



## RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DEL PASTO MARALFALFA (*Pennisetum* sp.) A DIFERENTES EDADES

### YIELD AND NUTRITIONAL VALUE OF MARALFALFA GRASS (*Pennisetum* sp.) AT DIFFERENT AGES

Heriberto Maldonado-Quiñones<sup>1</sup>, Francisco O. Carrete-Carreón<sup>2</sup>, Osvaldo Reyes-Estrada<sup>2</sup>, Juan F. Sánchez-Arroyo<sup>2</sup>, Manuel Murillo-Ortiz<sup>2</sup> y Elia E. Araiza-Rosales<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales, Durango, Durango, México. <sup>2</sup>UJED, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Durango, Durango, México. <sup>3</sup>CONACYT-UJED, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Durango, Durango, México.

Autor de correspondencia (e\_araiza2002@hotmail.com)

#### RESUMEN

Existe un déficit de forraje en Durango, México durante la época de estiaje; por tal motivo, se hace necesario estudiar nuevas especies y variedades forrajeras prometedoras en términos de rendimiento y calidad del forraje. El objetivo del estudio fue determinar el rendimiento de materia verde, materia seca, composición morfológica y valor nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) a cuatro edades de rebrote (60, 90, 120 y 150 d). El estudio se desarrolló en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Se aplicó fertilizante en dos ocasiones con dosis de 60-00-00 por aplicación. Se utilizó un diseño completamente al azar con seis repeticiones, la unidad experimental consistió de un transecto de 1.0 m lineales. Se evaluó la composición química en muestras de planta completa y sus componentes (vainas, láminas, nudos y entrenudos). Se determinó materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas (C), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN), las fracciones de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina ácido detergente (LAD), así como la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y el valor relativo del forraje (VRF). Los resultados mostraron que la edad de la planta tuvo efecto ( $P \leq 0.05$ ) sobre el rendimiento, la composición morfológica y la composición química. El contenido de PC, C, EE, VRF y la DIVMS disminuyeron conforme aumentó la edad de la planta; por el contrario, el contenido de FDN y FDA incrementaron. El pasto maralfalfa representa una opción viable para producir forraje en cantidad y calidad aceptables durante todo el año en Durango, México.

**Palabras clave:** Calidad, digestibilidad, proteína, valor relativo del forraje.

#### SUMMARY

There is a forage deficit in the state of Durango, Mexico during the dry season; for this reason, it is necessary to study new promising species and varieties for forage production in terms of yield and quality. The study aimed to determine yield, green and dry matter, morphological composition and nutritional value of maralfalfa grass (*Pennisetum* sp.) at four regrowth ages (60, 90, 120 and 150 d). The study was carried out at the Faculty of Veterinary Medicine of the Juarez University of the State of Durango. Fertilizer was applied twice with a dose of 60-00-00 per application. A completely randomized design with six replication was used, the experimental unit consisted of a 1.0 linear m transect. Chemical composition was evaluated in samples of the whole plant and its components (sheets, leaf surface, nodes and internodes). Dry

matter (DM), crude protein (CP), ash (A), ethereal extract (EE), crude fiber (CF), nitrogen-free extract (NFE), fractions of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and acid detergent lignin (ADL), as well as *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) and the relative value of the forage (RVF) were determined. Results show that the age of the plant had an effect ( $P \leq 0.05$ ) on yield, morphological composition and chemical composition. The content of CP, A, EE, as well as the RVF and IVDMD decreased as the age of the plant increased; on the contrary, the content of NDF and ADF increased. Maralfalfa grass represents a viable option for forage production in acceptable quantity and quality throughout the year in Durango, Mexico.

