

## Atributos agronómicos y producción de forraje en ecotipos de *Cenchrus purpureus* en condiciones de trópico subhúmedo

José Francisco Villanueva-Avalos<sup>1</sup>

Abieser Vázquez-González<sup>1§</sup>

Adrián Raymundo Quero-Carrillo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Santiago Ixcuintla-INIFAP. Entronque carretera internacional México-Nogales km 6, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. CP. 63300. (villanueva.francisco@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56230. (queroadrian@colpos.mx).

§Autor para correspondencia: vazquez.abieser@inifap.gob.mx.

### Resumen

Se estudió la morfología y producción forrajera en 16 ecotipos de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone, en condiciones subtropicales del estado de Nayarit, México. El estudio se realizó en el Sitio Experimental El Verdineño-INIFAP. Los materiales evaluados incluyeron: Elefante, Uruguana, Taiwán, CT-169, Caña Africana, Maralfalfa, Mott, Roxo, King Grass morado, CT-115, Merkerón, Camerún, King Grass verde y tres ecotipos de Tamaulipas: Elefante Tamps, Maralfalfa Tamps y Roxo Tamps, establecidas en parcelas de 2 x 4 m<sup>2</sup>, con tres surcos de seis plantas cada uno, a razón de 25 000 plantas ha<sup>-1</sup>. Las evaluaciones se realizaron durante la época de déficit hídrico enero-julio de 2019 a 180 días de rebrote. Las variables morfológicas incluyeron: altura de planta, densidad de tallos por corona, diámetro basal y central de tallo, ancho y longitud de lámina de hoja central, número de entrenudos y longitud de entrenudo central. Para producción incluyeron: producción de materia seca (MS), tasa absoluta de crecimiento y relación hoja: tallo. Los datos se analizaron mediante un diseño completamente al azar, incluyendo a los 16 ecotipos y comparación de medias con Tukey ( $p < 0.05$ ). En todos los materiales se observaron diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) entre variables morfológicas y productivas. Los materiales sobresalientes para producción de MS fueron Elefante Tamps y Caña africana, con producción de (60.9 y 57.3 Mg MS ha<sup>-1</sup>); asimismo, para tasa absoluta de crecimiento: 338.5 y 318.5 kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>). Estos ecotipos constituyen una excelente alternativa para su utilización en los diferentes sistemas de producción de carne y leche en las áreas tropicales de México; lo anterior, bajo un corte a 180 días de rebrote en el estiaje.

**Palabras clave:** *Cenchrus purpureus*, morfología, producción de forraje.

Recibido: diciembre de 2021

Aceptado: febrero de 2022

## Introducción

*Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone, tiene como centro de origen África subtropical (Singh *et al.*, 2013). Es una especie con fotosíntesis C<sub>4</sub> de rápido crecimiento, crece bien en condiciones climáticas de trópico y suelos con buena retención de humedad (De Morais *et al.*, 2012). Estudios recientes en esta especie se centran en temas como producción de etanol, celulosa para papel, combustión directa de biomasa, sustituto del carbón vegetal y como forraje para la alimentación animal (Rueda *et al.*, 2016).

Este es uno de los forrajes más utilizados por rumiantes en los países tropicales en desarrollo (Rahman *et al.*, 2019). Su utilización en sistemas de producción ganadera se ha incrementado como forraje para corte, pastoreo y forraje de reserva para periodos secos. Debido a sus valores altos en producción de materia seca (MS), proporción de hoja, rusticidad y plasticidad; los cuales, le permiten adaptarse a gran diversidad de tipos de suelo (incluyendo aquellos de baja fertilidad) y condiciones climáticas adversas de altas temperaturas y bajas precipitaciones (García *et al.*, 2018).

Las cañas forrajeras responden a diferentes enfoques productivos, en base a tres usos potenciales: 1) corte o pastoreo con buena calidad de forraje, con utilización sin la expresión morfológica de la fase vegetal de elongación; lo anterior, con cortes/pastoreos a un máximo de 1 m de altura de planta; 2) ensilado o corte, con baja calidad de forraje, con presencia de tallos y utilización a 2 m de altura de planta, en combinación con cultivos como maíz (silo) o empacado; y 3) para biomasa (biocombustible, bioenergía, celulosa para papel o fuente de fibra para promoción de rumia en alimentos concentrados para alimentación en corral), con cortes a alturas de planta superiores 3-4 m.

