



Rendimiento y valor nutritivo del forraje en genotipos de leguminosas arbustivas en el Caribe colombiano*

Yield and nutritional value of forage in shrub legume genotypes in the Colombian Caribbean

José Edwin Mojica-Rodríguez¹, Guillermo Antonio Garay-Oyola¹, Esteban Burbano-Erazo^{1,2}

* Recepción: 28 de abril, 2025. Aceptación: 24 de noviembre, 2025. Este trabajo formó parte del proyecto “Evaluación multilocal de nuevo germoplasma forrajero”, desarrollado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical.

¹ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Motilonia. Agustín Codazzi, Cesar, Colombia. jmojica@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0001-7751-8631>); ggaray@agrosavia.co (autor para correspondencia; <https://orcid.org/0009-0007-9033-4977>); eburbano@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0001-5056-9893>).

² Institute for Plant Molecular and Cell Biology (IBMCP), Campus Universitat Politècnica de València. Valencia, España.

Resumen

Introducción. Las leguminosas forrajeras complementan la oferta de materia seca (MS) y contenido proteico en la alimentación de bovinos basada en gramíneas; sin embargo, la disponibilidad de estas especies adaptadas a las condiciones del Caribe seco colombiano es limitada. **Objetivo.** Evaluar la producción y calidad del forraje de genotipos de leguminosas arbustivas durante las épocas de lluvias y sequía en el Caribe seco colombiano. **Materiales y métodos.** El estudio se desarrolló en el municipio de Agustín Codazzi, departamento del Cesar, Colombia. Se evaluó la producción de forraje seco (PFS; kg ha⁻¹) y el valor nutricional por espectroscopia de infrarrojo cercano en dos genotipos de *Leucaena diversifolia* (LD15551, LD21242), uno de *Cratylia argentea* (CA2238) y *Leucaena leucocephala* cv Cunningham (control), durante las épocas de lluvias y sequía de 2018 y 2019. Se aplicó un análisis de varianza para determinar el efecto de la especie, la época y su interacción, bajo un diseño completamente al azar con estructura factorial. **Resultados.** El control presentó la mayor PFS con 1288,9 kg ($p < 0,05$; promedio de épocas), así como los mayores contenidos de proteína cruda (24,7 %, $p < 0,05$) y digestibilidad de la materia seca (73,7 %, $p < 0,05$) durante las lluvias. En CA2238 se observó el mayor contenido de fibra detergente neutra con 45,9 % ($p < 0,05$; promedio de épocas) y los menores contenidos de energía bruta ($p < 0,05$) en ambas épocas (4,15 y 4,09 Mcal kg⁻¹ MS). **Conclusiones.** Se observaron diferencias en la producción de forraje y en la mayoría de los componentes de calidad asociados a la especie y época del año. *Leucaena leucocephala* destacó sobre los demás materiales evaluados.

Palabras clave: germoplasma forrajero, leguminosas forrajeras, nutrición animal, producción de biomasa.

Abstract

Introduction. Forage legumes complement dry matter (DM) supply and protein content in grass-based cattle feeding; however, the availability of species adapted to the conditions of the Colombian dry Caribbean is limited.



Agronomía Mesoamericana es desarrollada en la Universidad de Costa Rica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escriba a pccmca@ucr.ac.cr o pccmca@gmail.com

Objective. To evaluate forage production and quality of shrub legume genotypes during the rainy and dry seasons in the Colombian dry Caribbean. **Materials and methods.** The study was conducted in the municipality of Agustín Codazzi, Cesar department, Colombia. Dry forage yield (DFY; kg ha⁻¹) and nutritional value were evaluated by near-infrared spectroscopy in two genotypes of *Leucaena diversifolia* (LD15551, LD21242), one of *Cratylia argentea* (CA2238), and *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham (control), during the rainy and dry seasons of 2018 and 2019. Analysis of variance was performed to determine the effects of species, season, and their interaction under a completely randomized design with a factorial arrangement. **Results.** The control showed the highest DFY with 1288.9 kg ($p < 0.05$; average across seasons), as well as the highest crude protein content (24.7 %, $p < 0.05$) and dry matter digestibility (73.7 %, $p < 0.05$) during the rainy season. In CA2238, the highest neutral detergent fiber content was observed (45.9 %, $p < 0.05$; average across seasons), along with the lowest gross energy contents ($p < 0.05$) in both seasons (4.15 and 4.09 Mcal kg⁻¹ DM). **Conclusions.** Differences were observed in forage production and in most quality components associated with species and season. *Leucaena leucocephala* stood out over the other evaluated materials.

Keywords: forage germplasm, forage legumes, animal nutrition, biomass production.

Introducción

Las gramíneas de pastoreo constituyen la base de la alimentación de los sistemas de producción bovina del Caribe seco colombiano. Las principales especies presentes en las fincas ganaderas son los pastos Colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus) (Tapia Coronado et al., 2019) y Guinea (*Megathyrsus maximus* Jacq.) (Tapia-Coronado et al., 2023). Estas gramíneas tropicales contienen entre 6 y 13 % de proteína cruda y entre 55 y 58 % de digestibilidad de la materia seca (MS) (Cuervo-Vivas et al., 2019).

