
VALORACIÓN NUTRICIONAL DE ESPECIES FORRAJERAS ASOCIADAS A SISTEMAS PECUARIOS EN EL NORTE DEL HUILA

DOI: <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.1>

Jorge Andrés Perdomo Vargas

Elver Arley Herrera Hernández

Aprendices del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

Laura Constanza Rojas Basto

Diego Orlando Grisales Cabrera

David Saavedra Mora

Profesionales de SENNOVA

Sofía Imelda Mora-Lamilla

Instructora e investigadora

Palabras clave: Fibras totales, proteína cruda, materia seca.

Resumen: La ganadería en zonas de vida del bosque seco tropical (Bs-T) es de vital importancia para la economía local; para ello, se busca la implementación de especies forrajeras nutritivas, de fácil digestibilidad y adaptables a las condiciones agroecológicas de Bs-T, especialmente en época seca. El objetivo de este estudio fue evaluar los componentes nutricionales de 20 plantas forrajeras, una de ellas la *Tephrosia purpurea* (L) como nueva especie con potencial. Para ello se tomaron los datos suministrados por AGROSAVIA a partir de análisis bromatológicos y se realizó un análisis de los componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) y los conglomerados para agrupar las especies con relación a los valores nutricionales y describir las variables. Se encontró una explicación del 55,9 % en el PCA, donde se relacionan tres grupos sobresalientes para FDA, FDN, PC y MS, entre otras variables, siendo la especie *Tephrosia purpurea* (L.) la que presenta equilibrio nutricional.

NUTRITIONAL ASSESSMENT OF FORAGE SPECIES ASSOCIATED WITH LIVESTOCK SYSTEMS IN NORTHERN HUILA

Abstract: Livestock in living areas of the tropical dry forest (Bs-T) is of vital importance for the local economy. For this purpose, it is significant the use of forage species that contain a high content of energy, protein and are easily digestible and adaptable to the Bs-T agroecological conditions, especially in the dry season. The objective of this study was to evaluate the nutritional components of 20 native forage plants. The *Tephrosia Purpurea* (L.) was selected as a new species with potential use for livestock economies. We took the data provided by AGROSAVIA from bromatological analyzes. An analysis of PCA and clusters was carried out to assemble the species in relation to nutritional value. The results of PCA showed that the variables of FDN, FDA, MS and PC have a significant weight when selecting species with forage potential in livestock systems, being the *Tephrosia purpurea* (L.) the species that presents nutritional balance.

Keywords: Total fibers, crude protein, dry matter.

Introducción

La ganadería juega un papel importante en la economía de los pequeños y medianos productores de América Latina y el Caribe; en el contexto de Colombia, alrededor de 500.000 ganaderos viven de esta actividad, de los cuales 330.000 son considerados pequeños productores (Gumucio et al., 2016; FEDEGAN, 2017). Actualmente, el 70 % de la ganadería bovina se encuentra bajo sistemas de producción extensiva y, dadas las condiciones de manejo de las pasturas, el clima y la baja fertilidad de los suelos, la ganadería es considerada una de las principales actividades causantes de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (Andrade y Castro, 2012; Sotelo et al., 2017; Durango et al., 2017), registrando un total del 14,5 % de las emisiones a nivel global; sumado a esto, la pérdida de nitrógeno (N), energía y materia orgánica disminuye la eficacia y productividad de los recursos naturales (Gerber et al., 2013; Marín et al., 2017; Villanueva et al., 2018), lo que genera un balance negativo para la ganadería por

las variaciones climáticas que afectan la producción de pastizales y cultivos transitorios (Malik et al., 2015; Villanueva et al., 2018).

Bajo estos antecedentes, la ganadería ha adoptado cambios en la producción hacia sistemas alternativos que proporcionan servicios ecosistémicos para la mitigación de la variabilidad climática y el incremento de la producción de biomasa (Casanova-Lugo et al., 2014; Cardinael et al., 2017), logrando mejorar la productividad y la calidad de los forrajes, reduciendo los tiempos estimados para la producción de carne y leche, en comparación con la ganadería convencional (Sotelo et al., 2017; Pérez et al., 2017), y manteniendo la disponibilidad de alimento (Tapia-Coral et al., 2005).

Una de las especies menos estudiadas es la *Tephrosia purpurea* (L.) Pers., perteneciente a la familia Fabaceae, herbácea perenne que alcanza una altura de 4 a 9 m y que ocasionalmente supera los 1,5 m de longitud, sus hojas son de forma imparipinnada y tienen

estípulas estrechamente triangulares. Este género se distribuye en regiones tropicales y subtropicales del mundo, entre los 400 y los 1300 m s. n. m. (Patel et al., 2010; Arriaga et al., 2014; Babu et al., 2017). Es un arbusto popularmente conocido en el noreste de Brasil como “anil-bravo” y en la india como “rapunkha” (Pavana et al., 2008; Arriaga et al., 2014).