*Cenchrus ciliaris* Sin. *Pennisetum purpureum* (Schum.) se introdujo en América Latina a inicios del siglo XX (Oliveira *et al.*, 2017). En la década de 1980 el Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias (INIP) actualmente (INIFAP), hicieron los primeros estudios en México con los ecotipos Elefante y Merkeron (Quero *et al.*, 2018). Posteriormente, se introdujeron materiales provenientes del Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba, siendo los cultivares King Grass, CT-115 y CT-169, estos dos últimos obtenidos mediante cultivo de tejidos (Herrera *et al.*, 2012). En la actualidad, es una de las especies forrajeras más extendidas en las regiones tropicales y subtropicales de México (Calzada *et al.*, 2018).

Sin embargo, se ha demostrado que también es una opción para la producción de forraje en la región semiárida, siempre que exista disponibilidad de riego (Ortiz *et al.*, 2017). En México existen más de 20 ecotipos introducidos y la mayoría de estos no están bien caracterizados con base a morfología y producción forrajera, esto se debe a que la mayoría de los estudios se han centrado en 20% de los materiales existentes y su uso ha llegado a causar confusión entre los productores.

Las variedades y ecotipos de *C. purpureus* presentan ventajas morfológicas, fisiológicas y productivas que las hacen deseables en condiciones edafoclimáticas específicas (Ramos *et al.*, 2013), por lo que inicialmente se requiere una caracterización morfológica para conocer la diversidad del material, antes de su introducción y utilización en cada región agroecológica (Garduño *et al.*, 2017; Vázquez y Gonzalez, 2017). Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue caracterizar la morfología y producción de forraje de 16 ecotipos de *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone, en condiciones de trópico subhúmedo (Aw<sub>2</sub>) del estado de Nayarit, México.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Sitio Experimental El Verdineño - INIFAP, en Santiago Ixcuintla, Nayarit, México (21° 42' 9.60" latitud norte y 105° 07' 5.58" longitud oeste), a 50 msnm, clima cálido subhúmedo ( $Aw_2$ ), con lluvias en verano, temperatura media de 22 °C y precipitación anual de 1 201 mm, suelo arcilloso, pH ligeramente ácido, sin presencia de salinidad, fertilidad media y buen drenaje (Villanueva *et al.*, 2021).

Los tratamientos estuvieron constituidos por 16 ecotipos de *Cenchrus purpureus*: Elefante, Uruguana, Taiwán, CT-169, Caña Africana, Maralfalfa, Mott, Roxo, King Grass morado, CT-115, Merkerón, Camerún, King Grass verde. Se incluyeron tres ecotipos provenientes del CE las Huastecas-INIFAP, Tamaulipas: Elefante, Maralfalfa, Roxo, (se sospecha que sean los mismos ecotipos ya existentes en la colecta de recursos genéticos del SE El Verdineño, por lo que a la identificación para toma de datos y ser capaces de discriminar, estos tres materiales se les agregó el acrónimo Tamps para diferenciarlos de los existentes en el sitio experimental).

Todos estos actualmente están disponibles en el Banco de Germoplasma de Recursos Genéticos Forrajeros del SE 'El Verdineño'. El experimento se estableció mediante material vegetativo con estacas, en julio de 2018 en época lluviosa, se establecieron parcelas de 2 x 4 m<sup>2</sup>, con tres surcos de seis plantas cada uno, con densidad considerada baja, de 2.5 plantas por m<sup>2</sup>, a razón de 25 000 plantas por hectárea (pl ha<sup>-1</sup>). Para la evaluación se utilizaron cuatro plantas del surco central eliminando las orillas.

