



**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE DOCE HÍBRIDOS  
TRILINEALES DE MAÍZ PARA FORRAJE EN UNA REGIÓN  
TROPICAL SECA<sup>†</sup>**

**[PRODUCTIVE BEHAVIOUR OF TWELVE THREELINEAL FORAGE  
CORN HYBRIDS IN A DRY TROPICAL REGION]**

**Marco Antonio Rivas Jacobo<sup>1</sup>, Aquiles Carballo Carballo<sup>2</sup>,  
Adrián Raymundo Quero Carrillo<sup>2</sup>, Alfonso Hernández Garay<sup>2</sup>,  
Humberto Vaquera Huerta<sup>2</sup>, Efraín Charit Rivas Zarco<sup>3</sup>,  
Maritza Arcelia Rivas Zarco<sup>3\*</sup> and Erik Jacksiel Rivas Zarco<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Facultad de Agronomía y Veterinaria, UASLP. Km 14.5, Carretera SLP-  
Matehuala, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. Tel. 01444-8524056 al 60 ext. 6.*

*Email: marco.rivas@uaslp.mx.*

<sup>2</sup>*Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, México.*

<sup>3</sup>*Desarrollo e Investigación Agroempresarial S.C. de R.L., México.*

*Email: maritza.rivas29@hotmail.com*

*\*Corresponding author*

### SUMMARY

Twelve threelineal corn hybrids and one commercial variety were evaluated at Ahuacatlán, Nayarit; distance between furrows was 75 cm and a seed every 15 cm. Fertilizer was applied at one dosage of 160-60-00. Treatments were evaluated at a developmental stage of  $\frac{3}{4}$  milk line. Data was analyzed through a randomized complete block design. The best total dry matter yield hybrids included HT-5, HT-12, HT-4, and HT-10: 32.8, 28.4, 28.4 and 27.6 t ha<sup>-1</sup>, respectively. For leaves dry matter these were HT-6, HT-1, HT-5, HT-9, HT-10, and HT-8: 5.7, 5.3, 5.3, 5.1, 5.2 and 5.0 t ha<sup>-1</sup>, respectively, for corn ears production HT-10, HT-8, HT-12, HT-6, HT-1, HT-4, and HT-5, with 8.9, 8.9, 8.6, 8.6, 8.6, 8.5, and 8.5 t ha<sup>-1</sup>, respectively. For stem dry matter HT-5, HT-4, HT-12 and HT -10: 19.1, 15.4, 15.4, and 13.6 t ha<sup>-1</sup>, respectively. Three different groups were well defined for anthesis stage: 1) from 91 to 95 days: placebo, HT-5 and HT-7; 2) 86 to 90 days HT-2, HT-9, HT-10, HT-11, HT-6, HT-8, and HT-1, and 3) 80 to 85 days: HT-3, HT-12, and HT-4. Leaf percentage ranged from 16 to 22%, stem from 26 to 35%, and corn ear production from 43 to 58%. It is concluded that the evaluated hybrids showed variability for leaf, stem and corn, which will allow to select, in breeding programs, directly on the impact of forage production attributes. Contrary to stem, the leaf represented a lower percentage of components of the plant and a high positive correlation was observed between the stem: plant relationship with stem dry matter yield and dry matter yield.

**Keywords:** Corn; dry matter; morphological components; ear corn; leaves.

### RESUMEN

Doce híbridos trilineales de maíz y un testigo fueron evaluados en Ahuacatlán, Nayarit, en surcos de 75 cm y una semilla cada 15 cm. Se fertilizó a dosis de 160-60-00. Se cosecharon en elote en  $\frac{3}{4}$  de línea de leche. Las variables de respuesta se analizaron mediante un diseño bloques completos al azar. Para rendimiento de materia seca total, los mejores híbridos fueron HT-5, HT-12, HT-4 y HT-10 con 32.8, 28.4, 28.4 y 27.6 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente; para hoja HT-6, HT-1, HT-5, HT-9, HT-10 y HT-8, con 5.7, 5.3, 5.3, 5.1, 5.2 y 5.0 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente; para elote HT-10, HT-8, HT-12, HT-6, HT-1, HT-4 y HT-5 con 8.9, 8.9, 8.6, 8.6, 8.6, 8.5 y 8.5 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, y para tallo HT-5, HT-4, HT-12 y HT-10 con 19.1, 15.4, 15.4 y 13.6 t ha<sup>-1</sup>. En días a floración masculina se definieron tres grupos; 1) de 91 a 95 días que incluyó testigo, HT-5 y HT-7; 2) 86 a 90 días HT-2, HT-9, HT-10, HT-11, HT-6, HT-8 y HT-1, y 3) 80 a 85 días HT-3, HT-12 y HT-4. El porcentaje de hoja fue 16 a 22 %, elote 26 a 35 % y tallo 43 a 58 %. Se concluye que los híbridos evaluados mostraron variabilidad para hoja, tallo y elote, lo que permitirá seleccionar, en programas de mejoramiento, directamente sobre el impacto de atributos de producción de forraje. Contrariamente a tallo, la hoja representó menor porcentaje de componentes de la planta y se observó alta correlación positiva entre la relación tallo:planta con rendimiento de materia seca de tallo y rendimiento de materia seca.

