Artículo de revisión

Rasgos funcionales de especies leñosas forrajeras respuesta a la defoliación: una revisión

Functional Traits of Woody Forage Species in Response to Defoliation: A review

Cristhian Thomas Carvajal[1], Nelson Pérez Almario[2] y Jairo Mora Delgado[3]

1 Profesional de apoyo a la investigación, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia, C.I. Nataima, Ibagué, Colombia. https://orcid.org/0000-0001-8668-5562
2 Investigador máster, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia, C.I. Nataima, Ibagué, Colombia. https://orcid.org/0000-0002-4339-616X
3 Profesor titular, Departamento de Producción Pecuaria, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. https://orcid.org/0000-0002-1093-4216

ccarvajal@agrosavia.co

Resumen
Las especies leñosas forrajeras cumplen un papel estratégico en los sistemas silvopastoriles tropicales, especialmente como fuente de forraje durante la época seca. Esta revisión sintetiza la evidencia disponible sobre la respuesta de estas especies a la defoliación, con énfasis en la capacidad de rebrote, los rasgos funcionales foliares que la explican y los patrones de acumulación de biomasa aérea. Se analizan además las características agronómicas y el potencial nutricional de dos especies representativas del bosque seco tropical, Guazuma ulmifolia y Cordia alba. La evidencia revisada indica que la tolerancia a la defoliación depende de la intensidad, frecuencia y época en que esta ocurre, así como del estado de las reservas de carbohidratos no estructurales de la planta. Rasgos como el área foliar, el área foliar específica, el contenido de materia seca de las hojas y la densidad de la madera se asocian consistentemente con la capacidad de rebrote y la producción de biomasa foliar, mientras que la tasa de aparición foliar y el filocrono permiten describir la dinámica de expansión foliar frente a la herbivoría y el estrés hídrico. Esta información es relevante para orientar el diseño de esquemas de poda y ramoneo que maximicen la producción sostenible de forraje leñoso en sistemas ganaderos tropicales.
Palabras clave: defoliación, rasgos funcionales, capacidad de rebrote, biomasa forrajera, sistemas silvopastoriles, bosque seco tropical.

Abstract
Woody forage species play a strategic role in tropical silvopastoral systems, especially as a source of forage during the dry season. This review synthesizes the available evidence on the response of these species to defoliation, with an emphasis on their ability to regrow, the functional leaf traits that underlie this ability, and patterns of above-ground biomass accumulation. The agronomic characteristics and nutritional potential of two representative species of the tropical dry forest, Guazuma ulmifolia and Cordia alba, are also analyzed. The reviewed evidence indicates that

tolerance to defoliation depends on the intensity, frequency, and timing of defoliation, as well as on the status of the plant's non-structural carbohydrate reserves. Traits such as leaf area, specific leaf area, leaf dry matter content, and wood density are consistently associated with regrowth capacity and leaf biomass production, while the rate of leaf emergence and the phyllochrone allow for a description of the dynamics of leaf expansion in response to herbivory and water stress. This information is relevant for guiding the design of pruning and browsing schemes that maximize the sustainable production of woody forage in tropical livestock systems.
Keywords: defoliation, functional traits, regrowth capacity, forage biomass, silvopastoral systems, tropical dry forest.

Recibido: enero de 2026
Aceptado: Agosto de 2026

Introducción

Desde hace varios años se vienen desarrollando avances en investigación en el área de sistemas silvopastoriles con la participación de instituciones de investigación agropecuaria nacionales e internacionales, así como universidades y gremios, logrando demostrar que estos sistemas son una alternativa tecnológica real e integral de producción pecuaria de grandes perspectivas para las condiciones tropicales (Portilla et al., 2015). Un punto de partida para el diseño de una investigación relevante que atienda las demandas de los ganaderos ha sido el acercamiento al conocimiento local sobre la identificación, uso y aprovechamiento de las especies leñosas en sus fincas (Pérez-Almario et al., 2021; Vásquez et al., 2014). Este tipo de estudios aporta información relevante sobre especies con potencial para uso en alimentación animal que aún no hayan sido objeto de procesos de evaluación agronómica y zootécnica.