Las ofertas de forraje seco en pastoreo inferiores a 2000 kg/ha, con periodos de descanso entre 28 y 35 días en las praderas, se asocian con bajos indicadores productivos en los animales, reflejados en ganancias de peso por debajo de los 450 g/animal/día en terneros de levante y en producciones de leche vendible entre 3 y 4 kg vaca/día (Barragán-Hernández et al., 2020; Roncallo-Fandiño et al., 2020). Asimismo, la estacionalidad climática de la región, caracterizada por un marcado periodo seco, junto al inadecuado uso de los forrajes en estados de madurez avanzados, incide negativamente en la respuesta animal (Roncallo-Fandiño et al., 2020; Tapia Coronado et al., 2019).

Diversas leguminosas forrajeras se han utilizado para mejorar la oferta de forraje y el contenido de proteína cruda, por lo general, superiores al 18 %. Los sistemas silvopastoriles son alternativas que, al unir leguminosas con gramíneas, mejoran la alimentación de los bovinos. Las leguminosas Campanita (*Clitoria ternatea* L.), acacia forrajera (*L. leucocephala* [Lam.] de Wit) y el pasto Guinea cv. Tanzania (*M. maximus* Jacq.) conforman uno de los posibles arreglos silvopastoriles en ganaderías bovinas del Caribe seco (Zuluaga Zuluaga et al., 2025).

La evaluación y selección de especies forrajeras para la alimentación de bovinos tiene como fin obtener gramíneas y leguminosas con producciones, calidad y respuesta animal similares o superiores a las de uso tradicional. Al respecto, se resalta la obtención del pasto *M. maximus* cv. Agrosavia Sabanera adaptado al Caribe colombiano, el cual tendió a aumentar la producción de leche ($p < 0.10$) en comparación con el Tanzania, con rendimientos de 7,3 y 6,7 kg/vaca/día, respectivamente, en vacas Gyr × Holstein en el Caribe seco (Mojica-Rodríguez & Burbano-Erazo, 2020). Asimismo, mostró una mayor ganancia de peso (612 g/animal/día) en novillos F1 (Ramosinuano × Brahman) en comparación con la Mombasa (574 g/animal/día) en el Caribe húmedo colombiano (Mejía-Kerguelen et al., 2020).

A pesar de los numerosos estudios enfocados en el uso de leguminosas, motivados no solo por los beneficios que aportan a la dieta animal (Burbano-Erazo et al., 2019), sino también por los servicios ecosistémicos que ofrecen

y su resistencia a diversos estreses abióticos, su caracterización en ambientes específicos con una contrastante variabilidad climática, como la del Caribe seco colombiano, ha sido poco explorada. Esta situación ha limitado la identificación de genotipos promisorios que podrían ser utilizados por productores ganaderos.

Respecto a leguminosas herbáceas, los genotipos 17009 y 20095 de *C. brasiliensis* Mart. ex benth (Fabaceae) han mostrado buena adaptación a estas condiciones, con una producción de forraje de 2304,7 y 2553,4 kg MS ha⁻¹, respectivamente, y de semilla de 507,9 kg ha⁻¹ en el genotipo 17009 (Burbano-Erazo et al., 2019; Burbano-Erazo et al., 2020); no obstante, en leguminosas arbustivas la información es reducida. En este estudio, se planteó que otras leguminosas arbustivas presentaban un comportamiento diferencial respecto a *L. leucocephala*, influenciado por la época del año. Para comprobar esto, se planteó como objetivo evaluar la producción y calidad del forraje de genotipos de leguminosas arbustivas durante las épocas de lluvias y sequía en el Caribe seco colombiano.

Materiales y métodos

Material vegetal

Se evaluaron dos genotipos de *L. diversifolia*, identificados como LD15551 y LD21242, y un genotipo de *C. argentea*, código CA2238, y se utilizó como control la especie *L. leucocephala*. La investigación se realizó durante dos épocas de lluvias y tres épocas secas en 2018 y 2019, en el Centro de Investigación Motilonia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) (10°0'7"N, 73°14'51"O, 106 m s. n. m.), ubicado en el municipio de Agustín Codazzi, departamento del Cesar, Colombia. Los materiales provinieron del banco de germoplasma del Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Manejo agronómico y experimental

La fase de campo incluyó una etapa previa en invernadero, en la cual las plantas crecieron hasta alcanzar entre 25 y 30 cm de altura. En el lote experimental, el suelo se preparó con tres pases de rastrillo californiano. Posteriormente, las plántulas desarrolladas se establecieron en vivero bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres repeticiones.

Cada genotipo se asignó aleatoriamente a uno de los cuatro surcos disponibles (uno por genotipo) en cada bloque. Cada surco (unidad experimental) tuvo una longitud de 6 m, con una distancia de 1 m entre plantas, para un total de 7 unidades por surco. La distancia entre los surcos fue de 1,5 m dentro de cada bloque. No se aplicó fertilización química u orgánica. El análisis físicoquímico del suelo reveló una textura franco-arenosa, un pH ligeramente ácido (6,14), un contenido de materia orgánica de 3,12 % y niveles de fertilidad reportados en el Cuadro 1.