Se inició con corte de homogenización y las evaluaciones se realizaron durante la época crítica de déficit hídrico (enero-julio) de 2019 a 180 días de rebrote. Las variables morfológicas evaluadas incluyeron (Herrera, 2014): altura total de planta (AL), medida con la planta en pie hasta la hoja naturalmente más elevada mediante cinta métrica Lufkin de 5 m; densidad de tallos por corona (DTP), contando el número total de tallos en la planta al momento del corte; diámetro basal de tallo (DTB) y diámetro central del tallo (DTC), estas dos variables se midieron en cuatro tallos por planta cosechada utilizando vernier digital; ancho de lámina de hoja central (ALHC); longitud de lámina de la hoja central (LLHC); longitud de entrenudo central (LE), medido con cinta métrica; número de entrenudos por planta (NEP), mediante conteo.

Las variables de producción incluyeron: 1) producción de materia seca (MS), se seleccionaron cuatro plantas integrales y se cosecharon en verde, separando hojas y tallos y se pesaron en balanza electrónica de alta precisión con capacidad de 50 kg  $\pm$ 0.05 g; posteriormente, se tomó una muestra de 300 g de cada componente y se secó a temperatura constante de 60 °C, en estufa de aire forzado, hasta alcanzar peso constante (Herrera, 2014), a partir de ello se estimó el peso seco de la planta completa y los datos se extrapolaron a producción de MS por hectárea; 2). Tasa absoluta de crecimiento (TAC), mediante la fórmula  $TAC = PS/t$ . Donde: PS= peso seco de la planta; y t= tiempo del periodo de rebrote (Hunt, 2003); y 3) relación hoja: tallo, mediante el cociente peso seco de hoja: peso seco de tallo (Hernández *et al.*, 2011; Liendo *et al.*, 2019). Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar con 16 tratamientos y cuatro repeticiones (plantas) y para comparación de medias la prueba Tukey ( $p < 0.05$ ); lo anterior, mediante el paquete estadístico SAS, Versión 9.0.

## Resultados y discusión

Todos los cultivares expresaron su máximo crecimiento a 180 días de rebrote en periodo seco. El cultivar CT-169 superó significativamente ( $p < 0.01$ ) la altura alcanzada en comparación a los otros cultivares (Cuadro 1). Rueda *et al.* (2016) reportan valores de altura superiores a 4 m en ocho cultivares de *C. purpureus* a 185 días de rebrote en el periodo de estiaje. Estos valores son más altos que los encontrados en el presente estudio, diferencias que se le atribuye a los diferentes ecotipos y condiciones edafoclimáticas. Similarmente, cabe mencionar que los estiajes en condiciones de trópico seco en este estudio son más severos que el estiaje en trópico húmedo, donde trabajaron Rueda *et al.* (2016).

**Cuadro 1. Morfología forrajera en ecotipos de *Cenchrus purpureus*, evaluados en clima subtropical del estado de Nayarit, México.**

Cultivar	AL (m)	DTP	DTB (mm)	DTC (mm)	ALHC (cm)	LLHC (cm)	NEP	LE (cm)
Elefante Tamps	2.74 abc	19 ab	21.5 ab	20 a	3.5 a	94.5 abcd	28 a	9.25 abc
Uruguana	2.95 ab	13 cdef	19.8 ab	17.8 abc	3.75 a	104 a	28 a	14.7 a
Caña Africana	2.81 abc	18 ab	18.8 ab	17.8 abc	3.13 ab	87.8 bcd	28 a	11.7 ab
Taiwán	2.74 abc	16 bcde	22.3 a	17.8 abc	3.75 a	85.5 bcd	26 ab	12.3 ab
CT-169	3 a	12 def	19.5 ab	17.3 abc	3.38 ab	98.5 abcd	27 ab	12.3 ab
Elefante	2.8 abc	11 def	14.8 bc	13.8 bc	3.88 a	80 cde	26 ab	8.38 bcd
Maralfalfa Tamps	2.81 abc	15 bcde	18.5 ab	13.8 bc	2.88 ab	79 de	26 ab	11 ab
Mott	2.31 bcd	21 a	17.5 abc	13.8 bc	2.63 ab	81.5 bcde	21 abc	10.8 ab
Maralfalfa	2.49 abc	19 ab	22 ab	19.8 a	2.33 ab	89.8 abcd	26 ab	12.7 ab
Roxo Tamps	2.69 abc	15 bcde	18.8 ab	17.3 abc	3.63 a	83 bcde	26 ab	7.88 bcd
King Grass morado	2.61 abc	11 ef	16 abc	13 cd	2.88 ab	97.3 abcd	28 a	9.25 abc
CT-115	2.49 abc	16 bcde	17.3 abc	16.3 abc	2.63 ab	91.8 abcd	29 a	8.88 abc
Merkerón	2.58 abc	8 f	16.5 abc	18 abc	2.75 ab	87.3 bcd	25 ab	7.13 bcd
Camerún	2.56 abc	11 ef	19.5 ab	16.5 abc	2.75 ab	104 a	17 bc	10.8 ab
King Grass verde	2.2 cd	14 bcde	10.3 c	7.5 d	1.75 b	61 e	17 bc	13 ab
Roxo	1.68 de	18 abc	19.8 ab	19.3 ab	3.25 ab	76 de	22 abc	3.88 dc
DMS	±1	±5.1	±7.2	±5.7	±1.7	±24.04	±10.38	±5.99

