

Producción de especies forrajeras leguminosas en diferentes tiempos de corte en Tolima, Colombia

Nelson Perez Almario¹

Julian R. Mejia Salazar^{1,5}

Diego H. Meneses Buitrago²

1 Centro de Investigación Nataima-Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Vía Espinal km 9, Chicoral, Tolima, Colombia. 730520-(1)4227300. (nperez@agrosavia.co).

2 Centro de Investigación Obonuco-Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Vía Pasto km 5. Obonuco, Colombia. 520001-(1)4227300. (dmeneses@agrosavia.co).

Autor para correspondencia: jmejia@agrosavia.co

Resumen

Diferentes investigaciones realizadas les han conferido a las especies leguminosas forrajeras un alto impacto y valor dentro los sistemas silvopastoriles en términos del aporte que representan para la alimentación ganadera, en función del aumento tanto en el potencial de los suelos, como en producción de carne para la ganadería. El objetivo fue determinar el potencial productivo en términos de materia seca en dos épocas contrastantes seca, húmeda, para las especies leguminosas *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand, *Albizia niopoides* (Benth.) Burkart, *Albizia saman* (Jacq.) Merr. y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Este estudio fue realizado en el Centro de Investigación Nataima de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, ubicado en el municipio del Espinal-Tolima, Colombia entre los meses de marzo a agosto de 2018. Se utilizó un diseño de medidas repetidas en el tiempo y arreglo de bloques completos al azar, un total de cuatro tratamientos y dos épocas de evaluación, se trabajaron ocho interacciones entre los factores especies y épocas de lluvias. La especie *A. guachapele* presentó el mejor potencial productivo con relación a las demás, existieron diferencias estadísticas para momentos de corte en las especies evaluadas y se observó un efecto de alta variabilidad debido al factor tiempo. *A Saman* correspondió a la especie menos productiva, a su vez que se demostró una estabilización de la producción para todas las evaluadas en el tiempo. No hubo interacción bidireccional significativa para el factor época y el mejor comportamiento correspondió a los realizados en la época seca. Esto permitió una mayor expresión del potencial productivo como alternativa alimenticia para zonas de baja precipitación.

Palabras clave:

adaptación, estabilización, interacción, potencial.



License (open-access): Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia **Creative Commons**

Introducción

La implementación de los sistemas silvopastoriles es de gran utilidad y favorecen a la conservación del medio ambiente, en estos se involucran especies arbóreas y arbustivas con alto aptitud en producción de biomasa propicio para la alimentación bovina, a su vez que para otros usos como sombrío (Uribe *et al.*, 2011). Una de las maneras de identificar la capacidad de estas en los sistemas, es observar la capacidad productiva; asimismo, que las preferencias de los bovinos a cada una de estas en los sistemas de pastoreo (Balehegn y Berhe, 2016)

Existen especies de buen comportamiento y adaptación a diferentes técnicas de manejo y condiciones adversas presentes en los sistemas, esto es reflejado en la adecuada productividad y oferta de biomasa por unidad de área, como es para *Leucaena leucocephala* (Francisco *et al.*, 1998). Diferentes investigaciones atribuyen a las leñosas forrajeras (arbóreas y arbustivas) un papel importante en la alimentación animal.

Destacan especies como, *Albizia guachapele* (Kunth) Dugand, *Albizia niopoides* (Benth.) Burkart, *Albizia saman* (Jacq.) Merr, y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (García *et al.*, 2008; Uribe *et al.*, 2011). Por lo tanto, se requiere reconocer su potencial productivo en términos de materia seca e incorporar su conocimiento funcional, además de aportar biomasa, contribuye a la conservación suelo, eficiencia del diseño y mantenimiento o manejo de los sistemas de producción que dependen del recurso forrajero (Román-Miranda *et al.*, 2017).

Adicionalmente, es de gran importancia mencionar que muchas de estas especies con potencial forrajero presentan un contenido nutricional excelente, con producciones altas y bajas de materia seca (MS) (Lombo, 2012). Algunas especies forrajeras de leguminosas arbóreas presentan la capacidad de incrementar el nivel de nitrógeno en el suelo debido a su capacidad de fijarlo de la atmósfera, a través del asocio que tienen estas en las raíces a bacterias nitrificantes.