La evaluación inició ocho meses después del trasplante de las arbustivas al campo. En ese momento, las plantas se uniformizaron a 1 m de altura desde el nivel del suelo y, tras 42 días de rebrote, se realizaron las mediciones. Se evaluaron las cinco plantas centrales de cada unidad experimental (surco) en cinco mediciones en función de la época del año; tres fueron en sequía y dos en época de lluvias, durante 2018 y 2019. La época seca se presenta de diciembre a marzo (primer periodo) y de junio a julio (segundo periodo). La época de lluvias abarca de abril a mayo (primer periodo) y de agosto a noviembre (segundo periodo) (Figura 1).

Cuadro 1. Análisis de suelo en el lote experimental. Agustín Codazzi, departamento del Cesar, Colombia. 2018.

Table 1. Soil analysis in the experimental plot. Agustín Codazzi, Cesar Department, Colombia. 2018.

Componente	Valor
pH	6,14
Conductividad eléctrica (ds m ⁻¹)	0,86
Materia orgánica (%)	3,12
Calcio (cmol kg ⁻¹)	5,29
Magnesio (cmol kg ⁻¹)	1,81
Potasio (cmol kg ⁻¹)	0,29
Sodio (cmol kg ⁻¹)	0,30
Capacidad de intercambio catiónico efectiva	7,70
Hierro (mg kg ⁻¹)	57,3
Fósforo (mg kg ⁻¹)	80,0
Azufre (mg kg ⁻¹)	12,0
Manganeso (mg kg ⁻¹)	25,1
Zinc (mg kg ⁻¹)	2,98
Cobre (mg kg ⁻¹)	2,98
Boro (mg kg ⁻¹)	0,40

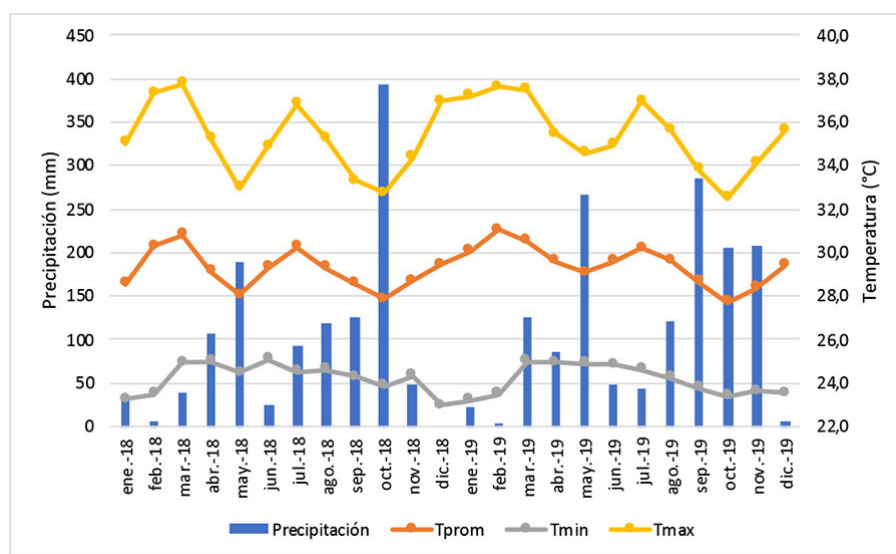


Figura 1. Temperatura promedio (Tprom), mínima (Tmin) y máxima (Tmax), y precipitación mensual promedio. Centro de Investigación Motilonia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Agustín Codazzi, departamento del Cesar, Colombia. 2018-2019.

Figure 1. Average temperature (Tprom), minimum (Tmin), and maximum (Tmax), and average monthly precipitation. Motilonia Research Center of the Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Agustín Codazzi, Cesar Department, Colombia. 2018-2019.

Variables evaluadas

Para determinar la producción de forraje seco (PFS) de cada genotipo en las repeticiones, se cortó el forraje verde del rebrote de las plantas evaluadas a 1 m de altura y se seleccionó el material comestible, compuesto por

ramas con hojas, peciolo y tallos con un diámetro menor a 5 mm. En cada repetición, a partir del forraje cosechado se recolectó una submuestra de 300 g para análisis de valor nutricional.

La submuestra se secó en un horno de aire forzado a 60 °C durante 72 horas y luego se molió (1 mm) en un molino. Posteriormente, se realizó análisis de proteína cruda (PC), fibra en detergente neutra (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), lignina (LIG), extracto etéreo (EE), digestibilidad de la materia seca (DMS), carbohidratos solubles (CS) y energía bruta (EB) mediante un equipo de espectroscopia de infrarrojo cercano, según lo descrito por Ariza-Nieto et al. (2017). Con base en el porcentaje de MS, se estimó la PFS en kg ha⁻¹.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de las variables se realizó mediante un análisis de varianza de dos vías, el cual consideró los factores bloque (repetición), genotipo, época y la interacción genotipo × época por medio del modelo presentado en la ecuación 1.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \epsilon_{ijk} \quad (1)$$

Donde:

μ = Media general,

α_i = Efecto del bloque (repetición; 1 a 3),

β_j = Efecto del genotipo (1 a 4),

γ_k = Efecto de la época (1, 2),

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Efecto de la interacción genotipo x época (1 a 8),

ϵ_{ijk} = Error experimental.