a, b, c = literales minúsculas dentro de la misma columna indican diferencias ( $p < 0.01$ ) entre ecotipos. DMS= diferencia mínima significativa; AL= altura de planta; DTP= densidad de tallos por planta; DTB= diámetro basal de tallos; DTC= diámetro central de tallos; ALHC= ancho de lámina en hoja central; LLHC= longitud de lámina de hoja central; NEP= número de entrenudos por planta; LE= longitud de entrenudo.

La variedad Mott superó significativamente ( $p < 0.01$ ) en DTP a los demás cultivares; mientras que la variedad Taiwán, fue superior ( $p < 0.01$ ) a todos los cultivares en DTB. Elefante Tamps y Maralfalfa fueron relativamente superiores ( $p < 0.01$ ) en DTC (Cuadro 1). El crecimiento como la producción de tallos son la unidad básica de producción y persistencia en las gramíneas (Matthew y Sackville, 2011).

En especies de gramíneas amacolladas de menor porte, una pradera en buenas condiciones debe contener entre 50 000 y 60 000 coronas maduras de pastos deseables por hectárea, cada una produciendo de 200 a 1 000 macollos durante la época de crecimiento activo (Quero *et al.*, 2017). Sin embargo, en *Cenchrus purpureus* no hay un número definido que resulte en menor área de suelo desnudo en respuesta al manejo estandarizado del corte o pastoreo; por lo tanto, es muy importante evaluar el comportamiento y producción de los tallos.

Los ecotipos Elefante, Uruguana, Taiwán, Roxo Tamps, y elefante Tamps, superaron significativamente ( $p < 0.01$ ) al resto de los materiales en ALHC. Mientras que Camerún y Uruguana fueron superior significativamente ( $p < 0.01$ ) en LLHC. CT-115, Elefante Tamps, Uruguana, Caña africana y King Grass morado fueron superiores significativamente ( $p < 0.01$ ) con respecto a NEP y para LE únicamente Uruguana fue superior ( $p < 0.01$ ) respecto a los materiales restantes (Cuadro 1).

Los ecotipos que muestran mayor número de entrenudos muestran una ventaja competitiva importante, ya que tendrán mayor número de hojas que, asociadas con el largo, grueso y ancho de la hoja, constituyen el atributo más valioso para la producción de forraje (Carvalho *et al.*, 2005). En un estudio con ecotipos de *Cenchrus purpureus* Ledea *et al.* (2018a), señala que en esta especie las mayores dimensiones en grosor de tallo, longitud de entrenudos, largo y ancho de hoja se alcanzan a los 120 días de rebrote.

Respecto a los resultados obtenidos en producción de forraje, los cultivares Elefante Tamps y Caña Africana mostraron diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) respecto a las demás variedades evaluadas, con los valores más altos en producción de MS y tasa absoluta de crecimiento (Cuadro 2). Valores elevados en producción de MS, se asocian con la TAC; sin embargo, se debe considerar que un incremento de la TCA sostenido no siempre debe interpretarse como positivo, ya que unas de las particularidades de las gramíneas tropicales es la acumulación de biomasa y acelerada maduración de tejidos; lo anterior, debido a la amplia capacidad de asimilación de radiación que poseen, lo que trae consigo una afectación química por modificaciones de la pared celular con la consecuente pérdida de valor nutritivo (Ledea *et al.*, 2018b).