A su vez que brindan otros servicios ecosistémicos debido a que se producen procesos de ciclaje de nutrientes (Botero y Russo, 2002). El objetivo de este trabajo correspondió con determinar el potencial productivo en términos de material seca (MS) en dos épocas contrastantes para las especies leguminosas Iguá *Albizia guachapele*, Bayo *Albizia niopoides*, Saman *Albizia saman* y *Leucaena leucocephala*.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

A partir del año 2013 se han realizado evaluaciones de producción para 22 especies arbóreas y arbustivas, en el Centro de Investigación Nataima, de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), ubicado en municipio del Espinal-Tolima, Colombia, Coordenadas 4° 10' 34" - 4° 11' 26" latitud norte y 74° 58' 02" - 74° 50' 44" longitud oeste a 391 msnm, temperatura promedio de 28 °C, humedad relativa promedio de 65% y precipitación anual 1 400 m. Zona correspondiente a bosque seco tropical (Bs-T) de Colombia (Serrano y Calderón, 2016).

De las 22 especies se seleccionaron: *Albizia guachapele*, *Albizia niopoides*, *Albizia saman*, *Leucaena leucocephala*, debido a sus excelentes características de adaptación a la zona y alto aporte nutricional. Y fueron manejadas como arbustos de 1.8 a 2.0 m Las cuales se utilizaron para la presente investigación, realizada entre marzo y agosto de 2017.

A su vez, se usó una altura de corte o cosecha de 80 cm, donde se realizó un muestreo aleatorio sistemático (MAS), el cual consistió en hacer homogenizaciones diarias a grupos de seis plantas (unidad de muestreo), con cortes sistemáticos y con una frecuencia de corte diaria hasta llegar a los cuarenta días. tuvieron en cuenta todas aquellas hojas y las ramas degradadas inferiores a 8 mm de diámetro. Y cada especie contó con una población de 240 individuos de la misma edad sembrados en hileras de 1 x 1 m.

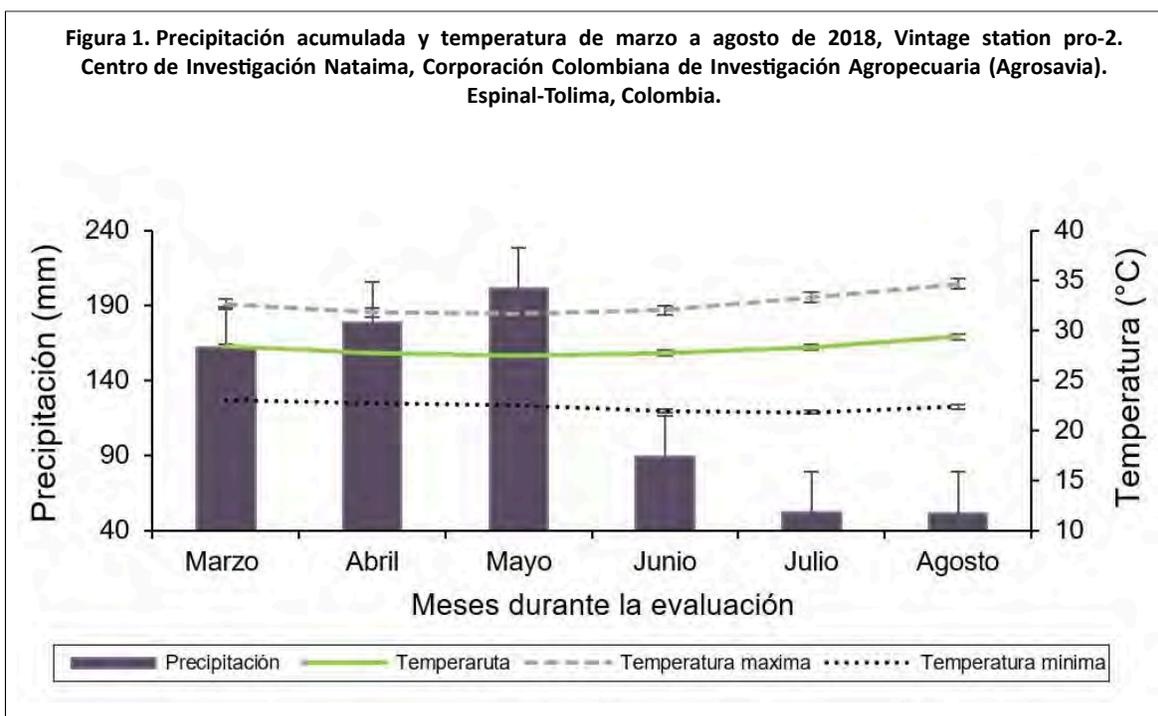
Para la determinación de la materia seca (MS), de cada especie se tomaron 300 g de forraje verde (FV), se empacaron en bolsas de papel craft para facilitar la eliminación de humedad; posteriormente, por el método tradicional se sometieron a secado en horno con temperaturas entre 60 a 65 °C de 24 a 72 h. Se pesaron las muestras cada 12 h hasta determinar el momento en que se estabiliza el peso seco. Este proceso se realizó en los laboratorios de Agrosavia, Espinal, Tolima.

