

## Producción y cambios morfológicos de *Pennisetum ciliare* cv. H-17 en función de la edad de rebrote y altura de pradera

Yield and morphological changes of *Pennisetum ciliare* cv. H-17 depending on age of regrowth and prairie height

Jonathan Raúl Garay Martínez (orcid.org/0000-0002-7197-3673)<sup>1</sup>, Santiago Joaquín Cancino (orcid.org/0000-0002-5084-8128)<sup>1\*</sup>, Benigno Estrada Drouaillet (orcid.org/0000-0002-0332-5658)<sup>1</sup>, Juan Carlos Martínez González (orcid.org/0000-0003-1331-663X)<sup>1</sup>, Andrés Gilberto Limas Martínez<sup>1</sup>, Javier Hernández Meléndez<sup>1</sup>, Adelaido Rafael Rojas García<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario "Lic. Adolfo López Mateos", Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87149. Correo electrónico: sjoaquin@docentes.uat.edu.mx.

<sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Guerrero

\*Autor de correspondencia

### Resumen

Se evaluó la producción de materia seca (MS) y composición morfológica en función de la edad de rebrote (ER; cuatro, seis y ocho semanas) y altura de pradera (AP) en *Pennisetum ciliare* cv. H-17, durante época de lluvias (ELL) y seca (ES). Las variables fueron MS total (MSTT), hoja (MSh), tallo (MSt), material muerto (MSmm) y AP. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y análisis de regresión lineal. Durante ELL, la MSTT fue similar ( $p > 0.05$ ) entre ER (8342 kg ha<sup>-1</sup>) y disminuyó 90% en la ES. Durante ELL, se presentó mayor ( $p < 0.05$ ) MSh a cuatro semanas, mientras que a ocho se presentó mayor MSt y MSmm. La MSt y MSmm se manifestaron cuando la AP fue de 34 cm y 47 cm, respectivamente. La ER y AP tuvieron efecto significativo en el rendimiento y comportamiento estructural de MS en *Pennisetum ciliare* cv. H-17.

**Palabras clave:** Tasa de crecimiento; época de lluvias; época de sequía; índice de área foliar; área foliar específica.

### Abstract

Dry matter production (DM) and morphological composition were evaluated according to regrowth age (RA; four, six, and eight weeks) and prairie height (PH) in *Pennisetum ciliare* cv. H-17, during rainy season (RS) and drought (DS). The variables were total MS (TDM), leaf (LDM), stem (SDM), dead material (DMDM) and PH. A completely randomized design with four repetitions and linear regression analysis was used. During RS, the TDM was similar ( $p > 0.05$ ) between RA (8342 kg ha<sup>-1</sup>) and decreased 90% in DS. During RS, there was greater ( $p < 0.05$ ) LDM at four weeks, while at eight there was greater SDM and DMDM. The SDM and DDM were manifested when the PH was 34 cm and 47 cm, respectively. The RA and PH had a significant effect on the performance and structural behavior of DM in *Pennisetum ciliare* cv. H-17.

**Keywords:** Growth rate; rainy season; dry season; leaf area index; specific leaf area.

Recibido: 4 de junio de 2018

Aceptado: 11 de febrero de 2019

Publicado: 23 de octubre de 2019

**Como citar:** Garay-Martínez, J. R., Joaquín-Cancino, S., Estrada-Drouaillet, B., Martínez-González, J. C., Limas-Martínez, A. G., Hernández-Meléndez, J., & Rojas-García, A. R. (2019). Producción y cambios morfológicos de *Pennisetum ciliare* cv. H-17 en función de la edad de rebrote y altura de pradera. *Acta Universitaria* 29, e2306. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2019.2306>

## Introducción

El estado de Tamaulipas, México, se caracteriza por tener vocación ganadera, una de las actividades de sector primario de gran importancia, porque genera fuentes de empleo y contribuye a la seguridad alimentaria de la población. Esta actividad se lleva a cabo en todo el estado, pero destaca la producción de bovinos de carne en las regiones centro y sureste de Tamaulipas (Elizondo & Maldonado, 2007). Para el año 2015, Tamaulipas se posicionó entre los 12 estados del país con mayor inventario de ganado bovino productor de carne, con más de 1.3 millones de cabezas; además, se ubicó en el onceavo y doceavo lugar en inventario caprino y ovino, con más de 274 000 y 253 000 cabezas, respectivamente (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2015). Por la ubicación geográfica, el estado de Tamaulipas presenta regiones áridas y semiáridas, razón por la cual el sistema de producción que más se ha implementado es el de vaca-becerro, que consiste en la producción de becerros para posteriormente venderlos al momento del destete; donde la mayoría de ellos se exportan al mercado de Estados Unidos, que es donde se finalizan en sistemas de producción intensivos (González & Lagos, 2014).

El sistema vaca-becerro se desarrolla exclusivamente bajo condiciones de pastoreo y con el uso limitado de suplementos (Martínez-González, Castillo-Rodríguez, Villalobos-Cortés & Hernández-Meléndez, 2017). Esta actividad se desarrolla principalmente en agostaderos (pastizales) y, en menor proporción, en praderas. Los principales géneros de gramíneas forrajeras que se pueden encontrar en los agostaderos son: *Tridens* spp., *Erioneuron* spp., *Bouteloua* spp., *Cenchrus* spp., *Aristida* spp., *Bouteloua* spp., *Andropogon* spp. y *Digitaria* spp. (Améndola, Castillo & Martínez, 2005; Rzedowski, 2006). En este ecosistema, la mayoría de las plantas tienen su mayor actividad biológica durante la época de lluvias (ELL) y el resto del año no producen forraje (Hussain *et al.*, 2015); por tal razón, se requieren extensiones de 2 ha a 30 ha para mantener una unidad animal (UA), con un ponderado de 11 ha UA<sup>-1</sup> (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [Sagarpa], 2009).

