

Área foliar específica en pastos: relacionando el grosor de hoja con el pastoreo

Specific Leaf Area in Pastures: Relating Leaf Thickness to Grazing

Arlette Ivonne Gil Clavijo

Grupo de investigación PROSAFIS, Programa Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca, Colombia
aigil@ucundinamarca.edu.co | <https://orcid.org/0000-0001-6536-5877>

Citación: Gil Clavijo, A. I. (2026). Área foliar específica en pastos: relacionando el grosor de hoja con el pastoreo. *Mutis*, 16(1), 1- 12.
<https://doi.org/10.21789/22561498.2206>

Recibido: 27 de noviembre de 2025
Aceptado: 3 de marzo de 2026

Copyright: © 2026 por los autores. Licenciado para *Mutis*. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

RESUMEN

Esta investigación evaluó la variable fisiológica área foliar específica (AFE) en dos especies forrajeras representativas de sistemas de pastoreo en Cundinamarca, Colombia: *Urochloa brizantha* y *Cynodon nlemfuensis*. Estas Poáceas son ampliamente utilizadas en alimentación bovina por su alta producción de biomasa, valor nutricional y capacidad adaptativa. El AFE constituye un indicador del grosor foliar y eficiencia en la expansión del dosel, influyendo en intercepción de luz y recuperación postpastoreo. El estudio se desarrolló en dos fincas de la provincia Guavio bajo, comparando dos lotes que contenían las pasturas en mezcla para alimentación bovina: previo al ingreso (prepastoreo) y posterior a alimentación (postpastoreo), teniendo 35 y 45 días de descanso para recuperación foliar. Se evaluaron los mismos lotes durante la experimentación. El análisis permitió identificar diferencias entre las especies evaluadas, reflejando estrategias contrastantes de adaptación al pastoreo, donde *U. brizantha* mostró mayor capacidad de recuperación foliar frente al estrés de defoliación. Se observó un incremento promedio de $39 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$ del AFE para los dos pastos en postpastoreo, observándose el mayor valor en *U. brizantha* con $260 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$ comparado con *C. nlemfuensis* que desarrolló un AFE de $188 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$. Estos resultados sugieren que el pastoreo induce una mayor AFE, posiblemente asociada con la producción de hojas jóvenes de menor grosor y alta capacidad fotosintética. Se concluye que AFE es un indicador útil para comprender la dinámica de recuperación de pasturas tropicales tras el pastoreo, aportando información relevante para la gestión sostenible de sistemas ganaderos en regiones similares a las del Guavio bajo.

Palabras clave: Crecimiento de planta; fisiología vegetal; ganado bovino; pastizal; Ramoneo, ciencias naturales.

ABSTRACT

This research evaluated the physiological variable specific leaf area (SLA) in two forage species representative of grazing systems in Cundinamarca, Colombia: *Urochloa brizantha* and *Cynodon lemfuensis*. These *Poaceae* are widely used in cattle feeding due to their high biomass production, nutritional value, and adaptability. SLA serves as an indicator of leaf thickness and canopy expansion efficiency, influencing light interception and post-grazing recovery. The study was conducted on two farms

in the lower Guavio province, comparing two plots containing mixed pastures: one evaluated before grazing (pre-grazing) and the other after grazing (post-grazing), with rest periods of 35 and 45 days to allow leaf recovery. The same plots were monitored throughout the experiment. The analysis revealed differences between the evaluated species, reflecting contrasting adaptation strategies to grazing, with *U. brizantha* showing greater foliar recovery capacity in response to defoliation stress. An average increase of $39 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$ in leaf area was observed for both grasses after grazing, with the highest value in *U. brizantha* at $260 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$ compared to *C. nlemfuensis*, which developed an foliar area of $188 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$. These results suggest that grazing promotes greater leaf area, possibly associated with the production of thinner young leaves with high photosynthetic capacity. It is concluded that SLA is a useful indicator for understanding the recovery dynamics of tropical pastures after grazing, providing relevant information for the sustainable management of livestock systems in regions similar to the lower Guavio.

Keywords: plant growth; plant physiology; cattle; pasture; browsing; natural sciences.

