Artículo:

Crecimiento de Cenchrus ciliaris con fertilización de macronutrientes y encalado en condiciones de invernadero

Growth of Cenchrus ciliaris with macronutrient fertilization and liming under greenhouse conditions

Louisy Kathleen Vieira-Franco[1], Marilton de Queiroz Borges-Filho[1*], Pedro Henrique Sertão-Secco[1], Alessandro Lima-Machado[1], Eliseo Sosa-Montes[2]

[1] Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, CP 44.380-000, Brasil.
[2] Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Zootecnia, CP 56230, México

[*] Autor corresponsal: mariltonqbf@gmail.com

Revista Interdisciplinaria de Ingeniería Sustentable y Desarrollo Social

Editada por el **Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca**

Desv. Lindero Tametate, S/N
Col. La Morita
C.P. 92100
Tantoyuca, Veracruz, México.

Correo electrónico:
revistadigital@itsta.edu.mx

Sitio WEB
https://revista-riisds.mx/

ISSN **2448-8003**

Editor responsable:
Dr. Horacio Bautista Santos

Recibido: **20 de febrero de 2026**
Aceptado: **28 de abril de 2026**
Publicado: **10 de mayo de 2026**

Como citar este artículo:
Vieira-Franco, L. K., Borges-Filho, M. de Q., Sertão-Secco, P. H., Lima-Machado, A., & Sosa-Montes, E. (2026). Crecimiento de Cenchrus ciliaris con fertilización de macronutrientes y encalado en condiciones de invernadero. *Revista Interdisciplinaria De Ingeniería Sustentable Y Desarrollo Social*, *12*(1). https://doi.org/10.63728/riisds.v12i1.417

Copyright: Este artículo es de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Resumen: El pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) es una gramínea forrajera ampliamente utilizada en regiones semiáridas debido a su rusticidad y adaptación a condiciones de baja disponibilidad hídrica. Sin embargo, la baja fertilidad natural de los suelos de estas regiones, especialmente la deficiencia de fósforo y la elevada acidez, puede limitar el crecimiento y la producción de forraje. El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento del pasto buffel sometido a fertilización con macronutrientes y encalado, en condiciones de invernadero. El experimento se llevó a cabo en un diseño completamente aleatorio, con nueve tratamientos y cuatro repeticiones, utilizando macetas con una capacidad de 1,5 dm^3. Los tratamientos consistieron en diferentes dosis de fósforo, combinadas con la presencia o ausencia de nitrógeno, potasio y encalado. Se evaluaron la altura de las plantas, el número de brotes y la producción de materia seca de la parte aérea, en dos cortes sucesivos. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para las variables evaluadas. Se observaron diferencias numéricas entre tratamientos, con valores más altos en aquellos que incluyeron mayores dosis de fósforo asociadas a nitrógeno, potasio y encalado; sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Los resultados indican que, en condiciones controladas y con más de un ciclo de cultivo, el manejo nutricional equilibrado puede contribuir al crecimiento estable del pasto buffel, aunque se requieren estudios adicionales con mayor duración experimental y validación en condiciones de campo para confirmar estos efectos.

Palabras clave: Abono fosfatado, *Cenchrus ciliaris*, encalado, crecimiento vegetal, suelos semiáridos.

Abstract

Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) is a forage species widely used in semi-arid regions due to its rusticity and adaptation to low water availability. However, the naturally low fertility of soils in these regions, particularly phosphorus deficiency and high acidity, may limit plant growth and forage production. This study aimed to evaluate the growth of buffel grass subjected to macronutrient fertilization and liming under greenhouse conditions. The experiment was conducted in a completely randomized design with nine treatments and four replications, using pots with a capacity of 1.5 dm^3. Treatments consisted of different phosphorus doses combined with the presence or absence of nitrogen, potassium, and liming. Plant height, number of tillers, and shoot dry matter production were evaluated in two successive harvests. No statistically significant differences were observed among treatments for the evaluated variables. Numerical differences were observed, with higher values in treatments receiving higher phosphorus doses associated with nitrogen, potassium, and liming; however, these differences were not statistically significant. The results indicate that, under controlled conditions and over more than one growth cycle, balanced nutrient management may contribute to stable growth of buffel grass, although further studies with longer experimental periods and validation under field conditions are required to confirm these effects.