Para incrementar la productividad en los sistemas de producción ganaderos del estado de Tamaulipas, entre los años 1930 y 1940 se introdujo el pasto buffel (*Pennisetum ciliare* L. [Link.] sin. *Cenchrus ciliaris* L.) (Cox *et al.*, 1988) y, con ello, se logró disminuir el coeficiente de agostadero de 12 ha UA<sup>-1</sup> a 4 ha UA<sup>-1</sup> (Hanselka, 1985). Lo anterior se debió, principalmente, a que presenta características que lo hacen superior a las gramíneas nativas (desde el punto de vista forrajero) tales como mayores rendimientos anuales de materia seca (MS) (6 t ha<sup>-1</sup> a 12 t ha<sup>-1</sup>) y contenidos de proteína cruda (6% a 15%) (Osman, Makawi & Ahmed, 2008; Saini, Jain & Joshi, 2007), además de elevada tolerancia a la sequía (Tommasino *et al.*, 2012), capacidad de soportar el pastoreo intensivo y exitosa propagación (Conde-Lozano, Saldívar-Fitzmaurice, Briones-Encinia & Martínez-González, 2011; Quiroga *et al.*, 2013). En este sentido, Díaz Franco, Méndez Rodríguez & Garza Cedillo (2007) mencionaron que durante el año 2007 en el Estado de Tamaulipas predominaban 260 000 ha de pasto buffel común.

Por otra parte, el rendimiento de MS del pasto buffel es influenciado por el genotipo (Garduño Velázquez *et al.*, 2015; Velásquez Valle, Muñoz Villalobos, Macías Rodríguez, Esquivel Arriaga & Rivera González, 2014) y las fluctuaciones de temperatura y precipitación durante el año (Martínez-López, Gutiérrez-Ornelas, Barrera-Silva & Retes-López, 2014), las cuales hacen que el pasto buffel se encuentre en estado de latencia con la biomasa seca y, al llegar la ELL, inicia su actividad biológica (Hussain *et al.*, 2015). En el centro-sureste del estado de Tamaulipas se encuentran definidas dos épocas: de lluvias (mayo-octubre) y seca (noviembre-abril), lo cual da lugar a que la producción de forraje se presente de manera estacional, correlacionada positivamente con los meses de mayor precipitación (Gómez de la Fuente *et al.*, 2007).

Se debe considerar que la pradera es un ecosistema dinámico y, como tal, necesita un manejo estratégico para mantener la producción de forraje y la persistencia de esta (Cruz Hernández *et al.*, 2011). Dentro del manejo destacan prácticas como la fertilización y la intensidad y edad de rebrote a la cual se pastorea o se cosecha el forraje (Cruz-Hernández *et al.*, 2017; López-Chuken & López-Domínguez, 2012). La edad de rebrote tiene una correlación positiva con el rendimiento del forraje, pero una correlación negativa con el valor nutritivo de este (Garay *et al.*, 2017). Lo anterior ocurre como consecuencia de la madurez de la planta que ocasiona cambios en la relación a los componentes morfológicos; es decir, existe una reducción en la proporción de hojas y un incremento en los tallos y el material muerto (MSmm) (Cruz Hernández *et al.*, 2011; Garay *et al.*, 2017).

Se ha mencionado que el mejor momento para cosechar un forraje es antes de la senescencia foliar, para evitar pérdidas tanto en el rendimiento y en valor nutritivo (Calzada-Marín, Enríquez-Quiroz, Hernández-Garay, Ortega-Jiménez & Mendoza-Pedroza, 2014; Silva *et al.*, 2016). La altura de la pradera (AP) es una forma práctica de saber cuándo es el mejor momento para aprovechar el recurso forrajero, ya que esta influye en el índice de área foliar que, a su vez, determinará la senescencia foliar del estrato inferior (Baldissera *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2016).

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la acumulación de MS y composición morfológica de *Pennisetum ciliare* cv. H-17 en función de la edad de rebrote en las épocas de lluvias y seca, así como la AP y su efecto en la composición morfológica.

## Materiales y Métodos

### Localización del sitio experimental y características edafoclimáticas

El estudio se realizó en condiciones de temporal, de mayo 2016 a abril 2017, en la Posta Zootécnica llamada Ingeniero Herminio García González de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Las coordenadas geográficas son 23° 56' 26.5" N y 99° 05' 59.9" O, a 193 m s.n.m. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2015). El clima del lugar se clasifica como BS1 (h') hw (Vargas, Hernández, Gutiérrez, Plácido & Jiménez, 2007), tiene una temperatura (T) media anual de 24.1 °C y una precipitación media anual de 940 mm, donde la mayor precipitación suele presentarse de mayo a octubre (Comisión Nacional del Agua [Conagua], 2010). Esta evaluación se realizó durante la ELL que comprendió de mayo a octubre de 2016 (620 mm, T<sub>min</sub> = 18 °C; T<sub>max</sub> = 38 °C) y la época seca (ES), comprendida entre noviembre 2016 a abril 2017 (148 mm, T<sub>min</sub> = 10 °C; T<sub>max</sub> = 35 °C). El suelo en el sitio de estudio fue arcilloso (11%, 23% y 66% de arena, limo y arcilla, respectivamente), sin problemas de salinidad (Relación de Adsorción de Sodio; (RAS) = 0.19), pH alcalino (8.3) y contenidos de materia orgánica, nitrógeno y carbonatos totales de 4.27%, 0.25% y 38.2%, respectivamente. Los contenidos de P, K, Fe y Zn fueron de 7.46 mg kg<sup>-1</sup>, 288.6 mg kg<sup>-1</sup>, 1.43 mg kg<sup>-1</sup> y 0.46 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

### Tratamientos y diseño experimental

Se utilizó una pradera de pasto buffel (*Pennisetum ciliare* cv. H-17) de cuatro años de establecida, que se utilizaba para henificar. Primero, se realizó un corte de uniformización a 5 cm de altura, se retiró todo el material vegetal y, posteriormente, se trazó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron tres edades de rebrote (cuatro, seis y ocho semanas). Se utilizaron 12 unidades experimentales de 5 m × 5 m (25 m<sup>2</sup>) cada una, donde se colocó aleatoriamente un cuadro fijo de 1 m<sup>2</sup>. Se fertilizó con 120 kg ha<sup>-1</sup>, 60 kg ha<sup>-1</sup>, 70 kg ha<sup>-1</sup> y 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K y S, respectivamente; las fuentes utilizadas fueron: Urea, Sulfato de Amonio, Fosfato Monoamónico y Cloruro de Potasio. Al inicio del

experimento, se aplicó al voleo todo el fertilizante, a excepción del nitrógeno, que se fraccionó en dos aplicaciones, al inicio de la evaluación de las épocas de lluvias y seca.