Diversos estudios se han realizado con nuevos ecotipos y clones de *Cenchrus purpureus* en diferentes regiones de México: Rueda *et al.* (2016), con Taiwán, CT-115, OM-22 y Roxo; López *et al.* (2020), con Maralfalfa; Vazquez y Gonzalez (2017); Calzada *et al.* (2018) con Taiwán. Se ha concluido que el rendimiento y calidad nutritiva del forraje están influenciados por el ecotipo, ambiente y manejo agronómico (Arias *et al.*, 2018; Caballero *et al.*, 2016). Sin embargo, los rendimientos de forraje en *Cenchrus purpureus* también pueden incrementarse mediante fertilización nitrogenada (Da Silva *et al.*, 2015).

Para relación hoja:tallo, Maralfalfa Tamps y CT-169 presentaron diferencias significativas ( $p < 0.01$ ), en comparación con el resto de los ecotipos evaluados, mientras que Roxo y Roxo Tamps presentaron los valores más bajos en H:T (Cuadro 2). En estudios con diferentes especies forrajeras se ha considerado que la selección en alto rendimiento de tallo es un método eficaz, para aumentar el rendimiento de forraje, pero, al disminuir la cantidad de hojas, decrece la calidad, digestibilidad y contenido de proteína de la planta (Volenc *et al.*, 1987; Ledea *et al.*, 2021).

**Cuadro 2. Producción de forraje en ecotipos de *Cenchrus purpureus*, evaluados en clima subtropical del estado de Nayarit, México.**

Cultivar	MS (Mg ha <sup>-1</sup> )	TAC (kg MS ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	Relación (hoja:tallo)
Elefante Tamps	60.9 a	338.5 a	1.49 abcd
Uruguana	40.8 c	226.7 c	1.63 abc
Caña Africana	57.3 a	318.5 a	1.85 ab
Taiwán	46.2 b	256.8 b	1.39 cd
CT-169	32.6 d	181.2 d	1.89 a
Elefante	17.6 hij	97.99 hij	1.43 bcd
Maralfalfa Tamps	24 fg	133.3 fg	1.92 a
Mott	25.6 fg	142.2 fg	1.14 de
Maralfalfa	50.2 b	279.1 b	1.45 bcd
Roxo Tamps	27.2 ef	151 ef	0.92 ef
King Grass morado	16 jk	88.6 jk	1.28 cde
CT-115	31.7 de	175.9 de	1.53 abcd
Merkerón	20.8 ghi	115.7 ghi	1.84 ab
Camerún	17.3 ij	95.9 ij	1.32 cde
King Grass verde	11.5 k	63.65 k	1.25 cde
Roxo	25.2 fg	140 fg	0.65 f
DMS	±4.8	±26.6	±0.43

a, b, c= literales minúsculas dentro de la misma columna indican diferencias ( $p < 0.01$ ) entre ecotipos. DMS= diferencia mínima significativa; MS= rendimiento de materia seca; TAC= tasa absoluta de crecimiento.

Valores bajos en relación H:T, se asocian con mayores tasas de crecimiento, provocando un acelerado recambio de tejido y mayor contribución del tallo al cociente hoja/tallo (Luna *et al.*, 2018). Araya y Boschini (2005), establecen que las especies forrajeras con mayor proporción de hojas verdes presentan contenido más alto de proteínas y mejor calidad nutricional.

Las hojas, que cumplen la función de síntesis y traslocación de carbohidratos, presentan alto volumen de tejido parenquimatoso localizado en el mesófilo; lo anterior, ayuda a una mejor acumulación de proteínas y carbohidratos no estructurales que definen sus altos valores nutritivos; los tallos en cambio, presentan gran cantidad de tejido vascular y de sostén, por lo que su valor nutricional promedio es significativamente inferior al de las hojas y depende mucho del contenido y tipo de carbohidratos estructurales que presenten.