Keywords: Buffel grass. Liming. Phosphorus fertilization. Plant growth. Semi-arid soils.

Introducción

En los sistemas pecuarios del semiárido, el pasto búfalo [*Cenchrus ciliaris* L. (Sin. *Pennisetum ciliare* L.)] se ha consolidado como una especie estratégica debido a su elevada plasticidad fisiológica y su capacidad de mantener producción forrajera bajo restricciones hídricas prolongadas y su uso consolidado en sistemas de pastoreo (Botelho *et al.,* 1985; Kumar *et al.,* 2017; Ameer *et al.,* 2023), el manejo adecuado de los sistemas ganaderos en estas regiones resulta fundamental para mitigar impactos ambientales asociados al uso del suelo, especialmente en áreas vulnerables, como zonas cercanas a cuerpos hídricos (Borges-Filho, 2026). En el semiárido brasileño, esta especie representa una alternativa estratégica para la alimentación animal, especialmente en sistemas de producción extensivos (Botelho *et al.,* 1985), además de presentar potencial en términos de valor nutritivo y aprovechamiento

en sistemas de alimentación animal, como ha sido demostrado en estudios de evaluación digestiva in vitro (Hernández-Sagaon *et al.,* 2026), donde la irregularidad de las lluvias y las altas temperaturas limitan el crecimiento de otras forrajeras (Oliveira *et al.,* 2023).

A pesar de su elevada adaptación fisiológica, la productividad de *C. ciliaris* suele verse limitada por la baja fertilidad natural de los suelos del semiárido, caracterizados por una elevada acidez, bajos contenidos de fósforo disponible y, en muchos casos, desequilibrios de nitrógeno y potasio (Cunha *et al.,* 2010). Entre los nutrientes esenciales, el fósforo suele representar la principal restricción edáfica en ambientes semiáridos, no solo por su limitada difusión en el suelo, sino también por los procesos de fijación que reducen su disponibilidad efectiva para las plantas (Giongo *et al.,* 2015; Pan *et al.,* 2024). Además, la dinámica de retención e interacción de compuestos fosfatados y nitrogenados en matrices vegetales puede influir en la eficiencia de uso de estos nutrientes, afectando indirectamente el crecimiento forrajero (Sosa-Montes *et al.,* 2026). El encalado es una práctica fundamental para corregir la acidez del suelo, ya que promueve la neutralización del aluminio tóxico, aumenta la disponibilidad de calcio y magnesio y mejora la eficiencia en el uso de fertilizantes, especialmente del fósforo. Asociado al abono con macronutrientes, el encalado puede favorecer el crecimiento vegetativo, el macollamiento y la acumulación de biomasa de gramíneas forrajeras, contribuyendo a sistemas productivos más sostenibles en el semiárido (Cunha *et al.,* 2010; Oliveira *et al.,* 2023), además de influir en la disponibilidad de fósforo en el suelo al modificar sus fracciones y su dinámica química (Pan *et al.,* 2024).

Aunque existen estudios que evalúan por separado la fertilización con fosfato o el manejo del corte en *C. ciliaris* (Legundi *et al.,* 2025), aún es limitada la información sobre los efectos combinados de la fertilización con macronutrientes (N, P y K) y el encalado sobre las características agronómicas de esta forrajera en condiciones controladas. La comprensión de estas interacciones es esencial para establecer recomendaciones técnicas más precisas, especialmente en las fases iniciales de crecimiento y en entornos de baja fertilidad.

En este contexto, se plantea que la respuesta vegetativa de *Cenchrus ciliaris* podría modificarse en función del manejo integrado de macronutrientes y de la corrección de la acidez del suelo. Así, el objetivo de este estudio fue evaluar la altura de las plantas, el macollamiento y la producción de materia seca del pasto búfalo sometido a diferentes dosis

de fósforo, presencia o ausencia de nitrógeno y potasio, y encalado, en condiciones de invernadero.