**Palabras clave:** Maíz; materia seca; componentes morfológicos; elotes; hoja.

<sup>†</sup> Submitted May 29, 2018 – Accepted August 21, 2018. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License

## INTRODUCCIÓN

En México se siembran 491,631 ha de maíz forrajero (SIAP, 2010), con rendimiento promedio de 27.2 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde (FV), de las cuales 121,249 ha de riego mostraron un promedio de 46.75 t ha<sup>-1</sup> FV y 370,390 ha para condiciones de temporal, con rendimiento promedio de 16.4 t ha<sup>-1</sup> FV. Para Nayarit, se siembran en total 866 ha de maíz forrajero de las cuales 663 son de temporal y 203 ha con riego, con rendimiento de 28.5 t ha<sup>-1</sup> y 22.4 ha<sup>-1</sup> de FV, respectivamente. Nayarit cuenta con regiones cálidas y semicálidas, donde existen productores de leche bovina constantemente afectados por falta de alimento en la época de sequía, que en los últimos años se ha acentuado por el cambio climático global.

La producción de maíces forrajeros con altos rendimientos y buena calidad a bajo costo es una solución favorable para contrarrestar la falta de alimentos y costos de producción. Es de reconocida relevancia que la baja productividad del ganado en el trópico se debe en gran parte al ambiente, que origina estacionalidad en la producción de forrajes (Aguilar *et al.*, 2007), lo que pone de manifiesto que en la estación seca y de invierno se tengan deficiencias para alimentar al ganado; siendo los ensilados, una forma de conservación de forraje y una alternativa para satisfacer la demanda o el déficit de alimento para el ganado. Una de las especies forrajeras que más se usa para ensilar es el maíz, el cual en la actualidad es un insumo caro a pesar de tener un mayor rendimiento en comparación con otras especies (13.6 t ha<sup>-1</sup> de FV para alfalfa y 5.34 t ha<sup>-1</sup> de FV para pastos; SIAP, 2010); no obstante, el rendimiento a nivel nacional aún es bajo, en virtud de que no se han formado híbridos de maíz con aptitud forrajera que consideren alto rendimiento de biomasa, tallo, hoja y elote en proporciones adecuadas, para obtener un insumo bien fermentado para asegurar mejor utilización por el animal y un rendimiento de materia seca (MS) viable que asegure un menor costo de producción; lo anterior, debido a que actualmente los híbridos o variedades que se comercializan fueron formados para la producción de grano y se han puesto al mercado sólo por su volumen de FV sin tomar en cuenta la MS, ni la proporción tallo, hoja y elote, que tendrán influencia en el rendimiento y calidad de MS, por su digestibilidad en el animal.

En la Región Lagunera avances en el mejoramiento de maíz forrajero han alcanzado 57.8 t ha<sup>-1</sup> de FV y 20 t ha<sup>-1</sup> de MS (Núñez *et al.*, 2005); en cambio, en Tlatlauquitepec, Puebla, para rendimiento de MS del ensilado (RMSEN) Rivas *et al.*, (2006), observaron un promedio de 14.05 t ha<sup>-1</sup> y 54.6 t ha<sup>-1</sup>, de FV; además, reportaron que existe amplia variabilidad de los componentes morfológicos entre genotipos cosechados en elote en estado lechoso (FV de hoja,

tallo y elote 10.8, 54.1 y 26.1 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Por su parte Reyes (1990), observó menores rendimientos de FV de planta completa (tallo, hoja y elote) en rango de 31.8 a 37.8 t ha<sup>-1</sup>, en clima cálido.

Es importante mencionar que para tener un buen maíz forrajero deben considerarse parámetros bromatológicos como proteína cruda (PC), fibra, digestibilidad (DG); además de crecimiento rápido, resistencia a enfermedades foliares, tolerancia a altas densidades y producción de biomasa (Paliwal, 2001). Cabe señalar que un atributo importante del maíz es su alto contenido de carbohidratos solubles en hoja y tallo, los que a medida que avanza la madurez, se translocan hacia el elote; a su vez, en el resto de la planta se producen cambios asociados a la madurez, que vuelven de menor digestibilidad al forraje, por lo que la DG y contenido de energía de la planta entera dependen del contenido de grano y la DG del resto de la planta (Elizalde *et al.*, 1993). El aumento en la producción de maíz forrajero en las cuencas lecheras del país, plantea la necesidad de definir estrategias de trabajo que permitan identificar fuentes de germoplasma y aprovechar el potencial genético existente a través de programas de mejoramiento genético. A la fecha, ninguno de los híbridos de maíz usados para forraje en México ha sido desarrollado en programas de mejoramiento para mayor producción y calidad forrajera (Peña *et al.*, 2004).

Con el fin de contar con maíces seleccionados para alto rendimiento de MS y calidad, se obtuvieron híbridos trilineales de maíz originados de preevaluaciones de cruza simples provenientes de líneas con alto rendimiento de MS y considerando componentes morfológicos como tallo, hoja y elote, los cuales fueron cruzados con una línea sobresaliente en calidad forrajera y considerando los parámetros mencionados. Para ello, se evaluó el rendimiento de materia seca, componentes morfológicos y su relación con la planta en doce híbridos de maíz, considerando atributos forrajeros.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de febrero a mayo de 2007 en Uzeta, Ahuacatlán, Nayarit, a 21° 06' N y 104° 36' O, a 579 m sobre el nivel del mar y clima semicálido. Suelo de textura arenosa con pH de 8.5 y contenido de materia orgánica de 1.03. Se utilizaron 12 híbridos trilineales de maíz (Tabla 1) resultado de la combinación de cruza simples con una línea elite sobresaliente por aptitud forrajera, identificada en una evaluación previa de 44 líneas en el Programa de Mejoramiento Genético y Calidad de Semilla del Colegio de Posgraduados(CP).

