

Nutritional characterization of trees from the Amazonian piedmont, Putumayo department, Colombia

Caracterización nutritiva de arbóreas del pie de monte amazónico, departamento del Putumayo, Colombia

A. R. Riascos Vallejos¹, J. J. Reyes González² and L. A. Aguirre Mendoza³

¹Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Regional Putumayo.

²Instituto de Investigación Pastos y Forrajes. Ministerio de la Agricultura. Av. Independencia km 81/2. Boyeros.
CP 10800, La Habana, Cuba.

³Universidad Nacional de Loja, Ciudad Universitaria Guillermo Falconi E. Casilla Postal: Letra S, Loja, Ecuador.

A.R. Riaco Vallejos, <https://orcid.org/0000-0001-6627-9372>

J. J. Reyes González, <https://orcid.org/0000-0002-9681-1187>

L. A. Aguirre Mendoza, <https://orcid.org/0000-0002-9239-6801>

The nutritive characterization of trees from the Amazonian piedmont was carried out, in Putumayo department, Colombia. Random samples of six local forage species were collected: *Tithonia diversifolia*, *Trichantera gigantea*, *Piptocoma discolor*, *Clitoria fairchildiana*, *Hibiscus rosa-sinensis* and *Solanum rugosum*, with regrowth age of sixty days. The bromatological characterization was performed by NIRS spectroscopy and the content of anti-nutritional factors was qualitatively determined. For the statistical analysis, the statisticians, mean, standard deviation and coefficient of variation were taken into account. *Piptocoma discolor* highlighted for its high quality, since it showed the highest digestibility percentage (74.71) and higher protein values (21.52 %) and energy content (10.26 Mj/kg DM) with respect to the rest of the species. It was followed by *Trichantera gigantea*, with a digestibility percentage of 68.99; protein values of 20.34 % and energy content of 9.63 ME (Mj/kg DM). The *Hibiscus rosa-sinensis* species showed the lowest values of NDF (34.47 %) and ADF (17.13 %) and higher total starch content (3.31 %). In the mineral composition, the values of Zn and Cu for the tree *Trichantera gigantea* and the amount of Ca and P for *Tithonia diversifolia* were higher than the other forage plants. According to the characterization of the shrubs, it is concluded that the species *Piptocoma discolor*, *Trichantera gigantea* and *Hibiscus rosa-sinensis* have an adequate content of protein, energy and digestibility. The species *Tithonia diversifolia*, *Clitoria fairchildiana*, and *Solanum rugosum* have an appropriate mineral content and a moderate content of secondary metabolites. All have acceptable levels of nutritional components that make possible their use in animal feeding.

Key words: *silvopastoral*, *bromatological*, *Amazonia*.

Livestock in extensive systems extends to 30 % of the world's rainforests, and is associated with high deforestation levels and with the vocation change in soil use (FAO 2018). Livestock production is associated with the change in soil use, causes a decrease in biodiversity, environmental services and alters biological cycles and ecosystems, which contributes to the planet's climate change. Considering the problem, under the Amazonia conditions it is urgent to restructure livestock to environmentally friendly systems, in which grass monocultures were replaced by natural grasses, with

Se realizó la caracterización nutritiva de arbóreas del pie de monte amazónico, en el departamento del Putumayo, Colombia. Se recolectaron muestras aleatorias de seis especies forrajeras locales: *Tithonia diversifolia*, *Trichantera gigantea*, *Piptocoma discolor*, *Clitoria fairchildiana*, *Hibiscus rosa-sinensis* y *Solanum rugosum*, con edad de rebrote de sesenta días. Se hizo la caracterización bromatológica por espectroscopia NIRS y se determinó cualitativamente el contenido de factores anti-nutricionales. Para el análisis estadístico se tuvieron en cuenta los estadígrafos media, desviación típica y coeficiente de variación. *Piptocoma discolor* sobresalió por su alta calidad, ya que presentó el porcentaje de digestibilidad más alto (74.71), y superiores valores de proteína (21.52 %) y contenido energético (10.26 Mj/kg MS) con respecto al resto de las especies. Le siguió *Trichantera gigantea*, con porcentaje de digestibilidad de 68.99; valores de proteína de 20.34 % y contenido energético de 9.63 EM (Mj/kg MS). La especie *Hibiscus rosa-sinensis* mostró los menores valores de FDN (34.47 %) y FDA (17.13 %) y mayor contenido de almidones totales (3.31 %). En la composición mineral, los valores de Zn y Cu para la arbórea *Trichantera gigantea* y la cantidad de Ca y P para la *Tithonia diversifolia* fueron superiores en relación con las otras forrajeras. De acuerdo con la caracterización de las arbustivas, se concluye que las especies *Piptocoma discolor*, *Trichantera gigantea* e *Hibiscus rosa-sinensis* poseen un adecuado contenido de proteína, energía y digestibilidad. Las especies *Tithonia diversifolia*, *Clitoria fairchildiana* y *Solanum rugosum* tienen contenido apropiado de minerales y moderado contenido de metabolitos secundarios. Todas presentan niveles aceptables de componentes nutricionales que posibilitan su uso en alimentación animal.

