

## Rendimiento de forraje y composición morfológica de maíces nativos en condiciones semiáridas

Juan Eduardo Godina Rodríguez<sup>1</sup>  
Jonathan Raúl Garay Martínez<sup>2</sup>  
Sergio Iban Mendoza Pedroza<sup>3§</sup>  
Santiago Joaquín Cancino<sup>1</sup>  
Mario Rocandio Rodríguez<sup>4</sup>  
Fernando Lucio Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería y Ciencias-Universidad Autónoma de Tamaulipas. (juanegodina@gmail.com; sjoaquin@docentes.uat.edu.mx). <sup>2</sup>Campo Experimental 'Las Huastecas'-INIFAP. (garay.jonathan@inifap.gob.mx). <sup>3</sup>Campus Montecillo-Colegio de Posgraduados. Carretera. México- Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. <sup>4</sup>Instituto de Ecología Aplicada-Universidad Autónoma de Tamaulipas. (mrocandio@docentes.uat.edu.mx).

§Autor para correspondencia: sergiomp@colpos.mx.

### Resumen

Las condiciones ambientales en zonas semiáridas limitan la productividad de especies forrajeras empleadas en la alimentación animal; sin embargo, el maíz (*Zea mays* L.) presenta una amplia adaptación a diferentes condiciones ambientales de temperatura, precipitación, altitud, suelo entre otras. El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento y composición morfológica de diez genotipos de maíces nativos, un híbrido y una variedad sintética, durante el ciclo primavera-verano de 2017. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar y se realizó un análisis de varianza, las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de materia seca total (MST) y por componente morfológico: hoja (MSh), tallo (MSt), mazorca (MSmz), panícula (MSp) y materia muerta (MSmm), altura de planta (AP), número de hojas (NH), longitud de hoja (LH), ancho de hoja (AH) y la relación hoja/tallo (H/T). El mayor y menor rendimiento de MST, lo obtuvo el genotipo Ratón×Tuxpeño Norteño y el híbrido A6-069-B, con 8 888 y 3 113 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La mayor altura (180 cm) la obtuvieron los genotipos Ratón×Tuxpeño Norteño y Olotillo×Tuxpeño. El mayor número de hojas lo presentó el genotipo Tuxpeño Norteño×Olotillo con 11.6. La mayor relación hoja/tallo (2.1) fue en la variedad sintética breve Padilla. Es necesario realizar más investigación en el mejoramiento por selección recurrente del genotipo Ratón×Tuxpeño Norteño para obtener un mayor rendimiento y valor nutritivo en el forraje de maíz.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., genotipos, potencial forrajero.

Recibido: febrero de 2020

Aceptado: mayo de 2020

## Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) por su amplio rango de adaptación a diferentes climas y tipos de suelo se ha logrado cultivar en diferentes regiones de México, en el año 2017 la superficie sembrada fue de 6.4 millones de hectáreas (SIAP, 2018), el maíz producido se destina principalmente para consumo humano y para la alimentación animal. En México, la superficie cultivada con maíces nativos oscila entre 70 y 80% del área sembrada, su establecimiento se hace con doble propósito (para consumo humano y alimentación animal); por lo cual, el mejoramiento se ha enfocado a la producción de grano principalmente, dejando a un lado el valor nutritivo del forraje (Franco *et al.*, 2015), el cual se considera un aspecto importante en la alimentación animal.

Al respecto, los maíces forrajeros son considerados como genotipos con rentabilidad considerable en los diferentes sistemas de producción, debido a su valor nutritivo y rendimientos de materia verde o seca elevados, lo cual propicia a ser una fuente de alimento comúnmente empleada en los sistemas ganaderos (Franco *et al.*, 2015; Núñez *et al.*, 2015).

No obstante, cuando el maíz se destina para ensilado, se debe considerar la etapa de llenado de grano al momento de la cosecha, el cual debe ser a  $\frac{1}{2}$  o  $\frac{1}{3}$  de línea de leche, ya que esto influye en el valor nutritivo del forraje (González *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2006).

