

## Artículo Científico

# Palatabilidad relativa de leñosas forrajeras representativas del bosque seco tropical utilizando un método de cafetería

## *Relative palatability of woody forage species from the tropical dry forest using a cafeteria method*

NELSON PÉREZ-ALMARIO<sup>1,2</sup>, JAIRO MORA-DELGADO<sup>2</sup>, DAGOBERTO CRIOLLO-CRUZ<sup>1</sup>, CHRISTIAN THOMAS CARVAJAL-BAZURTO<sup>1</sup>, JORGE MARIO MORENO-TURRIAGO<sup>1</sup> Y OSCAR EDUARDO ORJUELA-FRANCO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia, Espinal, Tolima, Colombia. [agrosavia.co](http://agrosavia.co)

<sup>2</sup>Grupo Sistemas Agroforestales Pecuarios, Universidad del Tolima, Ibagué, Tolima, Colombia. [ut.edu.co](http://ut.edu.co)

### Resumen

Para la selección de las especies leñosas forrajeras a ser consideradas en sistemas de ganadería practicados en el ecosistema de bosque seco tropical de Colombia, se propuso utilizar como criterio la palatabilidad relativa del forraje. Para ese fin se evaluaron 20 especies que poseen características nutricionales distintas. Las especies seleccionadas se manejaron bajo podas en parcelas establecidas en el Centro de Investigación Nataima de Agrosavia. Los forrajes de esas especies fueron ofrecidos durante 19 días a cinco bovinos Blanco Orejinegro (BON) adultos, utilizando un método de cafetería con pruebas cortas de tres minutos de duración. Las especies se asignaron en pares, con un total de 190 combinaciones por animal, producto de la combinación de 20 especies tomando dos a la vez, sin repetición. La palatabilidad relativa de los forrajes se definió en función del grado de ingesta por los animales. Los resultados de las pruebas de palatabilidad identificaron nueve especies de palatabilidad muy alta y alta, las que se ordenaron así en orden descendente: *Albizia niopoides*, *Leucaena leucocephala*, *Erythrina fusca*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Tithonia diversifolia*, *Clitoria fairchildiana*, *Spondias purpurea* y *Spondias mombin*. El par de especies que mostró la palatabilidad más alta fue la combinación *A. niopoides*-*L. leucocephala*, y la especie que se mostró con mayor frecuencia en combinaciones con ingesta alta fue *A. niopoides*. Se concluye que existen varias especies nativas con alta palatabilidad relativa, cuyo potencial forrajero era desconocido por técnicos y ganaderos hasta ahora, y se ratificó la palatabilidad alta para algunas especies ya conocidas.

**Palabras clave:** Alimentación bovina, bocados, comportamiento ingestivo, consumo, leñosas forrajeras, podas.

### Abstract

The relative palatability of woody perennials' fodder has been proposed as the selection criteria for species to be integrated in livestock systems. For that purpose, 20 species with different nutritional characteristics, that grow in the tropical dry forest of Colombia, were evaluated. The woody perennials were managed under pruning, in plots established at the Agrosavia's Nataima Research Center. Fodder of those species was offered to five mature Blanco Orejinegro (BON) cattle for a total of 19 days, using a cafeteria method with each species exposed to animals for only 3 minutes. The assignment of species was in pairs, with a total of 190 pairs, resulting from the combinations of 20 species taking two at the same time, without replication. The results of the palatability trials identified nine species with very high and high palatability, which ordered in a descending manner were: *Albizia niopoides*, *Leucaena leucocephala*, *Erythrina fusca*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Tithonia diversifolia*, *Clitoria fairchildiana*, *Spondias purpurea*

Correspondencia: Nelson Pérez-Almario, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia, Colombia.

Correo electrónico: [nperez@agrosavia.co](mailto:nperez@agrosavia.co)

and *Spondias mombin*. The pair of species that showed the highest palatability was *A. niopoides*-*L. leucocephala*; and the species frequently present in combinations with high intake was *A. niopoides*. It is concluded that there are several native species with high relative palatability, whose forage potential is unknown by technicians and ranchers, and the high palatability of some species already known was confirmed.

**Keywords:** Bites, cattle feeding, feeding behavior, intake, pruning, woody perennials.

## Introducción

Existe un interés creciente para que se reconozca la diversidad de especies leñosas presentes en las fincas ganaderas como integrantes útiles de los sistemas ganaderos (Villanueva et al. 2009; Pezo 2009; Pérez-Almario et al. 2017). Algunas de ellas, como *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*, son ampliamente conocidas como leñosas forrajeras, por consiguiente, han sido investigadas profundamente (Stewart 1999).

Diversos estudios han documentado el conocimiento que poseen los ganaderos sobre las funciones y prácticas de uso de numerosas especies leñosas presentes en potreros, pero pese a ello, hay varias que no han sido evaluadas experimentalmente (Vásquez et al. 2014; Pérez-Almario et al. 2021). A partir de los resultados obtenidos Pérez-Almario et al. (2021) sobre el conocimiento local de algunas leñosas presentes en fincas ganaderas del Bosque Seco Tropical en Colombia, se propuso desarrollar un conjunto de investigaciones rápidas y en espacios reducidos para evaluar el potencial agronómico y zootécnico de aquellas especies, para con base en ello descartar o seleccionar especies que ameritan ser incluidas en nuevos estudios.

Por otro lado, se ha documentado que estimar la palatabilidad de los forrajes en condiciones de pastoreo/ramoneo puede presentar limitaciones debido a la diversidad de especies presentes, que difieren en calidad nutricional y disponibilidad a lo largo del año, debido a cambios en las etapas fenológicas del forraje, así como en su palatabilidad, lo que hace que el animal seleccione primero aquellos con mejor sabor (Lascano 2000; Hussain y Jan 2009). Por ello, a menudo es difícil relacionar las características del forraje con la cantidad consumida en pastoreo/ramoneo (Lyons et al. 2001).

Para la selección de especies leñosas destinadas a la alimentación animal es indispensable conocer su palatabilidad, es decir, el grado de atracción o aceptación por parte de los animales, lo cual se ha asociado con características organolépticas y propiedades nutricionales de las forrajeras (Lascano 1984; Lyons et al. 2001). En ese sentido, se ha diferenciado el concepto de 'palatabilidad intrínseca', entendida como la

variabilidad sensorial asociada a las características del alimento, de la palatabilidad aprendida, entendida como la respuesta post-ingestión del alimento estandarizado en sus propiedades sensoriales, la experiencia previa de los forrajes y el estado metabólico de los animales (Kissileff 1990).

Con base en lo anterior, este estudio se asimila al concepto de 'palatabilidad aprendida'. Para ese propósito, las pruebas tipo 'Cafetería' se consideran opciones buenas, rápidas y económicas, pues a través de ellas se puede obtener respuestas de los animales en experimentos cortos de consumo, acompañados de determinación directa o indirecta de la calidad de los distintos forrajes (Kenney y Black 1984; Van Soest 1994).

Otros parámetros que contribuyen a un mejor conocimiento de la palatabilidad, son los relacionados con el comportamiento ingestivo tales como la tasa de consumo relativo, el tiempo dedicado a consumir, el número y el tamaño de los bocados. Todo esto puede ayudar en el diseño de estrategias de alimentación basadas en la selectividad de los forrajes (Hill et al. 2009; Chacón 2011; Chilibraste et al. 2015a). También son relevantes las diferencias en el contenido de nutrientes y de compuestos químicos que podrían limitar la aceptación de las plantas por el animal, al incidir sobre variables sensoriales o provocar sensación de saciedad (Lascano 1984; Rosales Méndez 1999; Provenza et al. 2007).

El objetivo del presente estudio fue estimar la palatabilidad relativa, a través de indicadores de consumo, en un número amplio de especies leñosas propias del ecosistema Bosque Seco Tropical en Colombia, para descartar o seleccionar aquellas especies que amerita sean consideradas en investigaciones futuras.

## Materiales y Métodos

### Localización

La investigación se realizó en el Centro de Investigación Nataima de Agrosavia, localizado en el municipio El Espinal, Colombia (4°12'N, 74°56' O); a una altitud de 391 m.s.n.m., ubicado en la zona de vida de Bosque Seco Tropical (bs-T) (Holdridge 1978). La precipitación media

anual en el área de estudio es de 1,400 mm, con una distribución bimodal, siendo los meses más secos enero, febrero y de julio a septiembre; y los más húmedos de marzo a junio y de octubre a diciembre. La diferencia en precipitación entre los meses secos y húmedos es de 180 mm ([ClimateData 2023](#)). Los suelos del área de estudio son de origen fluvio-volcánico, con textura franco-arenosa (>68 % de arena, 14 % de arcilla); son superficiales con capas compactadas, pobres en materia orgánica y con baja retención de humedad; con pH entre ácido y neutro, con alto contenido de potasio y un buen balance calcio:magnesio ([Castro 1996](#)).