Palabras clave: *silvopastoriles*, *bromatológica*, *Amazonia*.

La ganadería en sistemas extensivos se extiende en 30 % de las selvas o bosques tropicales del mundo, y se relaciona con altos niveles de deforestación y con el cambio de vocación en el uso del suelo (FAO 2018). La producción ganadera se asocia con el cambio de uso del suelo, ocasiona disminución de la biodiversidad, de los servicios ambientales y altera los ciclos biológicos y ecosistemas, lo que contribuye al cambio climático del planeta. Ante este problema, en las condiciones de la Amazonia es urgente la reconversión ganadera hacia sistemas amigables con el ambiente, en los que

less water requirement and perennial plant species and silvopastoral systems that diversify the forage supply (Gomez *et al.* 2017).

The nutritional content of tropical grasses, the lack of knowledge of the new species and their limited fiber degradability by herbivores, are limitations for animal productivity in the Amazonian piedmont. Some farmers use grazing systems in silvopastoral systems, which allow increasing and diversifying the forage supply, to improve the diet quality and ensure the conservation and recycling of nutrients, under the particular conditions of the Amazonian soils (Vivas *et al.* 2017).

In the same way, production per unit area should be maximized, due to current food production needs, taking into account the new challenges of the ecological livestock, which contributes to the reduction of greenhouse gases (GHG) and the reduction of contaminants (Fajardo *et al.* 2014).

It is known that variations in the intensity and frequency of rainfalls, El Niño phenomenon and high temperatures affect food production. Specifically, in the Amazonia, tropical grasses are generally characterized by having low amounts of biomass and low nutritional quality, which is due to the soils quality. For these reasons, farmers need to find new materials that help to improve the food supply for their animals (Gallego-Castro *et al.* 2016). The forage supply, with trees and shrubs, compared to that of grasses, tends to better preserve organic matter (limiting factor), due to the return to the soil of leaves, fruits, branches, faeces and urine, which is mainly derived from the increase of the edaphological activity of the soil through the nutrients recycling, especially in acid soils and deficient in elements such as phosphorus and potassium, high in iron and aluminum, characteristic of the Amazonia (Townsend and *et al.* 2010).

Forage resources are the basis of nutrition and ruminants feeding, they provide the highest percentage of nutrients for their own productive and reproductive performance. However, the trees have a very variable composition, due to multiple factors that affect their quality. Using tree forage in animal feeding is a challenge for researchers exploring new resources in the Amazonia (Morales-Velasco and Teran-Gomez 2016). This can only be achieved through the knowledge of the food resources available to each region and considering the need to optimize the use of alternative sources for animal feeding under humid tropics conditions.

The objective of this research was to carry out the nutritive characterization of trees from the Amazonian piedmont, in Putumayo department, Colombia.

Materials and Methods

The study was carried out at Villa Lucero farm,

se reemplacen los monocultivos de gramíneas por pastos naturales, con menor requerimiento hídrico y especies vegetales perennes y sistemas silvopastoriles que diversifiquen la oferta forrajera (Gomez *et al.* 2017).