La variable respuesta fue expresada en términos de materia seca (%) de MS del forraje, medidos en gramos (g), durante un periodo de 5.3 meses en cuatro ciclos de producción de 40 días cada uno (momentos de producción o repeticiones).

Diseño experimental

Para llevar a cabo el experimento, se utilizó un diseño de medidas repetidas en el tiempo con un arreglo de bloques completos al azar, con un total de cuatro tratamientos (especies), por dos épocas seca y húmeda, con lo cual se trabajaron ocho interacciones entre los factores especies y época de lluvias. 40 repeticiones en 4 periodos, lo que dio un total de 160 unidades experimentales de seis plantas cada una.

Durante el periodo de evaluación de las especies para meses de marzo a agosto para el año 2018, se presentaron dos épocas bien definidas y contrastantes con relación a las precipitaciones temperaturas registradas (Figura 1).



Análisis estadístico

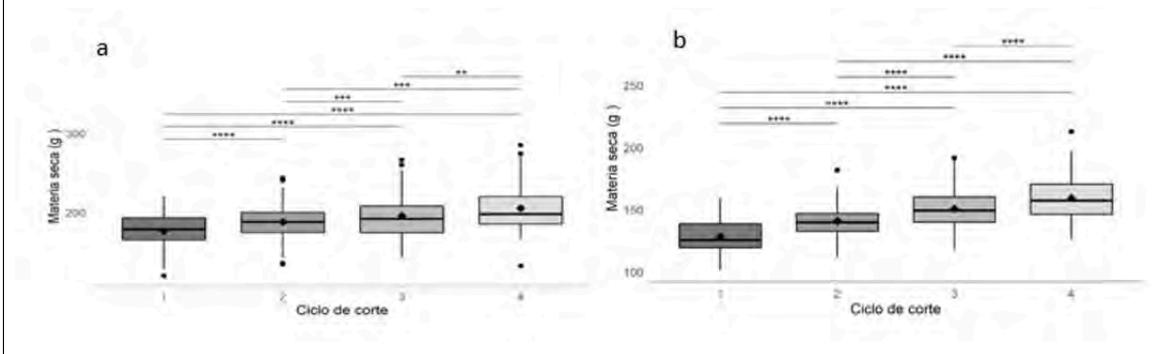
La información obtenida se analizó a través del software R V.4.1.3 (R Core Team, 2020), utilizando los paquetes tidyverse (Wickham *et al.*, 2019), ggpubr (Kassambara, 2020) y rstatix (Kassambara, 2021). Se realizó la verificación de supuestos al identificar presencia de valores atípicos extremos, distribución normal de los datos con el estadístico de Shapiro-Wilk ($p > 0.05$), gráficos QQ normal para cada punto de tiempo y la asunción de esfericidad a través del estadístico de Mauchly.

Los efectos de los tratamientos sobre la variable de rendimiento de forraje expresado en gramos (g) de materia seca (MS), se analizaron a través de un análisis de varianza de medidas repetidas unidireccionales y bidireccionales y se consideraron significativos a $p < 0.05$. En presencia de significancia de la prueba, para la diferencia entre los tratamientos se realizaron múltiples pruebas t emparejadas.

Resultados y discusión

Los datos muestran para la especie *A. guachapele* (Figura 2a) que variable de producción de materia seca fue estadísticamente significativa en los diferentes momentos ($F [1; 44; 56, 28] = 33,02; p = 0.0001$, eta cuadrada generalizado= 0.46), lo que representa la alta variabilidad presentada debido a cada uno de los ciclos de corte a través del tiempo. Por otra parte, los análisis post-hoc con un ajuste de Bonferroni revelaron diferencias estadísticamente significativas para las variables MS entre las comparaciones por pares para los tratamientos (t) al ser $p < 0.0001$ en comparación entre t1 y t2, t1 y t3, t1 y t4, t2 y t3, t2 y t4 y altamente significativas entre t3 y t4.