## Evaluación de la acumulación de MS y composición morfológica

Se realizó un corte de uniformización y, posteriormente, se realizaron los muestreos cada cuatro, seis y ocho semanas. El área de muestreo fue un cuadro de 1 m<sup>2</sup>, primero se hicieron cinco mediciones de la AP; posteriormente, se cosechó el forraje a 15 cm de altura sobre el nivel del suelo. El forraje cosechado se pesó inmediatamente para determinar el rendimiento de forraje verde (MV). Posteriormente, se tomó una muestra de 200 g y se separó en los componentes morfológicos: hoja (lámina foliar + vaina), tallo y MSmm (láminas foliares con más del 50% del tejido clorótico). Para estimar el área foliar, se tomaron láminas foliares de cinco tallos por cada muestra y se midió con el integrador de área modelo CI-202. Todas las muestras se colocaron en una estufa de aire forzado, modelo OMS60, a 65 °C por 48 h. Cada componente morfológico se pesó antes (MV) y después de secarse (MS) en una balanza analítica, modelo CQT 2601, para determinar el contenido porcentual de MS. Al final de cada muestreo, se realizó un corte de uniformidad a 15 cm en todas las unidades experimentales.

## VARIABLES DE RESPUESTA

Con los datos del rendimiento de la materia seca total (MSTT) se calculó la tasa de crecimiento ( $\text{kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ ); para ello, se dividió el rendimiento de la MSTT de cada edad de rebrote entre los días transcurridos entre un corte y el siguiente. La materia seca de hoja (MSh), tallo (MSt) y material muerto (MSmm) se determinaron con las submuestras de los componentes morfológicos; posteriormente, se realizaron los cálculos para estimar la producción de MS en  $\text{kg ha}^{-1}$ . La MSTT, se determinó en  $\text{kg ha}^{-1}$  en cada una de las edades de rebrote, mediante la suma de los componentes morfológicos (MSt, MSh y MSmm). Se estimó el área foliar específica (AFE;  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ) y el índice de área foliar (IAF). La AP se determinó en cm, desde el suelo hasta el punto más alto de la planta, sin estirla.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables se analizaron con el procedimiento GLM (*Statistical Analysis System* [SAS], 2003) dentro de cada época, en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Cuando se encontró diferencia estadística, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ). Además, se aplicó el procedimiento REG (SAS, 2003) para el análisis de regresión simple entre la AP y el rendimiento de la MSTT y sus componentes morfológicos.

## Resultados

### Tasa de crecimiento en *Pennisetum ciliare* cv. H-17

El pasto buffel presentó marcada estacionalidad en el crecimiento, donde hubo mayor producción de forraje en los meses de mayo a octubre. Durante la ELL, se presentaron las mayores tasas de crecimiento (TC) y estas disminuyeron hacia el final de esta época; además, se presentó una disminución considerable durante el mes de agosto debido a la sequía intraestival (canícula). En los meses de junio y julio se presentaron las máximas tasas de crecimiento, cuyos valores fueron de  $136 \text{ kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ ,  $124 \text{ kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$  y  $107 \text{ kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ , para la cuarta, sexta y octava semana de rebrote, respectivamente. Al final de esta época, las TC fueron menores, con valores de  $8 \text{ kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ ,  $15 \text{ kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$  y  $7 \text{ kg ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ , para la cuarta, sexta y octava semana,

respectivamente. La TC promedio durante la época seca fue de  $48.9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ,  $49.2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  y  $50.9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , para las cuatro, seis y ocho semanas de rebrote, respectivamente (figura 1).

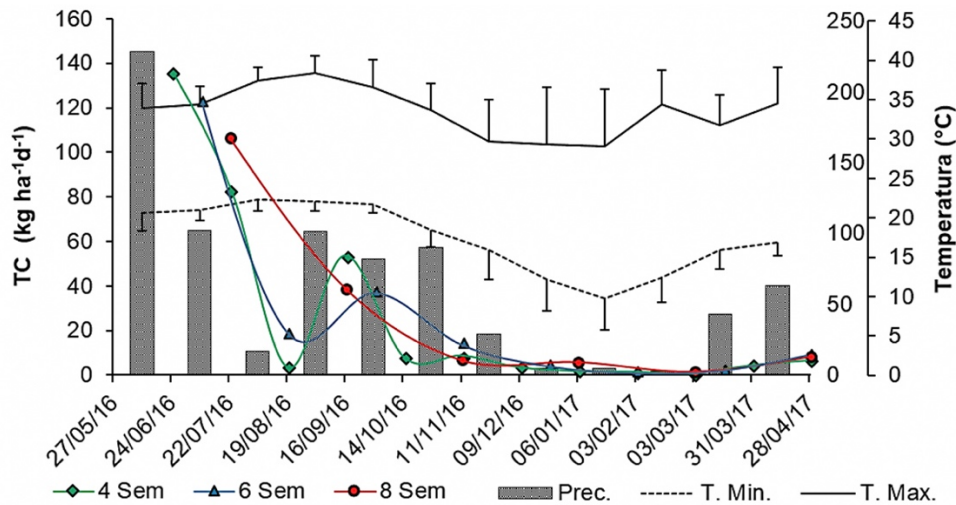


Figura 1. Tasa de crecimiento (TC) en *Pennisetum ciliare* cv. H-17, cosechado a tres edades de rebrote (Sem: semanas) y distribución de la precipitación mensual acumulada (Prec.) y temperatura máxima (T. Max) y mínima (T. Min) mensual promedio registradas durante la evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

Durante la ES (noviembre-abril), las mayores TC se presentaron al final de esta época, en el mes de abril, con valores de  $10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ,  $7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  y  $9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , pero también se registraron TC de  $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ,  $2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  y  $2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  para la cuarta, sexta y octava semana de rebrote, respectivamente. Las TC promedio durante esta época fueron de  $3.4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ,  $5.2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  y  $5.5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , para las semanas cuatro, seis y ocho, respectivamente (figura 1). Cabe mencionar que durante la época de seca se presentó mayor amplitud térmica, que fue más notable en el mes de febrero, donde la temperatura osciló entre  $6 \text{ °C}$  y  $36 \text{ °C}$  (figura 1).