La significancia estadística de la interacción se analizó mediante la prueba *post hoc* de Tukey para la comparación de medias con un nivel del 5 %. Adicionalmente, se efectuó un análisis de componentes principales y de correlación lineal de Pearson entre la producción de forraje seco y las variables nutricionales. La interpretación del coeficiente de correlación de Pearson (r) se realizó de la siguiente forma: baja ($r = 0,20$ a $0,39$), moderada ($r = 0,40$ a $0,69$), alta ($r = 0,70$ a $0,89$) y muy alta ($r = 0,90$ a $0,99$). Se utilizó el software R versión 4.2.2.

Resultados

Producción de forraje

No se observó efecto significativo ($p > 0,05$) de la interacción entre el genotipo y la época sobre la producción de forraje seco. Se evidenció efecto de la época del año ($p < 0,05$), con un promedio de producción de forraje de 1194,3 kg ha⁻¹ MS en los materiales evaluados durante la época de lluvias y de 485,5 kg ha⁻¹ en sequía, lo que representó una reducción en 59,3 % (Cuadro 2). En cuanto a los genotipos, el control registró un rendimiento de 1288,9 kg MS ($p < 0,05$, promedio de épocas), el cual difirió en un 72,8, 60,2 y 27,6 % con respecto a LD15551 (938,1 kg MS), LD21242 (776,1 kg MS) y CA2238 (356,4 kg MS), respectivamente (Cuadro 2).

Composición química de los forrajes

En las variables de valor nutritivo, con excepción de la FDN, se presentó una interacción significativa genotipo × época ($p < 0,05$; Figura 2). *L. leucocephala* (control) y el genotipo LD15551 mostraron los mayores contenidos

Cuadro 2. Producción de forraje seco (PFS) en genotipos de leguminosas arbustivas a 42 días de rebrote en dos épocas del año. Centro de Investigación Motilonia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Agustín Codazzi, departamento del Cesar, Colombia. 2018-2019.

Table 2. Dry forage yield (PFS) in shrub legume genotypes at 42 days of regrowth in two seasons. Motilonia Research Center of the Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Agustín Codazzi, Cesar Department, Colombia. 2018-2019.

Genotipos	PFS (kg ha ⁻¹)
Control	1298,9 a
LD15551	938,1 b
LD21242	776,1 b
CA2238	356,4 c
Época	PFS (kg ha ⁻¹)
Sequía	182,0 b
Lluvias	447,8 a
Fuente de variación	PFS (kg ha ⁻¹)
Genotipo	<0,0001
Repetición	0,42
Época	0,0006
Genotipo × época	0,09

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$). / Different letters within the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

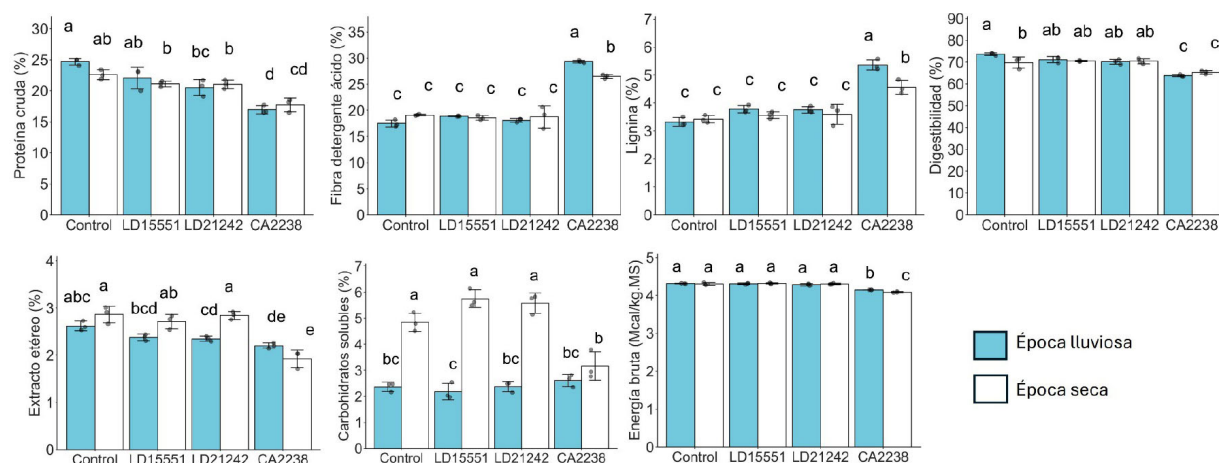


Figura 2. Composición química en genotipos de *L. diversifolia* (LD15551, LD21242), *C. argentea* (CA2238) y *L. leucocephala* (control) a 42 días de rebrote en dos épocas del año. Centro de Investigación Motilonia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Agustín Codazzi, departamento del Cesar, Colombia. 2018-2019.

Las diferencias estadísticamente significativas se representan con letras (ANDEVA de dos vías, seguido de la prueba de comparación múltiple de Tukey [$p < 0,05$] para variables de respuesta con interacción genotipo × época significativa [$p < 0,05$]).