El ensayo se estableció el 5 de febrero de 2007, distribuyendo los híbridos al azar en el terreno en

parcelas de 3 m de largo por 10 de largo, cada parcela constó de cuatro surcos de 75 cm de ancho y 10 m de longitud, depositando una semilla cada 15 cm (90,000 plantas ha<sup>-1</sup>), a una profundidad de 7 cm. Se fertilizó a dosis de 160-60-00 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). Los riegos se aplicaron por gravedad mediante canales de tierra cada quince días a una lámina de 10 cm. No se realizó control de malezas ni plagas con productos químicos porque fue muy baja la presencia, ya que se dieron dos escardas a los 30 y 45 días después de la siembra (DDS) y un aterrado a los 60 DDS, y las malezas que permanecieron después de las labores se eliminaron manualmente con azadón. La cosecha y toma de datos se realizó cuando el elote mostró los granos en el estado de  $\frac{3}{4}$  de línea de leche (elote en estado tierno) y cuando el elote tiraba el estigma seco con el golpe del dedo.

### VARIABLES EVALUADAS

Rendimiento de materia seca (RMS, kg/ha). Para esta variable se cosecharon 10 plantas al azar en competencia completa de cada parcela (Sánchez-Hernández *et al.*, 2011) cuando el elote mostró el estado de  $\frac{3}{4}$  de línea de leche, de tal forma que fueron 8 repeticiones por tratamiento; las plantas en verde se pesaron en báscula romana de resorte con capacidad de 50 kg. Dos plantas en verde se picaron en una desintegradora de forraje con martillos y navajas y se colocaron en una bolsa de papel estraza y se pesaron en una báscula electrónica Tor-Rey® modelo EQ-5/10 con capacidad de 5 kg  $\pm$  1 g; posteriormente, se llevaron a una estufa de aire forzado a 55 °C por 144 h hasta peso constante, para determinar porcentaje de MS y calcular el rendimiento de materia seca.

Componentes morfológicos de las plantas (hoja, tallo y elote), se obtuvieron de las muestras de 10 plantas en

verde de cada parcela, a las cuales se les separó la hoja sin vaina, tallo con espiga y vaina y elotes con sus brácteas (totomoxtle), las cuales se pesaron en la báscula electrónica Tor-Rey® modelo EQ-5/10 en forma individual, y se picaron en una desintegradora de forraje con martillos y navajas; posteriormente se extrajo una submuestra de 200 g para hoja y 300 g para tallos y elote; se colocaron en bolsa de papel estraza y se llevaron a estufa de aire forzado a 55 °C por 144 h hasta peso constante, para determinar porcentaje de MS, de tal forma que se obtuvieron las variables rendimiento de MS de hoja (RMSH), de tallo (RMST) y de elote (RMSEL).

Rendimiento de materia seca de ensilado (RMSSENS), se estimó cosechando diez plantas en competencia de cada parcela, las cuales se picaron en desintegradora de martillos con navajas; posteriormente, se introdujo el material picado en doble bolsa negra de nylon, la cual se selló y se le hicieron tres pequeños orificios en la base, para luego colocarlas sobre el suelo bajo sombra durante mes y medio. Una vez fermentada la MV, se abrieron las bolsas, se pesaron y se extrajo una submuestra de 300 g que se depositó en bolsa de papel estraza y se llevó a estufa a 55 °C por 144 h hasta peso constante, se pesó en balanza CS200 Ohaus con una aproximación a 0.1 g, para determinar MS.

Relaciones de los componentes del rendimiento con la planta, de éstas se obtuvieron tres relaciones; relación hoja:planta (RH:P) que se obtuvo al dividir el peso de MS de hoja entre el peso de MS de planta completa, relación tallo:planta (RT:P) se obtuvo al dividir el peso de MS de tallo entre el peso de MS de planta y relación elote:planta (REL:P) que consistió en dividir el peso de MS de elote entre el peso de MS de planta completa.

Tabla 1. Híbridos trilineales de maíz y testigos utilizados como tratamientos.

| Híbrido  | Adaptación      | Genealogía                                    |
|----------|-----------------|---|
| HT-1     | CS Valles Altos | (CL11 X CL12) x CL7SFr                        |
| HT-2     | CS Valles Altos | (CL4 X CL1) x CL7SFr.                         |
| HT-3     | CS Valles Altos | (CMS 929083) x CL7SFr                         |
| HT-4     | CS Valles Altos | (CMS 929001) x CL7SFr                         |
| HT-5     | CS Tropical     | (CL22 X CL23) x CL7SFr                        |
| HT-6     | CS Transición   | (CL12 X CL13) x CL7SFr                        |
| HT-7     | CS Transición   | (CL13 X CL1) x CL7SFr                         |
| HT-8     | CS Transición   | (CL21 X CL13) x CL7SFr                        |
| HT-9     | CS Valles Altos | (AE5/F2-54-7 X 1920F2F46-10-3-7) x CL7SFr     |
| HT-10    | CS Valles Altos | (AE5/F2-54-7 X (56-1 X KKUA) -1-20) x CL7SFr  |
| HT-11    | CS Valles Altos | (1112F2FHC-4-5-2 X 1920F2F46-10-3-2) x CL7SFr |
| HT-12    | CS Valles Altos | (CML-241-2 X 1920F2F46-10-3-2) x CL7SFr       |
| Testigo  | H Semi-tropical | Pantera Amarillo                              |
| Parental | LF Valles Altos | CL7SFr  |

CS= Cruza Simple; H= Híbrido; LF= Línea Forrajera

Altura de planta (AP), se realizó midiendo con cinta métrica, desde la base del tallo a la base de inserción de la lámina de la hoja con la vaina de la última hoja en 10 plantas seleccionadas al azar.