INTRODUCCIÓN

El departamento de Cundinamarca posee aproximadamente 1 122 167 hectáreas con pasturas naturales y mejoradas, pastos de corte, sistemas silvopastoriles y cultivos forrajeros, lo que equivale al 50.13% del suelo dedicado a la producción para alimentación animal. Dentro de estas últimas, el género *Urochloa*, anteriormente denominado *Brachiaria*, es uno de los más representativos en la provincia del Guavio, alcanzando 33 612 hectáreas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de la Gobernación de Cundinamarca, 2022).

Las plantas de la familia Poaceae (gramíneas) son las más utilizadas en los sistemas de pastoreo para la alimentación bovina en producción de carne o leche debido a su alta producción de biomasa, gran capacidad de adaptación a las condiciones climáticas y su valor nutricional para los animales (O'Mara 2012). Los géneros *Urochloa* y *Cynodon* son plantas del tipo C_4 , las cuales poseen un amplio rango de caracteres funcionales que determinan la arquitectura de la planta y el crecimiento basado en la plasticidad adaptativa de sus estructuras morfológicas (Da Silva *et al.*, 2015).

El género *Urochloa* posee una gran adaptación a suelos ácidos de baja fertilidad y bajo contenido de fósforo disponible, alta resistencia a la defoliación intensiva de los animales y elevada capacidad de competencia con las arvenses por lo cual se utiliza en áreas de pastoreo en praderas mejoradas (Louw-Gaume *et al.*, 2017), lo que ha tenido un elevado impacto sobre la producción ganadera en la zona tropical (White *et al.*, 2013). El pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) es uno de los más utilizados en el trópico para la alimentación bovina y ha demostrado alta adaptabilidad y persistencia a las condiciones ambientales y edáficas de esta zona debido a su alta producción de biomasa, palatabilidad y elevada cobertura (Paris *et al.*, 2016; Reyes-Pérez *et al.*, 2018; Ávila-Serrano *et al.*, 2020).

Investigaciones clásicas como la de Adjei *et al.* (1989) definen que, en los sistemas productivos de pastos para alimentación de bovinos se acostumbra a dejar

un periodo de recuperación de las plantas después del pastoreo, haciendo rotación de los animales en distintos lotes. Esta velocidad de recuperación está directamente relacionada con la tasa fotosintética, y depende del remanente de los carbohidratos de reserva en las hojas más jóvenes.

El parámetro fisiológico área foliar específica (AFE), en inglés SLA (specific leaf area) es la relación entre el área de las hojas y su peso seco, por lo cual sus unidades corresponden a $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ (Hunt, 1990). Esta variable indica el grosor de la hoja e influencia la expansión y crecimiento del cánopi a través de su efecto sobre la totalidad del área foliar por planta afectando la intercepción y uso de la eficiencia lumínica (Uttam *et al.*, 2012).

El AFE se constituye en un parámetro importante para la modelación del crecimiento vegetal debido a que determina cuánta nueva área foliar se despliega por cada unidad de biomasa producida. Bajo condiciones de elevadas concentraciones de dióxido de carbono, cualquier almacenamiento adicional de carbohidratos en las hojas o reasignación de biomasa hacia las hojas más gruesas tenderá a incrementar la masa foliar más que el área foliar, disminuyendo de este modo el valor del AFE (Kimball *et al.*, 2002). También es un componente clave para evaluar la diversidad de plantas en un ecosistema, vinculando los ciclos de carbono y el aprovechamiento hídrico, pero los estudios de esta variable son escasos (Ali *et al.*, 2017).

Se ha demostrado que las especies vegetales que presentan altos valores de AFE poseen elevada área foliar y una mayor fragilidad de las hojas, lo que conlleva a un mayor riesgo de pérdida precoz de tejido foliar (Lusk, 2002). Esta variable también se ha relacionado con la fertilidad del suelo, de esta manera altos valores de AFE están relacionados con alta fertilidad edáfica e índices bajos muestran lo contrario (Wright *et al.*, 2005).

El AFE es una variable que muestra los cambios en la relación del área foliar y la eficiencia fotosintética en el uso del Nitrógeno y adicionalmente está relacionado con la producción de cultivos debido a que las que muestran mayor productividad generalmente registran valores mayores de AFE (Bultynck *et al.*, 2008). Por lo tanto, el AFE es un factor importante de la distribución espacial del nitrógeno foliar dentro del cánopi y su regulación puede afectar la capacidad fotosintética de las hojas (Yao *et al.*, 2015).