Materiales y métodos

Lugar del experimento y caracterización ambiental

El experimento se llevó a cabo en un invernadero del Campus Cruz das Almas de la Universidad Federal del Recôncavo de Bahía (UFRB) (12°40′19″ S; 39°06′23″ O; 220 m de altitud), en el estado de Bahía, Brasil. Durante el período experimental, las condiciones ambientales dentro del invernadero fueron monitoreadas, registrándose una temperatura media de 28 ± 2 °C y una humedad relativa aproximada del 60 %, bajo fotoperíodo natural. El control y monitoreo de estos parámetros es fundamental en sistemas experimentales, ya que permite mayor precisión en la evaluación de la respuesta de los cultivos bajo condiciones controladas (Oliveira *et al.*, 2026). Estos valores se mantuvieron relativamente estables a lo largo del experimento, caracterizando un ambiente controlado para el desarrollo del cultivo.

Preparación y caracterización del suelo

El suelo utilizado se recogió de la capa de 0–20 cm, se tamizó con una malla de 4 mm para eliminar los residuos gruesos y se secó al aire durante siete días antes de aplicar los tratamientos.

Previo a la instalación del experimento, el suelo fue sometido a caracterización físico-química, determinándose pH, contenido de materia orgánica, fósforo disponible, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y bases intercambiables, con el objetivo de establecer las condiciones iniciales del suelo y fundamentar la aplicación de encalado y fertilización.

Diseño experimental y tratamientos

Se estableció un arreglo experimental bajo distribución completamente aleatorizada, conformado por nueve tratamientos y cuatro repeticiones, sumando un total de 36 unidades experimentales, constituidas por macetas con capacidad de 1.5 dm^3. Los tratamientos consistieron en diferentes dosis de fósforo (P_2O_5: 0, 150, 300, 450 y 600 mg dm^{-3}), combinadas con la presencia o ausencia de potasio (K_2O: 0 o 100 mg dm^{-3}), nitrógeno (urea: 0, 100 o 150 mg dm^{-3}) y encalado (1.3 t ha^{-1}), tal y como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos (Trat.) con diferentes dosis de fósforo (P_2O_5), con o sin potasio (K_2O) y nitrógeno (urea), además de encalado o sin encalado, aplicados al pasto búfalo (*Cenchrus ciliaris* L.) en condiciones de invernadero.

Trat.	Descripción detallada de los tratamientos aplicados
T01	0 mg dm^{-3} de P_2O_5, 100 mg dm^{-3} de K_2O, 100 mg dm^{-3} de N, con encalado (1,3 t ha^{-1}).
T02	150 mg dm^{-3} de P_2O_5, 100 mg dm^{-3} de K_2O, 100 mg dm^{-3} de N, con encalado (1,3 t ha^{-1}).
T03	300 mg dm^{-3} de P_2O_5, 100 mg dm^{-3} de K_2O, 100 mg dm^{-3} de N, con encalado (1,3 t ha^{-1}).
T04	450 mg dm^{-3} de P_2O_5, 100 mg dm^{-3} de K_2O, 100 mg dm^{-3} de N, con encalado (1,3 t ha^{-1}).
T05	600 mg dm^{-3} de P_2O_5, 100 mg dm^{-3} de K_2O, 100 mg dm^{-3} de N, con encalado (1,3 t ha^{-1}).
T06	300 mg dm^{-3} de P_2O_5, 100 mg dm^{-3} de K_2O, sin nitrógeno, con encalado (1,3 t ha^{-1}).
T07	300 mg dm^{-3} de P_2O_5, sin potasio, 150 mg dm^{-3} de N, con encalado (1,3 t ha^{-1}).
T08	Sin fósforo, sin potasio, 150 mg dm^{-3} de N, sin encalado.
T09	Sin fósforo, sin potasio, 150 mg dm^{-3} de N, con encalado (1,3 t ha^{-1}).

Calado, fertilización y realización del experimento

El suelo se incubó con caliza, excepto en el tratamiento T08, durante siete días, manteniendo la humedad adecuada mediante la aplicación diaria de 200 mL de agua por maceta. Tras el periodo de incubación, se realizó la fertilización de base con fósforo y potasio, además de parte de la dosis de nitrógeno, aplicándose el resto de este macronutriente en dos fertilizaciones de cobertura.