## Rendimiento de MS y componentes morfológicos

El rendimiento de MSTT durante la ELL fue similar ( $p > 0.05$ ) entre las edades de rebrote, con un promedio de  $8\,342 \text{ kg ha}^{-1}$ . Sin embargo, durante la época seca, se observaron diferencias en el rendimiento de MSTT entre las edades de rebrote ( $p < 0.05$ ), donde el rendimiento mayor se presentó a las ocho y seis semanas de rebrote ( $919 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $881 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente). La época afectó el rendimiento, ya que este disminuyó 90% en la ES. Por otra parte, el rendimiento anual de MSTT no se modificó por la edad de rebrote ( $p > 0.05$ ), con promedio de  $9\,133 \text{ kg ha}^{-1}$  (tabla 1).

**Tabla 1.** Rendimiento de forraje y componentes morfológicos de *Pennisetum ciliare* cv. H-17, a tres edades de rebrote durante las épocas de lluvias (mayo-octubre 2016) y seca (noviembre 2016-abril 2017).

Edad de rebrote (semanas)	Lluvias		Seca		Rendimiento anual	
<b>Rendimiento de forraje total (kg ha<sup>-1</sup> de MS)</b>						
4	8213	a	572	b	8785	a
6	8268	a	881	a	9149	a
8	8546	a	919	a	9465	a
Promedio	8342		791			
<b>Rendimiento de hoja (kg ha<sup>-1</sup> de MS)</b>						
4	6799	a	572	b	7371	a
6	6502	a	881	a	7383	a
8	5330	b	919	a	6249	b
Promedio	6210		791			
<b>Rendimiento de tallo (kg ha<sup>-1</sup> de MS)</b>						
4	1124	b	0		1124	b
6	1235	b	0		1235	b
8	2273	a	0		2273	a
Promedio	1544		0			
<b>Rendimiento de material muerto (kg ha<sup>-1</sup> de MS)</b>						
4	289	b	0		289	b
6	533	b	0		533	b
8	942	a	0		942	a
Promedio	588		0			

Literales diferentes entre las filas (a, b) indican diferencia estadística significativa (Tukey;  $p \leq 0.05$ ).

Fuente: Elaboración propia.

Durante la ELL, cuando se cosechó el forraje a las cuatro y seis semanas de rebrote, se observó el mayor rendimiento ( $p < 0.05$ ) de MSh, con un valor promedio de 6650 kg ha<sup>-1</sup>. A las ocho semanas, se observó que el rendimiento de MSh disminuyó 18%, con respecto a la sexta semana de rebrote (tabla 1). Durante la ES, los rendimientos de MSh en las diferentes edades de rebrote fueron los mismos valores que de MSTT, ya que esta estuvo compuesta en su totalidad por hojas. El rendimiento anual de MSh fue mayor a la cuarta y sexta semana de rebrote ( $p < 0.05$ ), con un valor promedio de 7377 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que a la octava semana el rendimiento fue de 6249 kg ha<sup>-1</sup> (tabla 1).

La edad de rebrote, durante la ELL, afectó significativamente ( $p < 0.05$ ) el rendimiento de MSt. En este sentido, a la octava semana se registró el valor mayor (2 273 kg ha<sup>-1</sup>), mientras que a la cuarta y sexta semana los valores fueron similares ( $p > 0.05$ ), con un promedio de 1179 kg ha<sup>-1</sup>. La materia seca de MSmm presentó una tendencia similar a la MSt, donde la cuarta y sexta semana de rebrote fueron similares y presentaron el menor rendimiento de MSmm ( $p < 0.05$ ), con un valor promedio de 411 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que a las ocho semanas el rendimiento de MSmm fue mayor (942 kg ha<sup>-1</sup>). Durante la ES no hubo presencia de tallos y MSmm (tabla 1).

## AP, área foliar específica e índice de área foliar

Durante la ELL se observó que la edad de rebrote tuvo un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en la AP, ya que esta incrementó en función de la edad de rebrote. El valor más alto se presentó a las ocho semanas (48 cm); mientras que a las cuatro semanas la AP fue la más baja (29 cm). Durante la ES no se presentaron diferencias para la AP entre las edades de rebrote ( $p > 0.05$ ), con un promedio de 19 cm. La ES afectó negativamente la AP, ya que esta disminuyó 51% en comparación con la ELL (tabla 2).

El índice de área foliar (IAF) incrementó con la edad de rebrote y los valores más altos ( $p < 0.05$ ) se presentaron a la sexta y octava semana, con un promedio de 1.8, durante la ELL. Por el contrario, en la ES, solo hubo diferencias ( $p < 0.05$ ) entre la cuarta y octava semana (0.2 vs. 0.5, respectivamente); así mismo, el IAF disminuyó 76% en esta época en comparación con la de lluvias.

El área foliar específica (AFE) disminuyó al incrementar la edad de rebrote en ambas épocas. Durante la ELL, a la cuarta semana las hojas fueron más delgadas con un valor de  $192 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , en comparación con la sexta y octava semana, que fueron similares ( $p > 0.05$ ), con un valor promedio de  $172 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , mientras que, en la ES, el AFE en la cuarta y sexta semana fueron similares ( $p < 0.05$ ) y con el valor promedio más alto ( $197 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) en comparación con la octava semana ( $167 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) (tabla 2).

**Tabla 2.** Altura de la pradera, índice de área foliar y área foliar específica de *Pennisetum ciliare* cv. H-17, a tres edades de rebrote durante las épocas de lluvias (mayo-octubre 2016) y seca (noviembre 2016-abril 2017).

Edad de rebrote (semanas)	Lluvias		Seca	
<b>Altura de la pradera (cm)</b>				
4	29.2	c	18.9	a
6	41.9	b	19.4	a
8	47.7	a	19.7	a
Promedio	39.6		19.3	
<b>Índice de área foliar</b>				
4	1.3	b	0.2	b
6	1.7	a	0.4	ab
8	2.0	a	0.5	a
Promedio	1.7		0.4	
<b>Área foliar específica (<math>\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}</math>)</b>				
4	192	a	194	a
6	173	b	200	a
8	172	b	167	b
Promedio	179		187	

Dentro de época, literales diferentes entre las filas (a, b, c) indican diferencia estadística significativa (Tukey;  $p \leq 0.05$ ).

