D), replicates (R) and the GxD interaction, as well as the parcel error (E) and intraparcular error (W). For genotypes evaluated in both experiments, a joint data analysis was run using the GLM procedure.

RESULTS AND DISCUSSION

Differences ($P<0.001$) were present between genotypes for most of the growth and yield traits in both experiments (Table 2). The genotypes differed ($P<0.05$) in terms of number of grains per ear (NGE) in Exp 1 and ears per plant (ELO) in Exp 2. Differences (1 %) were observed for densities (D), replicates (R) and the GxD interaction for most of the studied variables (Table 2). These differences between genotypes and densities are attributed to the different temperatures and rainfall levels prevailing during the two experiments; rainfall was heavier during Exp 1 (Table 3). The variation coefficients ranged from 1.0 (DFF) to 48.5 (PEH) (Table 2), suggesting that data was consistent between replicates for those variables with low coefficients.

Growth. Plant height (ALP) varied between genotypes at the end of each experimental period ($P<0.01$; Table 2). The criollo genotype was taller (Exp 1= 247 cm; Exp 2= 216 cm)

Cuadro 3. Comportamiento de la temperatura (°C) y precipitación (mm) en Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2007 a 2009

Table 3. Average monthly temperature (°C) and rainfall (mm) at Loma Bonita, Oaxaca, Mexico, in 2007 to 2009

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
	Temperature (°C)											
2007	21.4	22.7	25.3	27.2	28.7	28.6	28.2	27.4	27.3	25.5	23.8	22.2
2008	22.1	23.2	25.0	27.1	30.2	26.0	28.2	27.3	25.4	24.2	21.0	22.2
2009	21.4	22.3	24.0	27.0	28.3	28.6	25.7	22.9	24.9	25.4	23.4	22.5
Year	Rainfall (mm)											
	2007	28.0	124.0	2.0	23.0	66.0	73.0	234.0	369.0	224.0	184.0	228.0
2008	44.0	124.0	20.0	28.0	92.0	515.0	127.0	695.0	350.0	243.8	340.0	230.0
2009	100.6	100.0	1.0	36.6	34.0	76.4	266.2	243.0	565.2	0.0	15.6	38.8

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza. El análisis indicó que los genotipos presentaron diferencia ($P < 0.001$), en la mayoría de caracteres de crecimiento y rendimiento evaluados en los dos experimentos (Cuadro 2). Genotipos mostró diferencia ($P < 0.05$) en número de elotes por planta en el experimento dos y número de granos por elote en el Exp1. Se encontraron diferencias estadísticas al 1% para densidades (D), repeticiones (R) e interacción GxD para la mayoría de variables estudiadas en los dos trabajos (Cuadro 2). El comportamiento anterior donde se detectaron diferencias entre genotipos y densidades se atribuye a que la temperatura y precipitación fueron distintos de un ciclo de cultivo a otro, registrándose más lluvia en el primer experimento (Cuadro 3), lo que explica los resultados obtenidos. Los coeficientes de variación oscilaron entre 1.0 y 48.5, correspondientes a DFF y PEH, respectivamente (Cuadro 2) y sugieren que en aquellas variables donde se tuvieron coeficientes bajos, hubo consistencia en la información obtenida a través de repeticiones.

Crecimiento de genotipos. La altura de la planta varió entre genotipos al término de cada ciclo productivo ($P < 0.01$; Cuadro 2). El criollo (Exp1=247; Exp2=216 cm) superó al testigo VS-536 (Exp1=195, Exp2= 194 cm); y al resto de variedades e híbridos (Cuadro 4). Debido a que híbridos como el H-520 promediaron 65 días a floración masculina (DFM) y 69 a femenina (DFF); y el criollo fue más tardío con 72 y 78 DFM y DFF. El sintético VS-536 promedió 68 DFM y 73 DFF, confirmando que las variedades son más tardías que los híbridos. Así, se han contabilizado 52 DFM en VS-536⁽²⁶⁾ y en el caso de híbridos como el H-520 en el sureste mexicano tarda 54 a 56 DFM con alturas de planta de 228 cm y 139 cm a la mazorca^(2,6).

En maíces comunes y de alta cantidad proteínica se estimaron alturas de planta de: V-556AC (220 cm), H-520 (226 cm), VS536 (242 cm) y criollo (270 cm), corroborando que las variedades tienen alturas de planta mayores en

than the control (VS-536; Exp 1= 195 cm, Exp 2= 194 cm), and taller than all the other tested varieties and hybrids (Table 4). This discrepancy was caused by earlier flowering in hybrids such as H-520 (average DFM= 65 d; DFF= 69 d) than in the criollo cultivar (average DFM= 72; DFF= 78). Average flowering in the synthetic variety VS-536 (DFM= 68 d; DFF= 73 d) confirmed that the varieties had later flowering than the hybrids. The flowering periods observed here were generally longer than reported elsewhere. For instance, DFM for VS-536 is reported to be 52 d⁽²⁶⁾, while for H-520 in southeast Mexico DFM is reported to range from 54 to 56 d (228 cm plant height; 139 cm to ear)^(2,6). Plant height (ALP) was taller in the common and high protein content varieties (220 cm in V-556AC; 226 cm in H-520; 242 cm in VS536; and 270 cm in criollo) than in the hybrids. High lodging percentages were observed in the criollo (66 %), VS-536 (47 %) and V-556AC (46 %)⁽²⁷⁾.

Average stem diameter was larger in Exp 2 (Exp 1= 6.2 cm; Exp 2= 7.4 cm; Table 2). Among genotypes, the criollo and H-564C in Exp 2 had very thick stems even though ALP was relatively low in H-564C (Table 4). These values are much larger than the 1.77 cm reported in a study of corn hybrids with different vegetative cycles⁽²⁸⁾, and the 2.33 cm reported in an evaluation of twenty-four commercial corn hybrids⁽²⁹⁾. The probable explanation for these differences is that in the present study soil, temperature and rainfall conditions allowed each genotype to express its full productive potential.