Particularmente, en especies leñosas forrajeras se han derivado estudios como los de Pérez-Almario et al. (2017; 2021) que han demostrado que existe una diversidad de especies vegetales tropicales con alto potencial para la alimentación animal y que a su vez contribuyen con servicios ambientales en las fincas ganaderas. Los investigadores combinaron metodologías de medición de rasgos funcionales y de palatabilidad para la selección de especies leñosas para SSP en zonas secas, identificando especies arbóreas que no habían sido consideradas forrajeras en zonas cálidas de Colombia como por ejemplo *Albizia niopoides, Clitoria fairchildiana, Cordia alba, Spondias mombin, Calliandra riparia* y *Bursera tomentosa.* En este mismo sentido, los estudios de Lombo-Ortiz et al., (2013; 2021) sobre la capacidad de rebrote y la disponibilidad de biomasa forrajera de especies leñosas dispersas en potreros de trópico seco, han encontrado un gran potencial en especies como *Cordia alba* y *Pithecelobium dulce.*

Tolerancia a la defoliación y capacidad de rebrote en especies leñosas

Las plantas responden de manera diferente a la pérdida de follaje y estas variaciones pueden relacionarse a las condiciones de la defoliación, como la intensidad y la frecuencia, la época y el estado nutricional de la planta (Kidombo & Dean, 2018). Por ejemplo, las plantas adaptadas a ambientes con buenos niveles de recursos presentan altas tasas de crecimiento relativo, y en algunas especies, las plantas defoliadas pueden producir mayor cantidad de biomasa que las no defoliadas ("crecimiento compensatorio") (Rusch & Skarpe, 2009). También se ha asociado como mecanismo de adaptación a la defoliación el uso eficiente de las reservas de carbohidratos no estructurales

(CNE), para sustentar el crecimiento de rebrotes y de hojas mientras las plantas recuperan el área foliar suficiente para satisfacer las demandas de carbono (Marinho, 2019; Vargas-Ortiz et al., 2013; Wencomo & Ortiz, 2011).

El propósito de controlar la frecuencia y la intensidad de la defoliación es permitir que las plantas recuperen las reservas de carbohidratos, y por lo tanto maximizar la tasa de rebrote después de la defoliación (Calvache et al., 2020). En algunas especies leñosas forrajeras se ha reportado una gran capacidad de rebrote después del corte. Por ejemplo, en Leucaena leucocephala, Wencomo & Ortiz (2011) encontraron que algunas accesiones tuvieron una capacidad de recuperación ascendente después de la poda, aspecto que pudo estar influido por su capacidad para reciclar las reservas acumuladas durante el período de establecimiento. Sin embargo, también identificaron que durante los primeros 28 días después de la defoliación hubo una lenta emisión de nuevos rebrotes, pero que desde los días 35 a 56 se presentó un aumento del crecimiento de estos. Esto demuestra que las plantas tienen diferentes tasas de acumulación de biomasa a medida que avanzan los días de recuperación, lo cual implica que hay lapsos en los cuales se debe proteger con mayor cuidado la planta en rebrote.

Por otro lado, se ha reportado que el estrés hídrico, común en época de sequía, afecta drásticamente la producción de rebrotes de algunas especies arbóreas forrajeras, presentando reducciones entre el 43 % y el 96 % respecto a lo obtenido en época de lluvia (Lombo-Ortiz et al., 2021).

Rasgos funcionales foliares en especies leñosas forrajeras

Los rasgos funcionales son cualquier característica, atributo o cualidad de las plantas que se expresa como mecanismo de respuesta a eventos que ponen en riesgo la supervivencia de estas, como los cambios ambientales y la herbivoría, y que permiten encontrar diferencias en la función de las plantas (Pérez-Almario et al., 2013b; Pérez-Harguindeguy et al., 2013). Al respecto, estudios de Pérez-Almario et al. (2013a; 2013b; 2017) se han enfocado en la evaluación de la producción y calidad forrajera de especies leñosas de bosque seco tropical con base en rasgos funcionales. Los investigadores sometieron las especies a manejo de podas, incluyendo diferentes alturas y frecuencias de cosecha, encontrando que la capacidad de rebrote está altamente asociada a la densidad de la madera y la frecuencia de cosechas en el tiempo.