El contenido nutricional de las pasturas tropicales, el desconocimiento de las nuevas especies y su limitada degradabilidad de fibra por parte de los herbívoros, constituyen limitantes para la productividad animal en el pie de monte amazónico. Algunos productores utilizan sistemas de pastoreo en sistemas silvopastoriles, que permiten aumentar y diversificar la oferta de forraje, para mejorar la calidad de la dieta y asegurar la conservación y el reciclaje de nutrientes, dadas las condiciones particulares de los suelos amazónicos (Vivas *et al.* 2017)

De la misma manera se debe maximizar la producción por unidad de área, debido a las necesidades actuales de producción de alimento, teniendo en cuenta los nuevos desafíos de una ganadería ecológica, que contribuya a la disminución de gases efecto invernadero (GEI) y a la reducción de contaminantes (Fajardo *et al.* 2014).

Es conocido que las variaciones en la intensidad y frecuencia de las precipitaciones, el fenómeno El Niño y las altas temperaturas afectan la producción de alimentos. Específicamente, en la Amazonia, las pasturas tropicales se caracterizan, por lo general, por presentar baja cantidad de biomasa y baja calidad nutricional, lo que obedece a la calidad de los suelos. Por estas razones, los productores necesitan encontrar nuevos materiales que ayuden a mejorar la oferta de alimentos para sus animales (Gallego-Castro *et al.* 2016). La oferta forrajera, con árboles y arbustivas, en comparación con la de gramíneas, suele conservar mejor la materia orgánica (actor limitante), por el retorno al suelo de hojas, frutas, ramas, heces y orina, que se deriva fundamentalmente del incremento de la actividad edafológica del suelo por medio del reciclaje de nutrientes, especialmente en suelos ácidos y deficientes en elementos como el fósforo y el potasio, altos en hierro y aluminio, característicos de la Amazonia (Townsend *et al.* 2010)

Los recursos forrajeros son la base de la nutrición y alimentación de los rumiantes, proveen el mayor porcentaje de los nutrientes destinados hacia su propio desempeño productivo y reproductivo. No obstante, las arbóreas presentan una composición muy variable, debido a múltiples factores que afectan su calidad. Utilizar forrajeras arbóreas en la alimentación animal es un reto para los investigadores que exploran nuevos recursos en la Amazonia (Morales-Velasco y Teran-Gomez, 2016). Esto solo se puede lograr mediante el conocimiento de los recursos alimentarios de los que dispone cada región y al considerar la necesidad de optimizar el uso de fuentes alternativas para la alimentación animal en las condiciones del trópico húmedo.

El objetivo de esta investigación fue realizar la caracterización nutritiva de arbóreas del pie de monte amazónico, en el departamento del Putumayo, Colombia.

located at coordinates 0°35'25.6 "N and 76°32'05.3" W in Putumayo department, Colombia, 256 m.o.s.l. The average temperature of the region is 25.3°C, with 85 % relative humidity and 3355 mm of annual precipitation (IDEAM 2017). This region corresponds to the tropical humid forest (Holdridge 1947).

The soils of this region are characterized by being of clay-loam and clay respectively. They are acidic soils (pH 4.6), low in phosphorus (<1.7 mg kg), with high contents of aluminum (> 3.2 cmol / kg) and iron. The soil was not irrigated and the plants were not fertilized during the experimental period. The study area was 1.5 ha and 2,500 m² plots were used for each of the six local forage species: *Tithonia diversifolia* (Asteraceae), *Trichantera gigantea* (Acanthaceae), *Pictocoma discolor* (Asteraceae), *Clitoria fairchildiana* (Fabaceae), *Hibiscus rosa sinensis* (Malvaceae) and *Solanum rugosum* (Solanaceae).

Characterization of forage species. The forage samples to be evaluated had a regrowth age of sixty days. A total of fifteen samples of a plant were taken in zig-zag from each plot of the crop, cutting from one meter. Leaves and stems were collected, harvested from the basal part of the regrowth in the summer season in June. From each species, three 200 g samples were taken for laboratory analysis. The samples were weighed and oven dried at 60 °C for 48 h. Later, they were ground in a hammer mill, until reaching a 1 mm size.