Leaf area (AF) was largest in the criollo cultivar (Exp 1= 5,834 cm²; Exp 2= 7,515 cm²), and was notably more than in the H-520 (Exp 1= 4,342; Exp 2= 4,339 cm²), the VS-536 (Exp 1= 4,028; Exp 2= 4,367 cm²) and the remaining genotypes (Table 4). Among the three tested densities, AF was generally highest at 50,000 plants ha⁻¹ (Exp 1= 4,500; Exp 2= 4,730 cm²). In Exp 1, AF at this density exceeded that of 62,500 plants ha⁻¹ (Exp 1= 4,191; Exp 2= 4,812 cm²), and in both experiments it surpassed the

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias para 19 caracteres, en promedio de tres densidades de siembra, en maíces con potencial forrajero para trópico húmedo. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2007 a 2009

Table 4. Comparison of means for 19 traits, averaged between three sowing densities, in eight corn genotypes with forage production potential in the humid tropics produced at Loma Bonita, Oaxaca, Mexico, in 2007-2008 and 2009

	MSD	Genotype							
		H520	HE1A17	HE2A15	V556AC	VS536	A7573	H564C	Criollo
ALP	†7.70	184.3 ^c	190.4 ^{bc}	184.6 ^c	172.7 ^d	195.3 ^b	165.6 ^d	nd	247.4 ^a
	06.90	180.0 ^c	nd	nd	176.6 ^{dc}	194.2 ^b	169.4 ^e	172.5 ^{de}	216.3 ^a
DTA	0.32	6.2 ^b	6.1 ^{bc}	6.2 ^b	5.9 ^c	6.2 ^b	5.8 ^c	nd	6.6 ^a
	0.38	7.3 ^b	nd	nd	6.8 ^c	7.1 ^{bc}	7.2 ^{bc}	8.2 ^a	7.5 ^b
DFM	0.01	63.7 ^f	65.5 ^d	66.0 ^c	65.3 ^e	69.0 ^b	63.2 ^g	nd	75.0 ^a
	0.01	65.7 ^d	nd	nd	65.4 ^e	67.2 ^c	64.3 ^f	69.7 ^b	71.6 ^a
DFF	0.01	66.7 ^f	70.0 ^c	69.4 ^d	67.8 ^e	73.0 ^b	65.6 ^g	nd	79.0 ^a
	0.02	70.8 ^e	nd	nd	71.0 ^d	72.8 ^c	69.8 ^f	75.0 ^b	79.6 ^a
AFT	308.60	4342.4 ^b	4222.1 ^{bc}	4221.1 ^{bc}	3649.1 ^d	4028.1 ^c	3502.7 ^d	nd	5833.6 ^a
	257.11	4338.7 ^c	nd	nd	3606.4 ^d	4367.4 ^{bc}	3611.8 ^d	4602.8 ^b	7515.6 ^a
ELO	0.05	1.0 ^b	1.0 ^b	1.0 ^b	1.0 ^b	1.0 ^b	1.0 ^b	nd	1.1 ^a
	0.50	1.0 ^b	nd	nd	1.0 ^b	1.0 ^b	1.0 ^b	1.1 ^a	1.0 ^b
NHO	0.23	6.7 ^c	6.2 ^d	7.0 ^{ab}	5.9 ^e	6.8 ^{bc}	6.8 ^{bc}	nd	7.2 ^a
	0.28	6.8 ^b	nd	nd	6.1 ^c	6.8 ^b	6.7 ^b	7.3 ^a	6.9 ^b
PEH	21.70	119.1 ^b	116.8 ^b	113.6 ^b	89.4 ^c	129.2 ^b	79.0 ^c	nd	175.2 ^a
	16.40	129.6 ^{cd}	nd	nd	111.1 ^e	142.3 ^{bc}	123.2 ^{de}	155.9 ^b	228.0 ^a
PET	23.20	107.3 ^{bc}	101.3 ^{cd}	97.1 ^{cd}	78.7 ^{de}	125.2 ^b	59.3 ^e	nd	233.9 ^a
	19.60	127.5 ^c	nd	nd	121.6 ^{cd}	149.2 ^b	106.7 ^d	149.4 ^b	238.7 ^a
PTO	26.70	234.8 ^{abc}	216.1 ^{cd}	224.4 ^{bcd}	210.7 ^{cd}	243.0 ^{ab}	198.1 ^d	nd	257.0 ^a
	30.00	217.4 ^b	nd	nd	182.2 ^c	209.9 ^{bc}	207.6 ^{bc}	251.7 ^a	133.4 ^d
PST	17.50	169.9 ^a	149.2 ^b	142.3 ^b	151.5 ^b	158.3 ^{ab}	147.0 ^b	nd	108.5 ^c
	19.70	127.0 ^b	nd	nd	113.5 ^b	114.1 ^b	130.5 ^{ab}	148.7 ^a	35.8 ^c
PES	0.02	5.1 ^f	6.5 ^b	5.3 ^e	6.0 ^d	6.3 ^c	3.1 ^g	nd	9.4 ^a
	0.57	7.2 ^c	nd	nd	7.8 ^b	7.7 ^{bc}	5.0 ^d	7.6 ^{bc}	15.8 ^a
LEL	0.85	15.4 ^{bc}	15.3 ^{bc}	14.6 ^c	15.5 ^b	15.7 ^b	16.1 ^b	nd	17.1 ^a
	1.12	15.8 ^{bc}	nd	nd	15.5 ^{bc}	16.1 ^b	16.0 ^{bc}	18.0 ^a	15.0 ^c
DEL	0.53	14.4 ^a	13.3 ^c	13.9 ^{ab}	13.8 ^{cb}	13.9 ^{ab}	14.4 ^a	nd	12.0 ^d
	0.65	13.2 ^a	nd	nd	12.6 ^a	12.8 ^a	13.0 ^a	13.2 ^a	11.5 ^b
NHE	0.57	12.7 ^c	13.5 ^b	14.5 ^a	13.5 ^b	13.3 ^b	13.3 ^b	nd	12.0 ^d
	0.68	12.6 ^c	nd	nd	13.4 ^{ab}	12.7 ^c	13.1 ^{bc}	13.9 ^a	11.8 ^d
NGH	2.09	29.0 ^{ab}	29.2 ^{ab}	25.8 ^d	26.4 ^{cd}	27.9 ^{bcd}	28.4 ^{bc}	nd	30.9 ^a
	3.10	27.8 ^{bc}	nd	nd	25.7 ^c	25.3 ^c	27.0 ^{bc}	29.1 ^b	50.0 ^a
NGE	31.50	367.0 ^{ab}	395.2 ^a	374.1 ^{ab}	356.2 ^b	370.0 ^{ab}	377.0 ^{ab}	nd	372.1 ^{ab}
	48.60	351.2 ^c	nd	nd	347.2 ^c	322.9 ^c	357.3 ^{bc}	404.8 ^b	575.6 ^a
PPL	56.80	466.3 ^{bc}	440.6 ^{cd}	440.4 ^{cd}	384.8 ^{de}	503.5 ^b	339.6 ^e	nd	675.5 ^a
	50.50	481.7 ^{bc}	nd	nd	422.8 ^d	509.2 ^b	442.4 ^{cd}	564.7 ^a	519.6 ^{ab}
REN	3.92	30.0 ^{bc}	28.2 ^{cd}	28.4 ^{cd}	25.0 ^{de}	32.5 ^b	22.2 ^e	nd	44.3 ^a
	3.34	31.1 ^{bc}	nd	nd	27.0 ^d	33.0 ^b	28.8 ^{cd}	36.6 ^a	33.3 ^b