**Index words:** Quality, digestibility, protein, relative value of forage.

#### INTRODUCCIÓN

En México, la producción de carne de bovino es una de las actividades más diseminadas en el medio rural y se lleva a cabo en todas las zonas del país; sin embargo, la producción del hato ganadero depende de las condiciones ambientales como precipitación y temperatura para la producción forrajera de los pastizales naturales, por lo que uno de los mayores problemas para la alimentación de rumiantes en pastoreo es la reducida disponibilidad de forraje durante el periodo de estiaje (Murillo-Ortiz *et al.*, 2014); por ello, la producción de forrajes cultivados es un complemento necesario para la producción bovina (Baizán *et al.*, 2015; Nava *et al.*, 2017); además, es sumamente importante conocer el momento oportuno de cosecha desde el punto de vista del rendimiento, calidad y persistencia de las plantas para un mejor aprovechamiento del cultivo forrajero (Cruz *et al.*, 2017).

El pasto maralfalfa es perenne y de alta productividad; ha sido introducido en varios países de Latinoamérica, como Colombia, Brasil y Venezuela, debido a su potencial como forraje para rumiantes (Ventura *et al.*, 2019).

Se han realizado evaluaciones en este pasto para definir

prácticas adecuadas de manejo, así como su potencial forrajero y valor nutritivo (Ramos-Santana *et al.*, 2014). Al tratarse de un pasto de alto rendimiento, el pasto maralfalfa permite incrementar la producción forrajera por hectárea, y por tanto la capacidad de carga, pues a mayor capacidad de carga, mayor es la rentabilidad del hato (Criscioni *et al.*, 2016).

Diversos estudios indican que la edad del forraje es un factor importante que influye sobre los parámetros de respuesta animal (Valles *et al.*, 2016), ya que afecta la calidad nutritiva y digestibilidad de éste, por lo que utilizar las plantas forrajeras en el momento adecuado es una de las tareas que los ganaderos deben cumplir con rigor; además, no existen estudios de maralfalfa en climas templados. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el rendimiento de materia verde, materia seca, componentes morfológicos y valor nutricional del pasto maralfalfa a cuatro edades de rebrote en el Valle del Guadiana, Durango, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La investigación se desarrolló en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, en Durango, México, con ubicación geográfica de 23° 57' 10.1" N y 104° 34' 30.1" W, a una altitud de 1875 m. El clima predominante es del tipo seco semiárido con régimen de lluvias en verano [BS, kw (w) (e)], la temperatura y precipitación promedio son 16 °C y 500 mm, respectivamente (CONAGUA, 2018). Los registros de temperatura y precipitación promedio mensuales del año

2016, en que se realizó el presente estudio, se obtuvieron de la estación meteorológica más cercana (INIFAP-Valle del Guadiana), a 6 km del área de estudio y se muestran gráficamente en la Figura 1.

### Establecimiento del cultivo

El cultivo se estableció en agosto de 2015, mediante el método de siembra de material vegetativo, en surcos de aproximadamente 100 m de largo, con una separación de 0.8 m. Tallos completos de pasto Maralfalfa se colocaron en el fondo del surco, uno seguido de otro, y cubriendo el material con una ligera capa de tierra.

Una vez establecido el cultivo, éste se mantuvo libre de maleza y se regó cada 15 d. Posterior a la primera helada y durante la temporada invernal, el cultivo permaneció en latencia, sin riego y sin fertilización. Una vez que la temperatura empezó a aumentar al final del invierno, y posterior a un riego realizado el 16 de febrero, el pasto empezó a rebrotar, por lo que se realizó un corte de homogenización en toda la parcela el 15 de marzo de 2016; después, se realizaron cortes del forraje a los 60, 90, 120 y 150 días. Del 16 de febrero al 13 de agosto se aplicaron nueve riegos. Se fertilizó en dos ocasiones con urea (dosis de 60-00-00 cada una); la primera se aplicó después del corte de homogenización y la segunda el 21 de abril.

### Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos fueron las edades de corte del forraje; a los 60, 90, 120 y 150 d. Se utilizó un diseño completamente al azar con seis repeticiones, la unidad experimental consistió de un transecto de 1.0 m lineales.