### Descripción de las especies

Las leñosas del estudio provienen de semillas colectadas de individuos maduros pertenecientes a 22 especies encontradas en potreros de las fincas ganaderas presentes en la zona donde se realizó el estudio. Estas fueron llevadas a una “Colección de Trabajo de Especies Leñosas Forrajeras” (sin llegar a ser accesiones), la cual fue establecida en el año 2014 en el Centro de Investigación Nataima. De ellas se seleccionaron las 20 con mayor presencia en fincas ganaderas de la región

donde se efectuó el estudio ([Pérez-Almarino et al. 2021](#)), las mismas que pertenecen a nueve familias. La lista de especies seleccionadas se presenta en el Cuadro 1.

Cada especie contó con 228 individuos sembrados en tres filas, con distancias entre plantas y surcos de 1 × 1 m. Al momento de iniciar este experimento los árboles tenían una edad de cuatro años, contados desde su siembra en el sitio definitivo. En esas parcelas no se suministró riego ni fertilización exógena, simulando el manejo que le daría un productor.

### Podas para homogenización del forraje

Basados en estudios previos sobre producción de rebrotes de las especies bajo estudio, se realizó una poda de uniformización de los árboles de la siguiente forma: 1) Los 228 árboles de cada especie se dividieron y se marcaron sistemáticamente en 19 grupos con 12 árboles cada uno. 2) Cada árbol se podó a una altura de 80 cm desde el suelo para facilitar la cosecha de los rebrotes; 3) Al día 45 después de la poda de uniformización, se iniciaron las homogenizaciones sistemáticas para cada grupo tomando el día 46 como el día uno para el grupo 1, el día 47 para el día dos del grupo 2 y así sucesivamente

**Cuadro 1.** Especies leñosas (19 arbóreas y una arbustiva), evaluadas en el estudio

Nombre común	Familia	Nombre científico y autoridad <sup>1</sup>	Forma de crecimiento
Iguá	Fabaceae	<i>Albizia guachapele</i> (Kunth) Dugand	Árbol
Bayo/Gallinazo	Fabaceae	<i>Albizia niopoides</i> (Bruce ex Benth.) Burkart	Árbol
Saman/Campano	Fabaceae	<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr.	Árbol
Patevaca	Fabaceae	<i>Bauhinia variegata</i> L.	Árbol
Incienso	Burseraceae	<i>Bursera tomentosa</i> (Jacq.) Triana & Planch.	Árbol
Carbonero	Fabaceae	<i>Calliandra riparia</i> Pittier	Árbol
Bohío	Fabaceae	<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	Árbol
Gomo/Uvito	Boraginaceae	<i>Cordia alba</i> (Jacq.) Roem. & Schult.	Árbol
Totumo	Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i> L.	Árbol
Orejero	Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Árbol
Cambulo/Gallito	Fabaceae	<i>Erythrina fusca</i> Lour.	Árbol
Melina	Lamiaceae	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Árbol
Matarratón	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	Árbol
Guácimo	Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Árbol
Gualanday	Bignoniaceae	<i>Jacaranda caucana</i> Pittier	Árbol
Leucaena	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Árbol
Moringa	Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i> Lam	Árbol
Ciruelo dulce	Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i> L.	Árbol
Jobo ácido	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i> L.	Árbol
Botón de oro	Asteraceae	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray	Arbusto

<sup>1</sup>Nomenclatura científica según The World Flora Online ([www.worldfloraonline.org](http://www.worldfloraonline.org)).

hasta llegar a homogenizar los árboles del grupo 19. Los 12 árboles de cada grupo garantizaron la disponibilidad de suficiente forraje para cada día; 4) Las cosechas de forraje para las pruebas de cafetería se realizaron en el mismo orden de homogenización sistemática, con miras a lograr características similares en cuanto a la edad y la calidad de los rebrotes.

#### *Características generales de la prueba de cafetería*

La metodología aplicada en este estudio fue descrita por Pérez-Almarino (2011), pero se hicieron algunas modificaciones dada la naturaleza del estudio. Las modificaciones se relacionan con el número de especies utilizadas (20), la duración total del ensayo (19 días), la altura de suministro del forraje al animal (entre 80 y 100 cm), y el diámetro de las ramitas de forrajes cortadas y ofrecidas (diámetro <0.8 cm). Otra modificación de la prueba en la fase de evaluación fue el suministrar los forrajes a los animales en un brete, en lugar de un comedero.

#### *Periodo de acostumbramiento animal*

Previo al inicio de las mediciones, se tuvo un periodo de acostumbramiento de ocho días, para que los animales se acostumbraran al olor, sabor y textura de los distintos forrajes que aún no conocían, como parte del proceso conocido como 'palatabilidad aprendida' (Kissileff 1990), y acogiendo las recomendaciones metodológicas de Stewart (1999). Para ello se suministró cada mañana en comederos, por una sola vez y en forma simultánea, 5 kg de forraje fresco (rebrotos de 45 días de edad) de cada una de las especies.

#### *Oferta de forraje en la prueba de cafetería*

Las especies fueron ofrecidas a los animales por "pares o combinaciones de dos especies a la vez". El número de pares de forrajes fue calculado usando el método de "Combinación Aleatoria sin Repetición", con 20 especies arregladas en pares ( $C_r^n = \binom{20}{2}$ ), lo cual resultó en 190 combinaciones por animal, para un total de 950 pares para los cinco animales. A los 190 pares se les asignó un

valor aleatorio entre 0 y 1 calculado en Excel, el cual fue ordenado de mayor a menor. Este orden descendente fue dividido en 19 grupos de 10 pares. Para la programación de las pruebas cortas<sup>1</sup>, los 10 pares o combinaciones de forrajes se ofrecieron a cada uno de los animales desde el día 1 hasta el día 19 en el mismo orden descendente, sin repetir ninguna combinación. Este proceso fue replicado sistemáticamente en cada uno de los cinco animales utilizados para el estudio, es decir, se realizaron 50 pruebas cortas por día durante 19 días.

Cada prueba corta fue un evento de tres minutos de duración, en el cual se ofreció a los animales un par de especies, dispuestas por separado en atados de 1 kg de forraje verde por cada especie. Los atados se ubicaron a la salida del brete, frente del animal, a una altura entre 80 y 100 cm desde el suelo, según lo recomendado por Pérez-Almarino (2011). El forraje utilizado para las pruebas de palatabilidad estuvo compuesto por hojas y puntas de las ramas con diámetro <0.8 cm, las cuales fueron cosechadas entre las 5:00 y 7:00 a.m. del mismo día de evaluación, para prevenir la deshidratación del forraje.

#### *Características de los animales*

Para la prueba de cafetería se usaron cinco bovinos (machos adultos) de la raza Blanco Orejinegro (BON), con pesos entre 400 y 420 kg. Cada día, los animales permanecieron en una pastura de *Megathyrus maximus* cv. Tanzania, que fue el forraje base de la dieta. De allí, cada día los animales fueron llevados a un corral con un brete (embudo/manga) diseñado para la entrada de un solo animal a la vez, y de esa manera facilitar el manejo de los tiempos antes y después de cada prueba corta.

Las combinaciones de forrajes que correspondían a cada día fueron aleatorizadas, lo mismo que los animales; y con base en ello se definió el orden de entrada de los animales, y el orden de oferta de los pares de especies. Dos personas ofrecieron las combinaciones de forrajes a los animales e hicieron el control de tiempo.

#### *Diseño experimental*

Se utilizó un diseño con factores anidados (Montgomery 2004), en el cual los pares de forrajes se anidaron dentro

<sup>1</sup>**Prueba corta o evento**, es la sección de la metodología donde se somete al consumo de los animales una combinación de dos especies. Esta prueba corta o evento, solo se realiza una única vez, con una duración máxima de tres minutos por cada par de forrajes. Allí se mide la palatabilidad relativa de forraje para cada especie. Durante esta misma prueba corta se hace el conteo de mordidas o bocados que hace el animal sobre cada especie.

de los animales. Si bien el modelo inicial usado para el análisis incluía interacciones, estas no se consideraron al momento de comparar medias de tratamientos porque no alcanzaron significancia ( $p \leq 0.05$ ).