La variable fisiológica AFE no se ha estudiado profundamente para pastos en sistemas de alimentación bovina, encontrándose bajos reportes de literatura en este tópico a nivel nacional e internacional, motivo por el cual esta investigación se desarrolló para relacionar el AFE con el momento de alimentación de los animales en lotes prepastoreo y pospastoreo, asociando el grosor foliar y su posible efecto de la recuperación del cánopi sobre las pasturas de las especies *Urochloa brizantha* y *Cynodon nlemfuensis* en las producciones de la zona de Guavio bajo (Cundinamarca) con el fin de generar información que pueda ser útil para otras zonas productivas ganaderas con estos pastos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en dos sistemas de producción bovina ubicadas en la zona de Guavio bajo (Cundinamarca): la finca Shambalá en la vereda Bochiwa (Bochica) con coordenadas 4°17'3" latitud norte y 74°23'16" longitud oeste, 1 566 m.s.n.m, temperatura promedio de 18,8°C y humedad relativa promedio de 69%, y en la Unidad Agroambiental La Esperanza con coordenadas 4°16'34" latitud norte y 74°23'12" longitud oeste, 1 550 m.s.n.m., temperatura promedio de 19.9°C y humedad relativa promedio de 67.09%. La zona de vida según clasificación Holdridge es bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB). En estas fincas se tenían lotes para alimentación bovina con pastos *U. brizantha* y *C. nlemfuensis* en mezcla, y se realizaba un sistema de rotación de los animales para permitir el descanso de las pasturas. Los periodos de descanso después de la alimentación del ganado en los lotes muestreados fueron de 45 días para la finca Shambalá y de 35 días en la Unidad La Esperanza. De esta manera, en cada sistema de producción se escogieron dos lotes como área de estudio: uno previo al ingreso de los animales para la alimentación denominado de prepastoreo, y otro posterior al periodo de alimentación bovina llamado pospastoreo. El área de los lotes muestreados fue de 7 089 m² en la finca Shambalá y 4 196 m² en la Esperanza, y se resalta que se utilizaron los mismos lotes para los diferentes periodos de muestreo en la investigación.

Métodos y población de estudio

En cada lote de las fincas se realizaron los muestreos respectivos para la determinación del área foliar específica (AFE) durante un periodo consecutivo de 4 meses, teniendo en cuenta el preingreso y el posingreso de los bovinos, con lo cual para el muestreo de las plantas en campo, se tomó como base la metodología utilizada por Posada Ochoa *et al.* (2013) en la que, mediante un marco cuadrado con área de 0.25 m² que se lanzaba al azar en el terreno para recolectar la totalidad de los individuos de *U. brizantha* y *C. nlemfuensis* presentes en esta área, los cuales se colectaban individualmente en sobres de papel debidamente marcados. El lanzamiento del marco de madera se realizó por cuatro veces consecutivas en cada lote muestreado (prepastoreo y pospastoreo) para obtener las respectivas repeticiones en la toma de datos.

Posteriormente las muestras vegetales colectadas se colocaron en un recipiente de icopor para ser llevadas al laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad de Cundinamarca, ubicado en Fusagasugá (Cundinamarca, Colombia), a una altura de 1 680 m.s.n.m., y temperatura promedio de 19.4°C, en donde se procedió a la determinación del área foliar específica (AFE), utilizando la metodología descrita por Jonckheere *et al.* (2004), en la que en cada unidad experimental (área demarcada por el cuadrado), de las plantas de pasto muestreadas se escogieron 10 hojas sanas, con láminas foliares completas, no senescentes, y se tomaron porciones de círculos foliares por medio de un sacabocado de 0.3848 cm² de área, que fueron colocados en sobres de papel para introducirlos posteriormente en la estufa de secado a una temperatura de 70°C hasta llegar a peso constante. Con las muestras secas, se procedió a calcular el AFE mediante la relación matemática definida como el área de las hojas y el peso seco de los discos de las hojas, obteniendo el parámetro en unidades de cm².g⁻¹.