Figura 2. Efecto del tiempo sobre la producción de materia seca (g) en *A. guachapele* (a); y *A. niopoides* (b), en el Centro de Investigación Nataima, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), Espinal-Tolima, Colombia, 2018. Los asteriscos informan la frontera del valor de significación para la cual es mayor que el p -valor. **=probabilidades menores al 1%; ◆ = representa la media aritmética; ***= probabilidad menor o igual al 1%; **= probabilidad por debajo de 5%.**



El cuarto corte presentó los mayores rendimientos con una media de 205 g de MS por planta. Los tratamientos 1 y 2 presentaron producciones inferiores a 200 g de MS por planta, pero diferencias estadísticas entre ellos, por la variabilidad entre cortes realizados, para los cuatro ciclos.

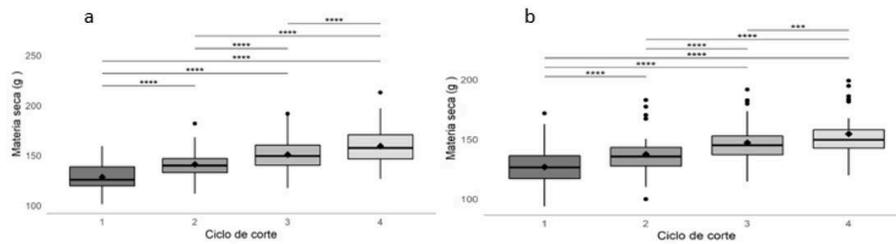
Para la especie *A. niopoides* (Figura 2b) la producción de materia seca fue menor y exhibió diferencias estadísticas significativas para los cuatro momentos ($F (1.64; 64.05) = 106.8 p = 0.0001$ y una eta cuadrada generalizado= 0.73). Se presentó un efecto de variabilidad debido a los ciclos de corte. El tiempo mostró el valor más alto para eta en las cuatro especies evaluadas, produjo mayor variabilidad para la especie *A. niopoides*.

Por otra parte, los análisis post-hoc con un ajuste de Bonferroni revelaron diferencias estadísticamente significativas en la MS (g) entre las comparaciones al ser del $p < 0.0001$ la comparación entre t1 y t2, t1 y t3, t1 y t4, t2 y t3, t2 y t4, t3 y t4, donde el cuarto corte exhibió los mayores rendimientos y media de 160 g de MS por planta, debido a la variabilidad que muestra esta especie con relación a su crecimiento.

Para la especie *A. saman* (Figura 3a), la producción de materia seca fue estadísticamente significativa en los diferentes momentos de evaluación ($F (1.48; 57.63) = 42.34; p = 0.0001$; eta cuadrada generalizado= 0.52). Existió alta variabilidad en el experimento, debido al factor tiempo (t), para los cuatro momentos evaluados.



Figura 3. Efecto del tiempo sobre la producción de materia seca (g) en *A. saman* (a) y *L. leucocephala* (b) en el Centro de Investigación Nataima, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). Espinal-Tolima, Colombia, 2018. **= probabilidades menores al 1%; ◆ = representa la media aritmética; ***= probabilidad menor o igual al 1%; **= probabilidad por debajo del 5%.**



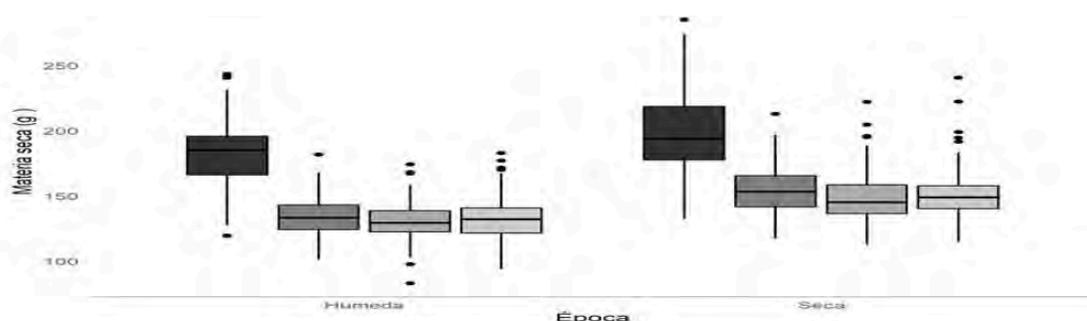
Los análisis post-hoc con un ajuste de Bonferroni, revelaron diferencias estadísticamente significativas en la materia seca (g) entre las comparaciones por pares $p < 0.0001$ entre t1 y t2, t1 y t3, t1 y t4, t2 y t3, t2 y t4, t3 y t4, donde el primer corte estuvo por debajo de 150 g y el cuarto exhibió los mayores rendimientos con una media de 155 g de MS por planta.