#### *Variables medidas*

En las muestras de forraje se determinó el contenido de materia seca (MS; %) por secado en horno de aire forzado hasta alcanzar peso constante; mientras que en las muestras secas y molidas se analizó los contenidos de proteína cruda (PC; %), fibra detergente neutro (FDN; %); fibra detergente ácido (FDA; %); extracto etéreo (EE; %), Calcio (Ca; %), Fosforo (P; %) taninos condensados (TC; %) y hemicelulosa (Hem; %), mediante el método de Espectroscopía de Infrarrojo Cercano (NIRS) utilizado por el Laboratorio de Nutrición y Calidad de Forrajes de Agrosavia.

En las pruebas cortas con los animales, en periodos con una duración de tres minutos se determinó el consumo relativo del forraje (g MS); el número de bocados (por conteo de mordidas); el tamaño de bocado (g MS, estimado como el cociente entre forraje consumido y el número de bocados); y el tiempo efectivo de consumo (en segundos) medido por dos observadores que contaban con cronómetros deportivos. El diámetro de mordida (mm), fue medido en las cinco ramas más gruesas que fueron mordidas por los animales, para lo cual se utilizó un calibrador digital tipo 'pie de rey'. En cada prueba corta se estimó la cantidad de forraje consumido (g MS) por diferencia entre la oferta y lo desechado (el material caído al piso se registró como desechado).

#### *Análisis de datos*

Para el análisis de calidad nutricional de los forrajes se usó estadística descriptiva. Para el análisis de las variables de palatabilidad relativa se usaron modelos lineales generalizados y mixtos (MLGM). Las comparaciones de medias se efectuaron a través de la prueba DMS utilizando el nivel de significancia de  $P > 0.05$ . También se utilizó el análisis de componentes principales (ACP) como método de agrupamiento descrito a través de una figura biplot, y por último se determinaron las

correlaciones de Spearman entre las variables de palatabilidad relativa y las de calidad nutricional. Para todos los análisis estadísticos se usó el Software InfoStat Versión Profesional ([Di Rienzo et al. 2020](#)).

## **Resultados**

#### *Calidad nutricional*

Los resultados presentados aquí corresponden a una edad de 45 días de rebrote que fue aplicada a todos los forrajes evaluados. El contenido de MS de los diferentes forrajes varió del 16 al 37 %, siendo el valor más bajo para *T. diversifolia* y el más alto para *C. riparia*. Los contenidos de proteína cruda (PC) oscilaron en un rango de 12.4 a 23.2 %; los de Ca entre 0.3 y 1.6 %, P entre 0.1 y 0.4 % y los taninos condensados (TC) entre 1.4 y 6.7 %. Las especies con menor contenido de TC en orden ascendente fueron *A. niopoides*, *T. diversifolia*, *A. saman*, *A. guachapele*, *E. fusca* y *G. sepium*, con valores entre 1.2 y 1.8 %; en contraste, los valores más altos, en orden ascendente, fueron para *G. arborea*, *C. riparia*, *S. mombin*, *S. purpurea* y *B. tomentosa* con 4.3, 4.4, 5.5, 5.9 y 6.7 %, respectivamente. Las concentraciones de FDN variaron entre 34.4 y 42.5 %, y las de FDA entre 12.3 y 24.5 % (Cuadro 2).

#### *Consumo relativo por especie*

Las especies evaluadas mostraron diferencias ( $P < 0.0001$ ) en el nivel de consumo. Las que mostraron los niveles más altos de consumo relativo fueron: *A. niopoides*, seguida por *L. leucocephala*, *G. sepium*, *E. fusca* y *G. ulmifolia*, con valores de 240, 216, 152, 149 y 145 g MS/prueba de tres minutos, respectivamente (Cuadro 3). *T. diversifolia* mostró un consumo alto en forraje verde, pero también un bajo contenido de MS, por lo que su consumo en materia seca fue bastante más bajo (77 g MS) que en las especies listadas previamente.

Con base en los niveles de consumo de materia seca observados en las pruebas de corta duración, se clasificaron las especies en función de su palatabilidad relativa. Las especies con niveles de consumo superiores a 150 g MS/tres minutos se consideran de palatabilidad

**Cuadro 2.** Contenido de materia seca y componentes químicos en el forraje de las veinte especies arbóreas evaluadas.

Especie	MS	Proteína	FDN	FDA	EE	Ca	P	TC	Hem
<i>Albizia guachapele</i>	31.3	21.9	40.3	16.8	3.5	0.8	0.2	1.6	20.7
<i>Albizia niopoides</i>	33.0	21.9	39.6	16.5	4.4	0.5	0.3	1.2	20.3
<i>Albizia saman</i>	30.0	20.9	40.0	15.2	4.0	0.4	0.2	1.4	20.4
<i>Bauhinia variegata</i>	32.8	14.4	42.5	17.4	3.7	0.9	0.2	3.5	18.2
<i>Bursera tomentosa</i>	33.2	15.8	37.7	21.4	2.4	1.0	0.2	6.7	20.7
<i>Calliandra riparia</i>	37.8	19.9	41.4	18.7	2.3	0.7	0.2	4.4	19.7
<i>Clitoria fairchildiana</i>	29.5	20.6	40.6	18.8	1.5	0.7	0.2	2.5	20.0
<i>Cordia alba</i>	23.8	19.6	39.0	18.8	1.8	1.6	0.3	3.4	21.7
<i>Crescentia cujete</i>	29.2	12.4	34.4	19.8	1.9	1.1	0.2	2.7	21.7
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	29.5	16.2	35.0	21.9	2.8	0.9	0.2	2.0	22.9
<i>Erythrina fusca</i>	23.1	18.5	36.4	15.8	1.9	0.8	0.3	1.7	18.1
<i>Gliricidia sepium</i>	20.3	21.2	40.8	13.2	2.5	0.9	0.2	1.8	20.1
<i>Gmelina arborea</i>	24.2	14.2	33.2	24.5	1.3	0.9	0.3	4.3	21.4
<i>Guazuma ulmifolia</i>	29.4	16.4	42.5	17.7	4.5	1.1	0.2	3.2	18.7
<i>Jacaranda caucana</i>	23.2	13.6	40.5	16.7	1.3	0.3	0.1	5.7	22.6
<i>Leucaena leucocephala</i>	26.5	23.2	39.4	16.2	2.1	0.9	0.2	3.2	17.2
<i>Moringa oleifera</i>	15.9	17.9	39.4	13.7	2.0	1.1	0.4	2.0	19.7
<i>Spondias mombin</i>	22.7	14.0	40.2	16.1	1.7	0.3	0.2	5.5	21.4
<i>Spondias purpurea</i>	27.6	16.3	39.5	14.4	1.8	1.4	0.2	5.9	19.4
<i>Tithonia diversifolia</i>	16.6	19.7	36.1	12.3	1.6	1.6	0.3	1.3	16.0

MS=Materia seca (%); Proteína=(%); FDN=Fibra en Detergente Neutro (%); FDA=Fibra en Detergente Acido (%); EE=Extracto Etéreo (%); Ca=Calcio (%); P=Fósforo (%); TC=Taninos Condensados (%); Hem=Hemicelulosa (%).

muy alta, y fue el caso de *A. niopoides*, *L. leucocephala* y *G. sepium*; aquellos con consumos entre 100 y 149 g MS, como sucedió con *E. fusca*, *G. ulmifolia*, *C. riparia*, *C. fairchildiana*, *S. purpurea* y *S. mombin*, se consideran de palatabilidad alta; los que mostraron niveles de consumo entre 60 y 99 g MS, como es el caso de *A. guachapele*, *T. diversifolia*, *C. alba*, *M. oleifera* y *C. cujete*, se califican como de palatabilidad media, y las especies con consumos menores a 60 g MS se consideran de palatabilidad baja (Cuadro 3).

#### Consumo de las especies ofrecidas en pares

Las combinaciones de los forrajes en pares mostraron diferencias ( $P < 0.0001$ ) en el nivel de consumo. En buena medida esto reflejó los resultados de consumo relativo observados para las especies individuales. Los pares de forrajes que mostraron los mayores consumos fueron: *A. niopoides* con *L. leucocephala*, seguida

por *A. niopoides* con *C. cujete*, y *L. leucocephala* con *G. ulmifolia*. En este caso, los pares de especies con consumos superiores a 250 g MS/tres minutos, se consideran forrajes altamente apetecidos. Sin embargo, debe resaltarse que si bien *A. niopoides* presentó la mayor participación en las combinaciones con palatabilidad alta, es una especie nativa casi desconocida por técnicos y ganaderos (Cuadro 4).

#### Número de bocados

El número de bocados ingeridos por los bovinos difirió con las especies de forrajeras ( $P < 0.0001$ ). Las especies que mostraron un mayor número de bocados (Figura 1) fueron también las que presentaron el consumo relativo más alto. El ordenamiento de esas especies en forma descendente fue: *L. leucocephala*, *G. sepium*, *E. fusca*, *G. ulmifolia*, *A. niopoides*, *T. diversifolia* y *C. fairchildiana*.