Con los datos obtenidos se realizó el análisis estadístico mediante pruebas t y análisis de varianza siguiendo una estructura factorial 2x2x2, utilizando como factores principales: la localidad (finca), la especie forrajera (*U. brizantha* y *C. nlemfuensis*) y el momento de evaluación con respecto al pastoreo (prepastoreo y pospastoreo) utilizando el programa estadístico Jamovi® versión 2025 (Jamovi Project, 2025), aplicando el lenguaje de programación R (R Core Team, 2025) y los paquetes *car* (Fox & Weisberg, 2019) y *emmeans* (Lenth & Piaskowski, 2025). Debido a que en el diseño factorial no se presentaron diferencias estadísticas, se procedió a realizar pruebas t para realizar comparaciones entre localidades, entre especies forrajeras y entre momentos de evaluación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los datos mostró que solamente el factor especie fue altamente relevante estadísticamente para explicar el comportamiento del AFE y explicó 31.5% de la variación observada, seguido por el momento de evaluación con respecto al pastoreo el cual explica el 8.8% de la variación observada (Tabla 1).

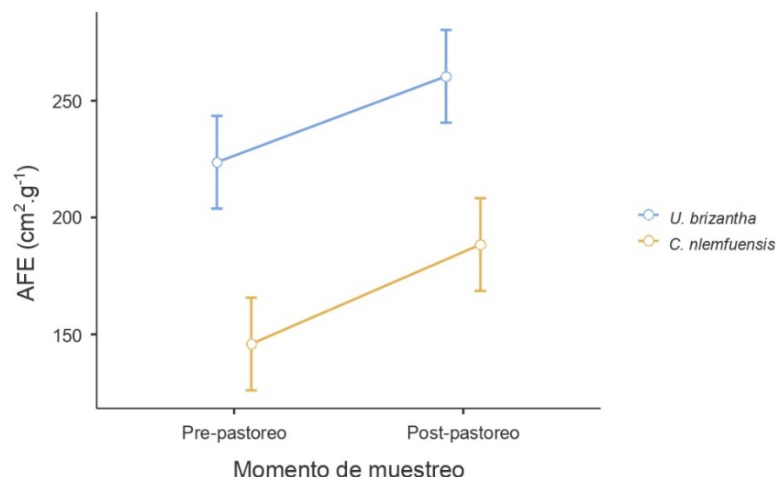
Tabla 1. Análisis de varianza para el Área foliar específica (AFE) en dos especies de pasto de la región Guavio bajo según momento de muestreo (prepastoreo y pospastoreo) y localidad (finca) (significancia $P < 0,05$)

Factor	F	P valor	η^2
Finca	0.0952	0.760	0.002
Momento de muestreo	3.9977	0.057	0.088
Especie de pasto	14.2740	<0.001	0.315
Finca*momento	1.3340	0.259	0.029
Finca*especie	1.0031	0.327	0.022
Momento*especie	0.0213	0.885	0.000
Finca*momento*especie	0.5681	0.458	0.013

Fuente: elaboración propia

El pasto *U. brizantha* presentó una AFE mayor en $75 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ con relación a *C. nlemfuensis* e igualmente se observó un aumento promedio para las dos especies, de $39 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ del AFE luego del pastoreo. Se registraron en *U. brizantha* los valores promedio de $224 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ para prepastoreo y de $260 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ en pospastoreo, mientras que en *C. nlemfuensis* fueron de 146 y $188 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ para prepastoreo y pospastoreo respectivamente, lo que muestra el incremento del área foliar específica (AFE) después de la alimentación de los animales dentro del lote (Figura 1).

Figura 1. Variación del área foliar específica (AFE) en lotes de prepastoreo y postpastoreo para *Urochloa brizantha* y *Cynodon nlemfuensis* en la vereda Guavio bajo (Cundinamarca).



Fuente: elaboración propia.

Las plantas que desarrollan bajas AFE invierten más biomasa por hoja y a menudo poseen bajas tasas de crecimiento relativo y de fotosíntesis neta pero sus hojas tienen mayor duración en la planta (Shipley *et al.*, 2005), a diferencia de aquellas que desarrollan mayor AFE quienes adoptan una estrategia de menor inversión en materia seca foliar, con un crecimiento rápido, pero con una menor duración de hojas en su ciclo de vida (Dwyer *et al.*, 2014).