Por lo que cosechar la planta en estado de grano lechoso o masoso reduce el rendimiento de materia seca por hectárea, valor nutritivo y digestibilidad del forraje (Núñez *et al.*, 2005). En este sentido, en 2016 se sembraron 425 mil hectáreas de maíz forrajero con un rendimiento de 43 t ha<sup>-1</sup> de materia verde (SIAP, 2017), el cual es alrededor de 9.5 t MS ha<sup>-1</sup>, considerado un rendimiento bajo, por ello, en varios sistemas de producción lo hace un insumo caro.

En el estado de Tamaulipas existe gran diversidad de germoplasma nativo sin explorar en su totalidad (Castro-Nava *et al.*, 2014), por lo que evaluar el rendimiento de forraje es una opción viable para identificar los genotipos con mayores características forrajeras.

Para ello, es importante realizar estudios previos de los materiales a establecer en una zona determinada y con base en los resultados, realizar mejoramiento para incrementar su rendimiento y valor nutritivo del forraje (Reynoso *et al.*, 2014). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento y composición morfológica de diez genotipos de maíces nativos, un híbrido y una variedad sintética en condiciones semiáridas del estado de Tamaulipas.

## Materiales y métodos

El presente estudio se realizó durante el ciclo primavera-verano de 2017, en el Ejido San Lorencito, Municipio de Jaumave, Tamaulipas. Ubicado en las coordenadas 23° 22' 56" latitud norte y 99° 24' 56" longitud oeste, a 735 msnm. El clima se clasifica como BS<sub>1</sub> hw (Vargas *et al.*, 2007). La temperatura media anual oscila entre los 21 y 23 °C y la precipitación promedio anual es de 473 mm. La textura del suelo es arcillosa con pH alcalino (8.0). El material genético evaluado fueron 10 genotipos nativos procedentes de los municipios de Jaumave, Tula y Ocampo, Tamaulipas (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Material genético evaluado (maíces nativos e híbridos) y origen de procedencia.**

Tratamiento	Genotipo	Municipio
1	Olotillo	Jaumave
2	Bolita × Ratón	Jaumave
3	Tuxpeño I	Tula
4	Olotillo × Ratón	Tula
5	Tuxpeño Norteño × Olotillo	Tula
6	Ratón × Tuxpeño Norteño	Jaumave
7	Tuxpeño × Elotes Occidentales	Tula
8	Tuxpeño Norteño	Ocampo
9	Olotillo × Tuxpeño	Tula
10	Tuxpeño II	Ocampo
11	Variedad sintética breve Padilla	
12	Híbrido A6-069-B	

La preparación del terreno se realizó con maquinaria agrícola (arado y rastra), previo a la siembra se aplicó un riego rodado y se cultivó con tracción animal. El control de malezas se realizó de manera manual y se aplicó Benzoato de Emamectina ( $1 \text{ mL L}^{-1}$ ) con una mochila aspersora para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Se fertilizó con  $46 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (Urea) al momento de la siembra. La siembra se realizó de manera manual por golpe de punzón depositando tres semillas por golpe, con una distancia de 80 cm entre surcos y una separación entre plantas de 50 cm. Para obtener una densidad de  $50\,000 \text{ plantas ha}^{-1}$ , se realizó un raleo eliminando una planta de las tres emergidas, en su caso.

Cada parcela estuvo conformada por dos surcos de 5 m de largo. Se determinaron los días a floración masculina (DFM) y femenina (DFF), registrados cuando 50% de la población se encontraba en cada una de las etapas de floración mencionadas anteriormente. Se determinaron los días a cosecha para clasificar a los genotipos como precoces, intermedios o tardíos, así como los días a cosecha después de la floración femenina.