Para la especie *L. Leucocephala* (Figura 3b) la producción de MS fue estadísticamente significativa en los diferentes momentos de evaluación ($F(1.66; 64.87) = 73.58; p = 0.0001$ con eta cuadrada generalizado = 0.65), lo cual indicó que existe un efecto de variabilidad debido al factor t. Los análisis post-hoc con un ajuste de Bonferroni revelaron diferencias estadísticamente significativas en la MS (g) entre las comparaciones por pares $p < 0.0001$ entre t1 y t2, t1 y t3, t1 y t4, t2 y t3, t2 y t4, t3 y t4, donde el cuarto corte mostró los mayores rendimientos con una media de 158 g de MS por planta.

Todas las especies evaluadas tuvieron un proceso de estabilización a través del tiempo. Se tuvo en cuenta la disponibilidad del recurso hídrico y nutrientes entre otros factores de producción, lo que hace que a tiempos más largos de recuperación la especie aumente la producción de MS (g). Lo anterior, se relaciona con su fisiología, morfología y la capacidad de adaptación en condiciones ambientales evaluadas, representado en mayor enraizamiento y extracción de nutrientes (Cerón, 2013).

Se observó que no hubo interacción bidireccional significativa, lo cual indica que el impacto que el factor especies tiene sobre la variable materia seca no depende de los niveles para esta (época) (Figura 4). Entonces, se realizó la interpretación de los efectos principales de cada uno de los dos factores (especies y tiempo).

Figura 4. Efecto de la época de precipitación sobre la producción de materia seca (g) en especies leguminosas evaluadas. Centro de Investigación Nataima, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). Espinal-Tolima, Colombia, 2018.



Se tuvieron en cuenta los resultados del análisis de varianza y se presentaron efectos principales estadísticamente significativos del factor especies ($F(2.4; 189; 25) = 200.779, p = 0.0001$), época

($F(1.79) = 229.910$, $p < 0.0001$) en la variable MS (g). Los cortes realizados para la época seca correspondieron con los de mayor productividad registrada a través de los cuatro momentos de evaluación.

Con respecto a la variable MS (g), los factores por separado exhibieron diferencias significativas, donde se evidenció que para el factor especie *A. guachapele* tuvo los mayores rendimientos tanto en época seca y húmeda y producciones 191.26 y 164.39 g respectivamente y diferencias estadísticas significativas $p < 0.0001$ con relación a los demás tratamientos. No se evidenciaron estas en la comparación realizada para los demás tratamientos especies *A. niopoides*, *L. Leucocephala* y *A. saman* y producciones de 144.95, 142.67 y 140.39 g respectivamente. Los mayores rendimientos observados correspondieron con la época seca, 164.39 g y fueron estadísticamente diferentes a la época húmeda con 145.25 g en promedio cosechado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Evaluación del rendimiento de materia seca en especies leguminosas forrajeras para los factores independientes especies y época.

		Materia seca (g)
Especies (leguminosas)	<i>A. guachapele</i>	191.26 ^a
	<i>A. niopoides</i>	144.95 ^b
	<i>L. leucocephala</i>	142.67 ^b
	<i>A. saman</i>	140.39 ^b
Época (tiempo)	Seca	164.39 ^a
	Húmeda	145.2 ^b

^{a, b, c} = medias con letras diferentes en las columnas difieren entre sí según la prueba de Tukey ($p < 0.05$)^{a, b, c}. Centro de Investigación Nataima perteneciente a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). Espinal-Tolima Colombia. 2018.