Las cantidades de fertilizantes se calcularon proporcionalmente al volumen de suelo de cada maceta. La fertilización nitrogenada se realizó mediante una solución de urea (0.2 g 100 mL^{-1}), aplicando 5 mL por maceta en cada aplicación.

Las semillas de pasto búfalo (*Cenchrus ciliaris* L.) se sembraron directamente en las macetas, utilizando cinco semillas por maceta, en forma de cariópsides. Tras la emergencia, se realizó un aclareo manual, dejando [una] planta por maceta, con el fin de uniformizar la densidad de plantas entre las unidades experimentales.

El riego se realizó diariamente, manteniendo la humedad del suelo cerca del 70 % de la capacidad de campo. Las plantas se cultivaron bajo fotoperíodo natural, con una temperatura media de 28 ± 2 °C y una humedad relativa aproximada del 60 %.

Evaluaciones agronómicas

Las variables evaluadas fueron la altura de las plantas (cm), el número de brotes y la producción de materia seca de la parte aérea (PMSPA, g por maceta).

Las evaluaciones se realizaron en dos cortes sucesivos durante el período experimental, correspondiendo a dos momentos de evaluación del crecimiento del cultivo. El primer corte se realizó a los 30 días después de la siembra (DDS), tras un período de establecimiento de las plantas, y el segundo corte a los 60 DDS

Los cortes se realizaron a una altura de 14 cm y 98 cm sobre el nivel del suelo, con el fin de estandarizar el rebrote y permitir la comparación entre tratamientos.

Después de cada corte, el material vegetal se guardó en bolsas de papel y se secó en un horno de circulación forzada de aire a 65 °C hasta alcanzar un peso constante, para la posterior determinación de la materia seca. Las evaluaciones se enmarcan en un análisis de crecimiento bajo condiciones controladas, permitiendo observar la respuesta del cultivo a los tratamientos a lo largo del tiempo.

Análisis estadístico y comparación de modelos

Los datos se sometieron a análisis estadístico tras verificar los supuestos de normalidad de los residuos (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett). Cuando fue necesario, los datos se transformaron para cumplir los supuestos del análisis paramétrico. Los análisis se realizaron adoptando un nivel de significación del 5 %.

Inicialmente, los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) tradicional, considerando los tratamientos como factor fijo y los cortes como factor temporal, asumiendo la independencia entre las observaciones. Este modelo se utilizó como enfoque exploratorio para identificar patrones generales de respuesta de las variables evaluadas.

A continuación, se ajustó un modelo estadístico alternativo, incorporando explícitamente la estructura temporal de las evaluaciones, mediante un análisis con medidas repetidas en el tiempo, en el que los tratamientos se consideraron como factor interparcelario y los cortes como factor intraparcelario. Este modelo permitió evaluar los efectos del tiempo y la interacción tratamiento × tiempo, controlando la dependencia entre las observaciones realizadas a lo largo del período experimental (Edvan *et al.,* 2011).

Para la interpretación final de los resultados se adoptó el modelo con medidas repetidas en el tiempo, debido a su mayor adecuación a la estructura experimental, considerando la dependencia entre las evaluaciones realizadas en las mismas unidades experimentales. Se asumió una estructura de covarianza de tipo simetría compuesta (compound symmetry), seleccionada con base en la mejor convergencia del modelo y la parsimonia en la estimación de parámetros. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software R (R Core Team), empleando paquetes específicos para modelos lineales mixtos.

Cuando se identificó un efecto significativo mediante la prueba F, se compararon las medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey, con una probabilidad del 5 %. Se calculó el coeficiente de variación (CV%) para todas las variables como medida de la precisión experimental.

Resultados y discusión

La altura media de las plantas de pasto búfalo (*Cenchrus ciliaris* L.) no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, independientemente del modelo estadístico adoptado (modelo final de medidas repetidas en el tiempo) ($p > 0,05$). Los valores observados variaron de 53,25 a 79,75 cm en el primer corte y de 45,00 a 78,75 cm en el segundo corte (Tabla 2).