†= Exp 1 (November 2007 to February 2008); 0= Exp 2 (January to April 2009). MSD= Minimum significant difference (Tukey, $P \leq 0.05$); ALP= Plant height (cm); DTA= Stem diameter (cm); DFM= Days to male flowering; DFF= Days to female flowering; AFT= Total leaf area per plant (cm^2); ELO= Number of ears per plant; NHO= Number of leaves above ear; PEH= Leaf weight (g); PET= Stem weight (g); PTO= Ear weight with husk (g); PST= Ear weight without husk (g); PES= stalk weight (g); LEL= Ear length (cm); DEL= Ear diameter (cm); NHE= Number of rows per ear; NGH= Number of grains per row; NGE= Number of grains per ear; PPL= Total weight per plant (g); REN= Forage yield per hectare (t ha^{-1}).

abcd= Different letters in the same row indicate significant difference ($P \leq 0.05$).

relación con los híbridos; encontrando altos porcentajes de acame en el criollo, VS-536 y V-556AC, con 66, 47 y 46 %, respectivamente⁽²⁷⁾.

El diámetro de tallo promedio fue mayor en el segundo ensayo (Exp1= 6.2 cm; Exp2= 7.4 cm; Cuadro 2) y entre genotipos sobresalieron el criollo y el H-564C en Exp2, aun cuando la ALP de este último genotipo fue menor (Cuadro 4). En otros estudios al evaluarse la productividad de híbridos de maíz de distinto ciclo vegetativo, se reportaron diámetros de tallo de maíz promedio de 1.77 cm⁽²⁸⁾. Al ensayarse 24 híbridos comerciales de maíz se estimó un diámetro de tallo promedio de 2.33 cm⁽²⁹⁾; valores muy inferiores a los encontrados en el presente estudio; la diferencia se explica porque los genotipos estudiados tuvieron condiciones adecuadas de suelo, temperatura, y precipitación que les permitieron expresar un buen potencial productivo.

El área foliar fue mayor en el criollo (Exp1=5,834 cm²; Exp2=7,515 cm²), superando estadísticamente al H-520 (Exp1=4,342; Exp2=4,339 cm²), VS-536 (Exp1=4,028; Exp2=4,367 cm²) y a los restantes genotipos (Cuadro 4). La densidad con áreas foliares mayores fue la de 50,000 plantas ha⁻¹ (Exp1=4,500, Ex₂=4,730 cm²), y superó en el primer ciclo a la de 62,500 plantas (Exp1=4,191, Exp2=4,812 cm²) y en las dos evaluaciones a la densidad de 83,333 (Exp1=4,078, Exp2=4,482 cm²); atribuido a que plantas que crecen a densidades bajas tienen menor competencia por luz, agua y nutrientes formando doseles de planta más vigorosos. Se encontró previamente, en dos años de estudio, que la respuesta de híbridos de maíz a densidades de siembra era distinta, por lo que el AF de plantas individuales decreció al incrementar la densidad de 60,000 plantas (Exp1=4,800, Exp2=5,700 cm²) hasta 75,000 (Ex₁=4,400, Ex₂=5,500 cm²) y 90,000 plantas ha⁻¹ (Exp1=4,100, Exp2=5,400 cm²)⁽¹²⁾. En otra experiencia⁽³⁰⁾ se cuantificaron en maíz AF totales por planta de 4,570 a 6,638 cm², información concordante con la del presente

area at 83,333 plants ha⁻¹ (Exp 1= 4,078; Exp 2= 4,482 cm²). This higher AF at the lower densities is probably due to less competition for light, water and nutrients, which allows plants to form more vigorous canopies. This coincides with previous studies such as a two-year study of corn hybrids at different sowing densities in which individual plant AF decreased as density increased from 60,000 plants (Exp 1= 4,800; Exp 2= 5,700 cm²) to 75,000 (Exp 1= 4,400; Exp 2= 5,500 cm²) and 90,000 plants ha⁻¹ (Exp 1= 4,100; Exp 2= 5,400 cm²)⁽¹²⁾. The present AF data agrees with a previous study in which individual plant AF ranged from 4,570 to 6,638 cm²⁽³⁰⁾, but is lower than the 5,327 to 8,411 cm² reported for nine corn genotypes sown at a density of 80,000 plants ha⁻¹ ⁽³¹⁾.

Yield. Differences existed between all the genotypes in all the yield parameters (Table 2) and can be attributed to genotype selection practices. Certain differences were more obvious, such as the generally much higher yield values in the criollo cultivar compared to the other tested varieties and hybrids in both experiments (Table 4). However, the H-564C hybrid did exceed the criollo cultivar in some variables in Exp 2 (Table 4). This occurred primarily because it is a high grain yield hybrid and is early, meaning it avoided water shortages during the dry period in Exp 2, which affected the late genotypes such as the criollo.