Número de hojas por planta (NUMHOJAS), se contó el número de hojas por planta de las 10 plantas tomadas al azar.

Número de elotes (NELOTES), se contaron los elotes presentes en cada planta que presentaban grano lleno.

Los datos se analizaron utilizando un modelo estadístico en bloques al azar y prueba de Tukey al 0.05. Todos los análisis estadísticos se realizaron empleando el programa computacional SAS (2007), versión 9.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento de materia seca

Se observaron diferencias entre híbridos ( $P < 0.05$ ), sobresaliendo HT-5, HT-12, HT-4, HT-10, HT-8, HT-6, HT-3 y HT-9, con 32.8, 28.4, 28.4, 27.7, 26.9, 26.7, 25.5 y 25.0 t de MS  $ha^{-1}$ , respectivamente; el menor valor se observó en HT-11 con 20.2 t de MS  $ha^{-1}$  (Tabla 2). Los resultados obtenidos muestran valores mayores a los citados por SDA (2005), con 19 a 28 t de MS  $ha^{-1}$ ; Núñez *et al.* (2005) y Wong-Romero *et al.* (2006) de 20 t de MS  $ha^{-1}$ ; Borroel *et al.* (2014) con 19.8 t de MS  $ha^{-1}$ ; Peña *et al.* (2004) con 21.5 a 22.7 t de MS  $ha^{-1}$ ; Peña *et al.* (2002) con 15.8 t de MS  $ha^{-1}$ ; Elizondo-Salazar (2011), con valores de 11.0 t de MS  $ha^{-1}$  para maíz mejorado y 15.3 t de MS  $ha^{-1}$  para maíz criollo, y Yescas *et al.* (2015), con 12.3 a 15.1 t de MS  $ha^{-1}$ ; en cambio, son similares a los de Gutiérrez *et al.* (2004) con valores de 22.41 a 25.34 t de MS  $ha^{-1}$ . De acuerdo al comparativo de datos entre diferentes fuentes, los resultados de este trabajo de investigación son buenos al ser semejantes o mayores a los de otras investigaciones; lo que manifiesta la bondad de algunos híbridos estudiados, por lo que pueden pasar a una fase de validación en parcelas comerciales.

### Componentes morfológicos de la planta

Para RMSH los resultados mostraron diferencias entre genotipos ( $P < 0.05$ ), los híbridos HT-6, HT-1, HT-5, HT-9, HT-10, HT-8, HT-7 y HT-2, presentaron los valores más altos con 5.7, 5.3, 5.2, 5.1, 5.2, 5.0, 5.0, y 4.8 t de MSH  $ha^{-1}$ , respectivamente; en cambio, HT-3 y HT-11 presentaron los valores más bajos con 4.2 y 4.1 t de MSH  $ha^{-1}$ , respectivamente (Tabla 2). Los resultados observados fueron mayores a los obtenidos por Wong-Romero *et al.* (2006) quienes reportan el 20% de hoja de un total de 19.84 t MS  $ha^{-1}$  (3.96 t de MSH  $ha^{-1}$ ) y a los de Rivas *et al.* (2006) con el 11.7% de un total de 14.94 t de MS  $ha^{-1}$  (1.75 t de MSH  $ha^{-1}$ )

y similares a los obtenidos por Elizondo-Salazar (2011), con 3.3 y 5.2 t de MSH  $ha^{-1}$  para maíz mejorado y criollo, respectivamente. Los datos obtenidos muestran la variabilidad del RMSH en los diversos genotipos de maíz, por lo que es un aspecto a tomar en cuenta durante el mejoramiento o selección de maíces para forraje; indicando que es factible seleccionar híbridos con cualidades de alto rendimiento de hoja.

En lo que se refiere a RMSEL se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), los valores más altos los presentaron los híbridos HT-10, HT-8, HT-12, HT-6, HT-1, HT-4 y HT-5, con 8.9, 8.9, 8.6, 8.6, 8.6, 8.5 y 8.5 t de MSEL  $ha^{-1}$ , respectivamente, y el valor más bajo correspondió al híbrido HT-2 con 6.3 t de MSEL  $ha^{-1}$  (Tabla 2). Los datos mostrados en la presente investigación fueron mucho mayores a los observados por Elizondo-Salazar (2011), con 3.1 y 1.5 t de MSEL  $ha^{-1}$  para maíz mejorado y criollo, respectivamente ligeramente; mayores a los obtenidos por Wong-Romero *et al.* (2006), quienes reportan el 32% (6.35 t de MSEL  $ha^{-1}$ ) de elote, de un total de 19.84 t MS  $ha^{-1}$  y mucho mayores a los reportados por Rivas *et al.* (2006) con 28% (4.2 t de MSEL  $ha^{-1}$ ), de un total de 14.94 t de MS  $ha^{-1}$ . Los híbridos con mayor RMSEL, deben considerarse en la selección para calidad forrajera, ya que el elote representa la parte más nutritiva de la planta (Núñez *et al.*, 2003).