La ausencia de un efecto significativo de la fertilización con fosfato, nitrógeno, potasio y encalado sobre la altura de las plantas indica que, en las condiciones controladas del experimento, la fertilidad inicial del suelo y el ambiente del invernadero fueron suficientes para satisfacer las necesidades básicas de crecimiento vegetativo del forraje. Giongo *et al.* (2015) obtuvieron resultados similares, ya que también observaron una respuesta limitada de la altura de las gramíneas forrajeras a la fertilización con fosfato en condiciones de cultivo controladas (Edvan *et al.*, 2011).

Además, la altura de las plantas es una variable fuertemente influenciada por factores genéticos y ambientales, que presenta una alta variabilidad natural en las gramíneas C4 (Ameer *et al.*, 2023), lo que puede explicar los coeficientes de variación observados (24,79 % y 30,30 %). Esta característica reduce la sensibilidad de la variable para detectar respuestas nutricionales en experimentos de corta a media duración (Oliveira Neto *et al.*, 2018; Wasim *et al.*, 2022).

Tabla 2. Altura de planta, número de brotes y producción de materia seca de la parte aérea (PMSPA, g maceta^{-1}, valor acumulado de dos cortes) de *Cenchrus ciliaris* sometido a diferentes tratamientos, en cultivo bajo invernadero. Valores expresados como media ± error estándar.

Tr.	Altura (cm)		Brotes (nº)		PMSPA (g)
	1ª Corte	2ª Corte	1ª Corte	2ª Corte	
T01	53,25±2,40	63,25±3,10	2,00±0,30	4,00±0,60	8,25±0,21
T02	55,75±2,60	60,50±2,80	4,00±0,40	5,00±0,70	8,89±0,24
T03	72,25 ± 3,20	77,50 ± 3,40	8 ± 0,50	7 ± 0,80	9,53 ± 0,18
T04	74,00 ± 2,80	71,00 ± 2,90	6 ± 0,50	9 ± 0,90	9,10 ± 0,25
T05	77,25 ± 3,50	76,75 ± 3,20	8 ± 0,60	8 ± 0,80	9,81 ± 0,17
T06	63,25 ± 2,90	56,25 ± 2,70	5 ± 0,40	7 ± 0,80	9,54 ± 0,20
T07	79,75 ± 3,60	78,75 ± 3,30	4 ± 0,50	8 ± 0,70	9,60 ± 0,19
T08	40,37 ± 2,10	66,50 ± 2,90	3 ± 0,30	4 ± 0,60	8,76 ± 0,22
T09	55,75 ± 2,40	45,00 ± 2,50	2 ± 0,30	3 ± 0,50	8,86 ± 0,23

Medias ± error estándar de la media. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

Producción de materia seca de la parte aérea (PMSPA)

La producción de materia seca de la parte aérea (PMSPA) (expresada como valor acumulado de los dos cortes y en g por maceta) no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). Los valores variaron de 8,25 a 9,81 g por maceta, con el mayor valor absoluto observado en el tratamiento con mayor dosis de fósforo asociado al nitrógeno, potasio y encalado (Tabla 2).

Aunque se observan diferencias numéricas entre tratamientos, estas no fueron estadísticamente significativas, por lo que no es posible atribuir efectos concluyentes de la fertilización o del encalado sobre la producción de biomasa en las condiciones del presente estudio.

El bajo coeficiente de variación observado para PMSPA (3,92 %) indica una alta precisión experimental y homogeneidad de los datos. Sin embargo, la ausencia de diferencias significativas entre tratamientos sugiere que la magnitud de las diferencias entre medias fue

reducida en relación con la variabilidad residual y el tamaño de muestra utilizado (n = 4), lo que puede haber limitado la detección de efectos estadísticos.

En este contexto, la falta de respuesta significativa puede estar asociada a múltiples factores, incluyendo la corta duración del experimento, las condiciones controladas de cultivo y la posible baja intensidad de contraste entre tratamientos, aspectos que han sido reportados como limitantes en la expresión de respuestas productivas en gramíneas forrajeras bajo fertilización nitrogenada y diferentes manejos de corte (Al-Rifai & Wahid, 2019; Legundi *et al.,* 2025).

El encalado, aunque se reconoce que mejora la disponibilidad de nutrientes y reduce la toxicidad del aluminio en suelos ácidos, no presentó efecto significativo en las condiciones evaluadas, pudiendo sus beneficios manifestarse en condiciones de campo o en evaluaciones de mayor duración (Cunha *et al.*, 2010; Al-Rifai & Wahid, 2019; Oliveira *et al.,* 2023).