**Cuadro 3.** Palatabilidad relativa, expresada como cantidad consumida (g MS) en tres minutos, para las veinte especies arbóreas evaluadas. (Media  $\pm$  error estándar).

Orden	Especie	Palatabilidad relativa forraje consumido/animal/3 minutos (g MS)	Grado de palatabilidad relativa
1	<i>Albizia niopoides</i>	240.91 $\pm$ 8.76a	Muy alta
2	<i>Leucaena leucocephala</i>	216.79 $\pm$ 8.77b	Muy alta
3	<i>Gliricidia sepium</i>	152.47 $\pm$ 8.76c	Muy alta
4	<i>Erythrina fusca</i>	149.02 $\pm$ 8.75c	Alta
5	<i>Guazuma ulmifolia</i>	145.77 $\pm$ 8.76c	Alta
6	<i>Calliandra riparia</i>	127.86 $\pm$ 8.78d	Alta
7	<i>Clitoria fairchildiana</i>	123.1 $\pm$ 8.77de	Alta
8	<i>Spondias purpurea</i>	122.54 $\pm$ 8.74de	Alta
9	<i>Spondias mombin</i>	108.74 $\pm$ 8.79ef	Alta
10	<i>Albizia guachapele</i>	93.94 $\pm$ 8.76fg	Media
11	<i>Tithonia diversifolia</i>	77.39 $\pm$ 8.77gh	Media
12	<i>Cordia alba</i>	75.84 $\pm$ 8.79h	Media
13	<i>Moringa oleifera</i>	62.17 $\pm$ 8.77hi	Media
14	<i>Crescentia cujete</i>	62.09 $\pm$ 8.78hi	Media
15	<i>Bauhinia variegata</i>	56.98 $\pm$ 8.86ij	Baja
16	<i>Gmelina arborea</i>	47.98 $\pm$ 8.85ijk	Baja
17	<i>Jacaranda caucana</i>	41.92 $\pm$ 8.77jkl	Baja
18	<i>Bursera tomentosa</i>	37.43 $\pm$ 8.85kl	Baja
19	<i>Albizia saman</i>	28.23 $\pm$ 8.78l	Baja
20	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	10.67 $\pm$ 8.77m	Baja

Medias con una letra común no difieren ( $P > 0.05$ ).

**Cuadro 4.** Consumo de forraje para las 10 mejores combinaciones forrajeras (g MS/animal/prueba corta) en El Espinal, Colombia (Media  $\pm$  error estándar).

Combinación	Consumo de forraje (g MS /animal/prueba)
<i>A. niopoides</i> - <i>L. leucocephala</i>	453.45 $\pm$ 32a
<i>A. niopoides</i> - <i>C. cujete</i>	378.55 $\pm$ 32b
<i>L. leucocephala</i> - <i>G. ulmifolia</i>	363.96 $\pm$ 32b
<i>S. mombin</i> - <i>A. niopoides</i>	343.24 $\pm$ 32b
<i>A. niopoides</i> - <i>A. guachapele</i>	341.25 $\pm$ 32b
<i>S. mombin</i> - <i>G. sepium</i>	332.13 $\pm$ 32b
<i>G. sepium</i> - <i>L. leucocephala</i>	331.73 $\pm$ 32b
<i>S. purpurea</i> - <i>A. niopoides</i>	325.5 $\pm$ 32b
<i>T. diversifolia</i> - <i>C. riparia</i>	322.61 $\pm$ 32b
<i>A. niopoides</i> - <i>C. fairchildiana</i>	319.05 $\pm$ 32b

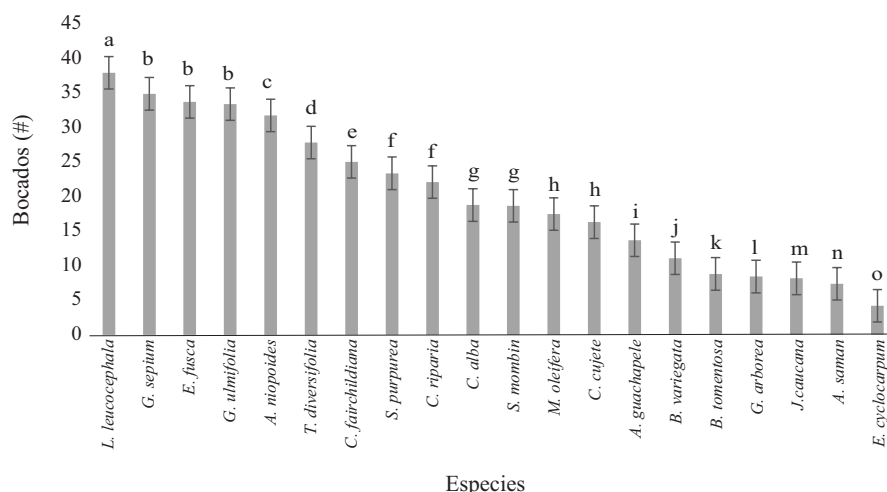
<sup>a,b</sup>Medias con una letra común no difieren estadísticamente ( $P > 0.05$ ).

#### Tamaño de bocado

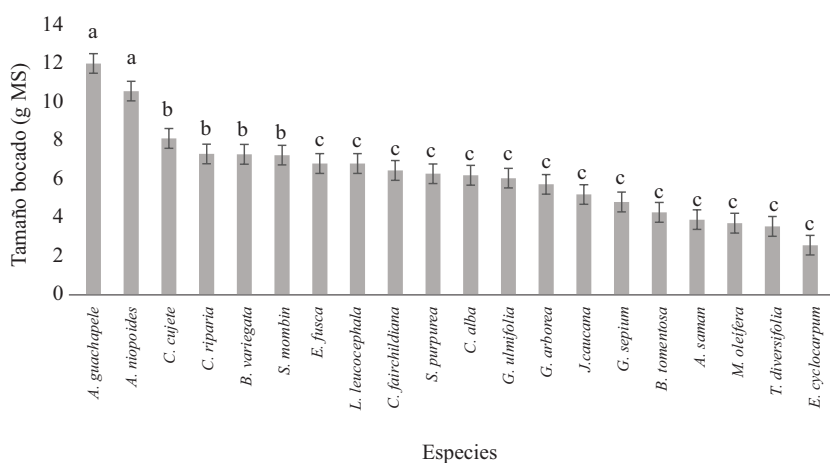
En la Figura 2 se presenta el tamaño de bocado para las diferentes especies, parámetro que se obtuvo como el cociente entre el consumo de forraje dividido por el número de bocados. *A. guachapele* y *A. niopoides* fueron las especies que presentaron el mayor tamaño de bocado (12.0 y 10.56 g MS, respectivamente), y ellas difirieron ( $P < 0.0001$ ) entre sí. Sin embargo, cabe anotar que *A. guachapele* fue identificada como de palatabilidad media en función del nivel de consumo.

#### Tiempo dedicado a consumir

El tiempo dedicado por los animales a consumir un determinado forraje ofrecido como parte de las diferentes combinaciones evaluadas en un período de tres minutos (180 segundos), difirió en función de



**Figura 1.** Número promedio de bocados hechos por los bovinos en las veinte especies evaluadas. Medias con una letra común no difieren significativamente ( $P>0.05$ ).



**Figura 2.** Tamaño del bocado para los forrajes de las veinte especies evaluadas en El Espinal, Colombia. Medias con una letra común no difieren significativamente ( $P>0.05$ ).

las especies ( $P<0.0001$ ). Las diez especies a las que los animales dedicaron mayor tiempo para consumir, fueron en orden descendente: *L. leucocephala*, *E. fusca*, *G. ulmifolia*, *A. niopoides*, *G. sepium*, *T. diversifolia*, *C. fairchildiana*, *S. purpurea*, *S. mombin* y *C. riparia*, con valores que oscilaron entre 131 y 72 segundos, dentro de los 180 segundos que duró cada prueba (Figura 3).