Figure 2. Chemical composition in genotypes of *L. diversifolia* (LD15551, LD21242), *C. argentea* (CA2238), and *L. leucocephala* (control) at 42 days of regrowth in two seasons of the year. Motilonia Research Center of the Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Agustín Codazzi, Cesar Department, Colombia. 2018-2019.

Statistically significant differences are indicated by letters (two-way ANOVA followed by Tukey's multiple comparison test [$p < 0.05$] for response variables with a significant genotype × season interaction [$p < 0.05$]).

de PC ($p < 0,05$), mientras que CA2238 registró los valores más bajos en ambas épocas. No obstante, este último genotipo presentó la mayor concentración de FDA ($p < 0,05$), con valores de 26,5 % en lluvias y 29,2 % en sequías, y de lignina ($p < 0,05$) con un 5,4 % y 4,6 %, respectivamente, en comparación con los demás genotipos en época de lluvias.

Con relación a la DMS ($p < 0,05$) se observaron valores más altos ($p > 0,05$) en el control y en los dos genotipos de *L. diversifolia* en las dos épocas del año, en comparación con el genotipo CA2238. El valor promedio de DMS fue superior, entre 5,6 y 7,2 puntos porcentuales, respecto a CA2238.

En el control y en los genotipos de *L. diversifolia* se registraron los mayores contenidos de EE en la época de sequía ($p < 0,05$); sin embargo, durante las lluvias, se presentó una disminución en las concentraciones de este parámetro entre 0,3 a 0,5 puntos porcentuales. Se observaron similares contenidos de EB ($p > 0,05$) en las dos épocas del año en estos genotipos, pero fueron valores superiores ($p < 0,05$) a los observados en CA2238.

El contenido de los carbohidratos solubles en todos los genotipos fue similar ($p > 0,05$) en la época de lluvias; no obstante, en la sequía el genotipo CA2238 presentó la menor concentración ($p < 0,05$) de este componente respecto a los demás genotipos (Figura 2).

Para el contenido del FDN no hubo efecto de la interacción genotipo $\times$ época ($p > 0,05$); únicamente del efecto genotipo ($p < 0,05$). El genotipo CA2238 presentó el mayor contenido (promedio de épocas) de este componente ($p < 0,05$) en comparación con los demás genotipos de *L. diversifolia* y el control. En este genotipo se registraron incrementos entre 8,9 a 9,8 puntos porcentuales en FDN respecto a los demás genotipos evaluados. Por su parte, LD15551 presentó el menor contenido en este componente (36,1 %) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Fibra detergente neutra (FDN) en genotipos de leguminosas arbustivas a 42 días de rebrote en diferentes épocas del año. Centro de Investigación Motilonia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Agustín Codazzi, departamento del Cesar, Colombia. 2018-2019.

Table 3. Neutral detergent fiber (FDN) in shrub legume genotypes at 42 days of regrowth in different seasons. Motilonia Research Center of the Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Agustín Codazzi, Cesar Department, Colombia. 2018-2019.

Genotipos	FDN (%)
Control	36,4 b
LD15551	36,1 b
LD21242	37,0 b
CA2238	45,9 a
Época	FDN (%)
Sequía	38,8
Lluvias	38,8
Fuente de variación	Valor <i>p</i>
Genotipo	<0,0001
Repetición	0,32
Época	0,96
Genotipo $\times$ época	0,06

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$). / Different letters within the same column indicate significant differences ($p < 0,05$).

En el análisis de componentes principales, la variabilidad de los genotipos fue explicada por los dos primeros componentes principales, CP1 (59,8 %) y CP2 (16,2 %), lo que indicó relaciones entre las variables cuantificadas (Figura 3A). En la época de lluvias, la PFS se relacionó de manera inversa con los contenidos de FDA, FDN y LIG. El contenido de PC mostró una relación inversa con LIG, FDA y FDN.