A los 113, 116 y 119 días después de la siembra (DDS), se midió la altura de planta (AP; cm) con un estadal, desde el nivel del suelo hasta el último nudo superior (inserción de la panícula) de la planta. En cada parcela experimental se cosechó (a 20 cm sobre el suelo) todo el forraje presente en dos metros lineales se pesó y después se tomó una muestra de aproximadamente 4 kg. Posteriormente, la muestra se separó en los componentes morfológicos de la planta (hoja: MSh, tallo: MSt, mazorca: MSmz, panícula: MSp y materia muerta: MSmm), después las muestras se secaron en una estufa de aire forzado (OMS60, Thermo Scientific®, USA) a  $65 \text{ °C}$  hasta por 72 h.

Cada muestra se pesó antes y después del secado para determinar el rendimiento de materia seca total (MST  $\text{kg ha}^{-1}$ ). Se contabilizó en número de hojas presentes en cada planta sin considerar las senescentes, posteriormente se midió el largo (LH; cm) y ancho (AH; cm) de la hoja, donde se encontraba insertada la mazorca, la cual se tomó como base para realizar esta medición y el ancho se midió a la mitad de la longitud de la hoja. Con base a los rendimientos de materia seca se determinó la relación hoja: tallo (H:T).

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los datos se analizaron utilizando el PROC GLM SAS (SAS, 2003) y cuando se encontró diferencia estadística, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ).

## Resultados y discusión

El análisis estadístico indicó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para las variables DFM y DFF (Cuadro 2). El genotipo que llegó más rápido a floración masculina (FM) y femenina (FF) fue Olotillo, con 71.5 y 77 d, respectivamente y el que tardó más tiempo fue Tuxpeño II, con 91.5 y 100.5 d, para FM y FF respectivamente. La diferencia entre ambos genotipos fue de 20 días. Lo anterior se atribuye a que la mayoría de los genotipos no se encontraban establecidos en su ambiente, temperatura, precipitación y altitud; factores ambientales considerados como esenciales para el desarrollo vegetativo de la planta.

Al respecto se ha mencionado que la ausencia de precipitación durante las etapas de desarrollo vegetativo y cambios en la altitud en la cual se establece el cultivo de maíz, inducen al retraso de la floración y por ende, se presenta asincronía floral (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2008; Pecina-Martínez *et al.*, 2009).

Para la variable días a cosecha después de la siembra, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), debido a que, los genotipos fueron cosechados en diferentes fechas, catalogándolos como precoces, intermedios y tardíos al ser cosechados a los 113, 117 y 119 DDS, respectivamente (Cuadro 2).

Para la variable días a cosecha después de la floración femenina, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Se observó que el mayor número de días transcurridos desde la floración femenina hasta la cosecha lo presentó el genotipo breve Padilla, con 41.0 días siendo más precoces en comparación con los genotipos Tuxpeño II y Tuxpeño Norteño  $\times$  Olotillo, que presentaron menor número con 18.5 y 16.5 días, respectivamente (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Tiempo transcurrido hasta floración masculina y femenina, a la cosecha después de la siembra y cosecha después de la floración femenina en maíces evaluados en Jaumave, Tamaulipas.**

Genotipo	Floración masculina	Floración femenina	Cosecha después de la siembra	Cosecha después de la floración femenina
	(Días)			
Olot	71.5 e*	77 f	113 c	36 ab
Boli $\times$ Rat	75 de	79 def	113 c	34 bc
Tuxp I	77 de	84 cde	113 c	29 cd
Olot $\times$ Rat	81.5 abcde	85.5 cd	117 b	31.5 bcd
Tuxp Nort $\times$ Olot	89.5 ab	100.5 a	117 b	16.5 e
Rat $\times$ Tuxp Nort	80 bcde	84 cde	117 b	33 bc
Tuxp $\times$ Elot Occi	78.5 cde	83.5 cdef	117 b	33.5 bc
Tuxp Nort	88.5 abc	93 b	119 a	26 d

Genotipo	Floración	Floración	Cosecha después	Cosecha después de la
	masculina	femenina	de la siembra	floración femenina
(Días)				
Olot × Tuxp	83 abc	87.5 bc	119 a	31.5 bcd
Tuxp II	91.5 a	100.5 a	119 a	18.5 e
VS breve Padilla	75.5 de	78 ef	119 a	41 a
Híbrido A6-069-B	77.5 de	81.5 cdef	119 a	37.5 ab

\* = medias con literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p=0.05$ ). Olot: Olotillo; Boli= Bolita; Rat= Ratón; Tuxp= Tuxpeño; Tuxp Nort= Tuxpeño Norteño; Elot Occi= Elotes Occidentales; VS= variedad sintética.