De igual forma, Lombo-Ortiz (2012) evaluó la capacidad de rebrote de seis especies leñosas forrajeras y determinó que el rasgo funcional que mejor explica la capacidad de rebrote y producción de biomasa es el área foliar (AF). El mismo autor determinó que un AF menor se relaciona probablemente con una mayor producción de rebrotes y biomasa foliar, como ocurrió con C. alba y G. ulmifolia, debido a que sus hojas de tamaño pequeño se distribuyen en mayor número sobre el rebrote y que cada hoja representa un meristemo que puede desarrollar una yema axilar. Teniendo en cuenta la importancia explicativa de los rasgos funcionales en el funcionamiento del ecosistema y sobre los atributos individuales, la tasa de crecimiento relativo y la plasticidad fenotípica de las plantas, los rasgos que mejor se asocian a la capacidad de rebrote de algunas especies leñosas forrajeras corresponden al contenido de materia seca de las hojas (MS), el área foliar (AF), el área foliar específica (AFE) y la densidad de la madera (DM) (Lombo-Ortiz, 2012; Pérez-Almario et al., 2017).

Por otro lado, se ha descrito que el AF final de una planta puede verse afectado por cambios ambientales de dos maneras: un efecto sobre el número de hojas producidas o un efecto sobre la expansión de las hojas individuales. El número de hojas normalmente no se ve afectado drásticamente por cambios en el aporte de agua o luz; sin embargo, tanto el área foliar completa de la planta como el área foliar individual se ven afectadas de manera diferente por las señales ambientales (Cookson et al., 2007).

Acumulación de biomasa aérea

El estudio de la morfogénesis en respuesta a la frecuencia e intensidad de las defoliaciones es una herramienta útil para definir el correcto manejo de las especies forrajeras (Chaves et al., 2018), e implica el estudio del patrón de emergencia, expansión y longevidad o senescencia de las hojas (Sartorelli et al., 2007).

Un parámetro importante para el desarrollo de la planta es la tasa de aparición foliar (TAF), entendida como el número de hojas emergidas por unidad de tiempo a lo largo de un rebrote (Ackerly et al., 2002; Manandhar et al., 2017). La inversa de la TAF se denomina filocrono, es decir, el tiempo que transcurre entre la aparición de hojas sucesivas en el mismo rebrote. En condiciones ambientales controladas, el filocrono es constante o lineal; sin embargo, bajo condiciones climáticas contrastantes, como por efecto de la sequía, se observan cambios en este, así como en otras características morfológicas como la longitud o el área de las hojas (Davidson et al., 2019; Rakocevic & Matsunaga, 2018).

Por otro lado, el aumento de biomasa de una planta se realiza a partir del área foliar expandida, por lo tanto, es una variable crítica para la productividad (Di Benedetto & Tognetti, 2016). La herbivoría es una de las principales fuerzas selectivas en la configuración del proceso de expansión foliar, ya que las hojas jóvenes que aún se están expandiendo contienen mayores concentraciones de nitrógeno y agua, y niveles más bajos de metabolitos secundarios y, por lo tanto, son más vulnerables al ataque de herbívoros que las hojas maduras (Sun et al., 2006); en este sentido, una estrategia evolutiva desarrollada por algunas plantas se basa en la aceleración de la tasa de expansión foliar para reducir el daño de los herbívoros (Moles & Westoby, 2000).

En este sentido, se ha encontrado que las plantas tropicales hacen una gran inversión de recursos en la defensa de este tipo de hojas, y de la herbivoría en general. Al respecto, Kursar & Coley (2003a) mencionan que estas estrategias se asocian con dos tipos de síndrome: de defensa o de escape. El primero se caracteriza por una alta inversión en defensas físicas y químicas que repelen el consumo de los animales. Por otro lado, en el síndrome de escape se presenta una rápida expansión de la hoja, alta asignación de nitrógeno al crecimiento de esta, una baja inversión en defensas químicas y alta sincronía en la producción de hojas nuevas. En este sentido, en las especies leñosas forrajeras, particularmente aquellas que han presentado altos niveles de palatabilidad, se esperaría un periodo corto de expansión foliar, ya que las hojas que se expanden rápidamente tienden a mostrar poca inversión en defensas químicas y mecánicas, haciéndolas más atractivas para los herbívoros (Schlindwein et al., 2006). Por ejemplo, en un estudio de Champagne et al. (2012) se evaluaron tres niveles de presión de ramoneo y encontraron que bajo una fuerte presión (75 %), las plantas presentaron una rápida expansión de las hojas más que una mayor producción de hojas nuevas. Por otro lado, se ha reportado que algunas especies leñosas tropicales sometidas a estrés hídrico muestran una reducción en el desarrollo y la expansión de hojas nuevas y/o una mayor pérdida de hojas en comparación con plantas

bajo condiciones de riego (Engelbrecht & Kursar, 2003).