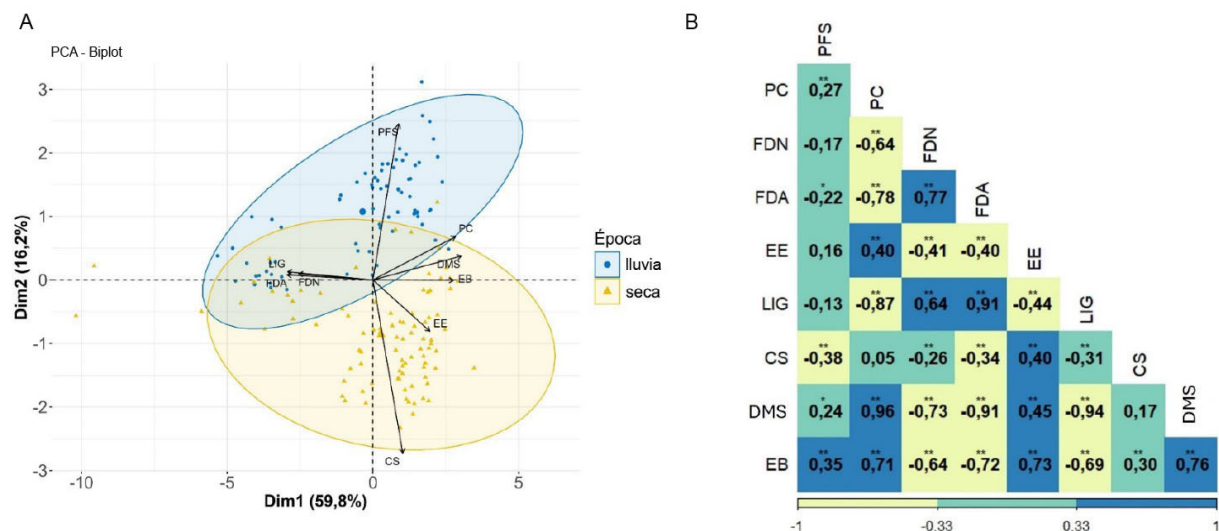


Figura 3. A) Análisis de componentes principales y **B)** análisis de correlación de Pearson para parámetros productivos y de calidad nutricional en genotipos de *L. diversifolia* (LD15551, LD21242), *C. argentea* (CA2238) y *L. leucocephala* (control) a 42 días de rebrote. Centro de Investigación Motilonia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Agustín Codazzi, departamento del Cesar, Colombia. 2018-2019.

Los valores indican el coeficiente de correlación. La significancia está indicada con asteriscos: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

PFS: Producción de forraje seco. **PC:** Proteína cruda. **FDN:** Fibra detergente neutra. **FDA:** Fibra detergente ácida. **EE:** Extracto etéreo. **LIG:** Lignina. **CS:** Carbohidratos solubles. **DMS:** Digestibilidad de la materia seca. **EB:** Energía bruta. **Dim1:** Componente 1. **Dim2:** Componente 2.

Figure 3. A) Principal component analysis and **B)** Pearson correlation analysis for productive and nutritional quality parameters in genotypes of *L. diversifolia* (LD15551, LD21242), *C. argentea* (CA2238), and *L. leucocephala* (control) at 42 days of regrowth. Motilonia Research Center of the Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Agustín Codazzi, Cesar Department, Colombia. 2018-2019.

Values indicate correlation coefficients. Significance is indicated by asterisks: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

PFS: Dry forage yield. **PC:** Crude protein. **FDN:** Neutral detergent fiber. **FDA:** Acid detergent fiber. **EE:** Ether extract. **LIG:** Lignin. **CS:** Soluble carbohydrates. **DMS:** Dry matter digestibility. **EB:** Gross energy. **Dim1:** Component 1. **Dim2:** Component 2.

En la época seca, estos últimos componentes se relacionaron de forma inversa respecto a los contenidos de CS, EE, EB y DMS. Se observó una asociación positiva entre PFS y la época de lluvias, mientras que los contenidos de CS y de EE se asociaron con la época de sequía (Figura 3A). La PC presentó una correlación directa con DMS, EE y EB, y una relación inversa con FDN, FDA y LIG (Figura 3B).

Los contenidos de LIG, FDN y FDA se correlacionaron de forma negativa con la DMS, la EB y el EE. A su vez, el EE y la EB mostraron una correlación positiva con la DMS. Además, el EE se correlacionó positivamente con el contenido de CS y con la EB (Figura 3B).

La PC ($r = 0,27$; $p < 0,01$), la DMS ($r = 0,24$; $p < 0,05$) y la EB ($r = 0,35$; $p < 0,01$) se correlacionaron positivamente con la PFS, mientras que la FDA ($r = -0,22$; $p < 0,05$) y los CS ($r = -0,38$; $p < 0,01$) se correlacionaron negativamente. La PC ($r = 0,96$; $p < 0,01$), el EE ($r = 0,45$; $p < 0,01$) y la EB ($r = 0,76$; $p < 0,01$) se correlacionaron de forma positiva con la DMS, pero la FDN ($r = -0,73$; $p < 0,01$), la FDA ($r = -0,91$; $p < 0,01$) y la LIG ($r = -0,94$; $p < 0,01$) lo hicieron de manera negativa. La FDA ($r = 0,77$; $p < 0,01$) y la LIG ($r = 0,64$; $p < 0,01$) se correlacionaron positivamente con el contenido de FDN y FDA (Figura 3B).

Discusión

Diversos estudios han comparado la respuesta productiva de genotipos en *Leucaena*; sin embargo, no se ha identificado información de estudios recientes realizados a nivel nacional o internacional. En India, Uthappa et al. (2015) evaluaron diferentes genotipos de este género (*L. leucocephala*, *L. diversifolia*, *L. shannoni*, *L. lanceolata*, *L. collinsii*) y observaron que los genotipos de *L. leucocephala* se destacaron en la producción de biomasa en comparación con las demás especies.

Por otro lado, en Cuba, un análisis de clúster de 23 genotipos identificó a *L. leucocephala* cv. Cunningham y a la accesión *L. diversifolia* CIAT17217 dentro de un grupo con mayor producción de biomasa comestible por planta (0,7 kg) y contenido de proteína cruda (26,7 %), respecto a otro grupo con menor producción (0,6 kg por planta) y contenido de proteína cruda (22,6 %), en el que se ubicó el genotipo 17503 de *L. diversifolia*. Estos resultados sugieren una respuesta diferente entre genotipos de *L. diversifolia* y *L. leucocephala*, que puede explicarse como una mejor adaptación a las condiciones ambientales por parte de las últimas (Wencomo & Ortiz, 2012).