En el rendimiento de materia seca total (MST) y por componente: hoja, tallo, mazorca, panícula y material muerto, fue diferente en los genotipos evaluados ( $p<0.05$ ; Cuadro 3). El mayor y menor rendimiento de MST, lo obtuvo el genotipo Ratón × Tuxpeño Norteño y el híbrido A6-069-B, con 8 888 y 3 113 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Cuadro 3. Rendimiento de materia seca total, hoja, tallo, mazorca, panícula y material muerto de maíces nativos e híbridos en Jaumave, Tamaulipas.**

Genotipo	MSh	MSt	MSmz	MSp	MSmm	MST
	(kg ha <sup>-1</sup> )					
Olot	1 460 b*	1 051 def	845 bc	211 abcd	299 bc	3 866 bc
Boli × Rat	1 560 b	1 510 cdef	1 046 abc	250 abc	452 bc	4 818 bc
Tuxp I	1 802 ab	1 650 cdef	1 040 abc	255 ab	422 bc	5 169 bc
Olot × Rat	2 203 ab	2 095 abcde	1 367 abc	290 ab	369 abc	6 324 abc
Tuxp Nort × Olot	2 251 ab	2 270 abcd	336 c	292 ab	496 abc	5 645 abc
Rat × Tuxp Nort	2 712 a	3 077 ab	2 627 a	270 ab	200 a	8 888 a
Tuxp × Elot Occi	1 631 ab	1 895 bcdef	830 bc	357 a	315 bc	5 028 bc
Tuxp Nort	1 478 b	2 082 abcde	422 c	233 abcd	486 bc	4 701 bc
Olot × Tuxp	2 027 ab	3 338 a	860 bc	206 bcd	467 ac	6 898 abc
Tuxp II	2 026 ab	2 605 abc	163 c	293 ab	432 ac	5 519 abc
VS breve Padilla	1 338 b	617 f	2 226 ab	101 cd	172 bc	4 454 bc
Híbrido A6-069-B	1 318 b	786 ef	793 bc	98 d	118 c	3 113 c

\* = medias con literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p=0.05$ ). MSh= materia seca de hoja; MSt= materia seca de tallo; MSmz= materia seca de mazorca; MSp= materia seca de panícula; MSmm= materia seca de materia muerta; MST= materia seca total). Olot= olotillo; Boli= bolita; Rat= ratón; Tuxp= Tuxpeño; Tuxp Nort= Tuxpeño Norteño; Elot Occi= Elotes Occidentales; VS= variedad sintética.

El menor rendimiento del híbrido (A6-069-B) se puede atribuir a las condiciones climáticas donde se evaluó, las cuales, probablemente no fueron similares al lugar en donde fue desarrollado, ya que el cambio de ambiente en el cual se establece cualquier genotipo de maíz provoca fluctuaciones en su rendimiento, el cual puede ser favorable o no, los factores ambientales que más influyen son la temperatura, precipitación y altitud (Pecina-Martínez *et al.*, 2009; Espinosa-Calderón *et al.*, 2012; Reynoso *et al.*, 2014).

Por otra parte, Tadeo-Robledo *et al.* (2015) al evaluar dos maíces nativos Atlacomulco e Ixtlahuaca y dos híbridos H-50 y H-52, documentaron que la producción de estos genotipos fue similar con 7 389, 7 955, 7 207 y 6 773 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente. Estas similitudes entre los rendimientos se atribuyen al germoplasma nativo que se encuentra presente en los híbridos, lo cual les brinda características como la adaptabilidad al clima y suelo y tolerancia a plagas y enfermedades, donde fueron evaluados.