Esta especie se destaca por su uso medicinal como cicatrizante, antidiabético y antiséptico (Jain et al., 2009; Nile et al., 2014; Verma et al., 2017), y en el tratamiento de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, la actividad de radicales libres y la inflamación, por contener componentes químicos de flavonoides (Bhadada et al., 2016; Babu et al., 2017; Bhardwaj y Shrivastava, 2016). Por otra parte, mediante la extracción de hidrolato y aceite esencial, funciona como larvicida y antimicrobiano (Arriaga et al., 2014). En algunas zonas del trópico húmedo es sembrada para el uso de abonos verdes y la recuperación de suelos degradados, gracias a su aporte de materia orgánica (Jiménez et al., 2006).

En este orden de ideas, es importante la validación y fomentar el mejoramiento de los sistemas con especies adaptadas a las condiciones de cada región (DNP-BID, 2014). Por esta razón, la presente investigación tuvo como objetivo determinar y valorar los componentes nutritivos de *T. purpurea* y demás especies arbóreas con potencial forrajero en la zona de Bs-T, asociadas a los sistemas silvopastoriles, como insumo orientador para el uso de alternativas alimenticias en sistemas ganaderos.

Metodología

Área de estudio

La investigación se realizó en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, SENA Regional Huila, ubicado en el municipio Campoalegre, y localizado a 2°41'06.30" latitud Norte, -75°19'35.91 longitud oeste,

a 612 m s. n. m. en la zona norte del departamento del Huila. La temperatura promedio es 28 °C, la humedad relativa promedio es de 62 %, la precipitación promedio anual es de 1300 a 1800 mm con dos periodos de lluvia, pues el resto del año prevalece la sequía (Saavedra et al., 2017). Según Holdridge (1987), la clasificación ecológica en el municipio de Campoalegre se encuentra en la zona de vida de bosque seco tropical (Bs-T).

Determinación bromatológica

En primera instancia, se realizó una revisión bibliográfica acerca de las principales especies de uso en la zona de vida Bs-T, determinando las 20 especies forrajeras con mayor adaptación a las condiciones agroecológicas, variaciones climáticas, resistencia a los efectos de sequía, a las plagas y enfermedades, y con los tiempos de recuperación más cortos. Una vez fueron seleccionadas, se referenció la información mediante la base de datos AlimenTro de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) (tabla 1).

Para la determinación del contenido nutricional de *T. purpurea* como especie nueva sin datos al respecto, se eligieron las plantas más saludables, destinadas en su momento como sombrío transitorio en dos lotes de producción agrícola pertenecientes al Centro de Formación Agroindustrial La Angostura. Para realizar el muestreo, se escogió 10 plantas totalmente al azar por cada surco, obteniendo de cada surco una muestra de 500 g; estas muestras fueron enviadas al laboratorio de AGROSAVIA para realizar el análisis bromatológico mediante los métodos referenciados en la tabla 1.

Tabla 1. Métodos para la determinación de variables nutricionales en especies forrajeras

VARIABLE	MÉTODO	AUTORES
Materia Seca (MS)	Secado en horno a 105 °C	Helrick (1990)
Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA), lignina (LIG) Carbohidratos Solubles (CS)	Van Soest	Van Soest (1991)
Proteína Cruda (PC)	Micro Kjeldahl	Temminghoff (2010)
Cenizas (Ce)	Ignición (análisis de residuos inorgánicos)	Helrick (1990)
Energía Bruta (EN)	Calorimetría	
Extracto Etéreo (EXET)	Método de Soxhlet	Helrick (1990)
Taninos (TAN)	N-Butanol/HCl/	Romero (2000)
Digestibilidad de MS (DIM), Nutrientes Digestibles totales (NDT o TDN)	<i>In vitro</i>	Tilley y Terry (1963) modificado por Goering y Van Soest (1970) y ajustado por Ankom (1998)
Almidones Totales (AT)	Tratamiento enzimático	Ruiz y Ruiz (1990)
Fenoles Totales (FT)	Folin	Makkar (2003)

Análisis de datos

Para la valoración de los principales nutrientes en la calidad del forraje, se realizó una descripción general de la especie *T. purpurea*. Luego, mediante el PCA, se identificó las variables con influencia en la calidad del forraje, después, mediante un análisis de agrupamiento jerárquico bajo el método de mínima varianza de Ward y la distancia euclídea² (este análisis considera la medida de disimilitud en una distancia de atributos) (Kaiser y Rice, 1974), se identificó las especies forrajeras respecto a las variables de calidad. Los análisis se realizaron empleando el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2018).

Resultados

Valoración del contenido nutricional de la *Tephrosia purpurea* (L.)