Los valores obtenidos para el AFE en esta investigación están acordes con los reportados por Dias-Filho (2000) en su estudio sobre la capacidad de aclimatación de *Urochloa brizantha* y *U. humidicola* bajo condiciones de alta y baja luminosidad, con valores de AFE de 219 y 295 cm².g⁻¹ para *U. brizantha* en condiciones de elevada y baja luminosidad respectivamente, y en *U. humidicola* de 270 y 319 cm².g⁻¹. El AFE mejora la habilidad de competencia interespecífica y hay una correlación positiva entre esta variable fisiológica y el contenido de Nitrógeno foliar.

En la investigación realizada por Sbrissia & da Silva (2008) en el pasto *Urochloa brizantha*, se obtuvieron valores de AFE entre 100 y 200 cm².g⁻¹ según la época del año, y su relación directa con los contenidos nutricionales del suelo. Pérez Amaro *et al.* (2004) registraron el AFE de las hojas de pasto mulato (*Urochloa* híbrido) durante 21 semanas de crecimiento obteniendo un valor máximo de 160 cm².g⁻¹ a las cuatro semanas de establecimiento de la pastura que coincidió con la mayor concentración de N en hoja, con lo cual se concluyó que a medida que las plantas incrementaron su AFE, se incrementó directamente el contenido de Nitrógeno foliar.

Estos resultados para la zona de Guavio bajo (Cundinamarca) muestran que las plantas de los pastos *U. brizantha* y *C. nlemfuensis* desarrollaron mayor AFE después del pastoreo de los bovinos, lo cual es corroborado por Laliberté *et al.* (2012), quienes aseveran que en comunidades de plantas herbáceas, la perturbación por pastoreo puede cambiar hacia especies con mayor AFE, favoreciendo la aparición de hojas más delgadas en las plantas bajo condiciones de elevados recursos edáficos, lo

que potencialmente permite un rápido crecimiento al mismo tiempo que se mantienen las defensas estructurales contra este disturbio.

En los lotes de pospastoreo se presentaron valores mayores de AFE, lo que significa que las hojas de las plantas de pasto *U. brizantha* y *C. nlemfuensis* fueron más delgadas y de menor peso, en comparación de las de los lotes de prepastoreo, que mostraron bajo valor de AFE y cuya lámina foliar fue más gruesa y con mayor peso, lo que podría también representar la vida útil de la parte aérea. Las plantas con elevado AFE pueden tener menor esperanza de vida a diferencia de las de AFE bajo, que tienden a vivir por mayores periodos. De acuerdo con Casper *et al.* (2001) esta relación puede reflejar una estrategia para la supervivencia de las plantas, de modo que aquellas que favorecen el rápido crecimiento generan hojas menos longevas y más delgadas, contrario a las que generan un crecimiento más lento con mayor grosor y longevidad foliar.

El principal proceso que tiene lugar durante el rebrote posterior al pastoreo está relacionado con la restauración de la superficie fotosintética a través del desarrollo de las estructuras foliares (Pereira *et al.*, 2014), lo que corrobora que el incremento de las láminas foliares como AFE está estrechamente relacionado con el momento del pospastoreo.

Existe abundante evidencia que demuestra que el pastoreo altera las características funcionales de las plantas, la estructura de la comunidad y el funcionamiento del ecosistema de los pastizales, de esta manera, el pastoreo generalmente reduce la altura de las plantas y se incrementa el nitrógeno foliar y el AFE (Zheng *et al.*, 2015).

Según Lambers & Poorter (1992), el incremento del AFE se convierte en una característica útil debido a que las láminas foliares más delgadas sugieren mayor eficiencia fotosintética, con una menor inversión en componentes de la pared celular, dando una mayor ventaja competitiva a las plantas además de favorecer la resistencia de las hojas ante el consumo de los animales. Para el caso contrario, los bajos valores de AFE reducen la toma de carbono debido a la disminución de la superficie foliar por unidad de materia seca, lo que sugiere la existencia de un intercambio entre la tolerancia a la sequía y la producción de biomasa en gramíneas (Baruch *et al.*, 1989).