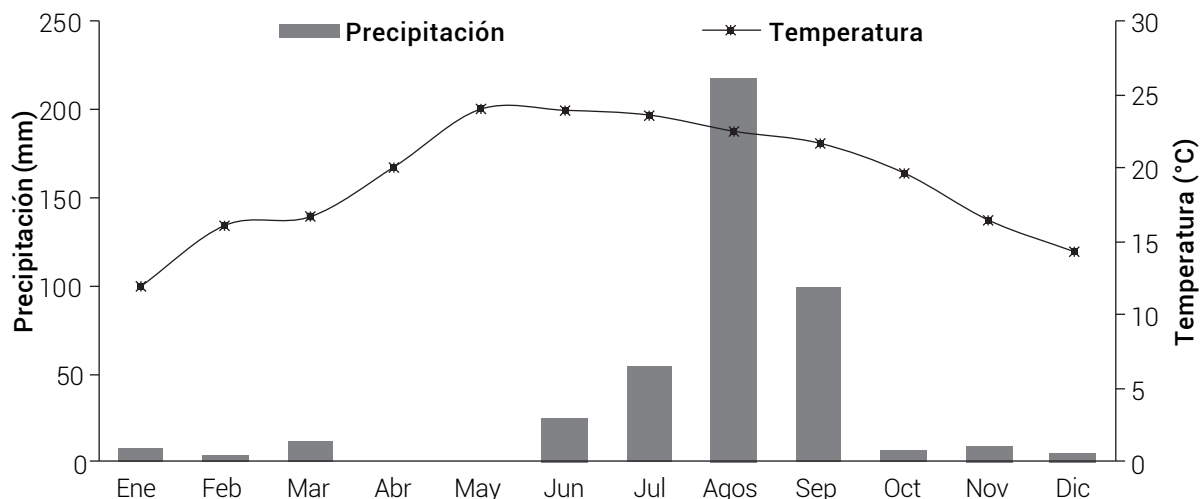


Figura 1. Temperatura y precipitación promedio mensual en el área de estudio, durante el año 2016.

### VARIABLES EVALUADAS

El material cosechado se pesó con una báscula digital (Torrey, México) con capacidad para 5.0 kg y precisión de 1.0 g. Se estimó el rendimiento de forraje verde ( $\text{g m}^{-2}$ ) y a partir de este dato se extrapolaron los resultados para estimar la producción ( $\text{t ha}^{-1}$ ). Se tomó al azar una planta por transecto para el análisis morfológico y la composición química, así como para determinar la altura y longitud de entrenudos en cm por medio de un flexómetro (Protul, Tepeji del Río, Hidalgo, México). El grosor de los tallos se obtuvo en mm midiendo el diámetro de los nudos y entrenudos con un vernier digital (Titan, Seattle, Washington, EUA) con precisión de 0.1 mm. Posteriormente, cada planta fue separada en sus componentes: hojas y tallos y los tallos a su vez en nudos y entrenudos, y láminas y vainas en el caso de las hojas. Los componentes se secaron en una estufa de aire forzado a 55 °C para luego ser molidos a un tamaño de 1.0 mm en un molino de cuchillas (Wiley, Thomas Scientific, Swedesboro, New Jersey, EUA) y se almacenó en bolsas para su posterior análisis químico. A la planta completa y a los componentes se les determinó el porcentaje de materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas (C), extracto etéreo (EE) y extracto libre de nitrógeno (ELN), de acuerdo con las técnicas descritas por Galyean (1997). La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), en porcentaje se obtuvo en una incubadora Daisy (ANKOM Technology, Macedon, New York, EUA), de acuerdo con el protocolo del fabricante (ANKOM Technology, 2017). El valor relativo del forraje (VRF) se calculó de acuerdo con la fórmula reportada por Undersander *et al.* (2002):

$$\text{VRF} = \frac{(\text{CMS})(\text{MSD})}{1.29}$$

$$\text{CMS} = \frac{120}{\% \text{FDN}}$$

$$\text{MSD} = 88.9 - [(0.779)(\% \text{FDA})]$$

Las fracciones de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina ácido detergente (LAD) se determinaron con la metodología propuesta por el fabricante (ANKOM Technology, 2017).