La *T. purpurea* es una especie introducida en Colombia, de la cual muy pocos estudios se han llevado a cabo para describir su comportamiento en los dife-

rentes climas presentes en este país; por lo tanto, en este estudio se comparan sus características con otras plantas forrajeras usadas en la región. De acuerdo a los datos obtenidos de AlimenTro, *T. purpurea* contiene un total de 19,75 % de PC, por encima del gomo (*Cordia alba*), el bohío (*Clitoria fairchildiana*), la cratilia (*Cratylia argentea*), el cachingo (*Erythrina poeppigiana*), el guácimo (*Guazuma ulmifolia*), la moringa (*Moringa oleifera*, *M. nigra*) y la morera (*Morus alba*); también existen especies con mayor contenido proteico, como igúa (*Albizia guachapele*), el casco de vaca (*Bauhinia variegata*), el raspayuco (*Chloroleucon bogotanense*), la leucaena (*Leucaena leucocephala*), el matarratón (*Gliricidia sepium*), el dinde (*Maclura tinctoria*) y el botón de oro (*Tithonia diversifolia*); esta última tiene un bajo nivel respecto a las otras 19 plantas en las que, según Lizotte *et al.* (2015), el contenido de ceniza es inversamente proporcional al contenido de energía, y aumenta debido a la contaminación en el suelo por combustión de materiales (altos índices de ceniza).

Tabla 2. Datos obtenidos sobre el contenido nutricional de las 20 especies forrajeras analizadas

Especie	Nombre Común/ Código	MS	PC	Ce	EXET	FDN	FDA	LIG	TAN	NUD	DIM	EN	AT	FT	CS
<i>Albizia guachapele</i> (Kunth)	Iguá - ALGU	30,87	20,32	8,29	3,22	43,87	21,57	5,05	1,72	63,04	68,92	4,29	8,75	2,16	0,34
<i>Bauhinia variegata</i> (L.)	Casco de vaca-BAVA	29,26	22,02	8,39	2,95	34,39	16,4	3,56	2,64	57,85	63,32	4,15	7,48	2,26	0,46
<i>Clitoria fairchildiana</i> (R. A. Howard)	Bohío-CLIFA	30,91	17,58	7,9	1,6	47,39	29,45	5,74	1,96	59,21	64,79	4,17	7,87	2,68	1,15
<i>Chloroleucon bogotense</i> (Britton y Killip)	Raspayuco-CHBO	30,07	21,83	9,11	3,52	42,12	21,18	4,63	1	64,27	70,25	4,3	10,94	1,37	0,56
<i>Cratylia argentea</i> (Desv)	Cratylia-CRAR	27,9	16,86	9,81	2,58	51,39	30,88	5,7	0,56	57,77	63,23	4,07	8,44	0,78	0,45
<i>Cordia dentata</i> (Poir)	Gomo-CODE	24,42	18,91	15,23	1,09	41,97	19,87	3,45	2,1	62,5	68,33	3,92	7,19	2,45	0,48
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp)	Cambulo-ERPO	23,67	18,43	8,42	2,61	49	29,36	5,17	0,83	59,37	64,97	4,19	9,42	0,99	0,31
<i>Guazuma ulmifolia</i> (Lam.)	Guácimo-GUUL	24,14	15,49	9,78	2,07	43,06	21,61	4,5	1,63	59,46	65,06	4,08	9,25	1,96	0,54
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.)	Matarratón-GLCE	26	21,59	9,36	2,42	35,64	20,46	3,28	1,6	64,7	70,71	4,18	9,24	1,86	1,46
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)	Leucaena-LELE	29,26	22,02	8,39	2,95	34,39	16,4	3,56	2,64	66,22	72,35	4,27	6,12	3,02	1,07
<i>Maclura tinctoria</i> (L.)	Dinde-MATI	35,58	22,34	14,92	3,4	37,84	16,64	1,89	0,79	65,97	72,08	4,05	4,97	1,04	0,25
<i>Moringa oleifera</i> (Lam.)	Moringa-MOOT	15,54	17,29	9,95	2,7	43,9	24,79	3,47	0,96	59,86	65,49	4,12	9,05	1,27	1,34
<i>Morus nigra</i> (L.)	Morera-MONI	19,64	18,05	14,02	2,98	32,49	15,78	2,26	1,04	63,05	68,93	4,05	9,12	1,28	0,99
<i>Tephrosia purpurea</i> (L.)	Tephrosia-TEPU	24,49	19,75	6,6	1,84	37,54	24,41	5,43	1,28	61,79	67,57	4,11	4,21	2,09	2,51
<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.)	Botón de oro-TIDI	16,96	22,39	13,67	1,64	32,44	14,53	2,19	1,25	66,46	72,61	4,04	4,93	1,64	1,2

Fuente: Sistema de información abierto sobre recursos alimenticios utilizados en alimentación animal en Colombia: AlimenTro, de AGROSAVIA.