Leaf weight (PEH) and stem weight (PET) per plant varied little between experiments. Each component represented 25 % of total plant weight, maintaining a ratio near 1:1. Ear weight with husk (PTO) accounted for 45 % of total plant weight (Table 2), an amount near the 53.2 % average reported for corn in northern Mexico⁽³²⁾. This is to be expected because the genotypes used in the present study have been selected for grain, rather than forage, production and early hybrids have higher ear production and grain proportion⁽³³⁾. The present values are higher than those reported for a criollo cultivar in which estimated fresh matter content

trabajo. Por otro lado en nueve genotipos de maíz a 80 mil plantas ha⁻¹ se tuvo áreas foliares de 5,327 a 8,411 cm²(31).

Rendimiento de genotipos. Los principales componentes de rendimiento como: número de elotes por planta, número de hojas por planta, peso de hojas y tallos por planta; además de longitud y diámetro de elote. Junto con número de hileras por elote, número de granos por hilera y número total de granos por elote, presentaron diferencias marcadas entre los diferentes genotipos en estudio (Cuadro 2). Variabilidad atribuible a la selección que se ha practicado en estos genotipos por productores y mejoradores, en relación con los caracteres descritos. Dichas diferencias son más evidentes; ya que de acuerdo con el Cuadro 4, el genotipo criollo superó en los dos ciclos de evaluación al resto de las variedades, muy por arriba de los rendimientos registrados para dichas variables en el testigo VS-536 y el resto de híbridos y variedades evaluadas. No obstante, nótese que el H-564C superó al criollo en algunas variables en el segundo ensayo (Cuadro 4), debido a que se formó para rendimiento de grano, y al ser precoz evitó pérdidas de agua en esa segunda experiencia donde la sequía afectó a genotipos tardíos como el criollo.

Las variables peso de hojas (PEH) y tallos por planta (PET) fueron muy similares entre ensayos, con una relación cercana de 1:1, representando cada componente un 25 % del peso total de la planta; siendo superados por el peso del elote con totomoxtle o brácteas que tuvo un valor del 45 % en relación con el peso total de la planta (Cuadro 2), información muy similar a la obtenida para maíces del norte de México en los cuales se registró un promedio de 53.2 % de mazorca(32). Lo anterior se entiende porque en el presente trabajo los materiales utilizados en su mayoría se seleccionaron por rendimiento de grano y no por producción de forraje. Ya que plantas de híbridos precoces tienen mayor producción de mazorca y proporción de grano(33). En un estudio donde se utilizó un maíz criollo se estimó

was highest in stems (38,821 kg ha⁻¹), followed by leaves (15,886 kg ha⁻¹) and ears (3,709 kg ha⁻¹). Total fresh matter production (kg ha⁻¹) in this study was greater at high sowing densities (48,000 plants ha⁻¹) than at low densities (20,000 to 28,000 plants ha⁻¹)(34). In contrast, the present values are comparable to forage corn varieties sown at 160,000 plants ha⁻¹ in which leaves accounted for 25 % of total plant production, stems for 37 % and ears for 38 % (35). Ear weight with husk and stem weight with stalks are considered to contribute most to fresh forage yield(36).

In both experiments, average ears per plant (ELO) was 1.0 (Table 1) with differences between genotypes (Table 4). Plants with higher ELO values are believed to supply more energy when used in animal feed(37). The H-564C hybrid was one of the most prolific of the tested genotypes, producing 1.1 ears per plant. This is similar to some reported values (1.06 to 1.31)(36), but higher than others (0.25 to 1.0)(37).

Average ear length (LEL; Exp 1= 15.7 cm; Exp 2= 16.2 cm) was greater than average ear diameter (DEL; Exp 1= 13.6 cm, Exp 2= 12.6 cm; Table 2) in both experiments. Ear length can vary between genotypes from 14.5 to 17.1 cm, and depends on cultivar(35). The present LEL data were near those reported for different corn genotypes from Oaxaca (average= 16 cm), although average DEL was more than two times larger in the present study (12.6 - 13.6 cm vs 5 cm)(7). Values here were larger overall than the 13.3 to 14.8 cm length and 5 cm diameter reported for a series of corn genotypes(19).

Among the tested genotypes, LEL and DEL were notably larger in the A-7573 hybrid (Exp 1 & 2), the VS-536 variety (Exp 1 & 2) and the H-564C hybrid (Exp 2) (Table 4). The present results for the A-7573 were quite different than reported elsewhere(38), with shorter ear length (16.0 to 16.1 vs 24 to 31 cm) larger ear diameter (13.0 to 14.4 vs 4.1 to 5.5 cm) and lower weight of ear with husk (59.3 to 106.7

un contenido mayor de materia verde en tallos (38,821 kg ha⁻¹), seguido de hojas (15,886 kg ha⁻¹) y mazorca (3,709 kg ha⁻¹), indicando que la producción total de materia verde (kg ha⁻¹) fue superior a altas densidades de siembra (48,000 plantas ha⁻¹) que a bajas densidades (20,000 a 28,000 plantas ha⁻¹)⁽³⁴⁾. En contraste, en maíces forrajeros establecidos a 160 mil plantas ha⁻¹, las hojas representaron un 25 % de la producción total por planta, los tallos aportaron un 37 % y la proporción de mazorca fue de 38 % en relación con el rendimiento⁽³⁵⁾, valores que están en sintonía con los estimados en el presente trabajo. En este tenor, se ha asegurado que el peso del elote con totomoxtle y el peso de los tallos con espigas, son los que más contribuyen al rendimiento de forraje verde⁽³⁶⁾.

El número de elotes por planta fue de 1.0 en promedio en los dos ensayos (Cuadro 2), siendo diferente entre genotipos (Cuadro 4). Al respecto hay reportes que sugieren que aquellos materiales que presenten mayor número de mazorcas por planta, suministran mayor energía si son utilizados en alimentación animal⁽³⁷⁾. En el presente trabajo el H-564C fue uno de los genotipos más prolíficos produciendo 1.1 mazorcas por planta, resultado similar al obtenido en otro ensayo donde se encontró un valor de 1.06 a 1.31 mazorcas por planta⁽³⁶⁾; aunque otro autor contabilizó entre 0.25 y 1.0 mazorcas por planta, sosteniendo que en maíz pueden obtenerse hasta 1.7 mazorcas por planta⁽³⁷⁾.