Al respecto, Kibet *et al.* (2009) al evaluar maíces criollos e híbridos en condiciones de sequía y humedad, obtuvieron rendimientos mayores de biomasa y grano en los híbridos en comparación con los maíces criollos. El rendimiento mayor en el genotipo Ratón × Tuxpeño Norteño se debe a que se evaluó en su lugar de origen y las condiciones climáticas fueron favorables para su desarrollo; estos resultados podrían tomarse en cuenta para trabajos futuros principalmente sobre el mejoramiento genético de este genotipo, para lograr mayores rendimientos de biomasa y utilizarse como forraje para la alimentación animal.

Además, el genotipo Ratón × Tuxpeño Norteño presentó el mayor rendimiento de hoja (2 712 kg MS ha<sup>-1</sup>), superando a los genotipos Olotillo, Bolita × Ratón, Tuxpeño Norteño, breve Padilla y al híbrido A6-069-B; los cuales obtuvieron un rendimiento de 1 460, 1 560, 1 478, 1 338 y 1 318 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Los rendimientos de materia seca de hoja obtenidos en esta investigación son inferiores a los reportados por Elizondo-Salazar (2011), quien, al evaluar el efecto de la altura de corte sobre el rendimiento de forraje de un genotipo criollo y un híbrido, obtuvo para el criollo cosechado a 15 y 45 cm de altura, rendimientos de 5 176 y 3 306 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Mientras que para el híbrido fueron de 3 345 y 3 142 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Estos rendimientos mayores obtenidos se pueden atribuir a las condiciones ambientales principalmente de precipitación, la cual fue de 2 050 mm y al manejo proporcionado, como la altura de corte a la cual se cosechó el forraje.

La acumulación de tallo fue mayor en el genotipo Olotillo × Tuxpeño, el cual obtuvo un rendimiento de 3 338 kg MS ha<sup>-1</sup>, mientras que el menor rendimiento lo obtuvo breve padilla con 617 kg MS ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, esta última no presentó diferencias estadísticas con el híbrido A6-069-B, el cual obtuvo un rendimiento de 786 kg MS ha<sup>-1</sup>. Estas diferencias entre los rendimientos se atribuyen a la altura de planta, la cual fue menor para breve Padilla y el híbrido A6-069-B en comparación con el genotipo criollo Olotillo × Tuxpeño (119-124 vs. 180 cm).

Lo anterior, es congruente con lo documentado por Muñoz-Tlahuiz *et al.* (2013), quienes obtuvieron rendimientos mayores de tallo en genotipos de maíz con mayor altura de planta. El rendimiento de la mazorca mostró diferencias entre los genotipos ( $p < 0.05$ ); el rendimiento mayor lo obtuvo el genotipo en el genotipo Ratón × Tuxpeño Norteño con 2 627 kg MS ha<sup>-1</sup> y los valores menores, los genotipos Tuxpeño Norteño × Olotillo, Tuxpeño Norteño y Tuxpeño II con 336, 422 y 163 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente. Estos rendimientos se atribuyen al tiempo transcurrido de la floración femenina a la cosecha, el cual fue menor en estos últimos genotipos y por ello presentaron menor desarrollo y llenado de grano.

La mazorca es un componente importante, debido a que incrementa la proteína y digestibilidad, proporcionando un forraje de mayor valor nutricional, el cual incrementa la producción animal (Corral *et al.*, 2010; Elizondo-Salazar, 2011), característica que presentaron los genotipos que están

conformados por la raza Tuxpeño, principalmente. La mayor y menor acumulación de materia muerta la obtuvieron el genotipo Tuxpeño Norteño × Olotillo y el híbrido A6-069-B con 496 y 118 kg MS ha<sup>-1</sup>.

La senescencia de las hojas es un proceso que disminuye el rendimiento y el valor nutritivo del forraje, debido a que el contenido de nitrógeno se reduce. Una forma de disminuir el contenido de materia muerta en el forraje de maíz es incrementando la altura de corte, aunque con esta práctica habrá una reducción considerable en el rendimiento de la materia seca total.