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables de rendimiento, valor nutricional del forraje y características de la planta completa se analizaron mediante análisis de varianza de una vía con el modelo de un diseño experimental completamente al azar y se aplicó la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para comparación de medias, mientras que la composición química de los

componentes morfológicos de la planta fueron analizadas mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial considerando la edad de rebrote como el factor A y los componentes de la planta como el factor B (láminas, vainas, entrenudos y nudos), así como la interacción edad de rebrote  $\times$  componente. En este caso se utilizó la prueba de Duncan ( $P \leq 0.05$ ) para comparar las medias de las combinaciones de edades y componentes. Se utilizó el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS, versión 9.1 (SAS Institute, 2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Planta completa

Los resultados correspondientes a rendimiento de materia verde y materia seca, así como características morfológicas de la planta como altura, longitud de entrenudos y diámetro de nudos y entrenudos se muestran en el Cuadro 1. El rendimiento de materia verde y seca aumentó con la edad de la planta ( $P \leq 0.05$ ). A medida que aumentó la edad también se registró un incremento en la altura de la planta y longitud de los entrenudos ( $P \leq 0.05$ ). Igualmente, el diámetro de nudos y entrenudos incrementó con la edad de las plantas ( $P < 0.05$ ). Este comportamiento es similar al registrado por Citalán *et al.* (2012) en pasto maralfalfa. De igual forma, Calzada-Marín *et al.* (2014) mencionaron que la dinámica de crecimiento de componentes del rendimiento del pasto maralfalfa muestra un incremento constante hasta los 151 d. No se encontraron datos de las variables morfológicas longitud de entrenudos ni de diámetro de nudos y entrenudos en estudios llevados a cabo por otros investigadores a fin de compararlos con los resultados obtenidos en esta investigación.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de las variables relacionadas con el valor nutricional de la planta. Se observa que el porcentaje de cenizas disminuyó conforme avanzó la edad ( $P \leq 0.05$ ). El contenido de PC disminuyó en 169 % a los 150 d con respecto a los 60 d ( $P \leq 0.05$ ), mientras que los contenidos de FDN y FDA aumentaron con la edad de rebrote ( $P \leq 0.05$ ). El VRF disminuyó 38 % a los 150 d con respecto a los 60 d de edad. El aumento en el contenido de componentes fibrosos se debe a que entre más madura sea la planta los tallos adquieren una mayor proporción de tejido estructural, alto en fibra (Valles *et al.*, 2016). También la DIVMS tiende a disminuir con la edad, lo cual implica menor disponibilidad de los nutrientes en las plantas maduras. Los valores registrados de DIVMS en este estudio son similares los reportados por Ortiz *et al.* (2016) en ensilado de maralfalfa. La alta DIVMS registrada en este estudio a los 60 d (84.4 %) se puede explicar porque

la planta aún es tierna, mientras que a los 150 d (71.87 %) hay un incremento en la pared celular (Cruz *et al.*, 2017).

La disminución observada en el contenido de PC en este estudio coincide con lo obtenido por Barrera-Álvarez *et al.* (2015). Ramírez *et al.* (2008) atribuyeron esta disminución a la reducción de la actividad metabólica de la planta, de manera que al incrementar la edad del forraje la síntesis de compuestos proteicos en la planta es menor.

Cuando la planta envejece se incrementa la relación de vainas, el material muerto y las hojas sombreadas. Como el número de cloroplastos es mayor en la porción de las hojas expuestas a la luz, la concentración de N será elevada cuando la relación de láminas en la planta es alta, como sucede en las plantas jóvenes (Clavero y Razz, 2009). Un efecto contrario ocurre con la FDN y FDA, ya que éstas aumentan con la edad de la planta, mostrando valores más bajos a los 60 d. Citalán *et al.* (2012) reportaron un incremento significativo en el contenido de la pared celular y lignina al avanzar la edad de corte. Estas diferencias se deben a que las plantas tienden a alcanzar

la madurez fisiológica, con un aumento en la pared celular y disminución de los compuestos solubles (Monção *et al.*, 2019).