Nutritional analysis. It was performed by NIRS spectroscopy. After homogenization, the samples of round and dried forage were placed in a 50 mm diameter recipient and scanned from 400 to 1098 and from 1100 to 2498 nm, in 2 nm increments. A VIS/NIR spectrophotometer (Foss NIR Systems model 6500; www.foss.com) was used. The spectrums were recorded with WinISI 4.7.0 (www.foss.com), in the AGROSAVIA laboratory at Mosquera (Cundinamarca).

The variables dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin (L), hemicellulose (Hc), digestibility, metabolizable energy in ruminants (ME), calcium (Ca), phosphorus (P), sulfur (S), magnesium (Mg), zinc (Zn), copper (Cu), phenols (F), total tannins (Tt) and total alkaloids (Ta) (C Ariza-Nieto *et al.* 2018) were evaluated. For the qualitative content of secondary plant metabolites (SPM), qualitative tests were carried out in the specialized laboratories of the Universidad de Nariño. Saponins, phenols and sterols were characterized on the negative, low, moderate and abundant scale. The methodology described by Domínguez (1973) and Bilbao (1997) was followed.

Statistical analysis. The characterization of the forage plants was carried out using descriptive statistics, with the calculation of the position and dispersion statisticians: mean, standard deviation

Materiales y Métodos

El trabajo se desarrolló en la finca Villa Lucero, situada en las coordenadas 0°35'25.6"N y 76°32'05.3"W del departamento del Putumayo, Colombia, a 256 m s.n.m. La temperatura promedio de la región es de 25.3 °C, con 85 % de humedad relativa y 3355 mm de precipitación anual (IDEAM 2017). Esta región corresponde a la zona de vida bosque húmedo tropical (Holdridge 1947).

Los suelos de esta región se caracterizan por ser del tipo arcillo-limoso y arcilloso respectivamente. Son suelos ácidos (pH 4.6), bajos en fósforo (< 1.7 mg/kg), con altos contenidos de aluminio (> 3.2 cmol/kg) y hierro. El terreno no se regó ni se fertilizaron las plantas durante la etapa experimental. El área de estudio fue de 1.5 ha y se utilizaron parcelas de 2.500 m² para cada una de las seis especies forrajeras locales: *Tithonia diversifolia* (Asteraceae), *Trichantera gigantea* (Acanthaceae), *Pictocoma discolor* (Asteraceae), *Clitoria fairchildiana* (Fabaceae), *Hibiscus rosa sinensis* (Malvaceae) y *Solanum rugosum* (Solanaceae).

Caracterización de las especies forrajeras. Las muestras de forrajeras a evaluar tenían edad de rebrote de sesenta días. En cada parcela del cultivo se tomaron en zig-zag quince muestras de una planta, que se podaron a partir de un metro. Se recolectaron hojas y tallos, cosechados de la parte basal del rebrote en la época de verano, en el mes de junio. De cada especie, se tomaron tres muestras de 200 g para los análisis de laboratorio. Las muestras se pesaron y se secaron en estufa a 60 °C durante 48 h. Posteriormente se trituraron en un molino de martillo, hasta alcanzar tamaño de 1 mm.

Análisis nutricional. Se realizó por espectroscopia NIRS. Después de la homogeneización de la muestra, se colocaron muestras de forraje seco en un anillo de 50 mm de diámetro y se escanearon de 400 a 1098 y de 1100 a 2498 nm, en incrementos de 2 nm. Se utilizó para ello un espectrómetro de barrido VIS / NIR (Foss NIR Systems modelo 6500; www.foss.com). Los espectros se grabaron con el WinISI 4.7.0 (www.foss.com), en el laboratorio de AGROSAVIA sede Mosquera (Cundinamarca).

Se evaluaron las variables materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina (L), hemicelulosa (Hc), digestibilidad, energía metabolizable en rumiantes (EM), calcio (Ca), fósforo (P), azufre (S), magnesio (Mg), zinc (Zn), cobre (Cu), fenoles (F), taninos totales (Tt) y alcaloides totales (At) (Ariza-Nieto *et al.* 2018). Para el contenido cualitativo de metabolitos secundarios de las plantas (MSP) se realizaron las pruebas cualitativas en los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño. Se caracterizaron saponinas, fenoles y esteroides en la escala de negativo, bajo, moderado y abundante. Se siguió la metodología descrita por Domínguez (1973) y Bilbao (1997).