La combinación de alto rendimiento de MS con una elevada relación hoja:tallo hace de Caña Africana la mejor opción para forraje como fuente de fibra a esta altura de corte; lo anterior debido a que supera ampliamente en rendimiento de MS a materiales estadísticamente similares en relación hoja tallo como CT-169 y Maralfalfa Tamps. Cuando la mayor producción de hoja es de interés a esta altura de planta, Caña Africana es la mejor opción. Sin embargo, Ledea *et al.* (2021) mencionan que en *Cenchrus purpureus*, tanto hojas como planta entera presentan afectaciones en el perfil mineral (Ca y P) y contenido de proteína que no permite la excelente nutrición en rumiantes; por lo tanto, deben considerarse alternativas de suplementación forrajera cuando se elija usar algunos de estos materiales.

La utilización de la variedad correcta es una práctica importante para obtener las ventajas deseadas y en este caso, la morfología forrajera es el principal indicador para una elección correcta del material a utilizar en los ranchos ganaderos. Los recursos genéticos forrajeros representan un componente esencial de las cadenas de valor de la producción agrícola y ganadera y se requiere un conocimiento profundo de estos recursos forrajeros disponibles (Negawo *et al.*, 2017).

## Conclusiones

La morfología forrajera en *Cenchrus purpureus* presenta variaciones significativas entre ecotipos y variedades, observándose la existencia de materiales con atributos forrajeros sobresalientes a la altura evaluada: Largo y ancho de hoja, número de entrenudos, entre otros que los convierten en excelentes alternativas para su uso y aprovechamiento en los sistemas ganaderos de las regiones tropicales de México. Las variables morfológicas evaluadas son discriminantes para la identificación de ecotipos de *Cenchrus purpureus*.

La producción materia seca es muy variable entre diferentes ecotipos y los mejores rendimientos de MS y tasa absoluta de crecimiento se presentaron en Elefante Tamps y Caña africana, materiales sobresalientes que constituyen una excelente alternativa para su utilización (corte, acarreo, ensilados y pastoreo), en este caso, a un solo corte a 180 días de rebrote y para los diferentes sistemas de producción en áreas tropicales de México.

Se sugiere fortalecer estos resultados con estudios en pastoreo, agronómicos y multilocacionales y evaluados a la altura de planta de interés para el uso pretendido de la biomasa: 1) alta calidad: corte/pastoreo/ensilaje (1 m); 2) mediana calidad: ensilaje (2 m); y 3) baja calidad: fibra (papel o estimulante de la rumia en el uso de concentrado en corral y biocombustible (entre 3-4 m).

## Literatura citada

- Araya, M. M. y Boschini, F. C. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 16(1):37-43.
- Arias, R. C.; Ledea, J. L.; Benítez, D. G.; Ray, J. V. and Ramírez, J. L. 2018. Performance of new varieties of *Cenchrus purpureus*, tolerant to drought, during dry period. *Cuban J. Agric. Sci.* 52(2):1-11.
- Caballero, G. A.; Martínez, R. O.; Hernández, M. B. y Navarro, B. M. 2016. Caracterización del rendimiento y la calidad de cinco accesiones de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. *Pastos y Forrajes.* 39(2):94-101.
- Calzada, J. M.; Ortega, J. E.; Enriquez, J. F.; Hernandez, G. A.; Vaquera, H. H. y Escalante, J. A. 2018. Análisis de crecimiento del pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum* Schum.) en clima cálido subhúmedo. *Agroproductividad.* 11(5):69-75.
- Carvalho, A. A., Miranda, D. D.; Dos-Santos, L. R.; Do-Nascimento, J. D.; Roberto, C. P.; Sávio, Q. D.; Henrique, P. D. y Tavares, R. S. 2005. Características morfogênicas e estruturais do capim-elefante 'napier' adubado e irrigado. *Ciência e Agrotecnologia.* 29(1):150-159. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542005000100019>.
- Da-Silva, O. É.; Figueiredo, D. R.; José, P. N.; De-Amaral, G. G.; De-Almeida, J. A.; Domingos, G. R.; Da-Silva, B. R.; De-Souza, P. M.; Melo, C. L.; Brito, D. V.; Dos-Santos, R. A. and Cecon, N. A. A. 2015. Variation of morpho-agronomic and biomass quality traits in elephant grass for energy purposes according to nitrogen levels. *Am. J. Plant Sci.* 06(11):1685-1696. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.611168>.