### Componentes de la planta

La interacción edad de rebrote por componente fue altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) para el contenido de materia seca y proteína cruda (Cuadro 3). Los valores de MS obtenidos muestran que los componentes (lámina, vaina, entrenudos y nudos) presentaron una disminución conforme aumentó la edad de rebrote, esto puede atribuirse a algunas causas como la disponibilidad de agua, desarrollo del sistema radical de la planta y época del año; éstos pueden producir cambios morfológicos como la disminución de láminas foliares y el aumento de los haces vasculares (Valenciaga *et al.*, 2009). Es importante mencionar que la frecuencia de corte sólo afectó el rendimiento de materia seca a medida que aumentó la edad de la planta (Luna *et al.*, 2015).

**Cuadro 1. Rendimiento de forraje y características morfológicas de planta de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) a diferente edad de rebrote.**

Variable	Edad del rebrote (días)				Media	EEM
	60	90	120	150		
Rendimiento materia verde (t ha <sup>-1</sup> )	15.7 d	58.4 cd	81.7 bc	149.3 a	61.7	28.9
Rendimiento materia seca (t ha <sup>-1</sup> )	4.5 b	10.9 b	15.1 ab	24.0 a	13.6	6.8
Altura de la planta (cm)	103.0 d	151.9 c	192.4 b	272.9 a	180.0	15.7
Longitud entrenudos (cm)	1.70 c	6.4 b	8.7 ab	10.0 a	6.7	1.5
Diámetro entrenudos (mm)	3.4 b	9.8 a	11.2 a	12.5 a	9.2	2.4
Diámetro nudos (mm)	2.4 c	8.4 b	13.7 a	16.3 a	10.2	2.0

Medias con letras diferentes en la misma línea no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). EEM: error estándar de la media.

**Cuadro 2. Variables de calidad del forraje de planta completa de pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) a diferente edad de rebrote.**

Variable (%)	Edad del rebrote (días)				Media	EEM
	60	90	120	150		
Ceniza	15.1 a	16.1 a	13.4 b	10.7 c	9.4	1.6
Proteína cruda	15.8 a	7.6 bc	8.7 b	5.9 b	9.4	1.6
ELN	47.4 b	49.1 b	53.0 a	48.67 b	49.5	2.1
FDN	62.0 c	66.7 b	68.5 b	73.46 a	67.7	1.9
FDA	32.6 c	38.5 b	39.7 b	44.36 a	38.8	1.7
VRF	95.3 a	82.2 b	78.8 b	68.94 c	81.3	3.8
DIVMS	84.4 a	75.7 b	74.1 bc	71.87 c	76.5	2.0

Medias con letras diferentes en la misma línea no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). ELN: extracto libre de nitrógeno, FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida, VRF: valor relativo del forraje, DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca, EEM: error estándar de la media.

El contenido de proteína cruda fue mayor a los 90 días de rebrote; es evidente que los cambios ocurrieron de acuerdo con la edad de crecimiento, con clara disminución del contenido promedio de proteína a medida que la planta maduró. Este efecto es probablemente que se deba al incremento de los carbohidratos estructurales como consecuencia de los factores ambientales como precipitación, horas luz y temperatura; además, se sabe que con la edad en las plantas se presentan cambios morfológicos tales como disminución de las láminas foliares y aumento de los haces vasculares (Cárdenas *et al.*, 2012). Este comportamiento es similar al encontrado por Jaime *et al.* (2019), quienes evaluaron pasto elefante morado (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum americanum*) a diferentes días de madurez. De igual manera, Ramos-Santana *et al.* (2014) registraron una disminución en el contenido de PC en el forraje de maralfalfa.