La longitud promedio de elote (Exp1= 15.7 cm, Exp2= 16.2 cm) fue mayor que su diámetro (Exp1= 13.6 cm, Exp2= 12.6 cm; Cuadro 2). Para esta variable se han reportado longitudes de mazorca que variaron entre genotipos de 14.5 cm a 17.1 cm, argumentando que la longitud cambia dependiendo del cultivar utilizado⁽³⁵⁾. Así, para diferentes maíces evaluados en el estado de Oaxaca, se tuvieron valores promedio en longitud de mazorca de 16 centímetros y un diámetro de mazorca de 5.2 cm⁽⁷⁾.

vs 182 to 300 g). The difference is probably due to use of irrigation in the previous study and rainfall in the present study.

Average number of rows per ear (NHE; Exp 1= 13.2; Exp 2= 13.0), grains per row (NGH; Exp 1= 28.2; Exp 2= 27.7) and total number of grains per ear (NGE; Exp 1= 373; Exp 2= 361) differed little between Exp 1 and Exp 2 (Table 2). Differences were observed between genotypes, especially the HE-1A17, HE-2A15 and H-564C hybrids. The criollo cultivar stood out in terms of stalk weight (PES; Exp 1= 9.4 g; Exp 2= 15.8 g), NGH and NGE. However, because it is a later type than the hybrids its grains were not as full at harvest; indeed, it was clearly visible that the hybrids had accumulated a larger amount of photosynthates. The values observed here were generally lower than reported in other studies: 11.5 to 16 rows per ear, 38 to 49 grains per row, and an estimated 435 to 560 grains per ear⁽³⁹⁾; and 14.2 to 15.2 rows per ear, 39.5 to 44.2 grains per row, and 596 to 640 grains per ear⁽⁴⁰⁾. However, rows per ear values in the present data were only slightly lower than the 15 to 16 reported for a series of different corn genotypes⁽¹⁹⁾.

Forage yield (REN) differed between the two experiments (Table 2). At the three sowing densities in Exp 1, average fresh matter production was highest in the criollo (44.3 t ha⁻¹), which was 26 % greater ($P < 0.05$) than for the VS-536 control (32.5 t ha⁻¹). The lowest average fresh matter production in Exp 1 was observed with the A-7573 hybrid (Table 4), which is to be expected given it had the lowest plant height (ALP) and leaf area (AF) values. Although the criollo is a late cultivar and was therefore not harvested at its optimum stage (73 DFM and 79 DFF; Table 4), its REN surpassed all the other tested varieties and hybrids. This coincides with previous reports of 30 % higher forage yield in a criollo cultivar compared to a hybrid due to taller plant height in the former⁽¹⁾. Later genotypes are generally considered to produce more fresh matter because of their taller height, and because

Entre genotipos, para longitud y diámetro de elote, en los dos ensayos sobresalieron el A-7573 (utilizado en la zona para producción de elote), VS-536 y el híbrido H-564C en el segundo experimento (Cuadro 4). En un estudio realizado por otros autores en el híbrido A-7573, en condiciones de riego, se cuantificaron longitudes de elote entre 24 y 31 cm y diámetros de 4.1 a 5.5 cm, con pesos de elote con totomoxtle de 182 a 300 g⁽³⁸⁾. Dicha información es diferente a la encontrada en este trabajo, ya que los ensayos se condujeron en temporal.

El número de hileras por elote (Exp1= 13.2, Exp2= 13.0), número de granos por hilera (Exp1= 28.2, Exp2= 27.7) y número total de granos por elote (Exp1= 373, Ex₂= 361; Cuadro 2) fueron muy parecidos entre ensayos; aunque variaron entre genotipos, sobresaliendo los híbridos HE-1A17, HE-2A15 y H-564C. El criollo sobresalió en peso de espigas (Exp1=9.4 g; Exp2=15.8 g), NGH y NGE, aunque este último genotipo presentó a la cosecha granos menos llenos por ser más tardío que los híbridos, los cuales de manera visual dejaban notar que habían acumulado mayor cantidad de fotosintatos. En trabajos sobre componentes morfológicos de maíz se contabilizó entre 11.5 y 16 hileras por mazorca, con 38 a 49 granos por hilera, aportando un estimado de 435 a 560 granos por elote⁽³⁹⁾, información distinta a la obtenida en el presente estudio.

En otra determinación se registraron 14.2 a 15.2 hileras por mazorca, 39.5 a 44.2 granos por mazorca y un total de 596 a 640 granos por elote⁽⁴⁰⁾. Información contrastante con la reportada en otro trabajo para diferentes genotipos de maíz donde la longitud de mazorca anduvo entre 13.3 y 14.8 cm, el diámetro de mazorca promedió 5 cm y se tuvo un total de 15 a 16 hileras por mazorca⁽¹⁹⁾.

El rendimiento en forraje de los diferentes genotipos fue distinto entre ensayos (Cuadro 2). Considerando la producción de materia verde en el promedio de las tres densidades de

grain-producing genotypes do not produce substantial amounts of biomass⁽²⁸⁾.

In Exp 2, average REN among the three sowing densities in the H-564C hybrid exceeded that of the criollo cultivar (Table 5). Greater rainfall in Exp 1 raised soil humidity and lowered temperatures during this period, whereas an extended dry period occurred during Exp 2 (Table 3). This clearly affected growth performance in all the tested genotypes, but during Exp 2 the H-564C hybrid responded to the drought conditions by reducing the number of days to male and female flowering to far fewer than those for the criollo cultivar. Both the A-7573 hybrid and V-556AC variety had the lowest REN in Exp 2. This is to be expected since forage genotypes are commonly tall regional cultivars and shorter grain-producing hybrids accumulate less biomass per area unit⁽³⁴⁾.

Joint analysis of the two experiments indicated the criollo cultivar to have had an average REN of 38.7 t ha⁻¹, exceeding ($P<0.01$) the H-564C and H-520 hybrids, both designed for improved grain production⁽⁶⁾. The VS-536 control accumulated more forage biomass than the H-520, HE-1A17, HE-2A15 and A-7573 hybrids, while the A-7573 and the V-556AC hybrid had the lowest fresh matter production levels (Table 5). Overall, these forage production levels are acceptable since many of the tested genotypes surpassed the 36.6 t ha⁻¹ average forage yield in Oaxaca state produced using irrigation⁽⁸⁾.