- De-Morais, R. F.; Quesada, D. M.; Reis, V. M.; Urquiaga, S.; Alves, B. J. R. and Boddey, R. M. 2012. Contribution of biological nitrogen fixation to elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Plant Soil*. 356:23-34. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0944-2>.
- García, L. M.; Mesa, A. M. y Hernández, M. 2018. Potencial forrajero de cuatro cultivares de *Pennisetum purpureum* en un suelo pardo de las tunas. *Pastos y Forrajes*. 37(4):413-419.
- Garduño, V. S.; Rodríguez, H. R.; Quero, A. R.; Enríquez, J. F.; Hernández, G. A. y Pérez, H. A. 2017. Evaluación morfológica, citológica y valor nutritivo de siete nuevos genotipos y un cultivar de pasto *Cenchrus ciliaris* L., tolerantes a frío. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6(7):1679-1687. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i7.561>.
- Hernández, C. A.; Hernández, G. A.; Enríquez, J. F.; Gomez, V. A.; Ortega, J. E. y Maldonado, N. M. 2011. Producción de forraje y composición morfológica del pasto Mulato (*Brachiaria híbrido 36061*) sometido a diferentes regímenes de pastoreo. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 2(4):429-443.
- Herrera, G. R. 2014. Algunos aspectos que pueden influir en el rigor y veracidad del muestreo de pastos y forrajes. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 18(2):726.
- Herrera, R. S.; García, M. A.; Cruz, A. M. y Romero, A. 2012. Evaluación de clones de *Pennisetum purpureum* obtenidos por cultivo de tejidos *in vitro*. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.* 46(4):427-433.
- Hunt, R. 2003. Growth analysis. individual plants. *in: growth analysis, individual plants.* (Ed). *Encyclopedia of applied plant sciences*. Academic Press. London. 579-588 pp.
- Ledea, J. L.; La, O. O.; Verdecia, A. D.; Benitez, D. G. y Hernandez, L. G. 2021. Composición química-nutricional de rebrotes de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone, durante la estación lluviosa. *Trop. Subtrop. Agroecos.* 24(54):1-13.
- Ledea, J. L.; Ray, J. V.; Arias, R. C.; Cruz, J. M.; Rosell, A. G. y Reyes, J. J. 2018a. Comportamiento agronómico y productivo de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía. *Agron. Mesoam.* 29(2):343-362. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29107>.
- Ledea, J. L.; Verdecia, A. D.; La, O. O.; Ray, J. V.; Reyes, J. J. y Murillo, A. B. 2018b. Caracterización química de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía. *Agron. Mesoam.* 29(3):655-672. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.32910>.
- Liendo, M. E.; Gonzalez, A. A.; Olea, L. E.; Alegre, A.; Suarez, L.; Guerineau, M.; Martin, G. O. y Toll, J. R. 2019. Relación hoja-tallo en el estado fenológico de floración, en gramíneas naturales y cultivadas del chaco occidental semiárido del departamento trancas, Tucumán, Argentina. *Rev. Agron. Noroe. Argentino.* 39(1):45-51.
- López, A. O.; Vinay, J. C.; Villega, A. Y.; Guerrero, I. L. y Lozano, T. S. 2020. Dinámica de crecimiento y curvas de extracción de nutrientes de *Pennisetum* spp. (Maralfalfa). *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 11(1):255-265. <https://doi.org/10.22319/RMCP.V11I1.4674>.
- Luna, M. J.; Lopez, C. C.; Hernandez, G. A.; Martinez, P. A. y Ortega, M. E. 2018. Evaluación del rendimiento de materia seca y sus componentes en germoplasma de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 9(3):487-505. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i3.4440>.
- Matthew, C. and Sackville, N. R. 2011. Analysing persistence of grass swards in terms of tiller birth and death. *Pasture persistence grassland research and practice*. 15:63-68. <https://doi.org/10.33584/rps.15.2011.3225>.
- Negawo, T. A.; Teshome, A.; Kumar, A.; Hanson, J. and Jones, C. S. 2017. Opportunities for napier grass (*Pennisetum purpureum*) improvement using molecular genetics. *Agronomy*. 7(2):1-21. <https://doi.org/10.3390/agronomy7020028>.