La mayor altura de planta (AP) la obtuvieron los genotipos Ratón × Tuxpeño Norteño y Olotillo × Tuxpeño, ambos con 180 cm (Cuadro 4). En contraste, la menor AP la presentó el híbrido A6-069-B con 119 cm. El comportamiento observado en el híbrido (A6-069-B) se atribuye al mejoramiento que se le ha realizado, el cual fue con la finalidad de reducir la AP para evitar el acame de la planta; así como también a las condiciones climáticas semiáridas, las cuales no fueron favorables para su adecuado crecimiento. Al respecto Sánchez *et al.* (2013) al evaluar genotipos de maíces en condiciones de trópico húmedo, obtuvieron la mayor altura en el genotipo criollo con 247 cm, superando a los híbridos y las variedades H520, HE1A17, HE2A15, A7573, V556AC y VS536 que obtuvieron alturas de 184, 190, 185, 166, 173 y 195 cm, respectivamente.

Por otra parte, los resultados de esta investigación difieren de los reportados por Tadeo-Robledo *et al.* (2015), quienes al evaluar maíces nativos e híbridos obtuvieron alturas similares entre los dos genotipos nativos, Ixtlahuaca y Atlacomulco, comparadas con las obtenidas por los criollos H-50 y H-52 de 271, 241 y 262, 245 cm respectivamente, esto atribuido al mejoramiento realizado en los híbridos y al germoplasma nativo que estos poseen, lo cual permite su adaptación a las condiciones climáticas de Valles Altos del sitio donde fueron evaluados.

La longitud de hoja fue diferente entre los genotipos evaluados ( $p < 0.05$ ), el genotipo Ratón × Tuxpeño Norteño obtuvo la mayor longitud con 93 cm y la menor el genotipo Tuxpeño I con 61 cm. En la variable ancho de hoja no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), cuyos valores oscilaron entre 7 y 8 cm. Sin embargo, en el promedio de número de hojas entre los genotipos se obtuvieron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ; Cuadro 4).

**Cuadro 4. Altura de planta, longitud de hoja, ancho de hoja, número de hojas y relación hoja/tallo de maíces nativos e híbridos en Jaumave, Tamaulipas.**

Genotipo	AP		LH		AH		NH	H/T		
	(cm)									
Olot	133	cde*	79	abc	8	a	8.5	bc	1.5	bc
Boli × Rat	146	bcde	79	abc	8	a	8.0	c	1	cd
Tuxp I	167	ab	61	c	8	a	9.8	abc	1.1	cd
Olot × Rat	167	ab	75	abc	8	a	10	abc	1.1	cd
Tuxp Nort × Olot	153	abcd	85	ab	8	a	11.5	a	1.1	cd
Rat × Tuxp Nort	180	a	93	a	8	a	9.8	abc	0.9	d

Genotipo	AP		LH		AH		NH	H/T		
	(cm)									
Tuxp × Elot Occi	150	abcd	75	bc	7	a	10	abc	0.9	d
Tuxp Nort	164	ab	74	bc	8	a	10	abc	0.7	d
Olot × Tuxp	180	a	82	ab	8	a	9.5	ab	0.6	d
Tuxp II	160	abc	81	ab	8	a	11	ab	0.8	d
VS breve Padilla	124	de	82	ab	7	a	8	c	2.1	a
Híbrido A6-069-B	119	e	68	bc	8	a	9.3	abc	1.8	ab

\*=medias con literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p=0.05$ ). AP= altura de planta; LH= longitud de hoja; AH= ancho de hoja; NH= número de hojas; H/T= relación hoja/tallo; Olot= Olotillo; Boli= Bolita; Rat= Ratón; Tuxp= Tuxpeño; Tuxp Nort= Tuxpeño Norteño; Elot Occi= Elotes Occidentales; VS= variedad sintética.

