

ARTÍCULO CIENTÍFICO

POTENCIAL NUTRICIONAL DE ESPECIES DE BAMBÚ PARA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES. CASO DE ESTUDIO EN LA ZONA CAFETERA DE COLOMBIA

Camargo, Juan Carlos ^{a*}; Mejía, Lucia^b; Londoño, Ximena^c; Muñoz, Juliana^a; Carmona, Tatiana^a; Jacome, Pablo^d

^aUniversidad Tecnológica de Pereira, Carrera 27 # 10-02, Pereira, Colombia

^bYarima guadua EU, Sector El Tigre, vía Cerritos, Pereira, Colombia

^cSociedad Colombiana del Bambú, Calle 12, # 13 10 APTO 302, Armenia, Colombia

^dRed Internacional de Bambú y Rattan (INBAR), Av. Eloy Alfaro N30-350 y Av. Amazonas, Edif. MAG, piso 10, Quito, Ecuador.

Ingresado: 28/11/2020

Aceptado: 09/06/2021

Resumen

La ganadería es económicamente importante y contribuye con la seguridad alimentaria a nivel mundial. Sin embargo, está asociada a problemas de degradación de los recursos naturales y pérdida de servicios ecosistémicos. Esto ha impulsado a los gobiernos a promover estrategias para su reconversión, donde incluir leñosas de alta calidad nutricional es un reto. Las especies de bambú son gramíneas, la mayoría leñosas y pueden ser usadas para alimentación animal. En este trabajo, se evaluó el potencial nutricional del forraje de nueve especies de bambúes para alimentación animal. Un análisis proximal permitió obtener información de las características nutricionales, donde la proteína cruda mostró valores entre 12,2% y 16,7 % y la digestibilidad in vitro de materia seca entre 25,6% y 74,9%. Análisis de varianza mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para las características nutricionales entre las especies, destacando tres, *Gigantochloa apus*, *Guadua angustifolia* y *Phyllostachys aurea*, que fueron priorizadas para el ensayo de palatabilidad. El valor de alimentación relativo (RFV) y la calidad relativa del forraje (RFQ), fueron incluidos en análisis de componentes principales y de conglomerados, que ratificaron las especies sobresalientes. En la evaluación de palatabilidad no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre especies

y en promedio el consumo relativo diario fue bajo (8,2%). Las especies de bambú evaluadas y principalmente las priorizadas, tienen potencial como complemento para alimentación animal y podrían ser una alternativa interesante en procesos de reconversión ganadera, no obstante, su promoción requiere profundizar en aspectos como la ingesta y el manejo de los sistemas.

Palabras clave: Análisis proximal, calidad nutricional, forraje, ingesta, palatabilidad.

NUTRITIONAL POTENTIAL OF BAMBOO SPECIES FOR RUMINANT FEEDING. CASE STUDY IN THE COLOMBIAN COFFEE REGION

Abstract

Globally cattle farming is one of the economically more important land use and relevant for food security. However, it is associated with degradation of natural resources and the ecosystem services loss. This situation has encouraged governments to promote strategies for livestock reconversion where the inclusion into pastures of woody plants with high nutritional quality is a challenge. Bamboo species are grasses, mostly woody and may be used for animal feed. In this work, the nutritional potential of nine bamboo species forage was evaluated for animal feed. From a proximal analysis data on crude protein showed values between 12,2% and 16,7%, whereas the invitro

* Correspondencia a: Universidad Tecnológica de Pereira, Carrera 27 # 10-02 Pereira-Colombia. Código postal 660003. Correo electrónico: jupipe@utp.edu.co Camargo et al. Potencial nutricional Bambú Ingresado: 28/11/2020

digestibility of dry matter revealed acceptable values between 25,6% and 74,9%. A variance analysis evidenced significant differences ($p < 0,05$) for nutritional characteristics between bamboo species, highlighting three of them, *Gigantochloa apus*, *Guadua angustifolia* and *Phyllostachys aurea*, prioritized for the palatability trial. Subsequently, including nutritional quality indicators such as the relative feed value (RFV) and the relative forage quality (RFQ), a principal component and cluster analyses were performed, and the quality of the prioritized bamboo species was confirmed. During the palatability assessment were not found significant ($p > 0,5$) differences for the relative forage intake between species and the average value was low (8,2%). Bamboo species evaluated and mainly those prioritized, have potential as a complement for animal feeding and could be an interesting alternative for livestock reconversion processes, however, their promotion requires to deepen aspects such as intake and management.

Keywords: Domestic South American Camelids, Ecuador, Macrocyts, Parasite, Sarcocystiosis.

I. INTRODUCCIÓN

La ganadería a nivel mundial contribuye de manera importante a suplir las necesidades de proteína de la población, pero también es la causa de problemas ambientales asociados a las emisiones de gases de efecto invernadero (GHG), contaminación hídrica y pérdida de biodiversidad [1]. De acuerdo con Foley et al. [2], el área cubierta por pasturas en el mundo equivalía a 33,8 millones de km², aproximadamente el doble del área usada para agricultura. En la actualidad, esta área es mayor teniendo en cuenta que en zonas tropicales, la pérdida de cobertura boscosa es inminente. De hecho, en [3] se registra una pérdida de cobertura boscosa en el mundo para el periodo 2010 – 2015 de más de 33 millones de ha, que seguramente permitió el incremento de área en pasturas.

En Colombia, cerca de 34.065.630 ha (29,8%) de la superficie total nacional corresponde a uso de la tierra para ganadería [4]. De acuerdo con FEDEGAN [5], la ganadería genera 810.000 empleos directos, 6% del empleo nacional y 19% del agropecuario, representa 6% del PIB agropecuario y 1,4% del PIB nacional. Para el 2016, el total de bovinos fue de 22.689.420, en 494.402 fincas de las cuales 81,2% son menores

de 50 ha [6]. No obstante, el 77,3% del área ocupada en ganadería en Colombia (26.334.154 ha) presenta algún grado de erosión [4]. Así mismo, 36% de las áreas quemadas en el país están asociadas con agroecosistemas ganaderos [7], afectando también ecosistemas estratégicos como el bosque seco tropical [7,8].