- Oliveira, M. L. F.; Daher, R. F.; Menezes, B. R. S.; Vivas, M.; Rocha, A.; Dos, S. R. A.; Ponciano, N. J.; Amaral, A. T.; Araujo, D. M.; Do, S. B.; Pereira, T. N. S. and Silva, V. B. 2017. Genetic diversity of elephant grass (*Cenchrus purpureus* [Schumach.] Morrone) for energetic production based on quantitative and multi-category traits. *Chilean J. Agric. Res.* 77(1):48–57. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392017000100006>.
- Ortiz, R. F.; Reyes, E. O.; Carrete, F. O.; Sanchez, J. F.; Herrera, T. E.; Murillo, E. M. and Rosales, R. 2017. Nutritional and fermentative quality of maralfalfa (*Pennisetum* spp.) silages at different cutting ages and ground corn levels. *Rev. Facult. Cienc. Agrar. Uncuyo.* 49(2):345-353.
- Quero, A. R.; Miranda, J. L. y Villanueva, J. F. 2017. Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. *Avances en Investigación Agropecuaria.* 21(3):63-85.
- Quero, A. R.; Enríquez, J. F.; Bolaños, E. D. y Villanueva, J. F. 2018. Forrajes y pastoreo en México tropical. *In: estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical.* González, E.; Dávalos, J. L. y Rodríguez, O. (Ed.) 2. Red de investigación e innovación tecnológica para la ganadería bovina tropical (REDGATRO). Ciudad de México, México. 66-91 pp.
- Rahman, M. M.; Syafieqa, N. E.; Mohd, N. A. B.; Gondo, T.; Khalif, R. I. and Akashi, R. 2019. Growth characteristics, biomass yield and mineral concentrations in seven varieties of napier grass (*Cenchrus purpureus*) at establishment in kelantan, malaysia. *Tropical Grasslands.* 7(5):538-543. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(7\)538-543](https://doi.org/10.17138/TGFT(7)538-543).
- Ramos, T. O.; Canul, J. R. y Duarte, F. J. 2013. Producción de tres variedades de *Pennisetum purpureum* fertilizadas con dos diferentes fuentes nitrogenadas en Yucatán, México. *Rev. Bio Cienc.* 2(2):60-68.
- Rueda, J. A.; Ortega, J. E.; Hernández, A.; Enríquez, J. F.; Guerrero, J. D. y Quero, A. R. 2016. Growth, yield, fiber content and lodging resistance in eight varieties of *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone intended as energy crop. *Biomass and Bioenergy.* 88:59-65. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.03.007>.
- Singh, P. B.; Singh, P. H. and Obeng, E. 2013. Elephantgrass. *In: biofuel crops.* Singh, P. (Ed.). Production, physiology and genetics. 271-291 pp. <https://doi.org/10.1079/9781845938857.0271>.
- Vazquez, G. A. y Gonzalez, M. R. 2017. Zonificación agroecológica del pasto (*Pennisetum purpureum* Schumach), variedad Taiwán en Chiapas, México. *Agroproductividad.* 10(2):25-32.
- Villanueva, J. F.; Vázquez, G. A. and Quero, A. R. 2021. Forage morphology and productivity of different species of *Tripsacum* under sub-humid tropical conditions. *Biol. Life Sci. Forum.* 2(25):1-5. <https://doi.org/10.3390/bdee2021-09478>.
- Volenc, J. J.; Cherney, J. H. and Johnson, K. D. 1987. Yield components, plant morphology, and forage quality of alfalfa as influenced by plant population. *Crop Sci.* 27(2):321-326. <https://doi.org/10.2135/cropsci1987.0011183X002700020040x>.