Análisis estadístico. La caracterización de las plantas forrajeras se realizó a partir de estadística descriptiva,

and coefficient of variation. The InfoStat statistical program (Di Rienzo *et al.* 2012) was used to process the data.

Results and Discussion

Table 1 shows the chemical composition of the forage plants. The values found for *Piptocoma discolor* (Pd) are higher than those reported by Mendoza *et al.* (2014), with 20.18 % protein and 24.87 % dry matter, so this species is considered to have high potential for silvopastoral systems, due to its good growth and volume. Mendoza *et al.* (2014), in a study carried out under the Ecuadorian Amazonia conditions, recommend it to establish forest and agroforestry plantations, due to its high crude protein content. However, these values are lower with respect to the protein contents of the species *Tithonia diversifolia*, and *Piptocoma discolor* (23.6 % and 20.18 %, respectively), used in the silvopastoral systems of Caquetá. Guayara (2010) reported values of 39.79 % of NDF and 36.06 % of ADF for this last tree, figures that can be considered medium to high. This reference motivates research

con el cálculo de los estadígrafos de posición y dispersión: media, desviación estándar y coeficiente de variación. Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2012).

Resultados y Discusión

En la tabla 1 se muestra la composición química de las forrajeras. Los valores encontrados para el *Piptocoma discolor* (Pd) son superiores a los informados por Mendoza *et al.* (2014), con 20.18 % de proteína y 24,87 % de materia seca, por lo que se considera esta especie con elevado potencial para los sistemas silvopastoriles, debido a su buen crecimiento y volumen. Mendoza *et al.* (2014), en un trabajo realizado en las condiciones de la Amazonia ecuatoriana, la recomiendan para establecer plantaciones forestales y agroforestales, debido a su alto contenido de proteína cruda. No obstante, estos valores son inferiores con respecto a los contenidos de proteína de las especies *Tithonia diversifolia*, y *Piptocoma discolor* (23.6 % y 20.18 %, respectivamente), utilizadas en los sistemas silvopastoriles del Caquetá. Guayara (2010) informó valores de 39.79 % de FDN y 36.06 % de FDA para esta

Table 1. Chemical composition and nutritional value of six forage species established in the Amazonian piedmont (Putumayo)

Nutrient	<i>Piptocoma discolor</i>	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	<i>Tithonia diversifolia</i>	<i>Clitoria fairchildiana</i>	<i>Trichanthera gigantea</i>	<i>Solanum Rugosum</i>
DM (%)	28.857	30.267	18.737	35.013	24.233	27.870
SD	0.785	1.007	3.095	1.536	3.751	0.297
CV (%)	2.720	3.326	16.518	4.386	15.479	1.066
CP (%)	21.513	13.200	16.560	18.077	19.000	19.107
SD	1.654	0.694	5.010	1.102	1.577	0.768
CV (%)	7.690	5.257	30.255	6.096	8.301	4.022
EE (%)	3.947	3.500	2.217	2.167	2.777	3.340
SD	1.703	2.312	0.207	0.509	.497	1.541
CV (%)	43.149	66.069	9.358	23.472	17.901	46.152
ME Rum. (Mj/kgMS)	10.258	9.057	9.295	9.281	9.630	9.183
SD	0.126	0.064	0.126	0.097	0.231	0.020
CV (%)	1.224	0.706	1.351	1.042	2.395	0.215
NDF	46.607	33.003	34.367	47.300	43.577	47.973
SD	15.392	8.900	16.480	19.248	5.823	4.940
CV (%)	33.026	26.967	47.954	40.693	13.362	10.298
ADF	27.250	17.133	21.763	32.130	24.600	33.493
SD	18.245	3.283	16.766	16.700	10.282	3.639
CV (%)	66.955	19.161	77.038	51.975	41.798	10.866
Lignin (%)	5.423	5.067	5.213	7.483	5.430	8.530
SD	1.939	2.464	2.613	1.541	2.589	0.290
CV (%)	35.751	48.623	50.117	20.586	47.683	3.399
Hem. (%)	25.717	11.800	13.600	15.173	20.200	13.423
SD	8.189	1.441	1.480	2.652	2.610	0.193
CV (%)	31.845	12.211	10.882	17.475	12.922	1.440
Digest. (%)	74.710	65.060	66.233	66.247	68.993	65.447
SD	4.446	0.285	0.750	0.189	1.007	0.012
CV (%)	5.951	0.438	1.132	0.285	1.460	0.018

for the establishment and massification of this species in silvopastoral systems for browsing (Hurtado and Suárez 2013).