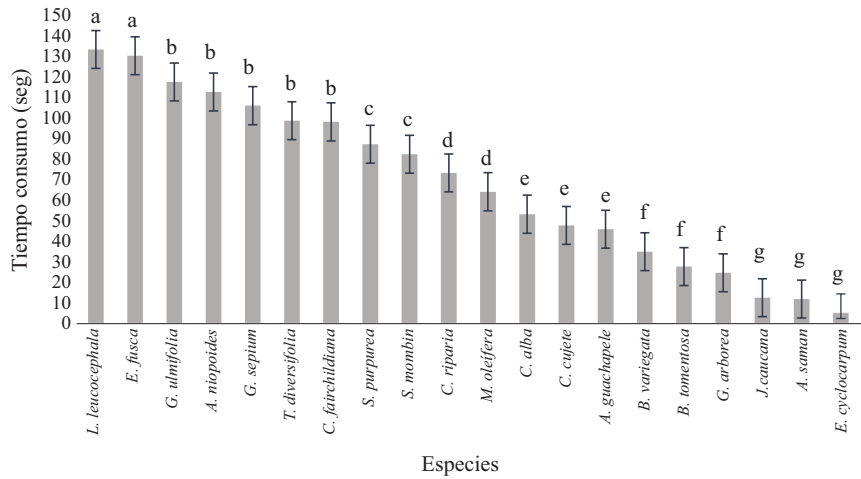
#### Diámetro de la rama mordida

El diámetro de la rama mordida difirió ( $P<0,0001$ ) en función de las especies. El diámetro promedio de las ramas mordidas osciló entre 2.99 y 5.14 mm; los valores más altos correspondieron a *T. diversifolia*, *G. sepium* y *B. tomentosa*, las cuales registraron diámetros de mordida superiores a 5 mm (Figura 4).

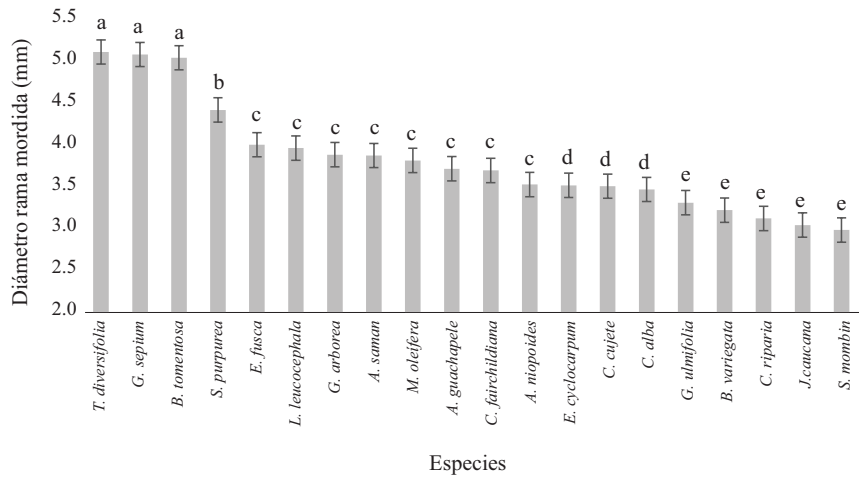
#### Análisis de agrupamiento de las especies en función de las variables evaluadas

Las especies *A. niopoides*, *G. ulmifolia*, *L. leucocephala*, *C. riparia*, *C. fairchildiana* y *G. sepium* del cuadrante I, presentaron mayor similitud entre ellas tomando en cuenta variables tales como el consumo relativo, tiempo de consumo, número de bocados, y los contenidos de proteína, FDN, P y EE (Figura 5). Las especies *A. guachapele*, *A. saman*, *B. tomentosa*, *J. caucana* y *B. variegata* se agruparon por su similitud en los contenidos de TC en el cuadrante II; mientras que las especies *C. cujete*, *G. arborea* y *E. cyclocarpum* estuvieron más relacionadas entre ellas por presentar mayores contenidos de FDA en el cuadrante III; y las especies *S. purpurea*, *E. fusca*, *M. oleifera*, *C. alba* y

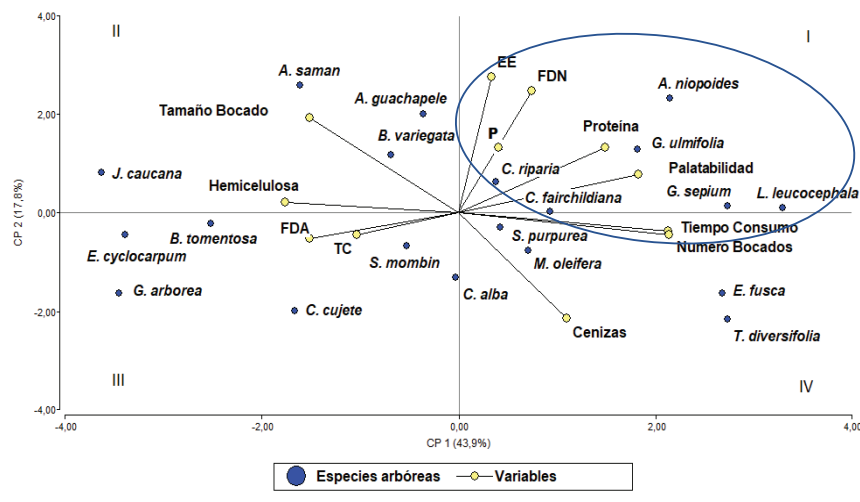




**Figura 3.** Tiempo dedicado a consumir forraje (segundos x prueba/tres minutos) para las 20 especies evaluadas en El Espinal, Colombia. [Medias con una letra común no difieren estadísticamente ( $P>0.05$ )].



**Figura 4.** Diámetro de la rama mordida por los bovinos (mm) en las 20 especies evaluadas en El Espinal, Colombia. [Medias con una letra común no difieren estadísticamente ( $P>0.05$ )].



**Figura 5.** Agrupamiento de las 20 especies arbóreas usando indicadores de palatabilidad y calidad en El Espinal, Colombia.

*T. diversifolia* mostraron similitud por sus contenidos de Ca en el cuadrante IV.

#### Correlaciones entre variables químicas y la palatabilidad forrajera

El nivel de consumo, número de bocados, tiempo dedicado a consumir, y los contenidos de proteína, FDN, FDA, Ca y TC presentaron correlaciones positivas. Los coeficientes de correlación ( $r$ ) entre el nivel de consumo con el tiempo dedicado a consumir, el número de bocados y el contenido de proteína fueron 0.94, 0.94 y 0.57, respectivamente. Los contenidos de proteína y Ca se correlacionaron de manera inversa con los TC (-0.62 y -0.45); al igual que el nivel consumo con el tamaño de los bocados (-0.42). Por otro lado, el tiempo dedicado a consumir presentó una correlación positiva alta con el número de bocados (0.98) y una relación inversa con el tamaño del bocado (-0.64); y el número y tamaño de los bocados presentaron una correlación negativa (-0.67) entre ellos (Cuadro 5).

#### Discusión

Muchos árboles y/o arbustos son fuentes forrajeras de alta calidad nutricional que pueden ser integradas en sistemas de alimentación de bovinos. Esto se ve reflejado especialmente en los altos contenidos de proteína cruda (Cuadro 2), lo cual es un atributo importante de estos follajes, sobre todo para el período seco cuando las

gramíneas presentan niveles muy bajos de este nutriente, lo cual afecta negativamente la actividad ruminal, el consumo y la producción animal (Ibrahim et al. 2007; Pérez-Almario et al. 2012). En términos generales, los contenidos de proteína y hemicelulosa fueron altos en todas las especies evaluadas, mientras que los de FDA fueron relativamente bajos, lo que se atribuye no solo a su condición de individuos jóvenes con apenas 45 días de rebrote, sino también porque la mayoría de las leñosas forrajeras presentan ese tipo de patrón para el contenido de las fracciones fibrosas (Pinto-Ruiz et al. 2010; Cab-Jiménez et al. 2015; Cediél-Devia et al. 2020).

Los valores altos de proteína cruda y fósforo encontrados para *A. saman*, *L. leucocephala*, y *A. niopoides* en este estudio, concuerdan con lo reportado por Pérez-Almario et al. (2012) para las mismas especies, en otro estudio desarrollado en Nicaragua. En dicho estudio esos componentes se relacionaron con el consumo relativo alto, por lo que se consideraron como posibles indicadores de una palatabilidad adecuada.

En cuanto a los contenidos de TC (Cuadro 2), catorce de las veinte especies evaluadas presentaron valores menores a 3.5 %, y varias de ellas mostraron palatabilidad relativa muy alta o alta, pero otras como *S. mombin* y *S. purpurea* que presentaron altos contenidos de TC (cerca del 6 %), fueron clasificados como forrajes de palatabilidad relativa alta; en cambio, especies con un bajo contenido de TC como *A. saman* y *E. cyclocarpun*, presentaron niveles bajos de palatabilidad relativa en función del nivel de consumo observado en las pruebas cortas.

**Cuadro 5.** Correlaciones de Spearman entre las variables de palatabilidad y algunas variables químicas de los diferentes forrajes evaluados en El Espinal, Colombia.