El RMST mostró diferencias ( $P < 0.05$ ), los híbridos HT-5, HT-4, HT-12 y HT-10, mostraron los valores más altos con 19.0, 15.4, 15.4 y 13.6 t de MST  $ha^{-1}$ , respectivamente, mientras que HT-1 y HT-11, mostraron los valores más bajos con 10.6 y 9.5 t de MST  $ha^{-1}$ , respectivamente (Tabla 2). Los datos de esta investigación son mayores a los observados por Elizondo-Salazar (2011), con 4.5 y 8.6 t de MST  $ha^{-1}$  para maíz mejorado y criollo, respectivamente; a los obtenidos por Wong-Romero *et al.* (2006), quienes reportan 36.4% (9.54 t de MST  $ha^{-1}$ ) de tallo más vainas, de un total de 19.84 t MS  $ha^{-1}$  y mucho mayores a los reportados por Rivas *et al.* (2006) con 58.7% (8.77 t de MST  $ha^{-1}$ ) de un total de 14.94 t de MS  $ha^{-1}$ . Se observó además, que hay variabilidad en los RMST, por lo que es viable seleccionar híbridos con mayor valor en combinación RMSH y RMSEL. De los híbridos con mayor rendimiento de tallo: HT-5, HT-4, HT-12 y HT-10, que también presentaron mayor RMS, sólo HT-5 y HT-10 presentaron mayor rendimiento de elote y hoja y, por ello, deben ser considerados para su validación a nivel comercial, e incluso HT-4 que presentó alto rendimiento de elote, debe ser considerado para validación; en cambio, los híbridos señalados cumplen con requisitos para validación en la región estudiada, ya que en conjunto los componentes morfológicos aportaron valor para el alto RMS.

### Rendimiento de materia seca de ensilado

Para RMSENS hubo diferencias ( $P < 0.05$ ) entre los híbridos evaluados, donde el HT-7 obtuvo el mayor rendimiento con 136.13 t de ENS  $ha^{-1}$ , al que le siguieron HT-5, HT-6, HT-1 y HT-9 con 128.7, 126.9, 126.0 y 119.7, t  $ha^{-1}$ , respectivamente; en cambio, el que menor rendimiento obtuvo fue el HT-11 con 98.3 t de ENS  $ha^{-1}$  (Tabla 2). Los resultados de esta investigación fueron mayores a los reportados por Rivas *et al.* (2006), del orden de 47.35 a 93.65 t de ENS  $ha^{-1}$ . Los datos muestran la variabilidad en rendimiento de ensilado entre genotipos de maíz evaluados, siendo factible seleccionar al menos, un híbrido de maíz para forraje dentro de los cinco con mayor RMSENS y ser probado más ampliamente para valorar su estabilidad productiva en la región estudiada.

### Relaciones de los componentes del rendimiento con la planta

Para RH:P, se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ; Tabla 3), HT-1 mostró el mayor valor con 0.22, al que le siguieron HT-6 con 0.21 y HT-2, HT-7, HT-9 y HT-11, con 0.20; en cambio, HT-3, HT-4, HT-5, HT-12, mostraron los menores valores con 0.16, para cada uno. Los resultados de esta investigación fueron

similares a los observados por Wong-Romero *et al.* (2006), con 20% de hoja y mayores a los reportados por Rivas *et al.* (2006), con 11.7%.

Para REL:P se aprecian diferencias ( $P < 0.05$ ; Tabla 3), HT-1 mostró el mayor valor con 0.35, seguido por HT-8 y HT-11, con 0.33 en ambos; HT-10, HT-3 y HT-6 con 0.32, en cambio HT-2 y HT-5, mostraron los valores más bajos con 0.27 y 0.26, respectivamente. Los datos muestran que la proporción de elote no fue alta si comparamos con valores reportados por Núñez *et al.* (2005), que van de 0.36 a 0.47; González *et al.* (2005), de 0.39 a 0.42; y Rivas *et al.* (2006), con valores promedio de 0.40. Allen, *et al.* (1991), mencionan que los elotes se correlacionan de manera alta y significativa con la digestibilidad de la planta total y una proporción superior al 54% de mazorcas puede asegurar una digestibilidad *in vitro* (DIV) mayor a 68%, además de que la fibra detergente neutra (FDN) muestra alta correlación positiva entre la DIV (Peña, *et al.*, 2004). Por su parte, Núñez *et al.* (2003), reportan que se deben de utilizar híbridos de maíz para forraje aquellos que muestren, al menos un 54% de elotes, ya que éstos mostraron menos del 50% de FDN, por presentar un valor energético satisfactorio.

Tabla 2. Comparación de medias del rendimiento (t  $ha^{-1}$ ) de materia seca de la planta entera, hoja, elote, tallo y ensilado de trece genotipos de maíz, para fines forrajeros en Uzeta, Ahuacatlán, Nayarit.

| Híbrido       | RMS       | RMSH    | RMSEL   | RMST      | RENS      |
|---------------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|
| HT-1          | 24.56 bc  | 5.35 ab | 8.57 ab | 10.65 cd  | 126.00 ab |
| HT-2          | 24.01 bc  | 4.84 ab | 6.38 b  | 12.79 bcd | 111.38 ab |
| HT-3          | 25.52 abc | 4.16 b  | 8.07 ab | 13.29 bcd | 113.63 ab |
| HT-4          | 28.40 ab  | 4.53 ab | 8.50 ab | 15.38 ab  | 107.10 ab |
| HT-5          | 32.82 a   | 5.26 ab | 8.49 ab | 19.08 a   | 128.70 ab |
| HT-6          | 26.71 abc | 5.72 a  | 8.57 ab | 12.42 bcd | 126.90 ab |
| HT-7          | 24.30 bc  | 4.96 ab | 6.82 ab | 12.52 bcd | 136.13 a  |
| HT-8          | 26.96 abc | 4.97 ab | 8.90 ab | 13.10 bcd | 104.63 ab |
| HT-9          | 25.04 abc | 5.08 ab | 7.72 ab | 12.24 bcd | 119.70 ab |
| HT-10         | 27.67 abc | 5.16 ab | 8.94 a  | 13.56 bc  | 112.50 ab |
| HT-11         | 20.18 c   | 4.12 b  | 6.60 ab | 9.46 d    | 98.33 b   |
| HT-12         | 28.45 ab  | 4.45 ab | 8.62 ab | 15.38 ab  | 110.93 ab |
| Testigo       | 24.28 bc  | 4.35 ab | 7.31 ab | 12.56 bcd | 110.48 ab |
| Media         | 26.06     | 4.84    | 7.96    | 13.26     | 115.88    |
| DHS           | 8.14      | 1.52    | 2.55    | 4.08      | 36.00     |
| Significancia | *         | *       | *       | *         | *         |