Diferentes ensayos han demostrado que las condiciones edáficas y climáticas tienen un efecto importante en la supervivencia y desarrollo de diferentes especies de plantas utilizadas en alimentación animal (Lombo, 2012; Bueno *et al.*, 2019). Sin embargo, no es claro como el comportamiento individual de cada especie se ve afectado por las condiciones de suelo, diferentes precipitaciones y la duración del periodo seco (van Breugel *et al.*, 2011).

En este sentido la especie *A. guachapele* presentó los mayores rendimientos de MS para las cuatro especies de leguminosas evaluadas, según Lombo *et al.* (2012) esto se debe a que esta especie pionera en procesos de reforestación por su rápido crecimiento con gran abundancia en el bosque seco secundario, mostró una gran capacidad de adaptación y resistencia a condiciones climáticas adversas, lo que la convierte en una de las principales especies a utilizar bajo condiciones de déficit hídrico y baja fertilidad (Lombo, 2012; Guarachi, 2020).

Se demostró que el desarrollo de las especies varía con las condiciones edáficas, pero que existen respuestas específicas y diferenciales a variables del suelo (Hagggar *et al.*, 1998). Por lo cual, la especialización de las especies a las condiciones edáficas no solo muestra las adaptaciones a las condiciones del suelo, y también la interacción de las condiciones del suelo con otras covariables como la presión de plagas y disturbios fitosanitarios (Fine *et al.*, 2004).

Se ha mostrado la evidencia que la sensibilidad a la sequía varía mucho entre las especies (Engelbrecht y Kursar, 2003; Poorter y Markesteijn, 2008), lo que se observó en los resultados obtenidos en este estudio desarrollado en un ambiente seco, mostrando que las especies presentaron una similar supervivencia, pero no el mismo desempeño en la producción (MS).

Se sugiere que el historial del lote en cuanto a prácticas de labranza afecta las propiedades fisicoquímicas del suelo al hacer que este tipo de variables puedan convertirse en un factor más limitante que la variabilidad en la distribución de la precipitación misma (van Hughes *et al.*, 2002; Van-Breugel, *et al.*, 2011). Todas las especies presentaron efecto positivo con un incremento en el contenido de MS a través de los dos momentos de corte, similar, a lo encontrado en otros estudios,

en donde evaluaron tres alturas de corte para la especie *L. leucocephala*, donde se observó un aumento en su biomasa en función de la altura de corte (Francisco *et al.*, 1998).

Se evidenció a su vez en el mismo estudio que, entre mayor es la altura de corte para la especie, mayor será su tasa de recuperación, por lo cual la altura de corte de esta evaluación 40 cm, correspondió a la mitad de la altura a la cual fueron sometidas las especies el presente estudio. (Francisco *et al.*, 1998). Lo cual permitió que estas especies presentaran mayor y más rápida recuperación y por ende aumento progresivo en el contenido de MS a través del tiempo.

La biomasa registrada para húmedo en este estudio fue inferior a la investigación realizada por (Francisco *et al.*, 1998), en donde la mayoría de los rendimientos para este carácter se evidenciaron el periodo húmedo; lo anterior, debido a que las precipitaciones de dicho periodo de frecuencia y con exceso, esto causo el cese de procesos metabólicos y de desarrollo, el disminuir la producción de biomasa para estas. Por lo anterior, estas especies mostraron mayor adaptación debido a que en su origen presenta condiciones extremas para su adaptación (Pérez *et al.*, 2015)

La producción más baja corresponde a *A. saman* y *L. leucocephala* en los dos periodos evaluados más para la época húmeda, concuerda con lo encontrado por Olivarez *et al.* (2005), en donde se afirma que la especie *L. leucocephala* muestra una tasa de crecimiento reducido en comparación con otras especies, debido a que esta presentan metabolismos que la hacen poco eficiente para la conversión del CO₂ hacia carbohidratos los cuales son necesarios para formación de nuevos tejidos, al limitar su desarrollo (Francisco, 1998).

A su vez estas especies requieren de suelos bien drenados sin excesos de precipitación, buena profundidad efectiva para su desarrollo, lo que conlleva al poco desarrollo y potencial para estas especies en la zona (Botero y Russo, 2002). En contraste, se han evidenciado menores rendimientos en la época seca (Latt *et al.*, 2000). Debido a que se presenta menor acumulación de reservas de carbohidratos para estas especies para esta época seca.