Al tratarse de un pasto de alto rendimiento, maralfalfa incrementó 10 veces su rendimiento de 60 a 150 días; sin embargo, el PC disminuyó un 62 % en el caso de la lámina. La mayor calidad nutritiva obtenida para las láminas con respecto a los nudos, que presentaron la menor calidad, se asocia con una mayor riqueza de nutrientes en general en las hojas que en los tallos (Calzada-Marín *et al.*, 2014; Ventura *et al.*, 2019).

El porcentaje inferior de PC registrado en las vainas se puede atribuir tanto a la presencia de tejido vegetal muerto por encontrarse menos expuestas a la luz, a una mayor

lignificación de este componente, así como a la presencia de plantas con diferente edad para una misma edad del rebrote (León, 1987).

La interacción edad de rebrote por componente fue altamente significativa para los contenidos de FDN, FDA y LIG ( $P \leq 0.01$ ; Cuadro 4), se observa que conforme aumentó la edad de rebrote se incrementaron los contenidos de la pared celular para todos los componentes de la planta. Los mayores porcentajes de FDN, FDA y LIG se observaron en los nudos a los 120 días. Este resultado de mayor porcentaje en la pared celular en los nudos se puede atribuir a una mayor expansión de la pared celular para producir la pared secundaria y a la diferenciación de las células individuales de estos componentes del tallo (Cruz *et al.*, 2017). En otros estudios se han documentado incrementos significativos en el contenido de pared celular y lignina al incrementarse la edad de la planta (Clavero y Razz, 2009; Ventura *et al.*, 2019).

## CONCLUSIONES

La edad de rebrote está íntimamente ligada a la relación hoja:tallo, la cual define en gran parte el aprovechamiento que se puede lograr del forraje disponible. El pasto maralfalfa representa una opción viable para producir forraje en cantidad y calidad aceptables durante todo el año en climas templados. En esta especie se recomienda que el corte del forraje sea a los 90 d, que es cuando se presenta un balance entre calidad del forraje y rendimiento.

**Cuadro 3. Contenido de materia seca y proteína cruda de los componentes de la maralfalfa (*Pennisetum* sp.) por edad de rebrote.**

Componente	Edad del rebrote (días)			EEM	Significancia
	90	120	150		
Materia seca (%)					
Lámina	94.2 a	94.9 a	94.7 a	0.05	**
Vaina	94.0 a	94.8 a	93.9 b	0.05	**
Entrenudo	93.1 a	93.9 a	90.9 b	0.05	**
Nudo	92.1 a	92.4 a	88.20 b	0.05	**
Proteína cruda (%)					
Lámina	11.1 a	9.6 b	6.8 c	0.07	**
Vaina	3.6 a	3.4 a	3.2 a	0.07	**
Entrenudo	5.6 a	4.8 b	3.0 c	0.07	**
Nudo	7.6 a	5.7 b	3.8 c	0.07	**

Medias con letras diferentes en la misma línea no son estadísticamente diferentes (Duncan,  $P \leq 0.01$ ). EEM: error estándar de la media, \*\*: significancia con  $P \leq 0.01$ ).

**Cuadro 4. Contenido de fibras de los componentes de la planta de pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) por edad del rebrote.**

Componente	Edad del rebrote (días)			EEM	Significancia
	90	120	150		
FDN (%)					
Lámina	66.18 a	64.05 b	67.20 a	0.19	**
Vaina	68.35 b	69.27 b	72.94 a	0.19	**
Entrenudo	62.00 b	60.46 c	68.19 a	0.19	**
Nudo	63.17 c	70.20 b	75.50 a	0.19	**
FDA (%)					
Lámina	36.09 a	34.74 b	36.28 a	0.14	**
Vaina	38.79 b	38.56 b	41.13 a	0.14	**
Entrenudo	39.02 b	38.66 b	45.98 a	0.14	**
Nudo	36.47 c	41.87 b	47.41 a	0.14	**
LIG (%)					
Lámina	4.53 b	3.49 c	5.28 a	0.12	**
Vaina	4.98 b	5.35 a	5.81 a	0.12	**
Entrenudo	4.57 c	5.30 b	6.29 a	0.12	**
Nudo	5.55 c	7.38 b	8.19 a	0.12	**