Fuente: Elaboración propia.

## Correlación entre la AP y rendimiento de MS y componentes morfológicos

Se observó una correlación positiva entre la AP y las variables evaluadas (MSTT, MSh, MSt y MSmm). Las ecuaciones de regresión lineal presentaron coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de 0.88, 0.82, 0.70 y 0.56 para MSTT, MSh, MSt y MSmm, respectivamente (figura 2). Las ecuaciones de regresión lineal mostraron que, por cada centímetro que aumentó la AP, a partir de los 17 cm, se incrementó  $81.5 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $50.9 \text{ kg ha}^{-1}$  el rendimiento de MSTT y MSh, respectivamente. Por otra parte, según los modelos de regresión lineal para MSt y MSmm, los tallos y el MSmm se manifestaron por primera vez cuando la AP fue de 34 cm y 47 cm, respectivamente, y estos incrementaron en  $31.9 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $24.3 \text{ kg ha}^{-1}$  por cada centímetro que amentó la AP (figura 2).

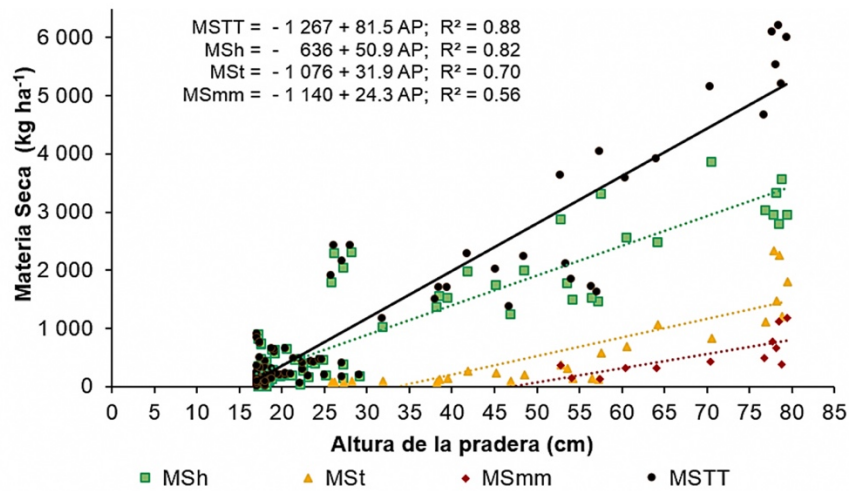


Figura 2. Correlación entre la altura de la pradera (AP) y el rendimiento de materia seca total (MSTT) y los componentes morfológicos (MSh: hoja, MSt: tallo y MSmm: material muerto) de *Pennisetum ciliare* cv. H-17.

Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

### Tasa de crecimiento en *Pennisetum ciliare* cv. H-17

Las tasas de crecimiento observadas en el pasto buffel durante la ELL fueron influenciadas principalmente por la disponibilidad de humedad (620 mm de precipitación) y las temperaturas mínima y máxima promedio, que fueron de 21 °C y 36 °C, respectivamente, condiciones que favorecieron el crecimiento activo del forraje (Cruz López *et al.*, 2011; Martínez-López *et al.*, 2014; Santos, Voltolini, Angelotti, Aidar & Chavez, 2014).

Por otra parte, la reducción en la TC durante la ES fue resultado de la poca disponibilidad de humedad (148 mm) y el marcado descenso en la temperatura (14 °C y 31 °C, mínima y máxima promedio, respectivamente), que, en el mes de enero, la temperatura mínima osciló entre 6 °C y 14 °C. Se ha documentado que, en las gramíneas tropicales como el pasto buffel, cuando la temperatura desciende por debajo de los 15 °C se detiene el crecimiento de la planta (Durán Puga *et al.*, 2011), esto como consecuencia de la desaceleración de la translocación del almidón de los cloroplastos, debido a la interrupción de la respiración y la fotosíntesis provocada por las bajas temperaturas (Hilliard & West, 1970).

Así mismo, Santos *et al.* (2014) reportaron una reducción de 63% en el rendimiento del pasto buffel cuando la temperatura disminuyó de 32 °C a 26 °C. Sin embargo, en este experimento la reducción en el rendimiento de forraje fue del 90% entre las épocas, esto podría deberse a que durante la ES hubo menor disponibilidad de agua en el suelo, además que se presentó una mayor amplitud térmica (11 °C - 37 °C) en comparación con la ELL (19 °C - 38 °C).

### Rendimiento de MS y componentes morfológicos

En el presente estudio se obtuvieron rendimientos de MSTT entre 8.7 t ha<sup>-1</sup> y 9.4 t ha<sup>-1</sup>, mientras que Saini *et al.* (2007), al evaluar diferentes cultivares de *Pennisetum ciliare*, encontraron rendimientos que oscilaron entre 8 t ha<sup>-1</sup> y 12 t ha<sup>-1</sup>; estas diferencias probablemente se deban a los diferentes cultivares mejorados que



evaluaron (CCB 1, IGFRI, CAZRI 75 y CAZRI 358). Los factores ambientales (precipitación y temperatura) y de manejo (cosecha a diferente edad de rebrote) determinaron la dinámica en el rendimiento de la MS y la proporción de los componentes morfológicos. Los mayores cambios se presentaron durante la ELL como resultado del crecimiento activo del pasto y, como consecuencia, se observó mayor recambio de tejidos (Castro Rivera *et al.*, 2013). Así mismo, Santos *et al.* (2014) mencionaron que el incremento en la temperatura acelera el crecimiento de la planta y esto provoca que la senescencia del forraje se acelere. Por otra parte, durante la ES, se observó menor rendimiento de forraje; esto, según Cruz López *et al.* (2011), se debe a una menor tasa de crecimiento, lo cual se ve reflejada en menor acumulación de MS y que el componente que más aportan al rendimiento es la hoja.