Especies leñosas forrajeras con potencial de uso: características agronómicas y nutricionales

A continuación se describen las características morfológicas, agronómicas y nutricionales de dos especies leñosas ampliamente reportadas por su potencial forrajero en el bosque seco tropical, ilustrando cómo los rasgos funcionales y la respuesta a la defoliación discutidos previamente se expresan en especies concretas.

Guazuma ulmifolia Lam.

Especie arbórea conocida comúnmente como guácimo que puede alcanzar una altura de hasta 25 m y un diámetro a la altura del pecho (DAP) de hasta 70 cm. Presenta hojas simples, alternas, formando dos hileras a lo largo de la rama. La hoja es lanceolada, de 2 a 16 cm de largo, con borde serrado. El haz es liso y verde oscuro, el envés verde pálido y velloso, con venas abultadas (World Flora Online [WFO], 2022) (Figura 1). Se ha reportado como una especie abundante y frecuente en fincas ganaderas del trópico bajo en el departamento del Tolima (Serrano et al., 2014).

El guácimo tiene un alto potencial como planta forrajera en la dieta de los rumiantes durante las épocas secas, ya que el forraje y los frutos son altamente nutritivos y apetecibles para el ganado. Se ha reportado que las hojas tienen un contenido de proteína cruda del 14 % al 20 % (Casanova-Lugo et al., 2014; Cediel-Devia et al., 2020; Pérez-Almario et al., 2013a) y los frutos del 7 % al 10 % (Cabrera Núñez et al., 2018; Pereira et al., 2019). En cuanto a producción de forraje, Cediel-Devia et al. (2020) encontraron que el momento óptimo para el aprovechamiento de forraje corresponde a una edad de rebrote de 60 días, con una altura de poda de 25 cm para la época de lluvia y de 50 cm en época de sequía. A esta edad, los autores reportaron producciones de forraje por planta entre 45,56 g y 96,16 g de materia seca (MS). Así mismo, Pérez-Almario et al. (datos sin publicar) encontraron una disponibilidad de forraje promedio diaria de 2,7 ± 0,2 g de MS por arbusto en ciclos de cosecha de 45 días, es decir, una acumulación de 121,5 g de MS por planta por corte.

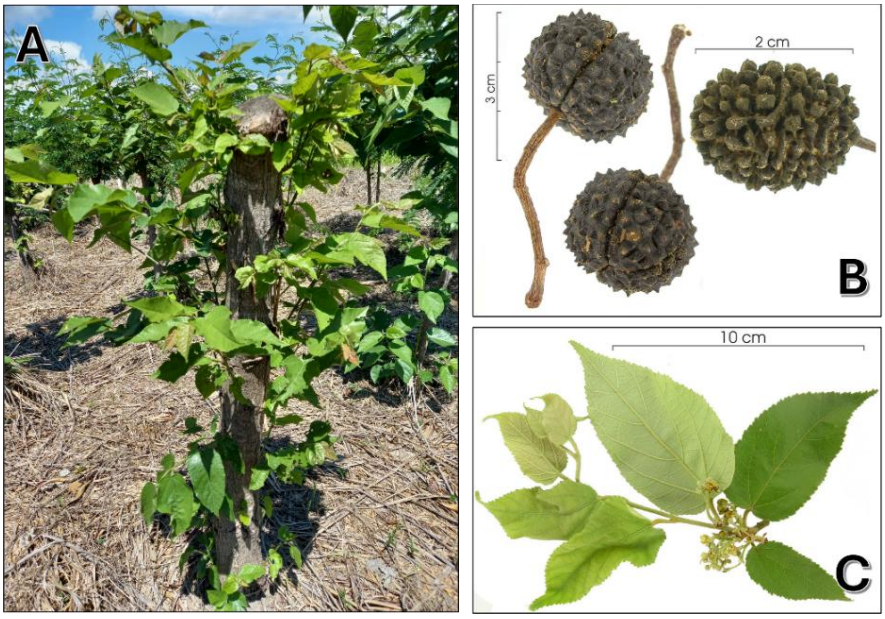


Figura 1. Características morfológicas de *Guazuma ulmifolia*

Nota: A. Árbol de G. ulmifolia manejado como arbusto. Fuente de imágenes B y C: panamabiota.org (Smithsonian Tropical Research Institute).