Según Murgueitio et al. [9], la ganadería se sigue extendiendo en Latinoamérica agravando la degradación de recursos naturales, sin embargo la presencia de árboles y arbustos nativos en pasturas contribuye a mejorar los servicios ecosistémicos en paisajes dominados por pasturas. Además, se requiere una mejor planificación del uso de la tierra, más investigación aplicada, incentivos adicionales y la incorporación de las preferencias de los agricultores. En este contexto los sistemas silvopastoriles (SSP) resultan fundamentales en los procesos de reconversión ganadera, porque además de los beneficios por la actividad misma, mejoran servicios ecosistémicos de provisión (madera, frutos y hábitat para la biodiversidad), regulación (microclima e hídrica) y culturales (belleza escénica)[10].

Los problemas de la ganadería convencional, han motivado la promoción de SSP, como una forma de mejorar la productividad de los sistemas ganaderos, recuperar áreas degradadas y aumentar beneficios ambientales como almacenamiento de carbono, conservación de la biodiversidad y regulación hídrica [11,12]. Con los SSP, la ganadería resulta menos impactante para el entorno [13], porque estos pueden contribuir en la disminución de emisiones de metano entérico y de óxido nitroso [14], favorecen la disponibilidad y oferta de proteína [15] y el aporte de nutrientes [16].

En la región del eje cafetero de Colombia, en el gradiente altitudinal entre 900 y 2000 m s.n.m., los bosques están dominados por la especie de bambú *Guadua angustifolia* Kunth [17,18]. Estos bosques se cosechan y la materia prima ha sido usada para diferentes propósitos [19] y están distribuidos en medio de una matriz principalmente de pasturas [20]. Por lo anterior, los productores ganaderos interactúan constantemente con este recurso y tienen conocimiento sobre el mismo.

Las plantas de bambú pertenecen a la familia Poácea o de las gramíneas [21], de las cuales han sido descritas y clasificadas 1642 especies [22].

De estas, cerca de 812, principalmente de zonas tropicales, son leñosas [23]. Su amplia distribución, las diferentes características y el hecho de que sean conocidos por los productores rurales, facilita su promoción para distintos propósitos. Además, este grupo de plantas presenta una producción primaria neta importante que podría garantizar la oferta de follaje periódicamente. En este sentido, estudios como [24,25], reportan valores entre 18,1 y 32 t ha⁻¹ año⁻¹.

En el contexto de la ganadería, evaluar fuentes alternas de alimentación resulta importante y la inclusión de leñosas en los potreros para este fin, se facilita cuando existe conocimiento por parte de los productores [26]. En el caso del bambú, también algunas especies han sido usadas como fuente de forraje para alimentación animal [27–31]. No obstante, todavía es importante evaluar más especies y establecer sus posibilidades para alimentación animal en diferentes contextos.

Considerando lo anterior, el propósito de este trabajo fue evaluar el potencial nutricional para alimentación animal de 9 especies de bambú como base para la priorización del estudio de su palatabilidad por rumiantes y así mismo contribuir a establecer criterios que permitan su promoción como una alternativa de forraje en el contexto de la ganadería en países tropicales.

II. METODOLOGÍA

Sitios de estudio y muestreo

Las plantas de bambú seleccionadas se encontraban en dos sitios en la ciudad de Pereira, Colombia. El primero, un bambusetum adscrito al Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira (JB-UTP), que se encuentra a 1450 m de elevación, con precipitación promedio anual de 2500 mm y una temperatura media de 20 °C. Los suelos pertenecen la orden de los andisoles, son ligeramente ácidos, profundos y con altos contenidos de materia orgánica.

El segundo sitio, corresponde a la finca Yarima (FY), ubicada al suroccidente del municipio de Pereira, a 1150 m de elevación, precipitación media anual de 2200 mm y temperatura media de 22°C. Los suelos predominantes son inceptisoles, ligeramente ácidos, y con niveles medios de materia orgánica. En esta finca, donde se cuenta con un área aproximada de 27 ha

con bosques naturales de la especie de bambú *Guadua angustifolia* Kunth, se pueden encontrar también cercos vivos con *Phyllostachys aurea* A & C Riviere y plantas dispersas de *Gigantochloa apus* (J.A. & J.H. Schultes) Kurz y *Schizostachyum brachycladum* (Kurz ex Munro) Kurz.

Para la selección de las plantas en los sitios, se hizo una descripción botánica y de su ecología, destacando características a tener en cuenta para su utilización como fuente de forraje. Con base en esta descripción, se seleccionaron cuatro especies en el JB-UTP y 5 en la FY (Tabla 1).

Tabla 1. Especies de bambú seleccionadas para evaluación nutricional

	Especies	Localización
1	<i>Bambusa heterostachya</i>	JB- UTP
2	<i>Bambusa longispiculata</i> "ivory stripe"	JB- UTP
3	<i>Bambusa multiplex</i>	JB- UTP
4	<i>Bambusa vulgaris</i> cv wamin McClure	JB- UTP
5	<i>Gigantochloa apus</i>	Yarima
6	<i>Guadua angustifolia</i>	Yarima
7	<i>Otatea acuminata</i>	Yarima
8	<i>Phyllostachys aurea</i>	Yarima
9	<i>Schizostachyum brachycladum</i>	Yarima

La estimación de la prevalencia de *Sarcocystis* En ambos sitios JB-UTP y FY, la selección de plantas para el muestreo se hizo considerando el estado de las plantas y el acceso a las mismas para la colección del follaje. Para el muestreo, se colectaron hojas de las ramas basales de las nueve especies, se consolidó en cada caso una muestra compuesta de aproximadamente 2 kg, la cual fue dividida en tres submuestras como replicas para ser enviadas al laboratorio.