Variables: MS = Materia Seca (g 100 g 1 MS); PC = Proteína Cruda (g 100 g 1 MS); Ce = Ceniza (g 100 g 1 MS); EXET = Extracto Etéreo (g 100 g 1 MS); FDN = Fibra Detergente Neutro (g 100 g 1 MS); FDA = Fibra Detergente Ácido (g 100 g 1 MS); LIG = Lignina (g 100 g 1 MS); TAN = Taninos (g 100 g 1 MS); NUD = Nutrientes Digestibles Totales (g 100 g 1 MS); DIM = Digestibilidad de MS (g 100 g 1 MS), EN = Energía Bruta (kcal. g 1 MS), AT = Almidón Total (g 100 g 1 MS); FT = Fenoles Totales (g 100 g 1 MS); CS = Carbohidratos Solubles (g 100 g 1 MS).

Cuando los forrajes tienen un alto contenido de fibras, estas afectan la degradación del alimento en el proceso digestivo del rumiante; debido a eso, la actividad de los microorganismos que intervienen en el proceso digestivo aumenta, incrementando la producción de metano (CH₄) y, por ende, aumentando el gasto de energía y limitando la producción. Según los datos nutricionales, el contenido de FDN de la *Tephrosia purpurea* (L.) Pers es bajo (37,54 %) con respecto a las demás plantas forrajeras analizadas; este componente se conoce como la parte suave del forraje y consta principalmente de hemicelulosa, celulosa y lignina. Ahora bien, entre mayor sea el contenido de FDN, menor es el consumo del rumiante. Por otro lado, el FDA, que consta de celulosa, lignina, cutina y sílica, y se conoce como la parte dura de los forrajes, en la *T. purpurea* tiene un valor de 24,41 %, lo que se considera equilibrado (Cruz y Sánchez, 2000; Bedoya et al., 2016).

El contenido de lignina es alto, con un valor de 5,5 %, lo que resulta negativo debido a que la lignina es un compuesto presente en las paredes celulares responsable de la rigidez estructural, lo que limita físicamente la actividad de las bacterias degradadoras; además, posee ácidos que son indigeribles, aunque estos están presentes mayormente en las gramíneas. (Hernández, 2010; Herrera et al., 2017). Esta planta posee también 1,28 % en concentración de taninos, los cuales actúan de forma anti-nutricional cuando se encuentran en altas cantidades, ya que siendo su-

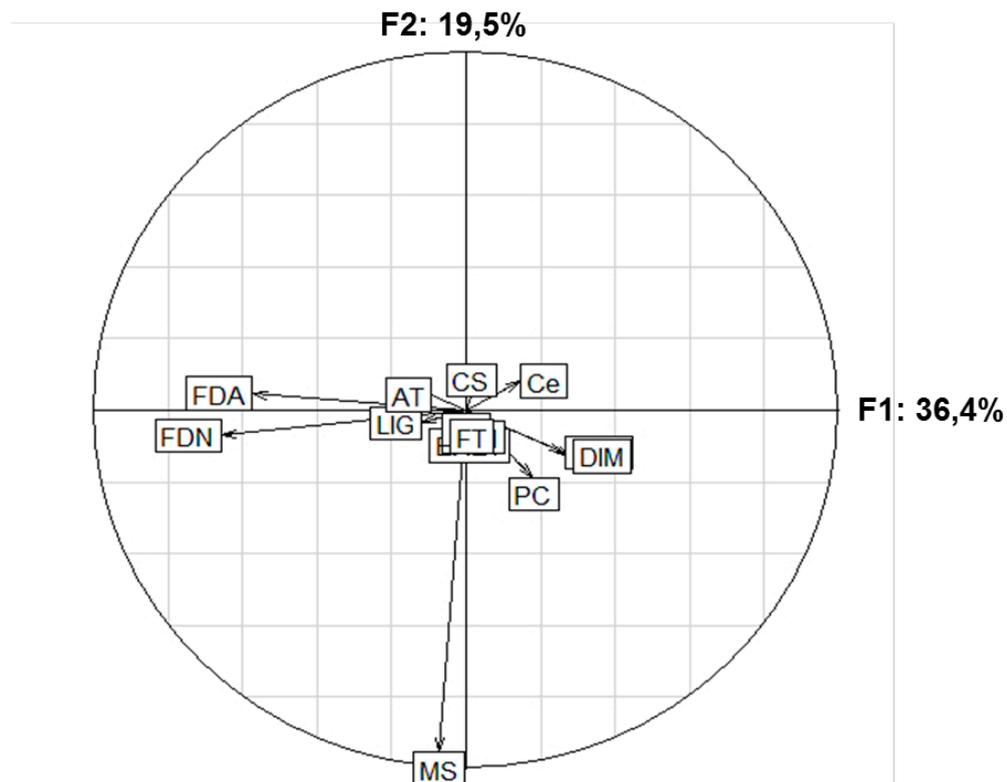
ministrados de forma moderada pueden ocasionar un impacto positivo en la producción del rumiante al reducir la actividad microbiana, al mismo tiempo que mitiga la emisión de metano y aumenta el paso de proteínas (Jenko et al., 2018). Teniendo en cuenta los ocho parámetros analizados, la planta forrajera con mayor promedio fue la *Cratylia*, con un valor total de 18,21, seguido por el bohío, con un promedio de 17,81, mientras que en último lugar se encuentra el botón de oro, con un promedio de 13,13.