Cordia alba (Jacq.) Roem. & Schult.

Conocido como gomo o uvito, es un árbol pequeño de hasta 10 m de altura. Se caracteriza por su porte irregular, tronco corto, frecuentemente torcido, y copa muy ramificada. Sus hojas son simples y alternas, de 3 a 13,5 cm de largo y 2 a 7 cm de ancho, elípticas a elíptico-ovadas o redondeadas, con ápice agudo o redondeado. Contienen pequeños dientes en el borde, los cuales son una continuación de los nervios secundarios (WFO, 2022) (Figura 2). El forraje de esta especie presenta una proteína cruda entre el 13 % y el 20 %, niveles aceptables de degradación ruminal (Pinto-Ruiz et al., 2010) y contenidos tolerables de saponinas, alcaloides y taninos (García et al., 2009).

Se ha reportado un grado aceptable de preferencia y consumo de forraje de C. alba en vacas en lactancia (Pérez-Almario et al., 2013a) y en bovinos machos adultos (Pérez-Almario et al., 2017). Así mismo, Romero & Duarte (2012) encontraron a C. alba dentro de las primeras diez especies más consumidas por pequeños rumiantes en el desierto de la Tatacoa, en el departamento del Huila. Al respecto, Gutierrez-Oviedo et al. (2022) reportaron que la inclusión de 20 % de forraje de C. alba en la dieta de corderos de pelo mejoró los parámetros de consumo, digestibilidad y degradabilidad de los nutrientes comparado con animales alimentados únicamente con pasto. Por otra parte, Lombo-Ortiz et al. (2013) encontraron una biomasa comestible de 5,95 kg de MS por árbol a 120 días de rebrote. Así mismo, Pérez-Almario et al. (datos sin publicar) encontraron una producción de forraje promedio diaria de 10,7 ± 0,6 g de MS por arbusto a 45 días de rebrote, lo cual representa una producción acumulada de 481,5 g de MS por planta para este ciclo de cosecha.

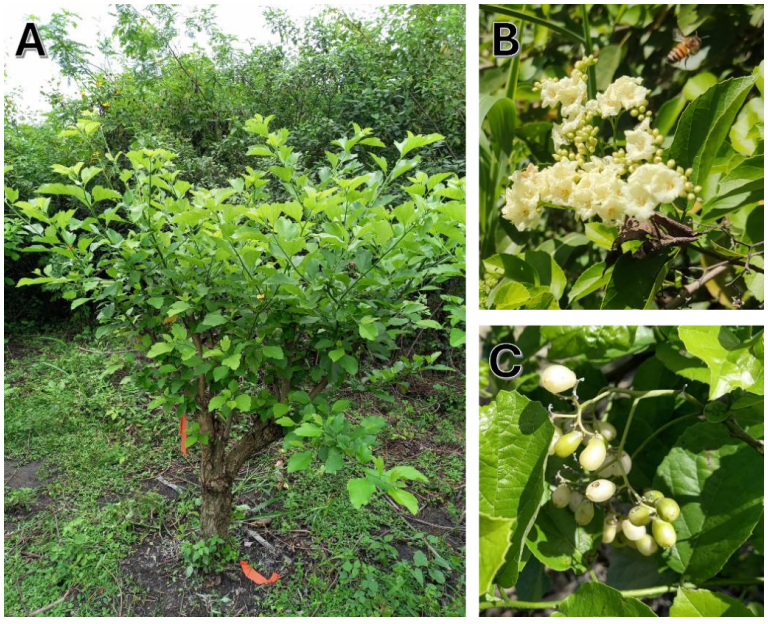


Figura 2. Características morfológicas de *Cordia alba*

Nota: A. Árbol de C. alba manejado como arbusto. B. Flor. C. Frutos.

Conclusiones

La tolerancia de las especies leñosas forrajeras a la defoliación no es un carácter fijo, sino una respuesta dinámica que depende de la intensidad, frecuencia y época en que ocurre el corte o ramoneo, así como del estado de las reservas de carbohidratos no estructurales de la planta. Un manejo de poda que respete los tiempos de recuperación de estas reservas favorece el crecimiento compensatorio y evita el deterioro progresivo de los individuos sometidos a aprovechamiento reiterado.