In Exp 1, REN averaged among the tested genotypes was highest ($P<0.01$) at the 83,333 plants ha⁻¹ sowing density, followed by the 62,500 plants ha⁻¹ and 50,000 plants ha⁻¹ densities. The criollo cultivar yielded 57.1 t ha⁻¹ at the highest density, more than the 37.0 t ha⁻¹ of the VS-536 control at the same density, and the 36.4 t ha⁻¹ of the H-520 hybrid at 62,500 plants ha⁻¹ (Table 5).

Forage yield averaged among genotypes in Exp 2 was again highest at the 83,333 plants ha⁻¹ sowing density, followed by the 62,500 plants ha⁻¹ and 50,000 plants ha⁻¹ densities

siembra en Exp1 el criollo promedió 44.3 t ha⁻¹ de materia verde, superior ($P<0.05$) en un 26.5 % al testigo VS-536 que acumuló 32.5 t ha⁻¹. De este modo, el rendimiento más bajo en Exp1 se observó en el híbrido A7573 (Cuadro 4), en concordancia con su altura de planta y área foliar que también fueron las más bajas. Aún cuando el maíz criollo no se cosechó en su etapa óptima, por ser tardío, (73 DFM y 79 DFF; Cuadro 4) los rendimientos superaron al resto de las variedades e híbridos, situación muy similar a lo reportado previamente donde al estimarse la producción de forraje en maíz, se encontró que el rendimiento a una misma edad de cosecha fue 30 % mayor en un genotipo criollo en relación con un híbrido, lo que se explica porque el material criollo presentó una altura de planta superior⁽¹⁾. Esto se refuerza al considerar que en producción de materia verde los genotipos más tardíos alcanzan el mayor rendimiento, dada su mayor altura; debido a que los materiales productores de grano no presentan importantes producciones de biomasa⁽²⁸⁾.

Es de resaltar que en el Exp 1 la humedad del suelo se distribuyó mejor como lo indica el dato de precipitación (Cuadro 3), generando

(Table 5). The H-564C hybrid had the overall highest REN (43.8 t ha⁻¹) at 83,333 plants ha⁻¹, which was followed by VS-536 (41.3 t ha⁻¹) and the criollo (37.7 t ha⁻¹). The lowest REN values among all the genotypes were for A-7573 and V-556AC at the 50,000 plants ha⁻¹ density (Table 5).

Based on the comparison of means (Tukey, $P<0.05$; Table 4), the criollo genotype had the highest values in most of the quantified variables. A notable exception was the H-564C hybrid in Exp 2, which had the highest values in a number of variables (stem diameter, number of leaves above ear, ear weight with and without husk, ear length and diameter) as well as good yield per plant and per hectare. This hybrid is designed for higher grain yield than other tropical hybrids⁽⁴¹⁾, and its high prolificity translated into a greater number of ears per plant. However, both the A7573 and H-520 hybrids surpassed it in terms of precocity.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Differences were observed between the analyzed corn genotypes for the 19 tested

Cuadro 5. Rendimiento en forraje de genotipos de maíz, en tres densidades de siembra. Loma Bonita, Oaxaca, México

Table 5. Forage yield at three sowing densities for eight corn genotypes grown at Loma Bonita, Oaxaca, Mexico

Genotype	Experiment 1			Experiment 2		
	Density (plants ha ⁻¹)			Density (plants ha ⁻¹)		
	50,000	62,500	83,333	50,000	62,500	83,333
H-520	21.9	36.4	31.4	24.6	32.4	36.3
HE1A17	20.6	35.2	28.9	nd	nd	nd
HE2A15	24.7	25.0	35.6	nd	nd	nd
V556AC	18.9	25.8	30.3	22.9	28.3	29.8
VS536	24.7	35.8	37.0	26.7	31.0	41.3
A7573	18.3	18.2	30.2	21.6	29.9	34.9
Criollo	32.7	42.7	57.1	28.6	33.4	37.7
H-564C	nd	nd	nd	28.3	37.7	43.8
Average	23.1 ^c	32.1 ^b	35.8 ^a	25.5 ^c	32.1 ^b	37.3 ^a

^{abc} Averages with different letters are different (Tukey, $P<0.05$); nd= not determined.

temperaturas más frescas en relación con la segunda evaluación. En el Exp2 el híbrido H-564C, en promedio de tres densidades, superó al criollo (Cuadro 5). Dicha respuesta es atribuible a que en esa segunda experiencia la sequía afectó el desempeño productivo de los genotipos en estudio, pero el H-564C redujo sus días a floración masculina y femenina, en relación con el criollo. El híbrido A7573 junto con la variedad V-556AC presentaron las menores acumulaciones en forraje en el segundo ensayo. En trabajos previos se ha asegurado que en maíz se cultivan diferentes genotipos para forraje, siendo los de mayor rendimiento aquellas variedades regionales de porte alto, ya que los híbridos por su porte pequeño, generalmente producen menos cantidad de forraje por unidad de área⁽³⁴⁾.

El análisis conjunto de la información indicó que el criollo en promedio de dos ciclos alcanzó 38.7 t ha⁻¹ de forraje, superando ($P<0.01$) a los híbridos H-564C y H-520, diseñados para mayor rendimiento de grano⁽⁶⁾. Por su parte el testigo VS-536 acumuló más forraje que los híbridos H-520, HE-1A17, HE-2A15 y el elotero A7573. Este último junto con la variedad V-556AC tuvieron las menores producciones de materia verde (Cuadro 5). Estos resultados son aceptables, si se considera que algunos genotipos superan el rendimiento estatal de 36.6 t ha⁻¹ de forraje⁽⁸⁾, donde la producción es bajo riego; y los ensayos que se presentan fueron en temporal, con una tecnología de producción que trató de igualar lo que tradicionalmente realiza el productor al trabajar sus cultivos de maíz.