Con un total de 2,51 en contenido de carbohidratos solubles, *T. purpurea* cuenta con el contenido más alto en comparación con las otras plantas forrajeras. Según Vargas (2015), en su estudio sobre metano entérico en sistemas pastoriles, los carbohidratos solubles en una concentración moderada disminuyen la emisión de gases de efecto invernadero. *T. purpurea* cuenta con un contenido total de 2,09 de fenoles, por debajo de la leucaena, el iguá, el gomo, el bohío y el casco de vaca. Los fenoles en concentraciones bajas o moderadas contribuyen en la producción de la proteína sobre-pasante, la cual es útil en los procesos digestivos del rumiante (Obando y JoJoa, 2018). En cuanto al contenido de almidones, esta planta obtuvo el valor más bajo, con 4,21 %; tanto los azúcares como los almidones, al ser suministrados en condiciones desbalanceadas, pueden inducir a trastornos digestivos como la acidosis ruminal (Bretschneider, 2016).

Descripción de las principales variables nutricionales

El PCA permitió identificar las variables más asociadas en la calidad de forraje. El F1 explica el 36,4 % que separa las variables FDN y FDA, incluidos los AT y la LIG. En el F2, con 19,5 %, se ubican aquellas especies con mayor MS; y un tercer grupo reúne las demás variables: PC, DIM, CE, EXET, TAN, TDN, EB, FT, y CS. De esta manera, existe una explicación del PCA de 55,9 %.

Figura 1. Ordenamiento de las variables de calidad de forraje con relación a las especies con mayor uso en la zona del norte del departamento del Huila. Las abreviaturas se encuentran en la tabla 2



Fuente: Elaboración propia.

FDN y FDA son indispensables para mantener la funcionalidad ruminal, estimular el masticado y la rumia, y mantener un pH ruminal adecuado, permitiendo equilibrar la actividad de la microfauna digestiva. Las fibras están asociadas con la producción de leche, siendo precursoras de la grasa láctea. Una mala alimentación, con alto contenido de fibras, puede aumentar el gasto energético, así como la producción de metano y consumos voluntarios (Weiss, 1993a, 1993b; Cruz y Sánchez, 2000; Bedoya *et al.*, 2016). Respecto a la MS, allí es donde se encuentran concentrados los nutrientes, y varía en las especies forrajeras, así como también varía el contenido de PC, mientras que la cantidad de nitrógeno dependerá del proceso digestivo en los bovinos (Jiménez *et al.*, 2004; Juárez *et al.*, 2005; Juárez y Bolaños 2014), y se relaciona con el AT y la LIG, favoreciendo la palatabilidad

e ingesta animal, y teniendo efectos positivos sobre la degradación del rumen y la síntesis de la grasa láctea (Fondevila 2015), aunque la LIG puede ser una barrera física que impide el rompimiento de las paredes celulares y dificulta la adquisición del contenido celular, al no tener una nutrición equilibrada (Moore y Jung, 2001; Francesa, 2017).

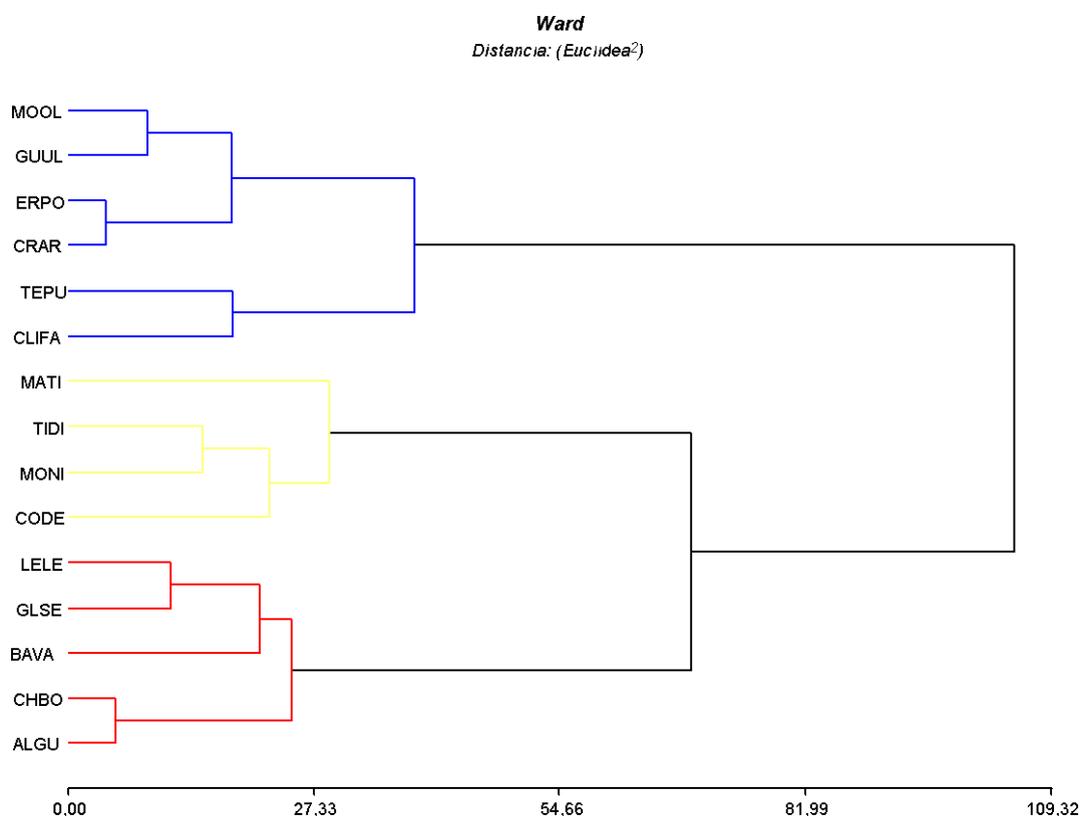
Agrupamiento de las especies forrajeras con relación a su valor nutricional