Los rasgos funcionales foliares —en particular el área foliar, el área foliar específica, el contenido de materia seca de las hojas y la densidad de la madera— constituyen herramientas útiles y relativamente sencillas de medir para predecir la capacidad de rebrote y la producción de biomasa de especies leñosas forrajeras, lo que permite orientar la selección de especies promisorias para sistemas silvopastoriles en zonas secas sin necesidad de recurrir, en primera instancia, a evaluaciones agronómicas de largo plazo.

La dinámica de emergencia y expansión foliar, descrita a través de parámetros como la tasa de aparición foliar y el filocrono, resulta sensible tanto a la herbivoría como al estrés hídrico, lo que evidencia que las estrategias de defensa (síndromes de defensa y de escape) y las condiciones ambientales interactúan para determinar la producción de forraje disponible en distintas épocas del año.

Especies como Guazuma ulmifolia y Cordia alba ejemplifican el potencial nutricional y productivo de las leñosas forrajeras del bosque seco tropical, con contenidos de proteína cruda que superan ampliamente los de muchas gramíneas en época seca y con capacidad demostrada de rebrote bajo esquemas de poda periódica, lo que respalda su inclusión como componente estratégico de la alimentación animal en sistemas ganaderos tropicales.

En conjunto, la evidencia revisada sustenta la necesidad de continuar generando información local sobre rasgos funcionales, capacidad de rebrote y valor nutricional de especies leñosas nativas, como base científica para el diseño de sistemas silvopastoriles resilientes al déficit hídrico y capaces de sostener la producción ganadera tropical de manera más eficiente y ambientalmente sostenible.

Referencias

Ackerly, D. D., Knight, C. A., Weiss, S. B., Barton, K., & Starmer, K. P. (2002). Leaf size, specific leaf area and microhabitat distribution of chaparral woody plants: Contrasting patterns in species level and community level analyses. Oecologia, 130(3), 449–457. https://doi.org/10.1007/s004420100805

Cabrera Núñez, A., Daniel Rentería, I. D. C., Lammoglia Villagómez, M. Á., Martínez Sánchez, C. E., Alarcón Pulido, S. A., & Rojas-Ronquillo, R. (2018). Effect of Guazuma Leaves (Guazuma ulmifolia) Inclusion as Protein Source on Growing Calves. Journal of Agricultural Science and Technology A, 8(1), 48–53. https://doi.org/10.17265/2161-6256/2018.01.006

Calvache, I., Balocchi, O., Alonso, M., Keim, J. P., & López, I. F. (2020). Thermal time as a parameter to determine optimal defoliation frequency of perennial ryegrass (Lolium perenne L.) and pasture brome (Bromus valdivianus Phil.). Agronomy, 10(5), 1–13. https://doi.org/10.3390/agronomy10050620

Casanova-Lugo, F., Solorio-Sánchez, F. J., Ramírez-Avilés, L., Caamal-Maldonado, J. A., & Ku-Vera, J. C. (2014). Forage yield and quality of Leucaena leucocephala and Guazuma ulmifolia in tropical silvopastoral systems. Tropical

Grasslands-Forrajes Tropicales, 2(1), 24–26. https://doi.org/10.17138/tgft(2)24-26

Cediel-Devia, D., Sandoval-Lozano, E., & Castañeda-Serrano, R. (2020). Effects of different regrowth ages and cutting heights on biomass production, bromatological composition and in vitro digestibility of Guazuma ulmifolia foliage. Agroforestry Systems, 94(4), 1199–1208. https://doi.org/10.1007/s10457-019-00354-y

Champagne, E., Tremblay, J. P., & Côté, S. D. (2012). Tolerance of an Expanding Subarctic Shrub, Betula glandulosa, to Simulated Caribou Browsing. PLoS ONE, 7(12), 1–7. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051940

Chaves, R., Cândido, D., Furtado, N., Franco, F., & Maranhão, D. (2018). Morfogênese de capim-canarana com duas frequências e duas intensidades de desfolhação. Archivos de Zootecnia, 67(259), 369–402.