Número de brotes

El número de brotes por planta tampoco difirió significativamente entre los tratamientos evaluados ($p > 0,05$), variando de 2 a 9 brotes por maceta en los dos cortes (Tabla 2). La comparación entre los modelos estadísticos indicó un comportamiento consistente de esta variable a lo largo del tiempo, sin efecto significativo de los tratamientos o de la interacción tratamiento × tiempo (Oliveira Neto *et al.,* 2018).

Los elevados coeficientes de variación observados (46,74 % en el primer corte y 47,50 % en el segundo corte) reflejan la elevada plasticidad morfogénica del pasto buffel, cuya emisión de brotes está fuertemente regulada por factores fisiológicos internos, la etapa de desarrollo y las condiciones ambientales (Ameer *et al.,* 2023, más que exclusivamente por la disponibilidad inmediata de nutrientes (Monção *et al.,* 2011).

Estudios previos también informan respuestas inconsistentes del perfilado al abono fosfatado y nitrogenado en *C. ciliaris*, especialmente en evaluaciones a corto plazo, lo que refuerza que el perfilado puede requerir un mayor tiempo de exposición a los tratamientos o condiciones de campo para expresar respuestas más evidentes (Edvan *et al.*, 2011; Oliveira Neto *et al.*, 2018).

Conclusiones

Bajo el escenario experimental evaluado, la respuesta productiva de *Cenchrus ciliaris* no presentó variaciones estadísticas atribuibles a la aplicación combinada de macronutrientes y encalado. La estabilidad observada en altura, emisión de brotes y acumulación de materia seca sugiere que, en condiciones controladas, el suelo utilizado fue capaz de sostener el crecimiento básico de la especie durante los ciclos analizados.

Se observaron diferencias numéricas entre tratamientos, con valores más altos en aquellos que incluyeron mayores aportes de fósforo asociados a nitrógeno, potasio y encalado; sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas, por lo que no es posible atribuir efectos concluyentes de los tratamientos evaluados.

En este contexto, los resultados obtenidos sugieren que la respuesta del pasto buffel a estrategias de fertilización y encalado bajo condiciones controladas puede ser limitada en el corto plazo, y que factores como la duración del experimento, el tamaño de muestra y las condiciones ambientales pueden influir en la detección de efectos.

Por lo tanto, se recomienda que futuros estudios consideren períodos de evaluación más extensos, así como la validación en condiciones de campo, con el fin de profundizar en la comprensión de la respuesta de la especie al manejo de la fertilidad del suelo.

Referencias bibliográficas

Al-Rifai, S. I., & Wahid, M. A. A. (2019). Effect of planting dates and levels of nitrogen fertilizer in the growth and yield of green and dry forage for guinea grass *Panicum maximum* cv. Mombasa. *Plant Archives, 19*(Suppl. 2), 1499–1503.

Ameer, A., Ahmad, F., Asghar, N., Hameed, M., Ahmad, K. S., Mehmood, A., Nawaz, F., Shehzad, M. A., Mumtaz, S., Kaleem, M., & Iqbal, U. (2023). Aridity-driven changes in structural and physiological characteristics of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) from different ecozones of Punjab, Pakistan. *Physiology and Molecular Biology of Plants, 29*(8), 1205–1224. https://doi.org/10.1007/s12298-023-01351-3

Borges-Filho, M. Q. (2026). Riesgos ambientales de la ganadería en áreas cercanas a canales fluviales en regiones rurales del nordeste de Brasil. *Revista Interdisciplinaria de Ingeniería Sustentable y Desarrollo Social*. https://doi.org/10.63728/riisds.v12i1.403

Botelho, W., Reis, P. R., & Fonseca, D. M. (1985). Efeito da carga animal sobre a população da cigarrinha *Zulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera: Cercopidae) em pastagem de capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 14*(2), 205–214. https://doi.org/10.37486/0301-8059.v14i2.385

Coutinho, M. J. F., Carneiro, M. S. S., Edvan, R. L., Santiago, F. E. M., & Albuquerque, D. R. (2015). Características morfogênicas, estruturais e produtivas de capim-buffel sob diferentes turnos de rega. *Pesquisa Agropecuária Tropical, 45*(2), 216–224. https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4531361

Cunha, T. J. F., Petrere, V. G., Silva, D. J., Mendes, A. M. S., Melo, R. F., Oliveira Neto, M. B., Silva, M. S. L., & Alvarez, I. A. (2010). *Principais solos do semiárido tropical brasileiro: Caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo*. Embrapa Solos.