El mayor rendimiento de MSh se obtuvo cuando se cosechó a cuatro y seis semanas y se considera que el forraje producido tendría mayor valor nutritivo, ya que, según Pérez Amaro *et al.* (2004), a mayor proporción de hojas, el contenido de nitrógeno en la MSTT es mayor, lo cual se traduce en un forraje con mayor contenido de proteína cruda. Por el contrario, cuando existe mayor proporción de tallos en la MSTT, como sucedió cuando el forraje se cosechó cada ocho semanas durante la ELL, puede disminuir la digestibilidad y, como consecuencia, el consumo de forraje por el animal (Cavalcante *et al.*, 2014).

### AP, área foliar específica e índice de área foliar

Los valores de IAF obtenidos en el presente estudio durante el periodo de lluvias fueron similares a los obtenidos por Clavero Cepeda (1993), quien encontró que el IAF en pasto buffel incrementó linealmente acorde al rendimiento de MS, con valores máximos de 1.9 durante el periodo de lluvias. Resultados similares encontraron Gómez de la Fuente *et al.* (2007), quienes obtuvieron correlación positiva entre la precipitación y humedad en el suelo, esto incrementó en la tasa de crecimiento y el IAF; sin embargo, este índice varió de un año a otro, acorde a las condiciones ambientales. Al respecto, Ferrera Coutinho, De Souza Carneiro, Loiola Edvan, Melo Santiago & Rodríguez Albuquerque (2015) encontraron valores de IAF de 1.1 cuando existían condiciones de humedad adecuadas y de 0.1 cuando se presentaron periodos prolongados sin riego en pasto buffel. En este estudio, los valores en el IAF fueron menores durante la ES en comparación con la de lluvias, esto como resultado de un menor crecimiento y expansión foliar, que se vio reflejado en una disminución en los valores del IAF (Lara Fagundes *et al.*, 2001).

Para que una planta tenga rápido crecimiento y desarrollo, además del incremento del sistema radicular, debe expandir el sistema foliar para tener una adecuada capacidad de interceptar la luz solar y coincide cuando el IAF es máximo (Gastal & Lemaire, 2015). El IAF está correlacionado positivamente con la AP y al incrementar disminuye la interceptación lumínica de las láminas foliares del estrato inferior (Baldissera *et al.*, 2016), por lo cual se presenta la senescencia foliar.

Los valores mayores en el AFE se presentaron a las cuatro y seis semanas de rebrote, durante las ELL y ES, respectivamente. Las hojas de las edades de rebrote antes mencionadas fueron más delgadas, con mayores tasas de fotosíntesis (Reich, Walters & Ellsworth, 1997) y podrían presentar mayor contenido de proteína cruda, ya que, según Pérez Amaro *et al.* (2004), a mayor valor en el AFE, es mayor el contenido de nitrógeno. La disminución de los valores del AFE se debe principalmente al aumento en la altura y maduración de la planta (Gómez, Guenni & Bravo de Guenni, 2012), que ocasionó mayor proporción de hojas maduras y de mayor espesor, en comparación con las hojas jóvenes (Yasuoka *et al.*, 2017).

### Correlación entre la AP y rendimiento de MS y componentes morfológicos

El incremento de la AP en pasto buffel favoreció los cambios estructurales en la MSTT, con notable incremento en la producción de tallos y MSmm, esto como consecuencia de la maduración y senescencia

del forraje (Garay *et al.*, 2017; Gastal & Lemaire, 2015). Se deben considerar los cambios antes mencionados para optimizar el aprovechamiento del recurso forrajero; ya que se ha documentado que la parte superior de la pradera es de mayor valor nutritivo (Cullen, Bullen, Hutchenson, Jacobs & Deighton, 2017), principalmente porque está constituida por láminas foliares.

Por otra parte, los tallos tienen un efecto significativo en la disminución del forraje ingerido, cuando los animales pastorean, esto como consecuencia de la disminución en el tamaño y la tasa de bocados (bocados minuto<sup>-1</sup>) (Mezzalira *et al.*, 2017), lo cual podría disminuir las ganancias de peso en los animales. El pasto *Pennisetum ciliare* cv. H-17 se debería cosechar cuando la AP se encuentre entre 50 cm y 60 cm, que es cuando se presentan los tallos y la senescencia foliar, respectivamente, y así se evitarían pérdidas en el valor nutritivo y el rendimiento de forraje (Calzada-Marín *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2016). Mediante modelos de regresión lineal, se realizó una estimación adecuada del rendimiento total de forraje (MSTT) y de cada componente estructural (MSh, MSt y MSmm) en función de la AP. Lo anterior se debe a que la AP está altamente correlacionada con el rendimiento de forraje (Mezzalira *et al.*, 2017; Pontes, Carpinelli, Stafin, Porfirio-da-Silva & Santos, 2017).

## Conclusiones

En el lugar de estudio, la producción forraje de pasto buffel fue estacional, con mayor rendimiento durante la ELL (mayo-octubre). Los factores ambientales y la edad de rebrote tuvieron un efecto significativo en la tasa de crecimiento, que se vio reflejada en la dinámica de rendimiento de MS y el comportamiento morfológico en *Pennisetum ciliare* cv. H-17. Para obtener el mayor rendimiento de forraje y evitar pérdidas por senescencia foliar en *Pennisetum ciliare* cv. H-17, se debe cosechar cuando la AP se encuentre entre 50 cm y 60 cm. El productor o ganadero puede estimar a nivel de campo con rapidez y precisión, el rendimiento de forraje mediante la altura de la pradera.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por la beca CVU/Becario: 425135/266100 del primer autor.