Cookson, S. J., Chenu, K., & Granier, C. (2007). Day length affects the dynamics of leaf expansion and cellular development in Arabidopsis thaliana partially through floral transition timing. Annals of Botany, 99(4), 703–711. https://doi.org/10.1093/aob/mcm005

Davidson, A., Da Silva, D., & DeJong, T. M. (2019). Rate of shoot development (phyllochron) is dependent of carbon availability, shoot type, and rank in peach trees. Trees - Structure and Function, 33(6), 1583–1590. https://doi.org/10.1007/s00468-019-01881-y

Di Benedetto, A., & Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 42(3), 258–282.

Engelbrecht, B. M. J., & Kursar, T. A. (2003). Comparative drought-resistance of seedlings of 28 species of co-occurring tropical woody plants. Oecologia, 136(3), 383–393. https://doi.org/10.1007/s00442-003-1290-8

García, A. E., Abadia, B., Barahona, R., & Sánchez, S. (2009). Caracterización Fitoquímica de Factores Antinutricionales en Las Hojas de Uvito (Cordia dentata Poir). Revista MVZ Córdoba, 14(1), 1611–1623.

Gutierrez-Oviedo, F., Pardo-Guzmán, J., & Castañeda-Serrano, R. (2022). Digestibility, rumen kinetics and blood metabolites in lambs fed Samanea saman and Cordia dentata. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 20(1), 113–123.

Kidombo, S. D., & Dean, T. J. (2018). Growth response of branches to variation in the intra- and interbranch supply of photosynthate. Trees - Structure and Function, 32(5), 1291–1300. https://doi.org/10.1007/s00468-018-1711-2

Kursar, T. A., & Coley, P. D. (2003). Convergence in defense syndromes of young leaves in tropical rainforests. Biochemical Systematics and Ecology, 31(8), 929–949. https://doi.org/10.1016/S0305-1978(03)00087-5

Lombo-Ortiz, D. F. (2012). Evaluación de la disponibilidad de biomasa y capacidad de rebrote de leñosas forrajeras en potreros del trópico seco de Nicaragua. Tesis de maestría. CATIE, Costa Rica.

Lombo-Ortiz, D., Ibrahim, M., Villalobos, C., Benjamin, T., & Skarpe, C. (2013). Evaluación de la disponibilidad de biomasa y capacidad de rebrote de leñosas forrajeras en potreros del trópico seco de Nicaragua. Agroforestería en las Américas, 50, 62–68.

Lombo-Ortiz, D., Zambrano, J. R., & Rúa, C. V. (2021). Asignación de biomasa y capacidad de rebrote de especies forrajeras para consumo de pequeños

rumiantes en La Guajira, Colombia. Livestock Research for Rural Development, 33(3). www.lrrd.org/lrrd33/3/dlombo3340.html

Manandhar, A., Sinclair, T. R., Rufty, T. W., & Ghanem, M. E. (2017). Leaf expansion and transpiration response to soil drying and recovery among cowpea genotypes. Crop Science, 57(4), 2109–2116. https://doi.org/10.2135/cropsci2016.09.0794

Marinho, F. P. (2019). Influence of Functional Traits on Plant Fitness in Response to Drought and Aboveground Biomass Removal. Tesis de doctorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN.

Moles, A. T., & Westoby, M. (2000). Do small leaves expand faster than large leaves, and do shorter expansion times reduce herbivore damage? Oikos, 90(3), 517–524. https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.900310.x

Pereira, G. A., Peixoto Araujo, N. M., Arruda, H. S., Farias, D. de P., Molina, G., & Pastore, G. M. (2019). Phytochemicals and biological activities of mutamba (Guazuma ulmifolia Lam.): A review. Food Research International, 126, 108713. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108713

Pérez-Almario, N., Ibrahim, M., Villanueva, C., Skarpe, C., & Guerin, H. (2013a). Diversidad forrajera tropical 1. Selección y uso de leñosas forrajeras en sistemas de alimentación ganadera para zonas secas de Nicaragua. Agroforestería en las Américas, 50, 44–52.

Pérez-Almario, N., Ibrahim, M., Villanueva, C., Skarpe, C., & Guerin, H. (2013b). Diversidad forrajera tropical 2. Rasgos funcionales que determinan la calidad nutricional y preferencia de leñosas forrajeras para su inclusión en sistemas de alimentación ganadera en zonas secas. Agroforestería en las Américas, 50, 44–52.