	Cons <sup>1</sup>	Tiem Cons	Num Boc	Tam Boc	Proteína	FDN	FDA	Ca	EE	TC
Consumo	1									
TiemCons	0.94*	1								
NumBoc	0.94*	0.98*	1							
TamBoc	-0.42	-0.64*	-0.67*	1						
Proteína	0.57*	0.50*	0.54*	-0.16	1					
FDN	0.33	0.20	0.20	0.04	0.25	1				
FDA	-0.36	-0.44*	-0.45*	0.43*	-0.38	-0.20	1			
Ca	0.35	0.45*	0.50*	-0.55	0.18	-0.33	-0.22	1		
EE	0.12	0.06	0.05	0.14	0.40	0.36	-0.03	-0.03	1	
TC	-0.24	-0.24	-0.24	0.07	-0.62*	0.13	0.37	-0.45*	-0.37	1

<sup>1</sup>Cons=Consumo relativo o Palatabilidad (g MS); TiemCons=Tiempo Consumo (seg); NúmBoc=Número Bocados (#); TamBoc=Tamaño Bocados (g MS); Proteína (%); FDN=Fibra Detergente Neutra (%); FDA=Fibra en Detergente Ácida (%); Ca=Calcio (%); EE=Extracto Etéreo (%); TC=Taninos Condensados (%).

\*Correlaciones significativas (P>0.05).

Estos hallazgos parecieran contradecir reportes en los que se afirma que los altos contenidos de TC son una respuesta fisiológica de las plantas para protegerse contra los herbívoros (Reddy y Elanchezhian 2008), afectando la palatabilidad de las forrajeras (Håring et al. 2008). Es más, se ha señalado que concentraciones de TC mayores de 5.0 % afectan negativamente el consumo voluntario y el incremento de peso vivo (Frutos et al. 2004), y que, por el contrario, la provisión de forrajes que contienen pequeñas cantidades de TC (menores a 5.0 %) ayudan a mejorar la utilización del alimento por los rumiantes (Min et al. 2003; Mueller-Harvey 2006; Jenko et al. 2018). Lo cierto es que hay variabilidad en el contenido de TC en función de la edad de la planta, el método analítico utilizado, la consistencia de hojas y tallos comestibles (Makkar 2003) y en la composición química de los mismos taninos condensados (Schofield et al. 2001); pero, además debe mencionarse que hay muchos otros rasgos funcionales de las plantas que inciden sobre la palatabilidad (Baumont et al. 2000; Cingolani et al. 2005).

El contenido de materia seca (MS) del forraje es un componente muy variable, que depende de las características propias de cada especie (Mora-Delgado et al. 2014), pero también de las condiciones ambientales y de la edad de rebrote, entre otros factores. Por ejemplo, Pérez-Almario (2011) reportó valores de MS alrededor del 40 % en árboles adultos de *A. niopoides* y *E. fusca*, mientras que en este estudio las mismas especies mostraron valores de 33 y 23 %, respectivamente. En cambio, en el caso de *T. diversifolia* y *G. sepium*, tanto en este estudio como en otros (Holguín-Castaño et al. 2015; García 2015), se han reportado contenidos relativamente bajos de materia seca.

Debido a las variaciones en los contenidos de MS de los follajes, es que para este tipo de estudios se recomienda expresar el consumo relativo sobre la base de MS en lugar de forraje verde. Esto quedó evidenciado en el caso de *T. diversifolia* que se mostró como de alta palatabilidad con base en el consumo en fresco, pero pasó al grupo de forrajes de palatabilidad media por el nivel de consumo en base seca, producto de su bajo contenido de MS.

Los datos de palatabilidad relativa resultantes del análisis del nivel de consumo observado para las especies individuales (Cuadro 3) y en combinación con otras (Cuadro 4), permiten sugerir el potencial que tienen algunas especies para ser incluidas en los sistemas de alimentación, especialmente en regiones cálidas y secas como la del presente estudio. Entre esas especies están *A. niopoides*, *L. leucocephala*, *G. sepium*, *E. fusca*, *G. ulmifolia*, *T. diversifolia*, *C. riparia*, *C. fairchildiana*, *S. purpurea*, *S. mombin*, *A. guachapele* y *C. alba*. Sin

embargo, al afirmar esto debe recordarse que no toda la planta puede ser considerada como alimento para los animales, sino que estos ejercen primero selección a favor de las partes más gustosas y tiernas de la planta (Lyons et al. 2001; Lloyd et al. 2010).

El conocimiento de la palatabilidad de leñosas forrajeras es importante para decidir qué especies considerar en el diseño de un sistema de alimentación dado (Rosales Méndez 1999); sin embargo, no son muchas las referencias disponibles sobre el tema en América Tropical (Jiménez-Ferrer et al. 2007; García et al. 2008; Velázquez-Vélez et al. 2009; Pérez-Almario et al. 2012), pese a que algunos estudios de conocimiento local han identificado un buen número de leñosas potencialmente palatables (Pérez-Almario et al. 2021). Esto último fue justamente lo que motivó la realización del presente estudio. Algo similar ha sido observado en otras regiones del mundo (Larbi et al. 2010; Quansah y Makkar 2012).

El número de bocados (Figura 1) y tamaño del bocado (Figura 2) constituyen criterios importantes para valorar la palatabilidad de los forrajes (Pérez-Almario et al. 2012). Sin embargo, su interpretación requiere de un análisis cuidadoso, así: a) forrajes de leñosas que presentan un alto nivel de consumo en período corto y un alto número de bocados se considera poseen alta palatabilidad; b) si los bocados son pequeños, pero se da un alto número de bocados puede ser que la especie sea palatable, pero la distribución heterogénea de hojas comestibles sobre las ramas no permite que el animal consiga una buena cantidad de forraje en cada bocado, y por esa razón el animal trata de compensar esa limitante con un mayor número de bocados; y c) forrajes con un bajo número de bocados y poco tiempo dedicado a consumir (Figura 3) son indicativos que son poco palatables.

En cuanto al diámetro de la mordida (Figura 4), se ha sugerido que este es mayor si la especie es poco leñosa (Pérez-Almario et al. 2012). En el caso particular de este estudio prácticamente todos los follajes ofrecidos eran tiernos, dado que se trataba de rebrotes de 45 días, por lo que no habían llegado a la condición de material leñoso en el forraje ofrecido. Un aspecto que puede haber incidido para que una especie de palatabilidad media como *T. diversifolia* haya mostrado el valor más alto en el diámetro de mordida (5.3 mm), puede atribuirse al tamaño de sus hojas (Pérez-Almario 2011). Otro aspecto por tomar en cuenta en el análisis de palatabilidad relativa es que no necesariamente todas las especies identificadas como altamente palatables (Cuadro 3) mostraron el mayor diámetro de mordida (Figura 4), lo cual sugiere que hay otros factores

posiblemente morfológicos de las ramas y hojas que influyen sobre ese atributo.

Los análisis de agrupamiento (Figura 5) y correlaciones múltiples (Cuadro 5) sugieren que *A. niopoides*, *G. ulmifolia*, *L. leucocephala*, *C. riparia*, *C. fairchildiana* y *G. sepium* se perfilan como las especies más gustosas para los animales; lo cual ratifica el potencial de estas especies para ser incluidas en los sistemas de alimentación animal bajo condiciones similares a las del presente estudio. Por otro lado, *S. purpurea*, *E. fusca*, *M. oleífera*, *C. alba* y *T. diversifolia* comparten asociaciones de similitud con *A. guachapele*, *A. saman*, *B. tomentosa*, *J. caucana* y *B. variegata*, principalmente por sus contenidos de TC, lo cual parece ha limitado el consumo de estas (Barahona et al. 2003; Pereira et al. 2018) y ha resultado en que se clasifiquen mayormente como de palatabilidad media; mientras que *G. arborea* y *E. cyclocarpum* aparecen en el grupo de palatabilidad baja, aparentemente asociados con niveles altos de FDA, pero no se tiene bases en la literatura para afirmar que esa fracción sea responsable de ello.

En el presente estudio, al igual que en los de Sandoval-Castro et al. (2005), García et al. (2008) y Pinto-Ruiz et al. (2010), no se detectaron valores altos de correlación entre las variables asociadas al comportamiento ingestivo (nivel y tiempo de consumo, número y tamaño de bocados) con ninguna de las fracciones químicas analizadas (Cuadro 5), lo cual confirma que la palatabilidad es un atributo muy complejo y difícil de predecir, pues hay muchas variable que la afectan, más allá de los componentes químicos (Cooper et al. 1988; Owen-Smith 1993).