Giacomini *et al.* (2009) realizaron una investigación en *Urochloa brizantha* cv. Marandu, evaluando el AFE del pasto sometido a post- pastoreo y alimentación intermitente. Se encontró que el tratamiento de pospastoreo con una altura promedio de planta de 15 cm obtuvo los mayores valores de AFE, de 136.7 cm².g⁻¹, a diferencia que el de prepastoreo, que registró una altura promedio de 10 cm y AFE de 108.7 cm².g⁻¹, lo que permite concluir que cuando se reduce la disponibilidad de los factores abióticos, las hojas se tornan más delgadas debido a una menor inversión de componentes de pared celular como medio para usar e incrementar los nutrimentos disponibles debido a la baja disponibilidad de recurso hídrico en el suelo.

Scheffer-Basso *et al.* (2016) definen que cuando los recursos son limitantes, se maximiza la longevidad foliar a través de un AFE bajo, protegiendo el tejido foliar de daños, mientras que, cuando la disponibilidad de recursos es relativamente alta después de perturbaciones, la longevidad de las hojas no es un factor crítico, por lo que se desarrolla mayor AFE. Adicionalmente estos autores también reportan que los

pastos *Urochloa* spp. y *Cynodon* spp. desarrollan un rápido crecimiento en función del tiempo, lo que se considera como un factor benéfico para el control de plantas invasoras.

La regulación del AFE puede afectar la capacidad fotosintética del dosel, pues está relacionada negativamente con la capacidad fotosintética de las hojas ubicadas en un nivel determinado del cánopi por unidad de área foliar, pues en entornos fuertemente sombreados las delgadas hojas realzan la intercepción de la luz porque hay mayor área foliar por unidad de materia seca (Yao *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidenciaron que la especie fue el principal factor determinante para el área foliar específica (AFE), destacándose *U. brizantha* por presentar valores superiores en comparación con *C. nlemfuensis*, lo que sugiere una mayor plasticidad fisiológica y capacidad de respuesta frente a eventos de defoliación. El incremento del AFE observado posterior al pastoreo en ambas especies indica una estrategia funcional asociada con la producción de hojas más delgadas y con menor inversión de biomasa por unidad de área, lo que favorece una rápida recuperación del área fotosintéticamente activa tras el consumo animal. Esta respuesta sugiere que el rebrote posterior al pastoreo está caracterizado por la emisión de tejido foliar joven con mayor potencial de crecimiento y eficiencia en la captación de recursos. La respuesta de *U. brizantha* al obtener mayores valores de AFE podría conferirle ventajas adaptativas en sistemas pastoriles sometidos a disturbios recurrentes. En este contexto, el AFE se consolida como un indicador fisiológico relevante para interpretar las estrategias de uso de recursos, tolerancia a la defoliación y capacidad de recuperación de especies forrajeras tropicales, aportando información relevante para el diseño de prácticas de manejo que favorezcan la productividad y sostenibilidad de los sistemas ganaderos en la región del Guavio Bajo y en ambientes con condiciones agroecológicas similares.

RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones de la variable AFE en otras especies de pastos utilizados como alimentación bovina para la zona de Guavio bajo y otras zonas aledañas para poder recomendar los tiempos de descanso de lotes con relación a la recuperación foliar de las plantas.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a la Universidad de Cundinamarca por la financiación del proyecto al cual pertenece esta investigación y al M. Sc. César Alfonso Ariza Castillo por su colaboración con el análisis estadístico de los datos.

REFERENCIAS

Adjei M.B., Mislevy, P., Kalmbacher, R.S. & Busey, P. (1989). Production, quality and persistence of tropical grasses as influenced by grazing frequency. *Proceedings of the Soil and Crop Science Society of Florida*, 48, 1-6.

Ali, A., Darvishzadeh, R., Skidmore, A.K. & Van Duren, I.C. (2017). Specific leaf area estimation from leaf and canopy reflectance through optimization and validation of vegetation indices. *Agricultural and Forest Meteorology*, 236, 162-174. DOI: 10.1016/j.agrformet.2017.01.015

Ávila-Serrano, N. Y., López-Garrido, S. J., Galicia-Jiménez, M. M., González-Crespo, G. de J., & Camacho-Escobar, M. A. (2020). Effect of incorporating arboreal vegetation to *Cynodon nlemfuensis* diets during *in-vitro* ruminal fermentation. *Revista Terra Latinoamericana*, 38(2), 403–412. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.618>

Baruch Z., Hernández A.B. & Montilla M.G. (1989). Dinámica del crecimiento, fenología y repartición de biomasa de gramíneas nativas e introducidas en una sabana neotropical. *Ecotropicos*, 2, 1-13.