El primer ensayo demostró que la densidad de 83,333 plantas ha⁻¹, en promedio de genotipos, fue superior en rendimiento de materia verde ($P<0.01$), a la de 62,500 plantas ha⁻¹, y ésta a su vez superó a la de 50,000 plantas ha⁻¹. El criollo a 83,333 plantas rindió 57.1 t ha⁻¹ de forraje, más que lo que produjo el H-520 a 62,500 plantas (36.4 t ha⁻¹ de forraje). El testigo VS-536 a 83,333 plantas acumuló 37.0 t ha⁻¹ de forraje (Cuadro 5).

growth and yield parameters, principally in plant height, days to male and female flowering, total leaf area per plant, number of ears per plant, ear length and diameter, yield per plant and yield per hectare. In Exp 1, when averaged among the three tested sowing densities the criollo genotype exhibited the highest values for plant height, leaf area per plant and forage yield. In Exp 2, when averaged among the three densities the H-564C hybrid exhibited the highest values for stem diameter, number of leaves above the ear, ear weight with and without husk, ear length and diameter, and yield per plant and per hectare; it produced more forage (43.8 t ha⁻¹) than the VS-536 control (41.3 t ha⁻¹). In combined analysis, the criollo genotype produced more forage than the hybrids, and yield was highest at the 83,333 plants ha⁻¹ sowing density. The highest forage yield was 57.1 t ha⁻¹ fresh matter for the criollo genotype, which exceeded the 41.3 t ha⁻¹ of the VS-536 control.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Drs. Mauro Sierra Macías and Artemio Palafox Caballero of the Corn Program, INIFAP, Cotaxtla Experimental Field, Veracruz, Mexico, for providing the genotypes used in this study.

End of english version

En el segundo ensayo, en promedio de genotipos, la densidad de siembra a 83,333 plantas ha⁻¹ acumuló más forraje que la de 62,500 plantas, siendo esta última superior que la densidad de 50,000 plantas ha⁻¹ (Cuadro 5). El híbrido H-564C a 83,333 plantas produjo 43.8 t ha⁻¹ de forraje, superando al testigo VS-536 (41.3 t ha⁻¹) y al criollo (37.7 t ha⁻¹). Los rendimientos de genotipos fueron intermedios a 62,500 plantas ha⁻¹ y los más bajos se tuvieron a 50,000 plantas ha⁻¹; en esta última

densidad el híbrido A7573 y la variedad V-556AC tuvieron los rendimientos más bajos en forraje (Cuadro 5).

Es de resaltar que de acuerdo con la prueba de comparación de promedios (Tukey, $P < 0.05$; Cuadro 4), la gran mayoría de variables cuantificadas fueron superiores en el genotipo criollo. Nótese que el híbrido H-564C, en la segunda evaluación, presentó el mayor diámetro de tallo, número de hojas por arriba del elote, peso de elote con y sin brácteas, longitud y diámetro de elote; además de tener buen rendimiento por planta y por hectárea; el presentar una alta prolificidad traducido en un mayor número de elotes por planta, se explica porque es un material diseñado para mayor rendimiento de grano que otros híbridos tropicales⁽⁴¹⁾, aunque en precocidad fue superado por otros híbridos como el elotero A7573 y el híbrido H-520.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Se encontraron diferencias entre genotipos para 19 caracteres de crecimiento y rendimiento, principalmente en altura de planta, floración masculina y femenina, área foliar total por planta, número de elotes por planta, longitud y diámetro de elote, rendimiento por planta y por hectárea. El genotipo criollo en promedio de densidades presentó la mayor altura de planta, área foliar por planta y rendimiento de forraje en el experimento uno. En el segundo ensayo el híbrido H-564C tuvo el mayor diámetro de tallo, número de hojas por arriba del elote, peso de elote con y sin brácteas, longitud y diámetro de elote, rendimiento por planta y por hectárea. Así, el H-564C produjo 43.8 t ha⁻¹ de forraje, superando al testigo VS-536 (41.3 t ha⁻¹). El análisis combinado indicó que el criollo produjo más forraje que los híbridos, y en las dos evaluaciones, la densidad de 83,000 plantas produjo mayor rendimiento. Por densidad el criollo a 83,333 plantas aportó 57.1 t ha⁻¹ de materia verde, por arriba de la mayor producción del testigo VS-536 que en esa densidad produjo 41.3 t.

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 realizar el presente estudio.

LITERATURA CITADA

1. Elizondo J, Boschini C. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana* 2002;13:13-17.
2. Sierra MM, Becerra LEN, Palafox CA, Rodríguez MF, Espinosa CA, Valdivia BR. 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* 2010;12:485-493.
3. Castillo JM, Rojas BA, WingChing JR. 2009. Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*). *Agronomía Costarricense* 2009;33:133-146.
4. Njontie C, Foueillassae X, Chistov NK, Hüsken A. The impact of GM seed admixture on the non-GM harvest product in maize (*Zea mays* L.). *Euphytica* 2011;180:163-172.
5. Cano O, Tosquy OH, Sierra M, Rodríguez FA. Fertilización y densidad de población en genotipos de maíz cultivados bajo condiciones de temporal. *Agronomía Mesoamericana* 2001;12(2):193-197.
6. Sierra MM, Palafox CA, Rodríguez MF, Espinosa CA, Gómez MN, Caballero HF, Barrón FS, Zambada MA, Vásquez CG. H-520, híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. *Agr Téc Méx* 2008;34(1):119-122.
7. Aragón CF, Taba S, Castro GHF, Hernández CJM, Cabrera TJM, Osorio AL, Dillanés RN. *In situ* conservation and use of local maize races in Oaxaca, Mexico: A participatory and decentralized approach. In: Taba, S. editor. Latin American Maize Germplasm Conservation: Regeneration, *In situ* conservation, Core Subsets, and Prebreeding; Proc Workshop CIMMYT, April 7-10, 2003. CIMMYT, Mexico, DF. 2005;26-38.
8. Siap (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2010. Anuario estadístico de la producción agrícola 2010. <http://www.siap.gob.mx>. Consultado 29 Nov, 2011.
9. Vilaboa AJ, Díaz RP, Ruíz RO, Platas RDE, González MS, Juárez LF. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Trop Subtrop Agroecosystems* 2009;10:53-62.
10. Sánchez HMA, Valenzuela JN, Aguilar MCU, Jiménez RMC, Sánchez HC, Hernández BJ, Joaquín TBM. Rendimiento de maíces forrajeros en Loma Bonita, Oaxaca, México. XXII Congreso Nacional y II Internacional de Fitogenética. Universidad Autónoma Chapingo. México. 2008.
11. Cuomo JG, Redfearn DD, Blouin CD. Plant density effects on tropical corn forage mass, morphology, and nutritive value. *Agronomy J* 1998;90:93-96.
12. Subedi KD, Ma BL, Smith DL. Response of a Leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Sci* 2006;46:1860-1869.