La especie *A. guachapele* presentó un excelente desempeño y en especial para la época seca, con peso de MS de más de 200 g para el mismo periodo evaluado. Lo anterior, debido a su abundante crecimiento similar al Samán y concuerda con lo reportado por Pérez *et al.* (2015), en donde se evaluaron 19 especies dentro de las cuales *A. guachapele* presentó alta productividad al igual que supervivencia con periodos de corte de 30 días y 80 cm de altura, a su vez presentó los mejores comportamientos de adaptabilidad a las condiciones del Espinal-Tolima en Colombia.

Conclusiones

Las condiciones secas permitieron una mayor expresión y aumento del potencial productivo en términos de la materia seca producida de manera diferencial para cada una de las especies evaluadas, lo cual representa alternativas alimenticias para zonas de baja precipitación, y en momentos de carencia de forraje, a su vez la capacidad y adaptación de estas especies a las condiciones de baja precipitación. Se recomienda continuar con las investigaciones en función de la generar mayor conocimiento sobre las especies y su importancia para los sistemas ganaderos del trópico.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) donde se desarrolló el proyecto de Agenda Dinámica, financiado por el Gobierno Nacional.

Bibliografía

- 1 Balehegn, M. and Berhe, K. 2016. Training reduced subjectivity of comparative yield method of estimation of grassland biomass. Grass and Forage Science. 71(3):482-489. 10.1111/gfs.12194.

- 2 Botero, R. y Russo, R. 2002. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. Conferencia electrónica de la FAO sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. San José de Costa Rica. 121-143 pp. <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000024.pdf>.
- 3 Bueno, A.; Pritsch, K. and Simon, J. 2019. Species-specific outcome in the competition for nitrogen between invasive and native tree seedlings. *Frontiers in Plant Science*. 10(337):1-17. 10.3389/fpls.2019.00337.
- 4 Insuasty, S. E.; Apráez, G. y Gálvez, A. C. 2013. Caracterización botánica, nutricional y fenológica de especies arbóreas y arbustivas de bosque muy seco tropical. *Ciencia Animal*. (6):109-124.
- 5 Engelbrecht, B. M. and Kursar, T. A. 2003. Comparative drought-resistance of seedlings of 28 species of co-occurring tropical woody plants. *Oncología*. 136(3):383-93. Doi: 10.1007/s00442-003-1290-8.
- 6 Francisco, A. G. 1998. Efecto de tres alturas de corte en el rendimiento de biomasa de *Leucaena leucocephala* cv. CNIA-250. *Pastos y Forrajes*. 21(4):337-343.
- 7 Fine, A. P.; Mesones, V. I. and Coley, P. D. 2004. Herbivores promote habitat specialization by trees in Amazonian forests. *Science*. 305(5684):663-665. <https://doi.org/10.1126/science.1098982>.
- 8 Francisco, G.; Simon, L. y Soca. M. 1998. Efecto de tres alturas de corte en el rendimiento de biomasa de *Leucaena leucocephala* cv. CNIA-250. *Pastos y Forrajes* . 21(4):337-343.
- 9 García, D. E.; Medina, M. G. L.; Cova, J.; Torres, A.; Soca, M.; Pizzani, P.; Baldizán, A. y Domínguez, C. E. 2008. Preferencia de vacunos por el follaje de doce especies con potencial para sistemas agrosilvopastoriles en el Estado Trujillo, Venezuela. *Pastos y Forrajes* , 31(3):255-268 <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=673&path%5B%5D=175>.
- 10 Guarachi, C. A. 2020. Efecto de la aplicación de dos tratamientos pre-germinativos y tres componentes de sustrato en la germinación de semillas de cedro amarillo (*Albizia guachapele*), en el municipio de el alto. Tesis profesional ingeniero agropecuario. Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Repositorio Rigital UCSG, Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25321/T-2790.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- 11 Haggard, J. P.; Briscoe, C. B. and Butterfield, R. P. 1998. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. *Forest ecology and management*. 106(1-3):195-203. 10.1016/S0378-1127(97)00311-3.
- 12 Hughes, R. F.; Kauffman, J. B. and Cummings, D. L. 2002. Dynamics of aboveground and soil carbon and nitrogen stocks and cycling of available nitrogen along a land-use gradient in Rondônia, Brazil. *Ecosystems*. 5(3):244-259. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0069-1>.
- 13 Kassambara, A. 2020. ggpubr: 'ggplot2' Based Publication R Plots. R package version 0.4.0. <https://CRAN.R-project.org/package=ggpubr>.
- 14 Kassambara, A. 2021. rstatix: pipe-friendly framework for basic statistical tests. R package version 0.7.0. <https://CRAN.R-project.org/package=rstatix>.
- 15 Lombo-Ortiz, D. 2000. Evaluación de la disponibilidad de biomasa y capacidad de rebrote de leñosas forrajeras en potreros del trópico seco de Nicaragua. Tesis de maestría. Escuela de posgrados del CATIE. 1-25 pp. <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8031/252.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- 16 Olivarez, P. J.; Jimenez, R. G.; Rojas, S. E. y Martinez, P. A. H. 2005. Uso de las leguminosas arbustivas en los sistemas de producción animal en el trópico. *Redvet. Revista Electrónica de Veterinaria*. 6(5):1-19. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617216006>.