Medias con letras diferentes en la misma línea no son estadísticamente diferentes (Duncan,  $P \leq 0.01$ ). EEM: error estándar de la media, \*\*: significancia con  $P \leq 0.01$ ), FDN: fibra detergente neutra, FDA: fibra detergente ácida, LIG: lignina.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANKOM Technology (2017) Fiber analyzer. Operator's Manual. Macedon, New York. 43 p.
- Baizán G. S., F. Vicente M., M. A. González A., C. González G., B. de la Roza D., A. Soldado C. y A. Martínez F. (2015) Alternativas forrajeras sostenibles como cultivo invernal en zonas templadas. *Pastos* 45:23-32.
- Barrera-Álvarez A. E., J. H. Avellaneda-Cevallos, E. O. Tapia-Moreno, M. M. Peña-Galea, C. A. Molina-Hidrovo y L. M. casanova F. (2015) Composición química y degradación de cuatro especies de *Pennisetum* sp. *Ciencia y Tecnología* 8:13-27, <https://doi.org/10.18779/cyt.v8i2.151>
- Calzada-Marín J. M., J. F. Enríquez-Quiroz, A. Hernández-Garay, E. Ortega-Jiménez y S. I. Mendoza-Pedroza (2014) Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 5:247-260, <https://doi.org/10.22319/rmcp.v5i2.3664>
- Cárdenas R. L. R., R. Pinto-Ruiz, F. J. Medina, F. Guevara, H. Gómez, A. Hernández y J. Carmona (2012) Producción y calidad del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp) durante la época seca. *Quehacer Científico en Chiapas* 1:38-46.
- Citalán C. L., B. Domínguez C., M. A. Orantes Z., A. Manzur C., B. Sánchez M., M. C. De los Santos L., ... y J. Nahed T. (2012) Evaluación nutricional de maralfalfa (*Pennisetum* spp.) en las diferentes etapas de crecimiento en el rancho San Daniel, municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas. *Quehacer Científico en Chiapas* 1:19-23.
- Clavero T. y R. Razz (2009) Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) en condiciones de defoliación. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 26:78-87.
- CONAGUA, Coisión Nacional del Agua (2018) Estadísticas del agua en México. Edición 2018. Comisión Nacional del Agua. Ciudad de México. 303 p.
- Criscioni P., J. V. Marti, I. Pérez-Baena, J. L. Palomares, T. Larsen and C. Fernández (2016) Replacement of Alfalfa hay (*Medicago sativa*) with maralfalfa hay (*Pennisetum* sp.) in diets of lactating dairy goats. *Animal Feed Science and Technology* 219:1-12, <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2016.05.020>
- Cruz H. A., A. Hernández G., A. J. Chay C., S. I. Mendoza P., S. Ramírez V., A. R. Rojas G. y J. Ventura R. (2017) Componentes del rendimiento y valor nutritivo de *Brachiaria humidicola* cv Chetumal a diferentes estrategias de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8:599-610, <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i3.34>
- Galyean M. L. (1997) Laboratory Procedures in Animal Nutrition Research. Department of Animal and Food Sciences. Texas Tech University. Lubbock, Texas, USA. 189 p.
- Herrera-Torres E., M. Cerrillo-Soto, A. Juárez-Reyes, M. Murillo-Ortiz, F. Ríos-Rincón, O. Reyes-Estrada y H. Bernal-Barragán (2010) Efecto del tiempo de cosecha sobre el valor proteico y energético del forraje verde hidropónico de trigo. *Interciencia* 35:284-289. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913156008>.
- Jaime A., M. Rosemberg y M. Echevarría (2019) Efecto de la edad y estación sobre el rendimiento y valor nutritivo del pasto elefante morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum americanum*) en la costa central. *Scientia Agropecuaria* 10:137-141, <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.15>
- León J. (1987) Botánica de los Cultivos Tropicales. Segunda edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 445 p.
- Luna M. R., E. Chacón M., J. Ramírez R., G. Álvarez P., P. Álvarez P., K. Plúa P. y A. Álava M. (2015) Rendimiento y calidad de dos especies del género *Pennisetum* en Ecuador. *Revista Electrónica de Veterinaria* 16:1-10.
- Molina S. (2005) Evaluación agronómica y bromatológica del pasto Maralfalfa (*Pennisetum purpureum*) cultivado en el Valle del Sinú. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Colombia* 58:39-45.
- Monção F. P., M. A. M. S. Costa, J. P. S. Rigueira, E. C. J. de Sales, D. B. Leal, M. F. P. da Silva, ... and V. R. Rocha Jr. (2019) Productivity and nutritional value of BRS capiaçu grass (*Pennisetum purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region. *Tropical Animal Health and Production*. 52:235-241, <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02012-y>
- Murillo-Ortiz M., M. Mellado-Bosque, E. Herrera-Torres, O. Reyes-Estrada and F. O. Carrete-Carreón (2014) Seasonal diet quality and metabolic profiles of steers grazing on Chihuahua desert rangeland.