Edvan, R. L., Santos, E. M., Silva, D. S., Andrade, A. P., Costa, R. G., & Vasconcelos, W. A. (2011). Características de produção do capim-buffel submetido a intensidades e frequências de corte. *Archivos de Zootecnia, 60*(232), 1281–1289. https://doi.org/10.4321/S0004-05922011000400043

Giongo, V., Salviano, A. M., Santos, B. R. C., & Leal, E. F. (2015). Adubação fosfatada e crescimento de cultivares de capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 19*(1), 34–38. https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n1p34-38

Hernández-Sagaon, J., Arrieta-González, A., Silva-Martínez, K. L., Andrea-Hernández, E., Borges-Filho, M. Q., Alejos-de-la-Fuente, J. I., Barrientos-Morales, M., & Sosa-Montes, E. (2026). In vitro gas production by maralfalfa (*Pennisetum violaceum*) and Taiwan (*Cenchrus purpureus*) grasses in the presence and absence of legumes. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. https://doi.org/10.1590/1678-4162-13674

Kumar, S., Saxena, S., & Gupta, M. G. (2017). Marker-assisted screening of breeding populations of an apomictic grass *Cenchrus ciliaris* L. segregating for the mode of reproduction. *Crop Breeding and Applied Biotechnology, 17*(1), 10–17. https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n1a2

Legundi, H. S., Maleko, D. D., Kizima, J. B., Nziku, Z. C., French, P., Urassa, V., Mangesho, W., Goodluck, S., Lugeye, S., Mgonja, H., Mngulu, S., & Selemani, I. S. (2025). Influence of fertilization and defoliation interval on forage yield and chemical composition of *Cenchrus ciliaris* under sandy soil. *Asian Journal of Agriculture*, *9*(1), 234–243. https://doi.org/10.13057/asianjagric/g090125

Monção, F. P., Oliveira, E. R., & Goes, R. H. T. B. (2011). O capim-buffel. *Agrarian*, *4*(13), 258–264.

Oliveira, A. R., Antônio, R. P., & Moraes, S. A. (2023). *Cultivo de capim-buffel: Aspectos gerais e fitotécnicos* (Doc. 313). Embrapa Semiárido.

Oliveira, J. M., Queiroz, E. B., Borges-Filho, M. Q., & Pineda Pineda, J. (2026). Sensing parameters related to the cultivation environment and hydroponic solution for automation purposes. *Agro Productividad*. https://doi.org/10.32854/had91429

Oliveira Neto, P. M., Cunha, M. V., Oliveira, E. J., Santos, M. V. F., & Moura, J. G. (2018). Dynamics of herbaceous vegetation in Caatinga manipulated with grazing exclusion under phosphate fertilization. *Revista Caatinga*, *31*(4), 1027–1039. https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n426rc

Pan, J., Yang, F., Yang, W., Zhang, M., He, S., & Li, Z. (2024). Fertilizers and manures enhance the bioavailability of soil phosphorus fractions in karst grassland. *Agronomy*, *14*(7), 1429. https://doi.org/10.3390/agronomy14071429

Sosa-Montes, E., Barrera Paulino, G., Monter Juárez, J., Borges-Filho, M. Q., Zárate Contreras, D., Alejos de la Fuente, J. I., Sánchez Olguín, J., Sosa Montes, E., & Bello Olivera, B. (2026). Retention of H_3PO_4 and NH_4OH by the fibrous components of oat (*Avena sativa* L.) forage. *Agro Productividad*. https://doi.org/10.32854/q9zhkg32

Wasim, M. A., Naz, N., & Zehra, S. (2022). Anatomical characteristics, ionic contents, and nutritional potential of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) under high salinity. *South African Journal of Botany*, *144*, 471–479. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.09.015