## Referencias

- Améndola, R., Castillo, E., & Martínez, P. A. (2005). *Perfiles por país del recurso pastura/forraje*. México: Food and Agriculture Organization (FAO).
- Baldissera, T. C., Pontes, L. S., Giostri, A. F., Barro, R. S., Lustosa, S. B. C., Moraes, A., & Carvalho, P. C. F. (2016). Sward structure and relationship between canopy height and light interception for tropical C<sub>4</sub> grasses growing under trees. *Crop & Pasture Science*, 67(11), 1199-1207. doi: <https://doi.org/10.1071/CP16067>
- Calzada-Marín, J. M., Enríquez-Quiroz, J. F., Hernández Garay, A., Ortega Jiménez, E., & Mendoza-Pedroza, S. I. (2014). Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(2), 247-260.
- Castro Rivera, R., Hernández Garay, A., Ramírez Reynoso, O., Aguilar Benítez, G., Enríquez Quiroz, J. F., & Mendoza Pedroza, S. I. (2013). Crecimiento en longitud foliar y dinámica de población de tallos de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosa bajo pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(2), 201-215.
- Cavalcante, A. C. R., Araújo, J. F., Carneiro, M. S., Souza, H. A., Tonucci, R. G., Rogerio, M. C. P., & Vasconcelos, E. C. G. (2014). Potential use of tropical grass for deferment in Semi-Arid Region. *American Journal of Plant Sciences*, 5(7), 907-914. doi: <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.57103>

- Clavero Cepeda, T. (1993). Interrelación entre índice de área foliar, intercepción de luz y crecimiento del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 10(1), 39-55.
- Comisión Nacional de Agua (Conagua). (2010). *Normales climatológicas por Estado. Sistema Meteorológico Nacional (SMN)*. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=tamps>
- Conde-Lozano, E., Saldívar-Fitzmaurice, A. J., Briones-Encinia, F., & Martínez-González, J. C. (2011). Autopolinización en la producción de semilla de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 22(1), 133-140. doi: <https://doi.org/10.15517/am.v22i1.8677>
- Cox, J. R., Martin-R, M. H., Ibarra-F., F. A., Fourie, J. H., Rethman, N. F. G., & Wilcox, D. G. (1988). The influence of climate and soils on the distribution of four African grasses. *Journal of Range Management*, 41(2), 127-139.
- Cruz Hernández, A., Hernández Garay, A., Enríquez Quiroz, J. F., Gómez Vázquez, A., Ortega Jiménez, E., & Maldonado García, N. M. (2011a). Producción de forraje y composición morfológica del pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido 36061) sometido a diferentes regímenes de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2(4), 429-443.
- Cruz López, P. I., Hernández Garay, A., Enríquez Quiroz, J. F., Mendoza Padroza, S. I., Quero Carrillo, A. R., & Joaquín Torres, B. M. (2011b). Desempeño agronómico de genotipos de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickert en el trópico húmedo de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(2), 123-131.
- Cruz-Hernández, A., Hernández-Garay, A., Aranda-Ibañez, E. M., Chay-Canul, A. J., Márquez-Quiroz, C., Rojas-García, A. R., & Gómez-Vázquez, A. (2017). Nutritive value of Mulato Grass under different grazing strategies. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(10), 65-72. doi: <https://doi.org/10.19136/era.a4n10.883>
- Cullen, B. R., Bullen, D., Hutcheson, C., Jacobs, J. L., & Deighton, M. H. (2017). Changes in nutritive characteristics associated with plant height, and nutrient selection by dairy cows grazing four perennial pasture grasses. *Animal Production Science*, 57(7), 1392-1397. doi: <https://doi.org/10.1071/AN16481>
- Díaz Franco, A., Méndez Rodríguez, A. & Garza Cedillo, R. (2007). Tizón foliar del pasto Buffel: su presencia en Tamaulipas, México. *Agricultura Técnica en México*, 33(3), 285-295.
- Durán Puga, N., Ruiz Corral, J. A., González Eguiarte, D. R., Núñez Hernández, G., Padilla Ramírez, F. J., & Contreras Rodríguez, S. H. (2011). Temperaturas cardinales de desarrollo en la etapa siembra-emergencia de 11 pastos forrajeros. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2(3), 347-357.
- Elizondo, J., & Maldonado, N. (2007). *Catálogo de Productos y Servicios 2006*. México: Centro de Investigación Regional Noreste-INIFAP-Sagarpa.
- Ferrera Coutinho, M. J., De Souza Carneiro, M. S., Loiola Edvan, R., Melo Santiago, F. E., & Rodríguez Albuquerque, D. (2015). Características morfogénicas, estruturais e produtivas de capim-buffel sob diferentes turnos de rega. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45(2), 216-224. doi: <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v45i31361>
- Garay, J. R., Joaquín Cancino, S., Zárate Fortuna, P., Ibarra Hinojosa, M. A., Martínez González, J. C., González Dávila, R. P., & Cienfuegos Rivas, E. G. (2017). Dry matter accumulation and crude protein concentration in *Brachiaria* spp. cultivars in the humid tropics of Ecuador. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 5(2), 66-76. doi: [https://doi.org/10.17138/tgft\(5\)66-76](https://doi.org/10.17138/tgft(5)66-76)
- Garduño Velázquez, S., Rodríguez Herrera, R., Quero Carrillo, A. R., Enríquez Quiroz, J. F., Hernández Garay, A., & Pérez Hernández, A. (2015). Evaluación morfológica, citológica y valor nutritivo de siete nuevos genotipos y un cultivar de pasto *Cenchrus ciliaris* L., tolerantes a frío. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(7), 1679-1687. doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i7.561>
- Gastal, F., & Lemaire, G. (2015). Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: Review of the underlying ecophysiological processes. *Agriculture*, 5(4), 1146-1171. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture5041146>
- Gómez de la Fuente, E., Díaz Solís, H., Saldívar Fitzmaurice, A., Briones Encinia, F., Vargas Tristán, V., & Grant, W. E. (2007). Patrón de crecimiento de pasto buffel [*Pennisetum ciliare* L. (Link.) Sin. *Cenchrus ciliaris* L.] en Tamaulipas, México. *Técnica Pecuaria en México*, 45(1), 1-17.
- Enlace: <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1791/1785>