Las plantas de los dos sitios tienen edades superiores a los 10 años de establecidas y en el caso de la especie 6, hace parte de una cobertura natural. Esta condición permitió encontrar las mismas en estado maduro, donde los culmos han alcanzado su mayor longitud y diámetro. No obstante, debido al patrón de crecimiento del bambú, las plantas siempre se presentan con culmos de diferentes edades que tienen ciclos de vida entre 5 y 10 años. En este sentido y tratando de seguir los criterios de acceso definidos previamente, las muestras de forraje se tomaban las ramas externas de fácil alcance, teniendo en cuenta la facilidad de hacerlo en el futuro ya sea que se coseche el forraje o que el ganado lo ramonee directamente. En este caso,

no se considera por lo tanto la edad los culmos y la muestra del forraje representa la mezcla de las hojas que tenían mejor acceso, pero que pueden tener diferente edad.

Análisis estadístico

Los análisis fueron realizados en los laboratorios adscritos a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Los variables evaluadas fueron materia seca (MS), digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN) y cenizas. Los métodos utilizados son descritos en la tabla 2.

Tabla 2. Indicadores de calidad nutricional y método usado para evaluarlo

Característica	Método	Referencia
MS	Secado en horno a 105 °C hasta obtener peso constante	[32]
DIVMS	Se usó una técnica desarrollada por ANKOM Technology® Basada en la incubación de substratos utilizando una incubadora DAISY y bolsas de microfiltrado, donde se deposita una cantidad conocida del forraje evaluado, que es llevado a incubación por 48 horas que permita la acción de los microorganismos sobre el material y sobre el residual se calcula la digestibilidad.	[33]
PC	Método Kjeldahl, determinación del contenido de N y con un factor es llevado a PC	[34], [35]
FDN	Inmersión en una solución detergente neutra que separa el contenido celular de la pared celular, utilizando bolsas de micro filtrado	[36], [37]
EE	Se utiliza aparato Soxhlet, en el cual se hace una extracción completa del material lipídico, excepto aquel ligado a la proteína.	[35]
ELN	Se obtiene a partir de MS no determinada por la suma del EE, fibra cruda, cenizas y PC	[32]
Cenizas	Calcinación a temperaturas mayores a los 500 °C. Se incinera la materia orgánica que se pierde como gas carbónico y permite recuperar el contenido mineral	[35]

Con el propósito de obtener más información sobre la calidad nutricional del forraje de las especies evaluadas, otros indicadores fueron calculados con base en los resultados encontrados en el laboratorio. Para tal fin, se obtuvieron de la literatura diferentes ecuaciones y los valores se estimaron para el forraje de cada especie (Tabla 3).

Para todas las variables se calcularon estadísticas descriptivas y posteriormente se realizó una comparación de los indicadores entre especies. Para la comparación, se usó la prueba de Kruskal Wallis. A continuación, con el fin de determinar que variables nutricionales tenían más peso en la variabilidad de los datos, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) y luego se realizó un análisis de conglomerados para determinar grupos de especies con características similares en calidad nutricional. De esta manera, fue factible generar información para la priorización de las especies a utilizar en el ensayo de palatabilidad. Los análisis fueron realizados con el software estadístico Infostat 2019 [38].

Tabla 3. Indicadores adicionales de calidad nutricional estimados

Indicador	Ecuación para cálculo	Referencia
Nutrientes digestibles totales (TDN) (%)	$TDN = 105.2 - (0.667 \times FDN)$	[39]
Energía digestible (DE) Mcal kg ⁻¹	$DE = 0.27 + 0.0428 \times DIVMS$	Adaptado ¹ [40]
Energía metabolizable (ME) Mcal kg ⁻¹	$ME = 0.821 \times DE$	[40]
Ingesta de materia seca (DMI) (%)	$DMI = \frac{120}{FDN}$	[39]
Valor de alimentación relativo (RFV)	$RFV = \frac{DIVMS \times DMI}{1.29}$	Adaptado ¹ [39]
Calidad relativa del forraje (RFQ)	$RFQ = \frac{DMI \times TDN}{1.23}$	[41]

Adaptado 1= Se utilizó la DIVMS en lugar de la Digestibilidad de MS propuesta por el autor que se calcula a partir de la fibra detergente ácida

Evaluación de la palatabilidad

Con base en los resultados de los análisis nutricionales y las características de las plantas que representaban mayor facilidad para la toma de forraje (acceso y abundancia), tres especies fueron elegidas para el ensayo de palatabilidad. Se realizó un experimento con un diseño completamente al azar y tres repeticiones. Los tratamientos, se asociaron a las especies de bambú (3) y las variables de respuesta fueron el consumo diario y la proporción de consumo diario o consumo diario relativo.

El sitio del experimento fue un potrero en la FY de aproximadamente una ha, con cobertura de pasto *Cynodon nienfuensis* llamado comúnmente estrella. Los comederos para la oferta de forraje se construyeron en canoas hechas de canecas plásticas recicladas, ensambladas sobre una estructura de bambú. La ubicación de estos fue aleatoria en tres sitios del potrero que contaban con sombra de árboles y de bambú. La ubicación también contempló, el paso de los bovinos hacia su bebedero. Se trabajó con cinco bovinos, machos, mestizos, *Bos taurus* x *Bos Indicus*, de un año de edad y un peso de 239 kg en promedio. El consumo aproximado para estos animales se estimó en 6 kg MS animal⁻¹ día⁻¹. No obstante, el propósito del ensayo fue ofrecer el forraje de bambú como complemento al pasto estrella y así verificar su palatabilidad.

Durante diez días consecutivos, entre el 12 y el 22 de marzo de 2020, se llevó a cabo el ensayo. Considerando que el forraje de bambú sería complemento de la pastura, se ofertó diariamente 18 kg de forraje de bambú, 6 kg por especie y 2 kg de cada especie por comedero. El forraje ofrecido correspondía principalmente a hojas que eran separadas de las ramas principales, de modo que no era necesario picarlas. Para la estimación del consumo, se pesó el forraje de bambú ofrecido todas las mañanas y el retirado en la tarde. Para este fin, los valores se expresaron como materia seca (MS). Se calculó el consumo diario (Cd) por especie y la proporción de consumo diario respecto a la cantidad ofrecida como se indica en la Ec. 1:

$$C_d = A_0 - A_1$$

$$\%C_d = \frac{(A_0 - A_1)}{A_0} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$

Donde C_d = peso del consumo diario por especie en g de MS, A_0 = Oferta de forraje diario en g de MS en la mañana, A_1 = remanente de forraje diario en la canoa en g de MS, $\%C_d$ = porcentaje de consumo diario o consumo diario relativo. Los valores de C_d y $\%C_d$ se promediaron y se realizó un análisis de varianza para establecer si había diferencias en el consumo entre especies. Los análisis se realizaron con el software estadístico Infostat [38].