En el análisis de agrupamiento jerárquico, para identificar las especies con relación a las variables nutricionales, se formaron tres grupos. En el primer grupo se asocian las especies forrajeras *C. argentea* (Desv.)

(CRAR), *T. purpurea* (L.) (TEPU), y *C. fairchildiana* (R. A. Howard) (CLIFA), ya que cuentan con alto contenido de FDN, FDA, LIG y AT. En el segundo grupo se ubican especies como *M. tinctoria* (L.) (MATI) y *T. diversifolia* (Hemsl.) (TIDI), que cuentan con mayor contenido en Ce. Finalmente, en el tercer grupo de conglomerados se encuentran las plantas *L. leucocephala* (Lam.) (LE-

LE), *G. sepium* (Jacq.) (GLSE), y *B. variegata* (L.) (BAVA), con mayor contenido de PC, MS, y otras variables como EXET, TAN, NUD, EN, FT, CS. Estos resultados han demostrado que la especie con mayor calidad fue *T. purpurea* (L.) debido a su contenido nutricional equilibrado (figura 2).

Figura 2. Conglomerados de las especies forrajeras con relación al valor de importancia de las variables nutricionales. Las abreviaturas se encuentran en la tabla 2



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Se encontró que la leguminosa forrajera *T. purpurea* (L.) tiene un contenido nutricional que favorece la producción ganadera, además de que se adapta a las condiciones agroecológicas del Bs-T. En el PCA se evidenció que las variables de FDN, FDA, MS y PC tienen un peso significativo al momento de seleccionar las espe-

cies con potencial forrajero en los sistemas ganaderos. Los resultados reflejan tres conglomerados, donde se asocian las especies relacionadas con los componentes nutricionales. Los resultados de esta investigación son útiles en procesos de consolidación de una línea base sobre especies asociadas a los sistemas ganaderos con

potencial forrajero, como alternativa de alimentación para fortalecer el sector ganadero, para la implementación de sistemas sostenibles y para plantear dietas nutricionales balanceadas según las características del hato ganadero.