Bultynck, L., Fiorani, F. & Lambers, H. (2008). Control of Leaf Growth and its Role in Determining Variation in Plant Growth Rate from an Ecological Perspective. *Plant Biology*, 1(1), 13-18. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1999.tb00703.x>

Casper, B. B., Forseth, I. N., Kempenich, H., Seltzer, S., & Xavier, K. M. (2001). Drought prolongs leaf life span in the herbaceous desert perennial *Cryptantha flava*. *Functional Ecology*, 15(6), 740-747. <https://doi.org/10.1046/j.0269-8463.2001.00583.x>

Da Silva, S.C.; Sbrissia, A.F. & Pereira, L.E. (2015). Ecophysiology of C₄ Forage Grasses—Understanding Plant Growth for Optimising Their Use and Management. *Agriculture*, 5(3), 598-625. <https://doi.org/10.3390/agriculture5030598>

Dias-Filho, M.B. (2000). Growth and biomass allocation of the C₄ grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(12), 2335-2341. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000001200003>

Dwyer, J.M., Hobbs, R.J. & Mayfield, M.M. (2014). Specific leaf area responses to environmental gradients through space and time. *Ecology*, 95(2), 399–410. <https://doi.org/10.1890/13-0412.1>

Fox, J., & Weisberg, S. (2019). *An {R} companion to applied regression. R package version 3.1.2.* <https://cran.r-project.org/web/packages/car/index.html>

Giacomini, A.A., Carneiro da Silva, S., Oliveira de Lucena Sarmiento, D., Varesqui Zeferino, C., Kuhn da Trindade, J., Jacaúna Souza Júnior, S., del'Alamo Guarda, V., Fischer Sbrissia, A. & do Nascimento Júnior, D. (2009). Components of the leaf area index of marandu palisadegrass swards subjected to strategies of intermittent stocking. *Scientia Agricola*, 66(6), 721-732. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000600002>

Hunt, R. (1990). *Basic Growth Analysis*. Published by the academic Division of Unwin Hyman Ltd. London, p. 110. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-9117-6>

Jamovi Project. (2025). Jamovi [Computer Software].

Jonckheere, I; Fleck, S; Nackaerts, K; Muys, B; Coppin, P; Weiss, M; Baret, F. (2004). Methods for leaf area index determination. Part I: Theories, techniques and instruments. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121, 19-35. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.08.027>

Kimball, B.A., Kobayashi, K. & Bindi, M. (2002). Responses of Agricultural Crops to Free-Air CO₂ Enrichment. *Advances in Agronomy*, 77, 293-368. [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113\(02\)77017-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113(02)77017-X)

Labiberté, E., Shipley, B., Norton, D. A., & Scott, D. (2012). Which plant traits determine abundance under long-term shifts in soil resource availability and grazing intensity? *Journal of Ecology*, 100, 662-677. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01947.x>

Lambers, H. & Poorter, H. (1992). Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. *Advances in Ecological Research*, 23, 187-261. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60148-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60148-8)

Lenth, R. & Piaskowski, J. (2025). *Emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means*. R package version 2.0.0, <https://rvlenth.github.io/emmeans/>.

Louw-Gaume, A.E., Schweizer, N., Rao, I.M., Gaume, A.J., & Frossard, E. (2017). Temporal differences in plant growth and root exudation of two *Brachiaria* grasses in response to low phosphorus supply. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 5(3), 103-116. [https://doi.org/10.17138/tgft\(5\)103-116](https://doi.org/10.17138/tgft(5)103-116)

Lusk, C. H. (2002). Leaf area accumulation helps juvenile evergreen trees tolerate shade in a temperate rainforest. *Oecologia*, 132(2), 188–196. <https://doi.org/10.1007/s00442-002-0974-9>

O'Mara, F.P. (2012). The role of grasslands in food security and climate change. *Annals of Botany* 110(6):1263–1270. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs209>