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características nutricionales de las especies de bambú

La MS muestra un grupo de especies con valores significativamente ($p < 0,05$) más altos (Tabla 4), que es importante porque las otras variables se calculan con base en MS. Así, un valor alto de otra variable tendrá más relevancia si el valor de MS también lo es. Los valores más altos de DIVMS, PC, EE, ELN y cenizas, pueden asociarse con mejores condiciones nutricionales, mientras que los que los valores de FDN representan aquella fracción del forraje que es menos digerible y por lo tanto, valores bajos serían más deseables [42]. Sin embargo, no es una apreciación definitiva ya que es necesario conocer la digestibilidad de la FDN [43]. Otras variables como la PC se utiliza como indicador también [41], pero debe ser evaluada considerando también la DIVMS, que representa la cantidad de forraje que puede ser digerido [44].

Tabla 4. Características nutricionales del forraje de nueve especies de bambú de acuerdo con el análisis proximal

Especie		MS	DIVMS	PC	%			Ceniza:
					FDN	EE	ELN	
1	Media	37,8 ^{de}	45,2 ^{bc}	12,5 ^c	63,3 ^{ab}	3,1	6,4	17,1 ^{ab}
	DE	0,7	17,7	0,3	3,7	0,6	3,4	1,3
2	Media	36,1 ^e	72,4 ^a	15,9 ^a	62,3 ^{abc}	3,7	6,7	11,5 ^c
	DE	0,7	2,4	0,7	2,3	1,2	2,4	0,4
3	Media	46,9 ^{abcd}	54,2 ^{bc}	12,8 ^c	58,4 ^{bcd}	4,5	9,9	14,4 ^{bc}
	DE	3,8	4,4	0,6	4,2	1,2	4,7	1,0
4	Media	42,1 ^{bcd}	58,6 ^{abc}	15,0 ^{ab}	67,0 ^a	3,3	0,6	16,5 ^{abc}
	DE	3,4	12,3	1,5	4,4	1,1	0,1	1,5
5	Media	47,4 ^{abcd}	59,8 ^{ab}	13,7 ^{bc}	58,1 ^{bcd}	4,6	5,0	18,6 ^a
	DE	1,0	4,4	0,1	0,7	0,4	1,6	1,1
6	Media	41,5 ^{cde}	54,7 ^{abc}	14,6 ^{ab}	55,9 ^d	3,7	7,3	18,5 ^a
	DE	1,5	2,1	0,3	3,9	0,5	4,8	0,2
7	Media	57,2 ^a	44,5 ^c	13,8 ^{abc}	62,7 ^{abc}	4,1	3,1	16,3 ^{abc}
	DE	0,6	2,7	0,3	1,2	0,6	1,3	0,7
8	Media	50,3 ^{ab}	63,4 ^{ab}	13,8 ^{bc}	56,6 ^{cd}	4,0	9,1	16,5 ^{abc}
	DE	1,0	5,4	1,8	1,7	0,7	4,0	0,2
9	Media	47,8 ^{abc}	50,1 ^{bc}	13,9 ^{abc}	62,5 ^{abcd}	3,1	2,3	18,1 ^a
	DE	0,3	6,6	0,1	2,1	0,4	2,3	0,1
Todas	Media	45,2	55,9	14,0	60,8	3,8	5,7	16,4
	DE	6,5	10,9	1,2	4,3	0,8	3,9	2,3

DE= desviación estándar; letras diferentes entre medias de cada variable son diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las especies

Las especies 5) *Gigantochloa apus*, 6) *Guadua angustiolia* y 8) *Phyllostachys aurea*, muestran el mejor balance en el contenido nutricional evaluado. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el contenido de nutrientes es solo una parte de lo que representa la calidad nutricional [41,42].

Los resultados de otros indicadores coinciden que las tres especies (5, 6 y 8), tienen un mejor balance en general y siempre están dentro de las cinco con valores significativamente ($p < 0,05$) más altos que las restantes (Tabla 5). Los valores de TDN, DE y DMI, pueden ser interpretados individualmente, pero dicen menos que cuando son usados para calcular otras variables. La ME (a partir de DE), representa la energía que no se pierde en las heces, gases y orina [44] y estaría disponible para el metabolismo del animal y su pérdida se da a través del calor en el tracto digestivo [45]. El RFV, es un índice que integra la DIVMS y el consumo potencial (DMI), por lo tanto valores más altos representan un mejor condición, mientras que el RFQ, que tiene el mismo significado por el origen de su cálculo, puede resultar un mejor indicador de la calidad nutricional del forraje [41,42].

Respecto a los valores reportados en la literatura para otros forrajes, los encontrados en este estudio están en rangos intermedios. De acuerdo con Castillo et al. [41], los valores de PC y TDN para forrajes, oscilan entre 10 % a 15% y 60% a 65%, respectivamente. Los valores de RFV encontrados en estudio, resultan similares a algunos granos y superiores a pasturas reportados por [45]. El RFQ, presenta valores que de acuerdo con Castillo et al. [41] podría ser viable para ganadería con vacas de 12 a 18 meses de edad. De otro lado, ligeramente menor a valores reportados por Amiri et al. [46] para pasturas y leguminosas en Irán. En este sentido, probablemente más útiles en animales en este rango de edad o como complemento de la alimentación que usualmente tienen.