El mayor número de hojas lo presentó el genotipo Tuxpeño Norteño × Olotillo con 11.5, mientras que los genotipos Bolita × Ratón y breve Padilla presentaron los valores menores, con 80 hojas en promedio para ambos. Cabe mencionar que no se consideraron las hojas senescentes, por ello, se obtuvieron promedios menores en el número de hojas en comparación con lo documentado por Castro-Nava *et al.* (2014), quienes obtuvieron promedios de 18.6 a 20.3 en híbridos comerciales y 18.7 a 19.8 en genotipos nativos, pero similares a los reportados por Sánchez-Hernández *et al.* (2019) los cuales oscilaron entre 9.1 a 10.8 al evaluar una variedad sintética, VS536 y cuatro híbridos, DK357, H520, H564 C, NH5 y HE1A17.

El valor nutritivo del forraje es importante, pues de ello depende la productividad de los animales. Una forma de evaluar este valor nutritivo es mediante la relación hoja/tallo. Se ha documentado que, a mayores valores en esta variable, el contenido de proteína y digestibilidad en el forraje es mayor (Elizondo-Salazar, 2011).

En este sentido, el genotipo breve Padilla presentó el mayor valor (2.1) en comparación con los genotipos nativos; pero fue similar al híbrido A6-069-B (1.8), esto debido al menor grosor de tallo y menor altura de planta, que presentaron estos materiales en comparación con los genotipos nativos (Sánchez *et al.*, 2013) o la altura a la cual fueron cosechados (Elizondo-Salazar, 2011).

## Conclusiones

Los materiales evaluados presentaron gran variabilidad genética, ya que mostraron diferencias en la mayoría de las variables (materia seca de hoja, tallo, mazorca, altura de planta, número de hojas y la relación hoja/tallo). El genotipo Ratón × Tuxpeño Norteño puede ser utilizado en la alimentación animal para incrementar la productividad en los sistemas pecuarios, debido a que presentó el mayor rendimiento de materia seca total, MS de hoja y MS de mazorca; así mismo una relación hoja/tallo cercano a uno, la cual se considera como adecuada para un maíz forrajero. Los resultados obtenidos en esta investigación pueden servir de referencia para trabajos futuros que tengan un enfoque sobre el mejoramiento genético de maíz para la producción de forraje.