Referencias bibliográficas

- Andrade, G. I. y Castro, L. G. (2012). "Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia, invitación a una interpretación socio ecológica". *Ambiente y Desarrollo*, XVI(30): 53-71.
- ANKOM (1998). "Procedures for fiber and in vitro analysis" [en línea]. Accesible en Internet: [Consulta: 1 junio 2002].
- Arriaga, A. M.; María da Conceicao, F.; Da Silva, M. G. R.; De Lemos, T. L.; Da Silva, F. R. L.; Tavares, L. C.; y Braz-Filho, R. (2014). "*Tephrosia purpurea*: A Source of Larvicidal Compounds Against *Aedes Aegypti*". *Chemistry of Natural Compounds*, 50(6): 1125-1127.
- Babu, N.; Singh, A.; y Singh, R. (2017). "A review on therapeutic potential and phytochemistry of *Tephrosia purpurea*". *Bulletin of Pure & Applied Sciences-Botany*, (2).
- Bedoya-Mazo, S.; Noguera, R. R.; y Posada, S. L. (2016). "Efecto de la especie donadora de inóculo ruminal sobre la degradación de la materia seca y producción de metano *in vitro*". *Livestock Research for Rural Development*, 28(5).
- Bhadada, S. V.; Vyas, V. K.; y Goyal, R. K. (2016). "Protective effect of *Tephrosia purpurea* in diabetic cataract through aldose reductase inhibitory activity". *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 83: 221-228.
- Bhardwaj, R. y Shrivastava, S. (2016). "*Tephrosia purpurea*: A natural herb/bliss". *International Journal of Phytomedicine*, 8(4): 468-471.
- Bretschneider, G. (2016). "Acidosis ruminal en el ganado lechero". Estación Experimental Agropecuaria Rafaela, CC 22, Rafaela (2300), Santa Fe, Argentina.
- Cardinael, R. et al. (2017). "Increased soil organic carbon stocks under agroforestry: A survey of six different sites in France". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 236: 243-255. Disponible en: doi: 10.1016/j.agee.2016.12.011.
- Casanova-Lugo, F. et al. (2014). "Forage yield and quality of *Leucaena leucocephala* and *Guazuma ulmifolia* in mixed and pure fodder banks systems in Yucatan, Mexico". *Agroforestry Systems*, 88(1): 29-39.
- Cruz, C. y Sánchez González, J. M. (2013). "La fibra en la alimentación del ganado lechero". *Nutrición Animal Tropical*, 6(1).
- Di Rienzo J. A. et al. (2017). "InfoStat versión 2017". Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Durango, S.; Gaviria, X.; González, R.; Sotelo, M.; Gutierrez, J. F.; Chirinda, N.; y Barahona, R. (2017). "Iniciativas de mitigación al cambio climático en sistemas de producción de carne bovina en países tropicales". CCAFS Info Note. Copenhagen, Denmark: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Disponible en: <http://hdl.handle.net/10568/79950>.
- Federación Nacional de Ganaderos (FEDEGAN) (2017). *Balance y perspectivas del sector ganadero colombiano 2016-2017*. Oficina de Planeación. Consultado el 9 de septiembre de 2018. Disponible en: http://estadisticas.fedegan.org.co/DOC/download.jsp?pRealName=Balance_Perspectivas_2016_2017.pdf&ildFiles=645.
- Fondevila, M. (2015). *La importancia de los azúcares en la alimentación de los rumiantes*.

- Francesa, U. (2017.) *La Fibra en Forrajes Tropicales*. "Parte 1. Factores que afectan su Digestibilidad".
- Gerber, P. J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; y Tempio, G. (2013). *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería. Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma.
- Goering, H. K. y Van Soest, P. J. (1970). *Análisis de fibra de forraje*. Servicio de Investigación Agrícola del USDA. Manual número 379. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Superintendente de Documentos, Oficina de Imprenta del Gobierno de EE. UU., Washington, DC.
- Gumucio, T.; Mora Benard, M. A.; Twyman, J.; y Ceballos, H. (2016). *Género en la ganadería: Consideraciones iniciales para la incorporación de una perspectiva de género en la investigación de la ganadería en Colombia y Costa Rica*. Documento de trabajo CCAFS no. 159. Copenhagen, Dinamarca: Programa de investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS).
- Helrick, K. (1990). *Métodos oficiales de análisis* (AOAC).
- Hernández, S. (2010). *Importancia de la fibra en la alimentación de los bovinos*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. Experimental Agropecuaria Hilario Ascubí del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.
- Herrera, M. L.; Bourrillón, A. R.; y Ramírez, C. Z. (2017). "Características nutricionales y fermentativas de ensilados de pasto Camerún con plátano pelipita". *Agronomía Mesoamericana*, 28(3): 629-642.
- Holdridge, L. R. (1987). "Ecología basada en zonas de vida". *Revista Agro américa*, 83.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2006). *Métodos analíticos del laboratorio de suelos*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (ed) sexta. Bogotá, Colombia, 637 p.
- Jain, A. y Singhai, A. K. (2009). "Effect of *Tephrosia purpurea* Pers on Gentamicin Model of Acute Renal Failure". En: C. T. Lim y J. C. H. Goh, *13th International Conference on Biomedical Engineering* (pp. 1438-1442). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Jiménez O. M. M. et al. (2004). "Calidad del pasto humidícola (*Brachiaria humidicola*) con fertilización orgánica e inorgánica en suelos ácidos". *Memorias de la XL Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. Mérida (México): Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 164.
- Jiménez, A. M.; Farfán, F.; y Morales, C. S. (2006). "Descomposición y transferencia de nutrientes de *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia candida* como abonos verdes en cafetales".
- Juárez H. J. (2005) "Productive and nutritional performance of *Brachiaria brizantha* x *B. ruziziensis* (ruzi grass) in humid tropical conditions". *Cuban Journal Agricultural Science*, 39(4): 599-607.
- Juárez-Hernández, J. y Bolaños-Aguilar, E. D. (2014). "Las curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales". *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 23(1).
- Kaiser, H. F. y J. Rice. (1974). "Little Jiffy Mark IV". *Educational and Psychological Measurement*, 34(1): 111-117.
- Lizotte, P. L.; Savoie, P. ; y De Champlain, A. (2015). "Contenido de ceniza y energía calorífica de los componentes del rastrojo de maíz en el este de Canadá". *Energies*, 8 (6); 4827-4838.