Medias con letras diferentes (a,b,c,...) son estadísticamente diferentes. RMS = Rendimiento de MS de planta completa, RMSH = Rendimiento de MS de hoja, RMSEL = Rendimiento de MS de elote, RMST = Rendimiento de MS de tallo, RENS = rendimiento de ensilado en base húmeda, DHS = Diferencia Significativa Honesta, \* = Significativo ( $P \geq 0.05$ ), NS = No significativo.

La RT:P mostró diferencias ( $P < 0.05$ ; Tabla 3), HT-5 mostró el mayor valor con 0.58, al que le siguieron HT-4 y HT-12 con 0.54 para ambos y HT-2 con 0.53; en cambio, HT-11, HT-6 y HT-1, mostraron los menores valores con 0.47 para los dos primeros y 0.43 para el último. Los resultados obtenidos son semejantes a los observados por Rivas et al. (2006); quienes reportan relaciones del 0.58 y Reta et al. (2002) dentro de un rango de 0.45 a 0.50, pero mayores a los obtenidos por Wong-Romero et al. (2006) quienes reportan una relación del 0.36. En cambio Elizondo-Salazar (2011), obtuvo valores muy buenos de relación hoja:tallo de 0.80 y 0.60 para maíz mejorado y criollo, respectivamente. Datos que demuestran que los genotipos estudiados muestran un alto porcentaje de tallo que va desde 58% al 44% de tallo, siendo importante mencionar que los genotipos con menor porcentaje de tallo son muy deseables para programas de mejoramiento genético de maíces forrajeros con calidad.

### Altura de planta

La variable AP mostró diferencias ( $P < 0.05$ ; Tabla 3), HT-2 mostró el valor más alto con 2.64 cm, seguido por HT-1, HT-3, HT-10 y HT-11 con 2.31, 2.29, 2.27 y 2.27 cm, respectivamente; en cambio, HT-6 mostró el menor valor con 1.95 cm; valores dentro del rango obtenido por Rivas *et al.* (2006), de 1.59 a 2.55 m y ligeramente menores a las reportadas por Olague *et al.* (2006), del orden de 2.15 a 2.97 m, Yescas *et al.* (2015), con valores que van de 2.57 a 2.82 cm; pero mayores a las de Montemayor *et al.* (2006) con rango de 1.56 a 1.72 m. y Borroel *et al.* (2014) con 2.43 a 2.21 cm.

### Número de hojas

Para NHOJAS se observan diferencias ( $P < 0.05$ ; Tabla 3), HT-5 mostró el valor más alto con 17, a la que le siguieron el testigo comercial con 16.3 y HT-6 y HT-4 con 16.2; en cambio HT-12 presentó el menor NHOjas con 14.2, seguida de HT-9 con 14.8 y, HT-1 y HT-2 con 15.0 para cada uno. Como ya se ha comentado, la hoja es uno de los componentes más digestibles de la planta de maíz, por lo que deben de seleccionarse híbridos con esta característica como el HT-5, HT-6 y HT-4, pero debe conservando un balance con cantidad de elote y tallo, para asegurar mayor cantidad de MS, por lo que estos híbridos deben mantenerse en uso en los programas de mejoramiento de maíces para forraje y ensilado, ya que muestran una mayor cantidad de hoja.

### Número de elotes

El NELOTES presentó significancia ( $P < 0.05$ ; Tabla 3); HT-10 obtuvo el mayor valor con 2.2; siguieron HT-1 y HT-2, con 2.1 elotes por planta; en cambio,

HT-5 y el testigo (Híbrido comercial) mostraron el menor valor con 1.4 elotes por planta. Esta variable es importante en híbridos forrajeros, ya que permite seleccionar híbridos para este propósito; además, el elote es el componente con mayor número de carbohidratos, lo cual es importante para el crecimiento de bacterias lácticas y asegurar buena fermentación y calidad de ensilado. Para esta investigación aunque el H-10 no presentó altos RMS debe seguirse trabajando por su buena característica de presentar alto número de elotes.

### Correlaciones

Se observó alta correlación positiva ( $r = 0.71$ ) entre RT:P y RMST, y  $r = 0.40$  con RMS; a medida que aumenta la RT:P se incrementa el RMST y el RMS de la planta completa, aspecto importante para la elección de un híbrido forrajero, en cuanto a productividad; en cambio, RH:P presentó alta correlación negativa ( $r = -0.79$ ) con RT:P, RMST ( $r = -0.65$ ) y RMS ( $r = -0.45$ ), indicando que a medida que aumenta la RH:P se reduce RT:P, el RMST y el RMS de la planta completa, aspecto negativo en la elección de un híbrido de maíz forrajero; asimismo, la REL:P muestra alta correlación negativa ( $r = -0.85$ ) con la RT:P, por lo que se debe evitar seleccionar híbridos con alto contenido de tallo (Tabla 4). La correlación entre REL:T y RMS obtenida en esta investigación fue baja y negativa en comparación con la obtenida por Peña *et al.* (2002), que fue alta y positiva ( $r = 0.79$ ); en cambio, la correlación entre la RT:P y RMS fue menor. Por otra parte, altura de planta mostró baja correlación negativa con RMS, mientras que Núñez *et al.* (2003) por su parte, observaron que AP se asoció positivamente con el RMS; por tanto, son necesarios estudios en estos aspectos para definir componentes morfológicos relacionados a RMS y poder determinar qué indicador es apropiado para seleccionar maíces forrajeros con alta producción de MS.