## Conclusiones

De las 20 especies de árboles representativas del Bosque Seco Tropical evaluadas, al menos ocho (*A. niopoides*, *E. fusca*, *C. fairchildiana*, *A. guachapele*, *C. riparia*, *S. purpurea*, *S. mombin*, y *C. alba*) tienen una palatabilidad relativa alta o muy alta y características nutricionales aceptables, que las facultan para ser incorporadas en los sistemas de alimentación de bovinos, pero algunas de ellas han sido poco estudiadas y valoradas por los investigadores y técnicos de campo. Las ocho especies mencionadas, sumadas a otras especies de uso frecuente, tales como *L. leucocephala*, *M. oleífera*, *G. ulmifolia*, *G. sepium* y *T. diversifolia*, aumentan la diversidad de leñosas forrajeras disponibles para uso como alimento en estos ecosistemas.

Para la valoración relativa de follajes de especies leñosas en función de su palatabilidad, es posible utilizar pruebas de cafetería de muy corta duración, como las

utilizadas en este estudio, y con base en ellas definir rangos de palatabilidad relativa en función del nivel de consumo. En el caso del presente estudio, con pruebas cortas de solo tres minutos de exposición de los animales a los forrajes, estos se clasificaron como de palatabilidad muy alta (>150 g MS), alta (100–149 g MS), media (60–99 g MS) y baja (<60 g MS).

## Recomendaciones

En etapas preliminares de selección de leñosas con potencial forrajero, cuando se tienen muchas especies como candidatas, puede resultar de gran ayuda en la determinación de la palatabilidad relativa, el uso de pruebas de cafetería de muy corta duración (3 minutos de exposición al follaje) como las utilizadas en este estudio.

Algunas especies del Bosque Seco Tropical identificadas como promisorias por su palatabilidad alta, tales como *Albizia niopoides*, *Spondias purpurea* y *S. mombin*, han sido poco estudiadas por los investigadores. Para su eventual incorporación en sistemas de alimentación animal es necesario evaluar su potencial de producción de biomasa en bancos forrajeros u otros arreglos silvopastoriles, y posteriormente su efecto sobre producción animal cuando se integran como parte de la ración.

## Agradecimientos

A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, por apoyar esta investigación en el Marco de la Agenda de Investigación 2015–2017. Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR de Colombia, a la Unidad de Bioestadística del CATIE en Costa Rica y a la Universidad del Tolima en Colombia por sus sugerencias y apoyo en la realización de la presente investigación.

## Referencias

(Nota de los editores: Enlaces verificados el 17 de mayo de 2023).

- Barahona R, Lascano CE, Narvaez N, Owen E, Morris P, Theodorou MK. 2003. In vitro degradability of mature and immature leaves of tropical forage legumes differing in condensed tannin and non-starch polysaccharide content and composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83(12):1256–1266. doi: [10.1002/jsfa.1534](https://doi.org/10.1002/jsfa.1534)
- Baumont R; Prache S; Meuret M; Morand-Fehr P. 2000. How forage characteristics influence behavior and intake in small ruminants: a review. *Livestock Production Science* 64(1): 15–28. doi: [10.1016/S0301-6226\(00\)00172-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00172-X)

- Cab-Jiménez FE; Ortega-Cerrilla ME; Quero-Carrillo AR; Enríquez-Quiroz JF; Vaquera-Huerta H; Carranco-Jaúregui ME. 2015. Composición química y digestibilidad de algunos árboles tropicales forrajeros de Campeche, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Especial* (11):2199–2204. doi: [10.29312/remexca.v0i11.798](https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.798)
- Castro HE. 1996. Bases técnicas para el conocimiento y manejo de los suelos del Valle Cálido del Alto Magdalena. Regional 6. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Corpoica, Colombia. 107 p. [handle.net/20.500.12324/12782](https://handle.net/20.500.12324/12782)
- 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. doi: [10.1007/s10457-019-00354-y](https://doi.org/10.1007/s10457-019-00354-y)
- Chacón E. 2011. Comportamiento ingestivo del vacuno a pastoreo. *Mundo Pecuario*. 7(3): 130–144. [bit.ly/3WvTxip](https://bit.ly/3WvTxip)
- Chilibroste P; Gibb MJ; Soca P; Mattiauda DA. 2015. Behavioral adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: Do they follow a predictable pattern? *Animal Production Science* 55(3):328–338. doi: [10.1071/AN14484](https://doi.org/10.1071/AN14484)
- Cingolani AM; Posse G; Collantes MB. 2005. Plant functional traits, herbivore selectivity and response to sheep grazing in Patagonian steppe grasslands. *Journal of Applied Ecology* 42(1):50–59. doi: [10.1111/j.1365-2664.2004.00978.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2004.00978.x)
- ClimateData. 2023. Clima Espinal (Colombia). [bit.ly/45slzPF](https://bit.ly/45slzPF) (Consultado el 21 de abril 2023).
- Cooper SM; Owen-Smith N; Bryant JP. 1988. Foliage acceptability to browsing ruminants in relation to seasonal changes in the leaf chemistry of woody plants in a South African savanna. *Oecologia* 75(3):336–342. doi: [10.1007/BF00376934](https://doi.org/10.1007/BF00376934)
- Di Rienzo JA; Casanoves F; Balzarini M; Gonzalez L; Tablada M; Robledo CW. 2018. Software estadístico Infostat. Argentina. [www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar)
- Frutos P; Hervás G; Giráldez FJ; Mantecón AR. 2004. Review: Tannins and ruminant nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2(2):191–202. doi: [10.5424/sjar/2004022-73](https://doi.org/10.5424/sjar/2004022-73)
- García II. 2015. Origen, bondades y usos de Moringa oleífera Lam: una revisión sistemática. En: Holguín VA, García II, Mora-Delgado J, eds. Árboles y arbustos para silvopasturas. Uso, calidad y alometría. Universidad del Tolima, Ibagué, Tolima. p. 43–68. [bit.ly/4IIIRA](https://bit.ly/4IIIRA)
- García DE; Medina MG; Cova LJ; Torres A; Soca M; Pizzani P; Baldizán A; Domínguez CE. 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): 255–270. [bit.ly/42JrQES](https://bit.ly/42JrQES)
- Häring DA; Scharenberg A; Heckendorn F; Dohme F; Lüscher A; Maurer V; Suter D; Hertzberg H. 2008. Tanniferous forage plants: agronomic performance, palatability and efficacy against parasitic nematodes in sheep. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23(1):19–29. doi: [10.1017/S1742170507002049](https://doi.org/10.1017/S1742170507002049)
- Hussain F; Jan DM. 2009. Seasonal availability, palatability and animal preferences of forage plants in Harboi arid range land, Kalat, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 41(2):539–554. [bit.ly/3oaRDqB](https://bit.ly/3oaRDqB)
- Hill J; Chapman DF; Cosgrove GP; Parsons AJ. 2009. Do ruminants alter their preference for pasture species in response to the synchronization of delivery and release of nutrients? *Rangeland Ecology and Management* 62(5):418–427. doi: [10.2111/08-084.1](https://doi.org/10.2111/08-084.1)
- Holdridge LR. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José, Costa Rica. 216 p. [handle/11324/7936](https://handle/11324/7936)
- Holguín-Castaño VA; Ortiz-Grisales S; Velasco-Navia A; Mora-Delgado JR. 2015. Evaluación multicriterio de 44 introducciones de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en Candelaria, Valle del Cauca. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* 62(2):57–72. doi: [10.15446/rfmvz.v62n2.51995](https://doi.org/10.15446/rfmvz.v62n2.51995)
- Ibrahim M; Villanueva C; Casasola F. 2007. Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos en Centro América. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 15 (Supl. 1):74–88. [handle.net/1807/53069](https://handle.net/1807/53069)
- Jenko C; Bonato P; Fabre R; Perlo F; Tisocco O; Teira G. 2018. Adición de taninos a dietas de rumiantes y su efecto sobre la calidad y rendimiento de la carne. *Ciencia, Docencia y Tecnología* 29(56):224–241. [bit.ly/3ogTxpu](https://bit.ly/3ogTxpu)
- Jiménez-Ferrer JG; Pérez-López H; Soto-Pinto L; Nahed-Toral J; Hernández-López L; Carmona J. 2007. Livestock, nutritive value and local knowledge of fodder trees in fragment landscapes in Chiapas, Mexico. *Interciencia* 32(4):274–280. [bit.ly/3Mfp4Ao](https://bit.ly/3Mfp4Ao)
- Kenney PA; Black JL. 1984. Factors affecting diet selection by sheep. I. Potential intake rate and acceptability of feed. *Australian Journal of Agricultural Research* 35(4):551–563. doi: [10.1071/AR9840551](https://doi.org/10.1071/AR9840551)
- Kissileff HR. 1990. Some suggestions on dealing with palatability—Response to Ramirez. *Appetite* 14(3):162–166. doi: [10.1016/0195-6663\(90\)90082-J](https://doi.org/10.1016/0195-6663(90)90082-J)
- Larbi A; Khatib-Salkin A; Jammal B; Hassan S. 2011. Seed and forage yield, and forage quality determinants of nine legume shrubs in a non-tropical dryland environment. *Animal Feed Science and Technology* 163(2–4):214–221. doi: [10.1016/j.anifeeds.2010.11.006](https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2010.11.006)
- Lascano CE. 1984. Medición de la palatabilidad en forrajes. Colección histórica Seminarios internos. CIAT, Colombia. [bit.ly/3MO3c0h](https://bit.ly/3MO3c0h)
- Lascano CE. 2000. Selective grazing on grass-legume mixtures in tropical pastures. In: Lemaire G, Hodgson J, Moraes A de, Nabinger C, Carvalho PCF, eds. *Grassland*