13. Montemayor TJA, Olague RJ; Fortis HM, Sam BR, Leos RJA, Salazar SE, *et al.* Consumo de agua en maíz forrajero con riego subsuperficial. *Terra Latinoamer* 2007;25(2):163-168.
14. Peña RA, González CF, Núñez HG, Preciado OR, Terrón IA, Luna FM. H-376, híbrido de maíz para producción de forraje y grano en el Bajío y la región Norte Centro de México. *Rev Fitotecnia Mex* 2008;31:85-87.
15. Antolín DM, González RM, Goñi CS, Domínguez VIA, Ariciaga GC. Rendimiento y producción de gas *in vitro* de maíces híbridos conservados por ensilaje o henificado. *Téc Pecu Méx* 2009;47(4):413-423.
16. Widdicombe D, Thelen DK. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agron J* 2002;94:326-330.
17. Boomsma RC, Santini BJ, Tollenaar M, Vyn JT. Maize morphophysiological responses to intense crowding and low nitrogen availability: An analysis and review. *Agron J* 2009;101(6):1426-1452.
18. Peña RA, González CF, Núñez HG, Jiménez GC. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. *Rev Fitotecnia Mex* 2004;27:1-6.
19. González HA, Vázquez GLM, Sahagún CJ, Rodríguez PJE. Diversidad fenotípica en variedades e híbridos de maíz en el Valle de Toluca-Atzacomulco, México. *Rev Fitotecnia Mex* 2008;31:67-76.
20. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México 2004.
21. Anónimo. Cuaderno Estadístico Municipal de Loma Bonita, Estado de Oaxaca. Aguascalientes, México. 2005.
22. Zetina LR, Pastrana LA, Romero MJA, Jiménez CJA. Manejo de suelos ácidos para la región tropical húmeda de México. INIFAP. CIRGOC. Campos experimentales Papaloapan y Huimanguillo. Libro técnico No. 10. México. 2002.
23. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). Paquetes tecnológicos para maíz de temporal. (Ciclo agrícola primavera-verano) para condiciones de alto, medio y bajo potencial productivo. 2007;49 p. Disponible en: <http://www.inifap.gob.mx/productos/PAQUETES%20TECNOL%20MA%CDZ%20PV.pdf>. Consultado 19 Oct 2011.
24. Tanaka A, Yamaguchi J. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 1984.
25. Sas Institute Inc. 2010. SAS/STAT® 9.22. User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc., Cary NC, USA. 8444 p. Disponible en: <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/PDF/default/statug.pdf>. Consultado 15 May, 2010.
26. Tosquy O, Sierra M, Rodríguez F, Castillo R, Ortiz J, Tinoco C, Sandoval A, Uribe S. Validación del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) de cruz a doble H-512 en el Estado de Veracruz, México. *Agron Mesoamer* 1995;6:93-97.
27. Palafox CA, Sierra MM, Espinosa CA, Rodríguez MF, Becerra LEN. Tolerancia a infestación por gorgojos (*Sitophilus* spp.) en genotipos de maíz comunes y de alta calidad proteínica. *Agron Mesoamer* 2008;19:39-46.
28. Luchsinger AL. Productividad de híbridos de maíz de distinto ciclo vegetativo. I. Rendimiento de forraje y grano y otras características agronómicas. *Agr Téc (Chile)* 1992;52(3):265-274.
29. Bosch L, Muñoz F, Casañas F, Sánchez E, Nuez F. 1992. Valoración forrajera de 24 híbridos comerciales de maíz de ciclo largo: parámetros de producción de biomasa y de calidad nutritiva. *Invest Agr Prot Veg* 1992;7(2):130-142.
30. Dwyer LM, Stewart DW. Leaf area development in field-grown maize. *Agron J* 1986;78:334-343.
31. Camacho RG, Garrido O, Lima MG. Caracterización de nueve genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en relación a área foliar y coeficiente de extinción de luz. *Scientia Agr* 1995;52(2):294-298.
32. Núñez HG, Payán GJA, Peña RA, González CF, Ruiz BO, Arzola AC. Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México. *Rev Mex Cienc Pecu* 2010;1(2):85-98.
33. Núñez HG, Contreras GEF, Faz CR. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Téc Pecu Méx* 2003;41:37-48.
34. Elizondo J, Boschini C. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agron Mesoamer* 2001;12(2):181-187.
35. Keskin B, Ibrahim HY, Arvas O. Determination of some yield characters of grain corn in Eastern Anatolia Region of Turkey. *J Agron* 2005;4:14-17.
36. Wong RR, Gutiérrez RE, Rodríguez HSA, Palomo GA, Córdoba OH, Espinoza BA. Aptitud combinatoria y parámetros genéticos de maíz para forraje en la Comarca Lagunera, México. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo* 2006;22(2):141-151.
37. Cabrales R, Montoya R, Rivera J. Evaluación agronómica de 25 genotipos de maíz (*Zea mays*) con fines forrajeros en el Valle del Sinú Medio. *Rev MVZ Córdoba* 2007;12(2):1054-1060.
38. Rivera HB, Carrillo AE, Obrador O JJ, Juárez LJF, Aceves NLA, García LE. Soil moisture tension and phosphate fertilization on yield components of A-7573 sweet corn (*Zea mays* L.) hybrid, in Campeche, Mexico. *Agric Water Management* 2009;96:1285-1292.
39. Sharara FA, El-Shahawy TA, El-Rokiek KG. Effect of some novel herbicides on the controlling weeds associated with maize plants. *J Agron* 2005;4(2):88-95.
40. Shekoofa A, Emam Y. Plant growth regulator (ethephon) alters maize (*Zea mays* L.) growth, water use and grain yield under water stress. *J Agron* 2008;7:41-48.
41. Sierra MM, Palafox CA, Rodríguez MF, Espinosa CA, Vázquez CG, Gómez MN, Barrón FS. H-564C híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. *Rev Mex Cienc Agr* 2011;2:71-84.