En el presente estudio, los dos genotipos de *L. diversifolia* presentaron una menor producción de forraje que *L. leucocephala*, lo que podría atribuirse a una menor adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la zona, a pesar de que esta especie ha reportado un amplio rango de adaptación (Cuchillo-Hilario et al., 2018).

La leguminosa *C. argentea* ha sido identificada como una alternativa forrajera para la alimentación de bovinos por su rendimiento y calidad nutricional en las condiciones tropicales de Colombia (Navas-Panadero et al., 2019). En este estudio, presentó una menor producción de forraje respecto a *L. leucocephala*, lo cual coincide con Mojica-Rodríguez et al. (2017), quienes observaron el mismo comportamiento a diferentes edades de rebrote (4 a 12 semanas) en el Caribe seco colombiano. Esto indica un comportamiento diferencial de esta especie asociado a variaciones en condiciones edafoclimáticas.

La calidad nutricional en el genotipo CA2238 de *C. argentea* fue menor respecto a los de *L. diversifolia* y *L. leucocephala*, resultado similar al observado por Mojica-Rodríguez et al. (2017), quienes reportaron menores contenidos de proteína cruda y digestibilidad de la materia seca en comparación con *L. leucocephala* en condiciones del Caribe seco colombiano. A pesar de que se compararon dos genotipos diferentes de *C. argentea* en ambos estudios, los resultados sugieren que *C. argentea* no muestra una buena respuesta, según parámetros productivos y de calidad, respecto a *L. leucocephala*, bajo estas condiciones; sin embargo, es necesario ampliar la evaluación con otras accesiones para corroborar ese comportamiento.

Los genotipos de *L. diversifolia* presentaron mayor producción de forraje seco y contenidos de proteína cruda en comparación con CA2238. No obstante, mostraron menor producción de forraje y similar calidad nutricional a la de *L. leucocephala*, la cual presentó menor variación en estas variables respecto a los demás materiales y épocas. Este comportamiento concuerda con los estudios de Uthappa et al. (2015) y Wencomo y Ortiz (2012), quienes señalaron una mejor respuesta en genotipos de *L. leucocephala* frente a otras especies.

Bajo las condiciones del estudio, se observó una relación positiva entre la producción de forraje seco y la calidad nutricional. Esto indica que, a medida que aumentaron las producciones de forraje, mejoró el valor nutricional de las leguminosas, asociado a mayores contenidos de proteína cruda, digestibilidad de la materia

seca y menores contenidos de fibras (FDN y FDA) y lignina. El patrón observado se puede explicar debido al comportamiento de cada especie evaluada bajo las condiciones de la zona.

En este sentido, *L. leucocephala* presentó mayor producción y calidad, mientras que *C. argentea* mostró lo opuesto, y los genotipos de *L. diversifolia* exhibieron rendimientos intermedios, con algunas variables de calidad similares a *L. leucocephala*, a pesar del potencial identificado en *C. argentea* y *L. diversifolia* en condiciones tropicales (Cuchillo-Hilario et al., 2018; Navas-Panadero et al., 2019; Roque-Alcarraz et al., 2022).

En el Caribe seco colombiano, la producción de forraje en pasto Colosuana (*Bothriochloa pertusa*), gramínea predominante en los sistemas ganaderos, disminuye hasta un 30 % en época de sequía en comparación con la época de lluvia, lo que reduce la productividad animal (Roncallo-Fandiño et al., 2020). En este contexto, la incorporación de fuentes nutricionales como las leguminosas en sistemas pastoriles o silvopastoriles es fundamental para mejorar la resiliencia y sostenibilidad de la ganadería.

Conclusiones

La producción de forraje seco y la calidad nutricional variaron significativamente según la especie y la época de evaluación. A pesar de que la leguminosa *Leucaena leucocephala* alcanzó el mayor rendimiento tanto en época de lluvias como de sequía, los genotipos de *Leucaena diversifolia* se destacaron por ofrecer una calidad comparable, aunque con menor rendimiento condicionado por la estacionalidad. El genotipo de *Cratylia argentea* presentó el menor desempeño en las variables evaluadas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia por la financiación del proyecto “Evaluación multilocacional de nuevo germoplasma forrajero”, así como al personal de apoyo de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria y el Centro Internacional de Agricultura Tropical por su colaboración en la ejecución de este.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Referencias

- Ariza-Nieto, C., Mayorga, O. L., Mojica, B., Parra, D., & Afanador-Tellez, G. (2017). Use of local algorithm with near infrared spectroscopy in forage resources for grazing systems in Colombia. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 26(1), 44-52. <https://doi.org/10.1177/0967033517746900>
- Barragán-Hernández, W. A., Mestra-Vargas, L. I., Portilla-Pinzon, D., Mejía-Luquez, J. A., & Henríquez-Crespo, R. J. (2020). Efecto de subproductos de palma africana en la producción y calidad de leche bovina en el sur del departamento del Atlántico, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(2), Artículo e1132. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num2_art:1132