Paris, W., Tonion, R., Martinello, C., Sartor, L. R., Matiello de Paula, F. L., & de Oliveira, J. G. (2016). Productivity and nutritional value of African Star managed with different leaf blade mass. *Acta Scientiarum Animal Science*, 38(1), 31–36. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i1.28549>

Pereira, L. E. T., Paiva, A. J., Geremia, E. V., & Da Silva, S. C. (2014). Components of herbage accumulation in elephant grass cv Napier subjected to strategies of intermittent stocking management. *The Journal of Agricultural Science*, 152(6), 954–966. <https://doi.org/10.1017/S0021859613000695>

Pérez Amaro, J.A., García Moya, E., Enríquez Quiroz, J., 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. Mulato). *Técnica Pecuaria en México*. 42(3), 447-458.

Posada Ochoa, S., Cerón, J.M., Arenas, J., Hamedt, J.F., & Álvarez, A. (2013). Evaluación del establecimiento de ryegrass (*Lolium* sp.) en potreros de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) usando la metodología de cero labranza. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 8(1), 23-32. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-96072013000100003&lng=en&tlng=es.

R core team. (2025). [Computer Software].

Reyes-Pérez, J.J., Méndez-Martínez, Y., Luna-Murillo, R.A., Herrera-Gallo, S.M., Guaman-Sarango, V.M. & Espinosa-Coronel, A. (2018). Componentes del rendimiento y composición química del *Cynodon nlemfuensis*. *Revista electrónica de Veterinaria*, 19(9), 1-12. ISSN 1695-7504

Sbrissia, A. & da Silva, S. (2008). Tiller size/density compensation in Marandu palisadegrass swards. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37(1): 35-47. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000100005>

Scheffer-Basso, S.M., Cecchin, K. & Favaretto, A. (2016). Dynamic of dominance, growth and bromatology of *Eragrostis plana* Nees in secondary vegetation area. *Revista Ciência Agronômica*, 47(2), 582-588.

Shiple, B., Vile, D., Garnier, E., Wright, I.J. & Poorter, H. (2005). Functional linkages between leaf traits and net photosynthetic rate: reconciling empirical and mechanistic models. *Functional Ecology*, 19, 602–615. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2005.01008.x>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Gobernación de Cundinamarca. (2022). Estadísticas Agropecuarias Volumen 30. Consultado en octubre 1, 2025.

Uttam, K., Singh, P., & Boote, K. J. (2012). Effect of climate change factors on processes of crop growth and development and yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). En D. L. Sparks (Ed.), *Advances in agronomy* (Vol. 116, pp. 41–69). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394277-7.00002-6>

White, D.S., Peters, M. & Horne, P. (2013). Global impacts from improved tropical forages: A meta-analysis revealing overlooked benefits and costs, evolving values and new priorities. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 1(1), 12-24. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(1\)12-24](https://doi.org/10.17138/TGFT(1)12-24)

Wright, I. J., Reich, P. B., Cornelissen, J. H., Falster, D. S., Garnier, E., Hikosaka, K., Lamont, B. B., Lee, W., Oleksyn, J., Osada, N., Poorter, H., Villar, R., Warton, D. I., & Westoby, M. (2005). Assessing the generality of global leaf trait relationships. *The New phytologist*, 166(2), 485–496. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01349.x>

Yao, H., Zhang, Y., Yi, X., Hu, Y., Luo, H., Gou, L. & Zhang, W. (2015). Plant density alters nitrogen partitioning among photosynthetic components, leaf photosynthetic capacity and photosynthetic nitrogen use efficiency in field-grown cotton. *Field Crops Research*, 184, 39-49. ISSN 0378-4290. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.09.005>

Arlette Ivonne Gil Clavijo. (2026). <https://doi.org/10.21789/22561498.2206>

Yao, H., Zhang, Y., Yi, X., Zhang, X. & Zhang, W. (2016). Cotton responds to different plant population densities by adjusting specific leaf area to optimize canopy photosynthetic use efficiency of light and nitrogen. *Field Crops Research*, 188, 10-16. ISSN 0378-4290. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.01.012>

Zheng, S., Li, W., Lan, Z., Ren, H. & Wang, K. (2015). Functional trait responses to grazing are mediated by soil moisture and plant functional group identity. *Scientific Reports*, 5, 18163. <https://doi.org/10.1038/srep18163>