### CONCLUSIONES

Los híbridos evaluados mostraron variabilidad para hoja, tallo y elote, lo que permitirá seleccionar, en programas de mejoramiento, directamente sobre el impacto de atributos de producción de forraje. Contrariamente a tallo, la hoja representó menor porcentaje de componentes de la planta. Se observó alta correlación positiva entre la RT:P con RMST y RMS. La RH:P presentó alta correlación negativa con RT:P y RMST. El estudio permitió identificar híbridos sobresalientes para la región trópico seco de Nayarit, por los rendimientos superiores a los de otras investigaciones. Se recomienda evaluar los híbridos sobresalientes en parcelas comerciales de mayor extensión, para validar los resultados reportados.

Tabla 3. Comparación de medias de las relaciones hoja, elote y tallo con la planta completa; número de hojas y elotes, y altura de planta, de trece genotipos de maíz para fines forrajeros en Uzeta, Ahuacatlán, Nayarit.

| Híbrido       | RH:P                | REL:P               | RT:P   | NHOJAS   | NELOTES | AP      |
|---------------|---------------------|---------------------|--------|----------|---------|---------|
| HT-1          | 0.22 a              | 0.35 a              | 0.43 g | 15.0 bc  | 2.1 ab  | 2.31 b  |
| HT-2          | 0.20 c              | 0.27 g              | 0.53 c | 15.0 bc  | 2.1 ab  | 2.64 a  |
| HT-3          | 0.16 f              | 0.32 c              | 0.52 d | 15.4 abc | 1.5 bc  | 2.30 b  |
| HT-4          | 0.16 f              | 0.30 e              | 0.54 b | 16.2 ab  | 1.9 abc | 2.09 bc |
| HT-5          | 0.16 f              | 0.26 h              | 0.58 a | 17.0 a   | 1.4 c   | 2.21 bc |
| HT-6          | 0.21 b              | 0.32 c              | 0.47 f | 16.2 ab  | 1.6 abc | 1.95 c  |
| HT-7          | 0.20 c              | 0.28 f              | 0.52 d | 17.7 abc | 1.9 abc | 2.23 bc |
| HT-8          | 0.18 e              | 0.33 b              | 0.49 e | 17.7 abc | 1.6 abc | 2.03 bc |
| HT-9          | 0.20 c              | 0.31 d              | 0.49 e | 14.8 bc  | 1.8 abc | 2.23 bc |
| HT-10         | 0.19 d              | 0.32 c              | 0.49 e | 15.9 abc | 2.2 a   | 2.27 b  |
| HT-11         | 0.20 c              | 0.33 b              | 0.47 f | 15.5 abc | 2.0 abc | 2.27 b  |
| HT-12         | 0.16 f              | 0.30 e              | 0.54 b | 14.2 c   | 1.7 abc | 2.23 bc |
| Testigo       | 0.18 e              | 0.30 e              | 0.52 d | 16.3 ab  | 1.4 c   | 2.19 bc |
| Media         | 0.18                | 0.31                | 0.51   | 15.6     | 1.78    | 2.23    |
| DHS           | 11x10 <sup>-9</sup> | 25x10 <sup>-9</sup> | 0.0    | 1.83     | 0.69    | 0.303   |
| Significancia | *                   | *                   | *      | *        | *       | *       |

Medias con letras diferentes (a,b,c,...) son estadísticamente diferentes. RH:P= Relación hoja:planta, REL:P= Relación elote:planta, RT:P= Relación tallo:planta, NHOJAS= número de hojas, NELOTES= número de elotes, AP= altura de planta, H. C.= híbrido comercial, DHS = Diferencia Significativa Honesta, \* = Significativo (P $\geq$ 0.05), NS = No significativo.

Tabla 4. Correlaciones de las relaciones, hoja, elote, tallo, número de hojas, altura y número de elotes, con rendimiento hoja, tallo, elote y planta completa, de trece genotipos de maíz para fines forrajeros, en Uzeta, Ahuacatlán, Nayarit.

|         | NHOJAS | ALTURA | NELOTES | RH:P  | REL:P | RT:P  |
|---------|--------|--------|---------|-------|-------|-------|
| ALTURA  | -0.14  | 1.00   |         |       |       |       |
| NELOTES | -0.17  | 0.29   | 1.00    |       |       |       |
| RH:P    | 0.02   | 0.12   | 0.32    | 1.00  |       |       |
| REL:P   | -0.05  | -0.11  | 0.06    | 0.35  | 1.00  |       |
| RT:P    | 0.02   | 0.01   | -0.22   | -0.79 | -0.85 | 1.00  |
| RENSH   | 0.02   | -0.15  | -0.24   | 0.19  | -0.18 | 0.02  |
| RMSH    | 0.17   | -0.12  | -0.03   | 0.32  | 0.02  | -0.19 |
| RMSEL   | 0.12   | -0.26  | -0.21   | -0.25 | 0.28  | -0.04 |
| RMST    | 0.15   | -0.16  | -0.29   | -0.65 | -0.53 | 0.71  |
| RMS     | 0.17   | -0.20  | -0.26   | -0.45 | -0.26 | 0.42  |

NELOTES= número de elotes, RH:P= Relación hoja:planta, REL:P= Relación elote:planta, RT:P= Relación tallo:planta, RENSH= Rendimiento de ensilado en base húmeda, RMSH= Rendimiento de materia seca de hoja, RMSEL= Rendimiento de materia seca de elote, RMST= Rendimiento de materia seca de tallo, RMS= Rendimiento de materia seca total, NHOJAS= número de hojas.