Pérez-Almario, N., Ospina, S., Mora, J., Criollo, D., & Medina, E. (2017). Atributos funcionales para seleccionar especies de árboles y diseñar sistemas silvopastoriles o agrosilvopastoriles en zonas secas. IX Congreso de Sistemas Silvopastoriles, Manizales, Colombia.

Pérez-Almario, N., Medina Rios, E. L., Mora Delgado, J., Criollo Cruz, D., & Mejía, J. R. (2021). Criterios de uso y conservación de árboles en potreros basados en el conocimiento local de los ganaderos en una zona de bosque seco tropical en Colombia. Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales, 9(3), 321–336. https://doi.org/10.17138/tgft(9)321-336

Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M. S., Cornwell, W. K., Craine, J. M., Gurvich, D. E., Urcelay, C., Veneklaas, E. J., Reich, P. B., Poorter, L., Wright, I. J., Ray, P., Enrico, L., Pausas, J. G., De Vos, A. C., … Cornelissen, J. H. C. (2013). New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany, 61(3), 167–234. https://doi.org/10.1071/BT12225

Pinto-Ruiz, R., Hernández, D., Gómez, H., Cobos, M., Quiroga, R., & Pezo, D. (2010). Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: usos y características nutricionales. Universidad y Ciencia, 26(1), 19–31.

Portilla, D., Barragán, W., Carvajal, C., Cajas, Y., & Rivero, S. (2015). Establecimiento de sistemas silvopastoriles para la región Caribe. Agrosavia. https://doi.org/10.21930/978-958-740-196-7

Rakocevic, M., & Matsunaga, F. T. (2018). Variations in leaf growth parameters within the tree structure of adult Coffea

arabica in relation to seasonal growth, water availability and air carbon dioxide concentration. Annals of Botany, 122(1), 117–131. https://doi.org/10.1093/aob/mcy042

Romero, F., & Duarte, J. H. (2012). Identificación y evaluación nutricional de especies vegetales consumidas habitualmente por ovinos y caprinos en pastoreo en el desierto de la Tatacoa, Huila, Colombia. Agroforestería Neotropical, 2, 4–18.

Rusch, G., & Skarpe, C. (2009). Procesos ecológicos asociados con el pastoreo y su aplicación en sistemas silvopastoriles. Agroforestería en las Américas, 42, 12–19.

Sartorelli, P. A. R., Silva, J. M. S. da, Gorenstein, M. R., Gomes, J. E., & Ávila, E. Q. de. (2007). Rebrota após fogo de espécies arbóreas de diferentes grupos fenológicos foliares em cerrado stricto sensu. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, VI(10), 1678–3867.

Schlindwein, C. C. D., Fett-Neto, A. G., & Dillenburg, L. R. (2006). Chemical and mechanical changes during leaf expansion of four woody species of a dry Restinga woodland. Plant Biology, 8(4), 430–438. https://doi.org/10.1055/s-2005-873042

Serrano, J. R., Andradre-C., H. J., & Mora-Delgado, J. (2014). Caracterización de la cobertura arbórea en una pastura del trópico seco en Tolima, Colombia. Agronomía Mesoamericana, 25(1), 99. https://doi.org/10.15517/am.v25i1.14209

Sun, S., Jin, D., & Li, R. (2006). Leaf emergence in relation to leaf traits in temperate woody species in East-Chinese Quercus fabri forests. Acta Oecologica, 30(2), 212–222. https://doi.org/10.1016/j.actao.2006.04.001

Vargas-Ortiz, E., Espitia-Rangel, E., Tiessen, A., & Délano-Frier, J. P. (2013). Grain amaranths are defoliation tolerant crop species capable of utilizing stem and root carbohydrate reserves to sustain vegetative and reproductive growth after leaf loss. PLOS ONE, 8(7), 1–13. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067879

Vásquez, F., Mora-Delgado, J., & Aguilar-Stoen, M. (2014). Saber popular de especies forrajeras en la zona central de Nicaragua: un estudio en grupos focales. Revista de Ciencias Agrícolas, 31(1), 27. https://doi.org/10.22267/rcia.143101.43

Wencomo, H. B., & Ortiz, R. (2011). Capacidad de recuperación de Leucaena spp. después de la poda. Pastos y Forrajes, 34(1), 53–68.