- Burbano-Erazo, E., Brochero-Aldana, G. A., Rodríguez-Jiménez, D. M., Mojica-Rodríguez, J. E., & Lombo-Ortiz, D. F. (2020). Evaluación de genotipos de *Canavalia brasiliensis* Mart. ex Benth. para producción de semilla en el Caribe colombiano. *Nutrición Animal Tropical*, 14(2), 75-84. <https://doi.org/10.15517/nat.v14i2.43904>
- Burbano-Erazo, E., Mojica-Rodríguez, J. E., Brochero-Aldana, G. A., Cardona-Iglesias, J. L., & Castro-Rincón, E. (2019). Producción de forraje en leguminosas tropicales, en el Caribe seco colombiano. *Pastos y Forrajes*, 42(2), 133-141. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=2086>
- Cuchillo-Hilario, M., Enríquez-Quiroz, J. F., Silva-Luna, M., Sotelo-Cabrera, M. E., Peters, M., & Delgadillo-Puga, C. (2018). *Leucaena diversifolia* (Schltdl.) Benth. En J. M. Palma-García y C. González-Rebeles Isla (Comps.), *Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable* (pp. 76-82). Universidad de Colima.
- Cuervo-Vivas, W. A., Santacoloma-Varón, L. E., & Barreto de Escovar, L. (2019). Análisis histórico de la composición química de forrajes tropicales en Colombia entre 1985 – 2015. I – Gramíneas Forrajeras. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 10(2), 89-113. <https://doi.org/10.22490/21456453.2415>
- Mejía-Kerguelen, S. L., Atencio Solano, L., Suárez Paternina, E., Tapia Coronado, J. J., Mejía Luquez, J., Sánchez Rodríguez, L., Mojica, J. E., & Ibáñez Miranda, K. (2020). *Características, producción y manejo de la gramínea forrajera tropical Agrosavia Sabanera para pastoreo en la región Caribe Colombiana*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7404067>
- Mojica-Rodríguez, J. E., & Burbano-Erazo, E. (2020). Efecto de dos cultivares de *Megathyrsus maximus* (Jacq.) en la producción y composición de la leche bovina. *Pastos y Forrajes*, 43(3), 177-183. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=2171>
- Mojica-Rodríguez, J. E., Castro-Rincón, E., Carulla-Fornaguera, J., & Lascano-Aguilar, C. E. (2017). Efecto de la especie y la edad de rebrote en el perfil de ácidos grasos de leguminosas y arbustivas tropicales. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 463-477. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:738
- Navas-Panadero, A., Daza Cárdenas, J. I., & Montaña Barrera, V. (2019). Desempeño de bancos forrajeros de *Cratylia argentea* (Desv.) Kuntze, en suelos degradados en el departamento de Casanare. *Revista de Medicina Veterinaria*, (39), 29-42.
- Roncallo-Fandiño, B. A., Soca-Pérez, M., & Ojeda-García F. (2020). Comportamiento productivo de bovinos machos en desarrollo en dos explotaciones ganaderas del valle del Cesar en Colombia. *Pastos y Forrajes*, 43(3), 220-228. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=2132>
- Roque-Alcarraz, R. E., Silva-Del Águila, J. G., & Barrera-Lozano, M. (2022). Sistemas silvopastoriles para la producción ganadera en el Centro de Producción Limón Rocío de la UNSM-T. *Revista de Veterinaria y Zootecnia Amazónica*, 2(2), Artículo e398. <https://doi.org/10.51252/revza.v2i2.398>
- Tapia Coronado, J. J., Atencio Solano, L. M., Mejía Kerguelen, S. L., Paternina Paternina, Y., & Cadena Torres, J. (2019). Evaluación del potencial productivo de nuevas gramíneas forrajeras para las Sabanas secas del Caribe en Colombia. *Agronomía Costarricense*, 43(2), 45-60. <https://doi.org/10.15517/rac.v43i2.37943>
- Tapia-Coronado, J. J., Suárez-Paternina, E. A., Barragán-Hernández, W. A., Atencio-Solano, L. M., & Mejía-Kerguelen, S. L. (2023). Desempeño agronómico y nutricional de cuatro cultivares de *Megathyrsus maximus* (Jacq.) BK Simon & SWL en la región Caribe colombiana. *Pastos y Forrajes*, 46, Artículo e05.
- Uthappa, A. R., Chavan, S. B., Gupta, V. K., Dhyani, S. K., Handa, A. K., Vimala Devi, S., & Sridhar, K. B. (2015). Genetic evaluation of *Leucaena* genotypes in Bundelkhand Region of Central India. En *International Grassland Congress*

- Proceedings* (Track 4-1-1, 11). University of Kentucky's Institutional Repository. <https://uknowledge.uky.edu/igc/23/4-1-1/11>
- Wencomo, H. B., & Ortiz, R. (2012). Comportamiento de la disponibilidad de biomasa y la composición química en 23 accesiones de *Leucaena* spp. *Pastos y Forrajes*, 35(1), 43-56. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1425>
- Zuluaga Zuluaga, L., Caballero, A. R., Arias Rojas, J. A., Rivera Rojas, M., Garay Oyola, G. A., & Mojica Rodríguez, J. E. (2025). Carbono almacenado en árboles y producción de forraje de dos sistemas silvopastoriles en el Caribe seco colombiano. *Livestock Research for Rural Development*, 37(1), Artículo 1. <http://www.lrrd.org/lrrd37/1/3701lzul.html>