- Gómez, S., Guenni, O., & Bravo de Guenni, L. (2012). Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage Grass *Brachiaria decumbens* Stapf. *Grass and Forage Science*, 68(3), 395-407. doi: <https://doi.org/10.1111/gfs.12002>
- González, F., & Lagos, H. (2014). *Paquete tecnológico para la producción en el sistema vaca-becerro*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
- Hanselka, C. W. (1985). Grazing management strategies for buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.). In: E. C. A. Runge, & J. L. Schuster (Eds.). *Buffelgrass: Adaptation, management and forage quality* (pp. 22). Weslaco, Texas, USA: Proceedings of Texas A&M University Research Extension Center Symposium.
- Hilliard, J. H., & West, S. H. (1970). Starch accumulation associated with growth reduction at low temperatures in a tropical plant. *Science*, 168(3930), 494-496. doi: <https://doi.org/10.1126/science.168.3930.494>
- Hussain, M. Z., Saraswathi, G., Lalammawia, C., Otieno, D., Paliwal, K., & Tenhunen, J. (2015). Leaf and ecosystem gas exchange responses of Buffel grass dominated grassland to summer precipitation. *Pedosphere*, 25(1), 112-123. doi: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(14\)60081-3](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(14)60081-3)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2015). *Anuario estadístico y geográfico de Tamaulipas 2015*. México: INEGI.
- Lara Fagundes, J. L., Carneiro da Silva, S., Silveira Pedreira, C. G., Aparecida Carnevali, R., Brandão de Carvalho, C. A., Fisher Sbrissia, A., & De Moura Pinto, L. F. (2001). Índice de área foliar, coeficiente de extinção luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotação contínua. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(1), 187-195.
- López-Chuken, U. J., & López-Domínguez, U. (2012). Effect of fertilization, intensity, frequency and season of defoliation on herbage yield and nutritive value of *Cenchrus ciliaris* L. *Range Management and Agroforestry*, 33(2), 157-161.
- Martínez-González, J. C., Castillo-Rodríguez, S. P., Villalobos-Cortés, A., & Hernández-Meléndez, J. (2017). Sistemas de producción con rumiantes en México. *Ciencia Agropecuaria*, 26, 132-152.
- Martínez-López, J. R., Gutiérrez-Ornelas, E., Barrera-Silva, M. A., & Retes-López, R. (2014). Simulación estocástica para praderas de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en Marin, N. L., México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(1), 87-104.
- Mezzalira, J. C., Bonnet, O. J. F., Carvalho, P. C. F., Fonseca, L., Bremm, C., Mezzalira, C. C., & Laca, E. A. (2017). Mechanisms and implications of a type IV functional response for short-term intake rate of dry matter in large mammalian herbivores. *Journal of Animal Ecology*, 86(5), 1159-1168. doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12698>
- Osman, A. E., Makawi, M., & Ahmed, R. (2008). Potential of the indigenous desert grasses of the Arabian Peninsula for forage production in a water-scarce region. *Grass and Forage Science*, 66(4), 495-503. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2008.00656.x>
- Pérez Amaro, J. A., García Moya, E., Enríquez Quiroz, J. F., Quero Carrillo, A. R., Pérez Pérez, J., & Hernández Garay, A. (2004). Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria* híbrido, cv.). *Técnica Pecuaria en México*, 42(3), 447-458.
- Pontes, L. D. S., Carpinelli, S., Stafin, G., Porfirio-da-Silva, V., & Santos, B. R. C. (2017). Relationship between sward height and herbage mass for integrated crop-livestock systems with trees. *Grassland Science*, 63(1), 29-35. doi: <https://doi.org/10.1111/grs.12147>
- Quiroga, M., Grunberg, K., Ribotta, A., López, C. E., Carloni, E., Tommasino, E., Luna, C., & Griffa, S. (2013). Obtaining sexual genotypes for breeding in buffel grass. *South African Journal of Botany*, 88, 118-123. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2013.04.016>
- Reich, P. B., Walters, M. B., & Ellsworth, D. S. (1997). From tropics to tundra: Global convergence in plant functioning. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94(25), 13730-13734. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.94.25.13730>
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa). (2009). *Coefficientes de agostadero por entidad (hectárea por unidad animal)*. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Recuperado el 09 de octubre de 2019 de [http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/archivos/02\\_agrigan/d2\\_agrigan04\\_06.pdf](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/archivos/02_agrigan/d2_agrigan04_06.pdf)
- Saini, M. L., Jain, P., & Joshi, U. N. (2007). Morphological characteristics and nutritive value of some grass species in an arid ecosystem. *Grass and Forage Science*, 62(1),104-108. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2007.00563.x>
- Santos, R. M., Voltolini, T. V., Angelotti, F., Aidar, S. T., & Chaves, A. R. M. (2014). Productive and morphogenetic responses of buffel grass at different air temperatures and CO<sub>2</sub> concentrations. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43(8), 404-409. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000800002>
- SAS Institute. (2003). *Statistical Analysis System* (version 9.0). Cary NC, USA.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2015). *Bovino carne y leche. Población ganadera 2006-2015*. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera>
- Silva, V. J., Pedreira, C. G. S., Sollenberger, L. E., Silva, L. S., Yasuoka, J. I., & Almeida, I. C. L. (2016). Canopy height and nitrogen affect herbage accumulation, nutritive value, and grazing efficiency of 'Mulato II' Brachiariagrass. *Crop Science*, 56(4), 2054-206. doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.12.0764>
- Tommasino, E., Griffa, S., Grunberg, K., Ribotta, A., López Colomba, E., Carloni, E., Quiroga, M., & Luna, C. M. (2012). Malondialdehyde content as a potential biochemical indicator of tolerant *Cenchrus ciliaris* L. genotypes under heat stress treatment. *Grass and Forage Science*, 67(3), 456-459. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00851.x>
- Vargas-T., V., Hernández-R., E. M., Gutiérrez-L., J., Plácido-D., C. J., & Jiménez-C., A. (2007). Clasificación climática del Estado de Tamaulipas, México. *CienciaUAT*, 2(2), 15-19.
- Velásquez Valle, M. A., Muñoz Villalobos, J. A., Macías Rodríguez, H., Esquivel Arriaga, G., & Rivera González, M. (2014). Producción de forraje de variedades de zacate Buffel [*Pennisetum ciliare* L. (Link.) Sin. *Cenchrus ciliaris* L.] en la región árida del estado de Durango, México. *AGROFAZ*, 14(1), 69-76.
- Yasuoka, J. I., Pedreira, C. G. S., Da Silva, V. J., Alonso, M. P., Da Silva, L. S., & Gomes, F. J. (2017). Canopy height and N affect herbage accumulation and the relative contribution of leaf categories to photosynthesis of grazed brachiariagrass pastures. *Grass and Forage Science*, 73(1), 183-192. doi: <https://doi.org/10.1111/gfs.12302>