- Livestock Science* 165:61-65, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.03.023>
- Nava B. C. A., R. Rosales S., R. Jiménez O., F. O. Carrete C., P. A. Domínguez M. y M. Murillo O. (2017)** Rendimiento y valor nutricional de tres variedades de sorgo dulce cultivadas en cuatro ambientes de Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 8:147-155, <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4426>
- Ortiz R. F., O. Reyes E., F. O. Carrete C., J. F. Sánchez A, E. Herrera T., M. Murillo O. and R. Rosales S. (2016)** Nutritional and fermentative quality of maralfalfa (*Pennisetum* sp.) silages at different cutting ages and ground corn levels. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 49:345-353.
- Ramírez J. L., D. Verdecia e I. Leonard (2008)** Rendimiento y caracterización del *Pennisetum* Cuba CT169 en un suelo pluvisol. *Revista Electrónica de Veterinaria* 9:050806,
- Ramos-Santana R., Y. Quijano-Cabrera y R. Macchiavelli (2014)** Evaluación del rendimiento y la calidad del forraje Maralfalfa en tres vaquerías del norte de Puerto Rico en la época de días largos. *Journal of Agriculture University of Puerto Rico* 98:169-177.
- SAS Institute (2004)**. User's Guide: Statistics Ver 9.1. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 5121 p.
- Undersander D., J. E. Moore and N. Schneider (2002)** Relative forage quality. *Focus on Forage* 12:1-3.
- Valenciaga D., B. Chongo, R. S. Herrera, V. Torres, A. Oramas, J. G. Cairo y M. Herrera (2009)** Efecto de la edad de rebrote en la composición química de *Pennisetum purpureum* vc. CUBA CT-115. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 43:73-79.
- Valles M. B., E. Castillo G. y H. Bernal B. (2016)** Rendimiento y degradabilidad ruminal de materia seca y energía de diez pastos tropicales cosechados a cuatro edades. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 7:141-158, <https://doi.org/10.22319/rmcp.v7i2.4170>
- Ventura R. J., I. Reyes V., A. García S., C. Muñoz G., A. Muro R., M. A. Maldonado P., ... y A. Cruz H. (2019)** Rendimiento, perfiles nutrimental y de fermentación ruminal *in vitro* del pasto maralfalfa (*Cenchrus purpureus* Schumacher) Morrone a diferentes frecuencias de corte en clima cálido. *Acta Universitaria* 29:1-11, <https://doi.org/10.15174/au.2019.2204>