- ecophysiology and grazing ecology. Wallingford UK: CABI Publishing. p. 249–263. [bit.ly/433Os2Y](https://doi.org/10.1007/978-94-017-0273-7)
- Lyons RK; Machen R; Forbes TDA. 2001. Entendiendo el consumo de forraje de los animales en pastizales. AgriLife Extension. Texas A&M. E-100S. [handle/1969.1/87064](https://hdl.handle.net/1969.1/87064)
- Lloyd KM; Pollock ML; Mason NWH; Lee WG. 2010. Leaf trait–palatability relationships differ between ungulate species: evidence from cafeteria experiments using naïve tussock grasses. *New Zealand Journal of Ecology* 34(2):219–226. [www.jstor.org/stable/24060644](https://www.jstor.org/stable/24060644)
- Makkar HPS. 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 102 p. doi: [10.1007/978-94-017-0273-7](https://doi.org/10.1007/978-94-017-0273-7)
- Min BR; Barry TN; Attwood GT; McNabb WC. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology* 106(1–4):3–19. doi: [10.1016/S0377-8401\(03\)00041-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00041-5)
- Montgomery DC. 2004. Diseño y análisis de experimentos. Limusa Wiley, 2da edición. Versión traducida al español. 689 p. ISBN 968-18-6156-6.
- Mora-Delgado J; Castañeda R; Piñeros R. 2014. Paisajes, pasturas y pastos: métodos para determinar cantidad y calidad. 1ª Ed. Universidad del Tolima, Ibagué, Tolima. 120 p. [handle/001/3245](https://hdl.handle.net/001/3245)
- Mueller-Harvey I. 2006. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86(13):2010–2037. doi: [10.1002/jsfa.2577](https://doi.org/10.1002/jsfa.2577)
- Owen-Smith N. 1993. Woody plants, browsers and tannins in southern African savannas. *South African Journal of Science* 89(10): 505–510. [bit.ly/3oAITZv](https://doi.org/10.1016/S0037-8401(03)00041-5)
- Pereira TP; Modesto EC; Nepomuceno DD; Oliveira OF de; Freitas RSX de; Muir JP; Dubeux Junior JCB; Almeida JCC. 2018. Characterization and biological activity of condensed tannins from tropical forage legumes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 53(9):1070–1077. doi: [10.1590/S0100-204X2018000900011](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000900011)
- Pérez-Almarino N; Medina-Ríos EL; Mora-Delgado J; Criollo-Cruz D y Mejía JR. 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. doi: [10.17138/tgft\(9\)321-336](https://doi.org/10.17138/tgft(9)321-336)
- Pérez-Almarino N; Ospina SD; Mora JR; Criollo-Cruz D. y Medina EL. 2017. Atributos funcionales a considerar en la selección de especies leñosas para el diseño de sistemas silvopastoriles en zonas secas. En: Chará J, Peri P, Rivera J, Murgueitio E, Castaño K, eds. IX Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles. *Sistemas Silvopastoriles: Aportes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. CIPAV. p. 14–21.
- Pérez-Almarino N; Ibrahim M; Villanueva C; Skarpe C; Guerin H. 2012. Uso de la diversidad forrajera tropical en combinaciones pareadas de leñosas forrajeras como indicador de preferencia para su inclusión en el diseño de sistemas silvopastoriles en zonas secas. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 13(1):79–88. doi: [10.21930/rcta.vol13\\_num1\\_art:243](https://doi.org/10.21930/rcta.vol13_num1_art:243)
- Pérez-Almarino N. 2011. Rasgos funcionales nutricionales de especies leñosas en sistemas silvopastoriles y su contribución a la sostenibilidad de la ganadería bovina en la época seca en el departamento de Rivas, Nicaragua. Mag. Sc Tesis. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica, p. 126. [handle/11554/11027](https://hdl.handle.net/11554/11027)
- Pezo D. 2009. Los pastizales seminaturales de América Central: un recurso forrajero poco estudiado. *Agroforestería en las Américas* 47:4–5. [handle/11554/6513](https://hdl.handle.net/11554/6513)
- Pinto-Ruiz R; Hernández D; Gómez H; Cobos MA; 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. [bit.ly/3OuWloq](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00228-0)
- Provenza FD; Villalba JJ; Haskell J; Macadam JW; Griggs TC; Wiedmeier RD. 2007. The value to herbivores of plant physical and chemical diversity in time and space. *Crop Science* 47(1):382–398. doi: [10.2135/cropsci2006.02.0083](https://doi.org/10.2135/cropsci2006.02.0083)
- Quansah ES; Makkar HPS. 2012. Use of lesser-known plants and plant parts as animal feed resources in tropical regions. FAO Animal Production and Health, Working Paper No. 8. Rome. ISSN 2221-8793. [bit.ly/45vc6Hh](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00228-0)
- Reddy DV; Elanchezhian V. 2008. Evaluation of tropical tree leaves as ruminant feedstuff based on cell contents, cell wall fractions and polyphenolic compounds. *Livestock Research for Rural Development*. 20(5):77. [bit.ly/3ooT7O7](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00228-0)
- Rosales Méndez M. 1999. Mezclas de forrajes: Uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. En: Sánchez MD; Rosales Méndez M (eds). *Memorias de una conferencia electrónica sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. Estudio FAO producción y sanidad animal. Fundación CIPAV y FAO, Roma, Italia 143:201–230. [bit.ly/3kifous](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00228-0)
- Sandoval-Castro CA; Lizarraga-Sanchez HL; Solorio-Sánchez FJ. 2005. Assessment of tree fodder preference by cattle using chemical composition, in vitro gas production and in situ degradability. *Animal Feed Science and Technology* 123–124(Part 1):277–289. doi: [10.1016/j.anifeeds.2005.04.057](https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2005.04.057)
- Schofield P; Mbugua DM; Pell AN. 2001. Analysis of condensed tannins: a review. *Animal Feed Science and Technology* 91(1–2):21–40. doi: [10.1016/S0377-8401\(01\)00228-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00228-0)
- Stewart JL. 1999. Variación genética en árboles forrajeros. En: Sánchez MD; Rosales Méndez M (eds). *Memorias de una conferencia electrónica sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. Estudio FAO producción y sanidad animal. Fundación CIPAV y FAO, Roma, Italia 143:327–349. [bit.ly/3kifous](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00228-0)
- Vásquez F; Mora-Delgado J; Aguilar M. 2014. Saber popular de especies forrajeras en la zona central de nicaragua: un estudio en grupos focales. *Revista de Ciencias Agrícolas* 31(1):27–41. doi: [10.22267/rcia.143101.43](https://doi.org/10.22267/rcia.143101.43)

Van Soest P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2a edition. Cornell University Press, Cornell, USA. 476 p.  
Velázquez-Vélez R; Pezo D; Skarpe C. Ibrahim M; Mora-Delgado J; Benjamin T. 2009. Selectividad animal de forrajes herbáceos y leñosos en pasturas seminaturales en Muy Muy, Nicaragua. Agroforestería en las Américas 47:51–60. [handle/11554/6804](https://doi.org/10.15446/agroforesteria.11554)

Villanueva C; Ibrahim M; Casasola F; Ríos N; Sepúlveda C. 2009. Sistemas silvopastoriles: una herramienta para la adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América Central. En: Buenas prácticas agrícolas para la adaptación al cambio climático. Informe técnico CATIE No. 377. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 103–125. [handle/11554/10149](https://doi.org/10.15446/agroforesteria.11554)

(Recibido para publicación 01 de abril 2022 aceptado 19 de mayo 2023; publicado 31 de mayo 2023)

© 2023



*Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales* es una revista de acceso abierto publicada por el *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*, en asociación con el *Instituto de Recursos Genéticos de Cultivos Tropicales* de la *Academia China de Ciencias Agrícolas Tropicales (TCGRI-CATAS)*. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).