De acuerdo con Castillo et al. [41] la calidad del forraje depende del efecto que este genera sobre el propósito, ya sea en producción de leche, aumento de peso, tasa de reproducción y estos, se definen por el valor nutricional que se describe a través de indicadores medidos en el laboratorio y de la ingesta de forraje o lo que comen los animales, en este sentido los índices RFV y RFQ representan una posibilidad para cualificar el forraje, integrando valor nutritivo y predicciones de ingesta animal, sin embargo, variables como la PC y la EM, siguen siendo un buen indicador de la calidad. Así mismo, se puede decir que entre más altos los valores, sería más probable es que el forraje satisfaga la demanda de nutrientes de un tipo específico de ganado Castillo et al. [41].

Tabla 5. Indicadores de calidad nutricional del forraje de nueve especies de bambú estimados a partir de variables evaluadas con el análisis proximal

Especie		TDN (%)	DE (Mcal kg ⁻¹)	ME (Mcal kg ⁻¹)	DMI (%)	RFV	RFQ
1	Media	63,3 ^{cd}	2,2 ^{bc}	1,8 ^b	1,9 ^{cd}	66,3 ^{cd}	98,0 ^{cd}
	DE	2,5	0,8	0,6	0,1	25,0	9,6
2	Media	64,0 ^{bcd}	3,4 ^a	2,8 ^a	1,9 ^{bcd}	108,3 ^a	100,4 ^{bcd}
	DE	1,5	0,1	0,1	0,1	7,4	6,0
3	Media	66,5 ^{abc}	2,6 ^{bc}	2,1 ^{bc}	2,1 ^{abc}	86,6 ^{abcd}	111,7 ^{abc}
	DE	2,8	0,2	0,2	0,2	9,6	12,4
4	Media	60,8 ^d	2,8 ^{abc}	2,3 ^{abc}	1,8 ^d	80,9 ^{bcd}	89,0 ^d
	DE	2,9	0,5	0,4	0,1	11,7	9,9
5	Media	66,8 ^{abc}	2,8 ^{ab}	2,3 ^{ab}	2,1 ^{abc}	95,9 ^{abc}	112,1 ^{abc}
	DE	0,5	0,2	0,2	0,0	8,3	2,2
6	Media	68,2 ^a	2,6 ^{abc}	2,1 ^{abc}	2,2 ^a	91,3 ^{abc}	119,4 ^a
	DE	2,6	0,1	0,1	0,1	8,7	12,2
7	Media	63,7 ^{bcd}	2,2 ^c	1,8 ^a	1,9 ^{bcd}	66,1 ^d	99,2 ^{bcd}
	DE	0,8	0,1	0,1	0,0	3,0	3,1
8	Media	67,7 ^{ab}	3,0 ^{ab}	2,5 ^{ab}	2,1 ^{ab}	104,4 ^{ab}	116,8 ^{ab}
	DE	1,1	0,2	0,2	0,1	11,6	5,2
9	Media	63,8 ^{abcd}	2,4 ^{bc}	2,0 ^{bc}	1,9 ^{bcd}	74,6 ^{cd}	99,6 ^{bcd}
	DE	1,4	0,3	0,2	0,1	11,5	5,6
Todas	Media	65,0	2,7	2,2	2,0	86,0	105,2
	DE	2,9	0,5	0,4	0,1	17,9	11,9

Letras diferentes entre medias de cada variable son diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las especies

Los valores de DIVMS pueden ser comparables con aquellos registrados por [47], para la especie leñosa *Leucanea leucocephala* (63,7 %) y superior a pastos como *Cynodon nlemfuensis* (42,88 %), ambos en sistemas silvopastoriles de las zonas bajas de la región cafetera de Colombia. Así mismo, superior que en pasturas y arbustos registrados en la región caribe de Colombia (<60%) por [15]. Respecto a forraje de otras especies de bambú, los valores de PC son comparables a los encontrados por [29] en India. En Madagascar, [28] también con nueve especies de las cuales la 4) *Bambusa vulgaris* y la 8) *Phyllostachys aurea*, son comunes, los valores promedio de MS fueron ligeramente inferiores (45,2 5 vs. 57,1), pero más altos en PC y cenizas (16,4%vs 13,5 % y 14% vs. 12,5 % respectivamente). También dos de las especies evaluadas aquí ,3) *Bambusa multiplex* y 4) *Bambusa vulgaris*, fueron incluidas en otro estudio en India con 14 especies [48]), donde registraron valores más bajos de MS (54,2% y 58,6% vs. 51,1% y 56,7%) y similares de PC (12,8% y 15% vs. 13,5 % y 10,6 %). Estas comparaciones no pueden considerarse definitivas y se toman solo como referencia, dado que los valores pueden variar de acuerdo con los métodos utilizados para las determinaciones o cálculos, a las condiciones ambientales donde se llevaron a cabo los estudios y a las posibles diferencias que se pueden presentar incluso

entre la misma especie.

Del PCA se obtuvieron dos componentes (PC1 y PC2) que representan el 80% (46,6 % y 33,4% respectivamente) de la variabilidad total del conjunto de datos. Se obtuvo un coeficiente de correlación cofenético de 0,953 que indica que hubo una adecuada reducción de la dimensionalidad. El PC1 tuvo mayor influencia de los índices de calidad de forraje (RFV y RFQ) y la DIVMS, con una carga opuesta de la FDN. Mientras que el PC2, tuvo mayor correlación con la PC, DE, ME (Tabla 6).

Tabla 6. Correlación entre las variables y los componentes principales

Variable	PC1	PC2
MS	-0,07	-0,57
DIVMS	0,69	0,7
PC	0,2	0,79
FDN	-0,83	0,54
EE	0,62	-0,31
ELN	0,75	-0,29
Cenizas	-0,24	-0,64
TDN	0,83	-0,54
DE	0,69	0,7
ME (Mcal)	0,69	0,7
DMI	0,83	-0,53
RFV	0,9	0,42
RFQ	0,83	-0,53

Cuando las variables fueron ploteadas como vectores, se observa su relación con el valor de los componentes y la correlación entre las mismas (Fig. 1). Cuando el ángulo que forman los vectores se aleja de 90° hay mayor correlación [49]. También, al incluir en las especies de bambú, se puede observar la asociación de estas con los componentes y las características nutricionales.