## Literatura citada

- Avendaño-Arrazate, C. H.; Molina-Galán, J. D.; Trejo-López, C.; López-Castañeda, C. y Cadena-Iñiguez, J. 2008. Respuesta a altos niveles de estrés hídrico en maíz. *Agron. Mesoam.* 19(1):27-30.
- Castro-Nava, S.; Reyes-Méndez, C. y Huerta, J. A. 2014. Diversidad genética del área foliar en maíces nativos de Tamaulipas bajo altas temperaturas. *Rev. Fitotec. Méx.* 37(3):217-223.
- Corral, L. A.; Domínguez, D. D.; Villalobos, V. G.; Ortega, G. J. A.; Rodríguez, A. F. A. y Muro, R. A. 2010. Valor nutricional, cinética de fermentación y producción estimada de leche en ensilajes de maíz cortado a diferentes alturas. *Rev. Bras. de Ciên. Agrá.* 5(2):279-283.
- Elizondo-Salazar, J. A. 2011. Influencia de la variedad y altura de cosecha sobre el rendimiento y valor nutritivo de maíz para ensilaje. *Agron. Costarric.* 35(2):105-111.
- Espinosa-Calderón, A.; Tadeo-Robledo, M.; Arteaga-Escamilla, I.; Turrent-Fernández, A.; Sierra-Macías, M.; Gómez-Montiel, N.; Palafox-Caballero, A.; Valdivia-Bernal, R.; Trejo-Pastor, V. y Canales-Islas, E. 2012. Rendimiento de las generaciones f1 y f2 de híbridos trilineales de maíz en los Valles Altos de México. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo.* 28(1):57-64.
- Franco, M. J. R. P.; González, H. A.; Pérez, L. D. de L. y González, R. M. 2015. Caracterización fenotípica de híbridos y variedades de maíz forrajero en Valles Altos del Estado de México, México. *Rev. Me. Cienc. Agríc.* 6(8):1915-1927.
- González, C. F.; Peña, A. y Núñez, G. 2006. Etapas de corte, producción y calidad forrajera de híbridos de maíz de diferente ciclo biológico. *Rev. Fitotec. Mex.* 29(2):103-107.
- Kibet, S. C.; López-Castañeda, C. y Kohashi-Shibata, J. 2009. Efecto del nivel de humedad y nitrógeno en el suelo en el comportamiento de maíces híbridos y criollos de los Valles Altos de México. *Agron. Costarric.* 33(1):103-120.
- Muñoz-Tlahuiz, F.; Guerrero-Rodríguez, J. de D.; López, P. A.; Gil-Muñoz, A.; López-Sánchez, H.; Ortiz-Torres, E.; Hernández-Guzmán, J. A.; Taboada-Gaytán, O.; Vargas-López, S. y Valadez-Ramírez, M. 2013. Producción de rastrojo y grano de variedades locales de maíz en condiciones de temporal en los Valles Altos de Libres-Serdán, Puebla, México. *Rev. Méx. Cien. Pec.* 4(4):515-530.
- Núñez, H. G.; Faz, C. R.; González, C. F. y Peña, R. A. 2005. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción de calidad del forraje. *Téc. Pecu. Méx.* 41(3):69-72.
- Núñez, H. G.; Faz, R. C. y Serrato, H. 2015. Híbridos de maíz forrajero con alto potencial de producción de leche de bovino. *AGROFAZ.* 15(1):48-55.
- Pecina-Martínez, J. A.; Mendoza-Castillo, M. del C.; López-Santillán, J. A.; Castillo-González, F. y Mendoza-Rodríguez, M. 2009. Respuesta morfológica y fenológica de maíces nativos de Tamaulipas a ambientes contrastantes de México. *Agrociencia.* 43(7):681-694.
- Reynoso, Q. C. A.; González, H. A.; Pérez, L. D de J.; Franco, M. O.; Torres F. J. L.; Velázquez C. G. A.; Breton, L. C.; Balbuena M. A. y Mercado, V. O. 2014. Análisis de 17 híbridos de maíz sembrados en 17 ambientes de los Valles Altos del Centro de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5(5):871-882.
- Ruiz, O.; Beltrán, F.; Salvador, F.; Rubio, H.; Grado, A. y Castillo, Y. 2006. Valor nutritivo y rendimiento forrajero de híbridos de maíz para ensilaje. *Rev. Cub. Cien. Agríc.* 40(1):91-94.
- Sánchez, H. M. A.; Aguilar, M. C. U.; Valenzuela, J. N.; Joaquín, T. B. M.; Sánchez, H. C.; Jiménez, R. M. C. y Villanueva V. C. 2013. Rendimiento en forraje de maíces del trópico húmedo de México en respuesta a densidades de siembra. *Rev. Mex. Cien. Pecu.* 4(3):271-288.

- Sánchez, H. M. A.; Cruz V. M.; Sánchez H, C.; Morales T. G.; Rivas, J. M. A. y Villanueva, V. C. 2019. Rendimiento forrajero de maíces adaptados al trópico húmedo de México. *Rev. Cub. Cien. Agríc.* 10(3):699-712.
- SAS. 2003. The SAS 9.1 for Windows. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina. USA.
- SIAP. 2017. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Agricultura. Producción anual. <http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola-siap-gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do>.
- SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/290362/Boletin-mensual-ma-z-grano-diciembre-2017.pdf>.
- Vargas, T. V.; Hernández, R. M. E.; Gutiérrez, L. J.; Plácido, D. C. J. y Jiménez, C. A. 2007. Clasificación climática del estado de Tamaulipas, México. *CienciaUAT.* 2(2):15-19.
- Tadeo-Robledo, M.; Zamudio-González, B.; Espinosa-Calderón, A.; Turrent-Fernández, A.; Cárdenas-Marcelo, A. L.; López-López, C.; Arteaga-Escamilla, I. y Valdivia-Berna, R. 2015. Rendimiento de maíces nativos e híbridos en diferente fecha de siembra y sus unidades calor. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6(1):33-43.