### Agradecimientos

A la Fundación Produce Nayarit, A. C. por el financiamiento del proyecto # 617 del POA2006, del cual forma parte esta investigación y al Ing. Jaime Enrique Ortega González por su cooperación y apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

### REFERENCIAS

- Aguilar, B.U., Román, P.H., García, P.T.B., López, G.I., Román, P.S.I. 2007. Impacto del uso de tecnología en la ganadería bovina de doble propósito en el estado de Veracruz. En: Cavalloti, V.B.A., Ramirez, V.B., Marcof, A.C.F. (eds). Alternativas para el desarrollo sustentable de la ganadería. Respuestas de los productores y la perspectiva académica. CEDRSSA-UACH-CP. Pp. 307-317.
- Allen, M., O'neil, K.A., Main, D.G., Beck, J. 1991. Relationship among yield and quality traits of corn hybrids for silage. Journal Dairy Science.74 (Suppl 1):221.
- Borroel, G.V.J., Álvarez, R.V.P., Rodríguez, H.S.A., Jiménez, D.F., Preciado, R.P., Ogaz, A., Zermeno, G.H. 2014. Rendimiento de maíz forrajero bajo la adición de ácido hímico y

- algaenzima. Revista Iberoamericana de Ciencias 1(2):233-244.
- Elizalde, J., Rearte, D. y Santini, F. 1993. INTA Boletín Técnico N° 117.
- Elizondo-Salazar. J.A. 2011. Influencia de la variedad y altura de cosecha sobre el rendimiento y valor nutritivo de maíz para ensilaje. *Agronomía Costarricense* 35(2):105-111.
- Gutiérrez, del R.E., Espinoza, B.A., Palomo, G.A., Lozano, G.J.J., Antuna, G. O. 2004. Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la comarca lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27:7-11.
- González, C.F., Peña, R.A., Núñez, H.G., Jiménez, G.C.A. 2005. Efecto de la densidad y altura de corte en el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 28:393-397.
- Núñez, H.G., Contreras, G.E.F., Faz, C.R. 2003. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Técnica Pecuaria en México*. 41:37-48.
- Núñez, H.G., Faz, C.R., González, C.F., Peña, R.A. 2005. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. *Técnica Pecuaria en México*. 43:69-78.
- Paliwal, R.L. 2001. Mejoramiento del maíz con objetivos especiales. In: Paliwal, R.L., Granados, G., Lafitte, H.R., Violic, A.D. (eds). *El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción*. Departamento Agrícola. FAO. Roma, Italia.
- Peña, R.A., Núñez, H.G., González, C.F. 2002. Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con calidad. *Técnica Pecuaria en México*. 40:215-228.
- Peña, R.A., González, C.F., Núñez, H.G., Jiménez, G.C. 2004. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27:1-6.
- Reta, S.D.G., Gaytán, A.M.A., Carrillo, A.J. 2002. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 23:37-48.
- Rivas, J.M.A., Carballo, C.A., Pérez, P.J., González, J.G., García, Z.A. 2006. Rendimiento y calidad de ensilado de seis genotipos de maíz cosechados en dos estados de madurez. En: INIFAP, UV, CP, UACH, ITUG, ITBOCA y UNAM. *Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano*. Libro Científico No. 3. Veracruz, México. Primera Edición. Editorial Atlántida Casa de Ciencia y Cultura, SA de CV. Pp 313-320.
- Reyes, C.P. 1990. *El maíz y su cultivo*. A.G.T. Editor, S. A. México, D. F. 460 p.
- Sánchez-Hernández, M.A., Aguilar-Martínez, C.U., Valenzuela-Jiménez, N., Sánchez-Hernández, C., Jiménez-Rojas, M.C., Villanueva-Verduzco, C. 2011. Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana* 22(2):281-295.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SDA). 2005. *Alternativas forrajeras para Guanajuato. Forrajes para el Ciclo Primavera-Verano*. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Guanajuato. Verificada en diciembre de 2005. <http://www.guanajuato.gob.mx/sda/articulos/alternativas/primavera-ver.htm>
- Servicio de Información y Estadística Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2010. *Avances de siembra y cosechas primavera-verano y otoño-invierno de 2008*. Verificada en enero de 2010. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>
- Statistical Analysis System Institute (SAS). 2007. *The SAS® System for Windows® (Ver. 9)*. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Yescas, C.P., Segura, C.M.A., Martínez, C.L., Álvarez, R.V.P., Montemayor, T.J.A., Orozco, V.J.A., Frías, R.J.E. 2015. Rendimiento y calidad de maíz forrajero (*Zea mays* L.) con diferentes niveles de riego por goteo subsuperficial y densidad de plantas. *Phyton* 84:272-279.
- Wong-Romero, R., Gutiérrez-del Río, E., Rodríguez-Herrera, S.A., Palomo-Gil, A., Córdova-Orellana, H., Espinoza-Banda, A. 2006. Aptitud combinatoria y parámetros genéticos de maíz para forraje en la Comarca Lagunera, México. *Universidad y Ciencia*. 22:141-151.