Las especies priorizadas se agruparon en la parte inferior derecha (Fig. 1), mostrando cercanía a los índices de calidad de forraje y distantes de variables como la FDN, que se encuentra en el extremo superior izquierdo. Esta asociación permitió ver en conjunto las variables, las especies y la forma en que cada una incide en la calidad nutricional.

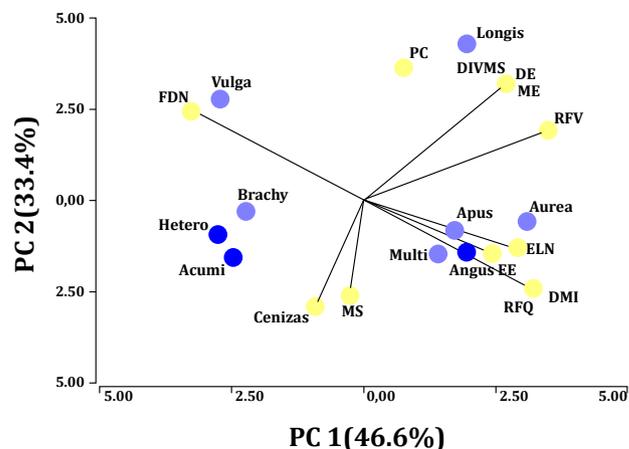


Fig 1. Relaciones entre las variables de calidad nutricional, los componentes principales y las especies de bambú. Hetero = *Bambusa heterostachya*, Longis= *Bambusa longispiculata*, Multi = *Bambusa multiplex*, Vulga = *Bambusa vulgaris*, Apus = *Gigantochloa apus*, Angus = *Guadua angustifolia*, Acumi = *Otatea acuminata*, Aurea = *Phyllostachys aurea*, Brachy= *Schizostachyum brachycladum*

Con el análisis de conglomerados se observó la conformación de dos grupos de especies diferenciados por su calidad nutricional. Esta separación fue consistente con la distribución encontrada en el análisis gráfico con los componentes principales. En este caso, el primer grupo incluye las especies con similitudes con mejores características donde se encuentran las tres priorizadas (Fig. 2). En este análisis, cada grupo reúne unidades cuya similitud es máxima bajo algún criterio, mientras otras tienden a ser diferentes [49].

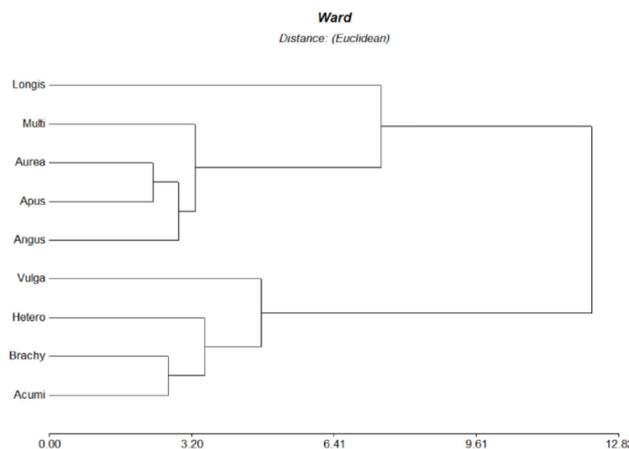


Fig 2. Dendrograma de las especies de bambú de acuerdo con su calidad nutricional. Hetero = *Bambusa heterostachya*, Longis= *Bambusa longispiculata*, Multi = *Bambusa multiplex*, Vulga = *Bambusa vulgaris*, Apus = *Gigantochloa apus*, Angus = *Guadua angustifolia*, Acumi = *Otatea acuminata*, Aurea = *Phyllostachys aurea*, Brachy= *Schizostachyum brachycladum*

Ensayo de palatabilidad

El valor ofertado de acuerdo con el promedio MS para las tres especies (46,3%) fue equivalente a 8,3 kg día⁻¹, es decir el 28% de la oferta total requerida por los cinco animales (30 kg). En este sentido, en cada canoa se ofertó por especie aproximadamente 15,4% (0,929 kg) de lo requerido por un animal, considerando que era un complemento. La ingesta de forraje de las tres especies fue baja y mostró una alta variabilidad, con valores de 77,8 g ± 45,9 de ingesta promedio diaria de todo el forraje ofrecido (tres especies) y un consumo relativo de 8,2 % ± 4,8 (Tabla 7). La especie con el promedio más alto de consumo fue de *Phyllostachys aurea*, aunque entre especies no se encontraron diferencias significativas (p>0,05).

Tabla 7. Valores de consumo medio diario y relativo de forraje de tres especies de bambú

Variables		<i>Gigantochloa apus</i>	<i>Guadua angustifolia</i>	<i>Phyllostachys aurea</i>
Consumo diario (g)	Media	88,6	27,5	117,3
	DE	148,0	73,2	228,5
Proporción de consumo diario (%)	Media	9,3	2,9	12,4
	DE	15,6	7,7	24,1

DE = desviación estándar

El bajo consumo se pudo asociar a la edad de los animales (un año) a la cual ya tienen patrones de alimentación definidos y también a que la oferta de forraje en el potrero con el pasto estrella era adecuada. Podría considerarse adicionalmente que la palatabilidad del forraje era baja. No obstante, esto no coincide con los indicadores obtenidos, aunque durante el experimento fue también evidenciado que el forraje después de la cosecha perdió hasta el 16% de humedad durante el día, condición que podría inducir al rechazo.

Los factores mencionados, son consistentes con lo propuesto por [50], quienes plantean que la selección y consumo en rumiantes está definida por factores propios del animal como experiencia previa en la selección del alimento, el condicionamiento y la disponibilidad de forraje. También de factores sociales, donde se resalta el comportamiento aprendido y de hábitat, donde el acceso al forraje y la palatabilidad son esenciales.