- 17 Pérez, N.; Rojas, C.; Crillo, D.; Moreno, J. y Guzmán, L. 2015. Rasgos de especies forrajeras basados en diversidad funcional asociados a la producción de biomasa que contribuyen a la decisión de ganaderos en zonas secas. 317-322 pp. <https://www.researchgate.net/publication/335472530-Rasgos-de-especies-forrajeras-basados-en-diversidad-funcional-asociados-a-la-produccion>.
- 18 Poorter, L., and Markesteijn, L. 2008. Seedling traits determine drought tolerance of tropical tree species. *Biotropica*. 40(3):321-331. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00380.x>
- 19 R Core Team. 2020. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- 20 Roman-Miranda, M. L.; Palma-García, J. M.; Zorrilla-Ríos, J. M. y Mora-Santacruz, A. 2017. Producción de materia seca de *Leucaena leucocephala* y vegetación herbácea en un banco de proteína pastoreada por ovinos. *Revista de Sistemas Experimentales*. 3(6):1-9.
- 21 Serrano, P. R. y Calderón, F. 2016. Análisis geoespacial del cambio de las zonas de vida de Holdridge en la provincia de Guayas. *In: 14th LACCEI international multi conference for engineering, education, and technology: engineering innovations for global sustainability*. 1-7 pp. 10.18687/LACCEI2016.1.1.185.
- 22 Uribe, F. T. A. F.; Zuluaga, T. E.; Murgueitio, R. L. M.; Valencia, C. A.; Zapata, C. L. H.; Solarte, P. C. A. Cuartas Naranjo, C. F.; Galindo, W. F. S.; Gonzales, J. G. S.; Sinisterra, J. A. R.; Gomez, J. G. B.; Molina, C. E. D.; Molina, E. J. D.; Galindo, A. O.; Galindo, V. A. C. y Soto, B. R. 2011. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. Proyecto Ganadería Sostenible Manual 1. CIPAV. 1(1):1-78. <http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/wpcontent/uploads/2015/04/1.establecimiento-y-manejo-de-SSP.pdf>.
- 23 Van-Breugel, M.; Hall, J. S.; Craven, D.; Gregoire, T. G.; Park, A.; Dent, D.; Wishnie, M.; Mariscal, E.; Deago, J. Ibarra, D.; Cedeño, N. and Ashton, M. S. 2011. Early growth and survival of 49 tropical tree species across sites differing in soil fertility and rainfall in Panama. *Forest ecology and management*. 261(10):1580-1589. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.08.019>.
- 24 Wickham, H. M.; Averick, J.; Bryan, W.; Chang, L.; D'Agostino, M. L.; François, R.; Golemund, G.; Hayes, A.; Henry, L.; Hestere, J.; Kuhn, M.; Pedersen, T. L.; Miller, E.; Bache, S. M.; Muller, K.; Ooms, J.; Robinson, D.; Seide, D. P.; Spinu, V. and Yutani, H. 2019. Welcome to the tidyverse. *Journal of Open-Source Software*. 4(43):1-6 <https://doi.org/10.21105/joss.01686>.





Producción de especies forrajeras leguminosas en diferentes tiempos de corte en Tolima, Colombia

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 January 2024
Date accepted: 01 March 2024
Publication date: 11 September 2024
Publication date: Aug-Sep 2024
Volume: 15
Issue: 5
Electronic Location Identifier: e3462
DOI: 10.29312/remexca.v15i6.3462

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

adaptación
estabilización
interacción
potencial

Counts

Figures: 4
Tables: 1
Equations: 0
References: 24
Pages: 0