- Makkar, H. P. S. (2003). "Quantification of tannins in tree and shrub foliage". *A laboratory manual*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 102 p.
- Malik, P. K. et al. (2015). "Livestock production and climate change". Vol 6. ISBN CABI. Disponible en: 10.1079 / 9781780644325.0202.
- Marín, M. A. M.; Pescador, L. R.; Ramos, L. R.; y Charry, J. L. A. (2017). "Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia". *Ingeniería y Región*, 17: 1-12.
- Moore, K. J. y Jung H. G. (2001). "Lignin and fiber digestion". *Journal of Range Management*, 54: 420-430.
- Nile, S. H.; y Park, S. W. (2014). "α-Glucosidase Inhibitory Activity of Pyranochromenes and Root Extracts of *Tephrosia purpurea*". *Chemistry of Natural Compounds*, 50(6).
- Patel, A.; Patel, A.; Patel, A.; y Patel, N. M. (2010). "Determination of polyphenols and free radical scavenging activity of *Tephrosia purpurea* linn leaves (*Leguminosae*). *Pharmacognosy research*, 2(3): 152.
- Pavana, P. S. y Sethupathy S., Manoharan (2008). "Protective Role of *Tephrosia purpurea* Ethanolic Seed Extract on Glycoprotein Components in Streptozotocin Induced Diabetic Rats". *International Journal of Pharmacology*, 4: 114-119.
- Pérez, A. N.; Ibrahim, M.; Villanueva, C.; Skarpe, C.; y Guerin, H. (2013). "Diversidad forrajera tropical 2. Rasgos funcionales que determinan la calidad nutricional y preferencia de leñosas forrajeras para su inclusión en sistemas de alimentación ganadera en zonas secas".
- Pérez, J. M. G. y Vera, J. V. A. (2017). "Cultivo y costos de un sistema silvopastoril intensivo (sspi) a base de gramíneas y *leucaena leucocephala* estudio de caso en Tepalcatepec, Michoacán, México". *Revista de Investigación en Ciencias de la Administración*, 8(15): 277-292.
- Romero, C. E. (2000). "Efecto del pastoreo con ovinos sobre la concentración de taninos condensados en *Gliricidia sepium* Jacq (Walp), en el trópico seco". Tesis de Maestría. Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, México.
- Ruiz, M. E. y Ruiz, A. (1990). *Nutrición de rumiantes*. IICA Biblioteca Venezuela.
- Saavedra, D.; Machado, L.; Murcia, V.; y Rodríguez, D. (2017). "Incidencia de las condiciones climáticas sobre el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en el Municipio de Campoalegre-Huila. *Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura*, 4(1): 10-25.
- Sotelo, M. et al. (2017). "Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico. Sistemas silvopastoriles: ¿una opción viable?". Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Disponible en: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/89088/CIAT_VISION_AMAZONIA_SISTEMAS_SILVOPASTORILES.pdf?sequence=3.
- Sotelo, M.; Suárez Salazar, J. C.; Álvarez Carrillo, F.; Castro Núñez, A.; Calderón Soto, V. H.; y Arango, J. (2017). *Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico. Sistemas silvopastoriles: ¿una opción viable?* Publicación CIAT No. 448. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 24 p. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10568/89088>.
- Tapia-Coral, S. C.; Luizão, F. J.; Wandelli, E.; y Fernandes, E. C. (2005). "Carbon and nutrient stocks in the litter layer of agroforestry systems in central Amazonia, Brazil". *Agroforestry Systems*, 65(1): 33-42.
- Temminghoff, E. J. M. (2010). "Methodology of chemical soil and plant analysis". Wageningen University, Wageningen.

- Tilley, J. M. A. y Terry, R. A. (1963). "A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops". *Grass and Forage Science*, 18(2): 104-111.
- Vargas, J. (2015). "Emisión de metano entérico en sistemas pastoriles: estrategias de reducción con potencial práctico". *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 18(2).
- Verma, N. y Singh, J. (2017). "Evaluación de la actividad hepatoprotectiva de la *Tephrosia purpurea* Linn. Vástago". *Revista Internacional de Investigación Científica Aplicada a la Educación*, 2(7).
- Villanueva, C.; Casasola, F.; y Detlefsen, G. (2018). "Potencial de los sistemas silvopastoriles al cambio climático y en la generación de múltiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica". Turrialba, C.R. 1a ed. Serie técnica, boletín técnico/CATIE; no. 87: 61p.
- Weiss, W. P. (1993a.) "Evaluating nutritional quality of alternative feeds using chemical analysis". *Feeding and Nutrition*. Consultado el 9 de septiembre de 2018. Disponiblen en: http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/NUTRITIONAL_QUALITY_OF_ALT_FEEDS.html.
- Weiss, W. P. (1993b.) "Fiber requirements of dairy cattle: Emphasis NDF". *Department of Dairy Science*. Ohio, USA. 63-76.