Aunque no es abundante la literatura sobre la palatabilidad de bambú, para Mekuriaw et

al. [27], se requiere aún más investigación al respecto. De otro lado, [29], encontraron relativos de más del 70%, pero con una reducción del consumo en la media que aumentaba el contenido de taninos. Lo que evidencia la necesidad de profundizar en este tópico de investigación. También, [28] evaluaron el consumo mezclando el forraje de bambú con otros suplementos. En este sentido, dado el contexto de este estudio, incluir otros insumos, puede incidir en un aumento de costos y seguramente sería menos atractivo para los productores ganaderos

IV. CONCLUSIONES

Las especies de bambú evaluadas presentaron de acuerdo con los indicadores utilizados, características similares a las de forraje de otras leñosas usadas en SPS. Aquellas cuyo forraje tuvo valores más altos para los indicadores nutricionales evaluados, son superiores a las pasturas más usadas en el trópico. No obstante, se vislumbra de acuerdo con los resultados, que su potencial podría ser como complemento de las pasturas y no como única fuente de alimentación.

Aunque se realizaron comparaciones con otras especies de bambú y forrajeras leñosas usadas en sistemas ganaderos, las mismas deben ser hechas con cautela debido a los diferentes factores que pueden afectar los valores de las variables que describen la calidad nutricional. Así mismo, los resultados no pueden ser extrapolables hasta ahora a otras condiciones o contexto.

Los valores de consumo de forraje fueron bajos a pesar de las características evaluadas de las especies. Diferentes factores relacionados con los patrones de alimentación de los animales, la edad de estos, la buena oferta de otros recursos de forraje y probablemente aspectos o características aún no evaluados en el forraje de las especies de bambú, pueden tener un efecto importante y por esta razón se requiere más investigación en este tópico. Esto implicaría ampliar los ensayos de palatabilidad a ciclos completos de la fase productividad o crecimiento de los animales y contrastar la oferta nutricional versus los requerimientos, de acuerdo con la edad, raza, estado y propósito, así como evaluar el comportamiento animal

para la selección de forraje.

Algunas ventajas como el rápido crecimiento, que al ser gramíneas facilitaría su adaptación dentro de pasturas y los usos asociados que habitualmente se le da para otras aplicaciones, podrían ser una alternativa interesante en procesos de reconversión ganadera.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada y realizada por la Red Internacional de Bambú y Ratán (INBAR) como parte del Programa de Investigación del CGIAR sobre Bosques, Árboles y Agroforestería (FTA).

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaramos no tener conflictos de interés.

REFERENCIAS

[1] Sakadevan K, Nguyen ML. Livestock Production and Its Impact on Nutrient Pollution and Greenhouse Gas Emissions. In: Sparks DL, editor. *Advances in Agronomy*. Academic Press Inc.; 2017. p. 147–84.

[2] Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, et al. Solutions for a cultivated planet. *Nature*. 2011; 478 (7369): 337–42.

[3] FAO. Global Forest Resources Assessment 2015. How are the world's forests changing?. [Internet]. Second. Roma: FAO; 2016 [acceso 8 de abril 2020]. Disponible en: www.fao.org/publications

[4] IDEAM, U.D.C.A. Síntesis del estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia. Bogotá; 2015.

[5] FEDEGAN. Ganadería colombiana, hoja de ruta 2018-2022 [Internet]. Bogotá; 2018 [acceso 8 de abril 2020]. Disponible en: <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/documentos-de-estadistica>

[6] FEDEGAN. Inventario Ganadero [Internet]. Bogotá; 2017 [acceso 18 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/documentos-de-estadistica>

[7] IAVH. Biodiversidad 2018. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia [Internet]. Moreno LA, Andrade

GI, Gómez MF, editors. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; 2019 [acceso 8 de abril 2020]. 82 p. Disponible en: <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2018/>

[8] Montoya-Molina S, Giraldo-Echeverri C, Montoya-Lerma J, Chará J, Escobar F, Calle Z. Land sharing vs. land sparing in the dry Caribbean lowlands: A dung beetles' perspective. *Appl Soil Ecol*. 2016; 98: 204–12.

[9] Murgueitio E, Calle Z, Uribe F, Calle A, Solorio B. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *For Ecol Manage*. 2011; 261 (10): 1654–63.

[10] Murgueitio E, Ibrahim M. Ganadería y Medio Ambiente en América Latina. In: Murgueitio E, Cuartas, C. A, Naranjo, J. F, editors. *Ganadería del futuro, investigación para el desarrollo*. Cali; 2008. p. 19–39.

[11] Montagnini F, Somarriba E, Murgueitio E, Fassola H, Eibl B. Sistemas agroforestales: Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. CATIE. Cali: Editorial CIPAV; 2015. Serie técnica. Informe técnico: 402.

[12] Alonso J. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Cuba J Agric Sci*. 2011; 45 (2): 107–15.

[13] Chará J, Reyes E, Peri P, Otte J, Arce E, Schneider F. Silvopastoral Systems and their Contribution to Improved Resource Use and Sustainable Development Goals: Evidence from Latin America [Internet]. Cali: FAO, CIPAV and Agri Benchmark; 2019 [acceso 3 de abril de 2020]. Disponible en: www.fao.org/

[14] Murgueitio Restrepo E, Barahona Rosales R, Flores Estrada MX, Chará Orozco JD, Rivera Herrera JE. Es Posible Enfrentar el Cambio Climático y Producir más Leche y Carne con Sistemas Silvopastoriles Intensivos. *Ceiba*. 2016; 54 (1): 23–30.

[15] Gaviria-Urbe X, Naranjo-Ramirez JF, Bolivar-Vergara DM, Barahona-Rosales R. Consumo y digestibilidad en novillos cebuínos en un sistema silvopastoril intensivo. *Arch Zootécnia* 2015; 64 (245): 21–7.

[16] Camargo JC. Growth and productivity of the bamboo species *Guadua angustifolia* Kunth in the coffee region on Colombia [Internet]. Göttingen; 2006 [acceso el 23 de enero de 2020]. Disponible en: <https://cuvillier.de/de/shop/publications/2284>

- [17] Kleinn C, Morales-Hidalgo D. An inventory of *Guadua angustifolia* bamboo in the Coffee Region of Colombia. *Eur J For Res.* 2006;4(125):361-368.
- [18] García JH, Camargo JC. Condiciones de calidad de *Guadua angustifolia* para satisfacer las necesidades del mercado en el Eje Cafetero de Colombia. *Recur Nat y Ambient [Internet]*. 2010 [acceso el 25 de enero de 2020]; (61): 67-76.
- [19] Camargo JC, Cardona G. Análisis de fragmentos de bosque y guaduales; enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. Pereira, Colombia, CIPAV-CATIE-Banco Mundial- GEF-LEAD. Cali; 2005.
- [20] Buckingham KC, Wu L, Lou Y. Can't See the (Bamboo) Forest for the Trees: Examining Bamboo's Fit Within International Forestry Institutions. *Ambio.* 2014; 43 (6): 770-8.
- [21] Clark LG, Londoño X, Ruiz-Sanchez E. Bamboo Taxonomy and Habitat. In: Liese W, Köhl M, editors. *Bamboo, The Plant and its Uses Tropical Forestry.* Hamburg: Springer; 2015. p. 1-30.
- [22] Isagi Y, Kawahara T, Kamo K, Ito H. Net production and carbon cycling in a bamboo *Phyllostachys pubescens* stand. *Plant Ecol.* 1997; 130: 41-52.
- [23] Singh AN, Singh JS. Biomass, net primary production and impact of bamboo plantation on soil redevelopment in a dry tropical region. *For Ecol Manage.* 1999; 119 (1-3): 195-207.
- [24] Cajas-Giron YS, Sinclair FL. Characterization of multistrata silvopastoral systems on seasonally dry pastures in the Caribbean Region of Colombia. *Agrofor Syst.* 2001; 53 (2): 215-25.
- [25] Mekuriaw Y, Urge M, Animut G. Role of indigenous Bamboo species (*Yushania alpina* and *Oxytenanthera abyssinica*) as ruminant feed in northwestern Ethiopia. *Livest Res Rural Dev* [25] Andriarimalala JH, Kpomasse CC, Salgado P, Ralisoa N, Durai J. Nutritional potential of bamboo leaves for feeding dairy cattle. *Pesqui Agropecu Trop.* 2019 Feb 6;49.
- [26] Bhardwaj DR, Sharma P, Bishist R, Navale MR, Kaushal R. Nutritive value of introduced bamboo species in the northwestern Himalayas, India. *J For Res.* 2019; 30 (6): 2051-60.
- [27] Sahoo A, Ogra RK, Sood A, Ahuja PS. Nutritional evaluation of bamboo cultivars in sub-Himalayan region of India by chemical composition and in vitro ruminal fermentation.
- [28] Antwi-Boasiako C, Coffie GY, Darkwa NA. Proximate composition of the leaves of *Bambusa ventricosa*, *Oxytenanthera abyssinica* and two varieties of *Bambusa vulgaris*.
- [29] De Gracia M. Guía para el análisis bromatológico de muestras de forrajes. Ciudad de Panamá; 2015.
- [30] Robinson PH, Campbell Mathews M, Fadel JG. Influence of storage time and temperature on in vitro digestion of neutral detergent fibre at 48 h, and comparison to 48 h in sacco neutral detergent fibre digestion. *Anim Feed Sci Technol.* 1999; 80: 257-66.
- [31] Sáez-Plaza P, García Asuero A, Martín J. An annotation on the Kjeldahl method. *An Real Acad Farm.* 2019; 85: 14-9.
- [32] Balthrop J, Brand B, Cowie RA, Danier J, De Boever J, De Jonge L, et al. Quality assurance for animal feed analysis laboratories. Roma: FAO; 2011. 180 p.
- [33] Goering M, Van Soest JP. Forage Fiber Analyses. *Agriculture Handbook No. 379.* Maryland; 1970.
- [34] Vogel KP, Pedersen JF, Masterson SD, Toy JJ. Notes: Evaluation of a filter bag system for NDF, ADF and IVDMD forage analysis. *Crop Sci.* 1999; 39: 276-9.
- [35] Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarini M, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. *InfoStat / Free.* Cordoba: Universidad Nacional de Cordoba; 2019.
- [36] Undersander D, Mertens D, Thiex N. *Forage Analyses Procedures.* Omaha; 1993.
- [37] Bozkurt Kiraz A. Determination of Relative Feed Value of Some Legume Hays Harvested at Flowering Stage.
- [38] Castillo MS, Romero JJ. *Forage Quality Indices for Selecting Hay.* North Carolina; 2016.
- [39] Oba M, Allen MS. Evaluation of the Importance of the Digestibility of Neutral Detergent Fiber from Forage: Effects on Dry Matter Intake and Milk Yield of Dairy Cows. *J Dairy Sci.* 1999; 82: 589-96.
- [40] Ball D, Collins M, Lacefield G, Martin N, Mertens D, Olson K, et al. *Understanding forage quality.* Park Ridge; 2001.
- [41] Schroeder JW. *Forage Nutrition for Ruminants. AS1250 Quality Forage series.* FARGO; 2006.
- [42] Amiri F, Rashid A, Shariff M. Comparison

of nutritive values of grasses and legume species using forage quality index.

[43] Sandoval González M, Romero M, Alberto L, Bueno L, Bravo H, Gómez U, et al. Fermentación *in vitro* y la correlación del contenido nutrimental de leucaena asociada con pasto estrella.

[44] Bhandari MS, Kaushal R, Banik R, Tewari S. Genetic Evaluation of Nutritional and Fodder Quality of Different Bamboo Species.

[45] Casanoves F, Balzarini MG, Di Rienzo JA, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. InfoStat. Statistcal Software. User's Manual. Cordoba; 2012. 302 p.

[46] Tarazona AM, Ceballos MC, Naranjo JF, Cuartas CA. Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad em ruminantes. Rev Colomb Ciencias Pecu. 2012; 25 (3): 473-87.