The values found for the forage *Hibiscus rosa-sinensis* (13.20; 3.50; 33.00 and 17.13 % for protein, EE, NDF and ADF, respectively) are lower than those reported by Meza *et al.* (2014). According to Huanca *et al.* (2017), this species is a fast growing tree with biomass availability and is used as post wood. In addition, it has good palatability for cattle, which prefer it over other species.

For the tree *Trichanthera gigantea*, Moreno-Lopez (2014) reported similar values to those found in this research (24.23; 19.0 and 2.78 % for DM, CP and EE, respectively). These results are higher to those obtained by Valarezo and Ochoa (2013), with 18.18 % for CP and 1.88 % EE. Bejar (2017) refers that this shrub is a promising species as an alternative for supplementation in cattle diets.

In the *Tithonia diversifolia* species, the contents of CP, NDF and Hc in this study are lower than those reported by Rodriguez (2017) in their characterization of different plant materials. The obtained values ranges from 18.26 to 26.40 %, 32.62 to 41.83 % and 14.79 to 25.74 % for CP, NDF and Hc respectively, which denotes high variability in the data. Rivera *et al.* (2018) reported that this species has a high biomass production and superior chemical composition with respect to most of the grasses used under tropical conditions. In addition, it has a good edaphoclimatic adaptation. The EE values (2.0 %) were higher than those obtained by Chamba (2016), which makes this species a forage alternative to use in sustainable animal production systems in the Amazonian piedmont.

The mineral composition of the forage plants is shown in table 2. The Zn and Cu values for the *Trichanthera gigantea* tree are higher compared to the other forage plants under study. The Ca content was in a range of 2.22 to 2.63 %, higher than the one found by Rivera *et al.* (2017), like P 0.29 %.

Table 3 shows the anti-nutritional factors of the forage plants. The qualitative analysis showed that the saponins in the *Piptocoma discolor* are in a higher value, in relation to the other forage plants. This could have an effect on the ruminal fermentation pattern. Alayón *et al.* (2018) reported about 50 species rich in tannins and saponins, with the potential to mitigate CH₄ in enteric fermentation of ruminants. González García *et al.* (2018) found, under *in vitro* conditions, the ability of this compound to inhibit methanogenesis and the population of ciliated protozoa.

Terranova *et al.* (2014), when supplying 0.4 g/L of saponins in the diet, found that this metabolite, in moderate doses, can reduce the use of ruminal protein, increasing the flow of duodenal protein and reducing ammonia concentrations in the rumen, with 18.4 % increase in microbial protein mass and 8.3 %

última arbórea, cifras que se pueden considerar de medias a altas. Esta referencia motiva la investigación para el establecimiento y masificación de esta especie en sistemas silvopastoriles para ramoneo Hurtado y Suárez 2013).

Los valores encontrados para la forrajera *Hibiscus rosa-sinensis* (13.20; 3.50; 33.00 y 17.13 % para proteína, EE, FDN y FDA, respectivamente) son inferiores a los informados por Meza *et al.* (2014). Según Huanca *et al.* (2017), esta especie es un árbol de crecimiento rápido con disponibilidad de biomasa y se utiliza como madera para postes. Además, tiene buena palatabilidad para los bovinos, que la prefieren por sobre otras especies.

Para la arbórea *Trichanthera gigantea*, Moreno-Lopez (2014) refirió valores similares a los encontrados en esta investigación (24.23; 19.0 y 2.78 % para MS, PC y EE, respectivamente). Estos resultados son superiores a los obtenidos por Valarezo y Ochoa (2013), con 18.18 % para PC y 1.88 % de EE. Bejar (2017) refiere que esta arbustiva es una especie promisorio como alternativa para la suplementación en dietas destinadas a bovinos.

En la especie *Tithonia diversifolia*, los contenidos de PC, FND y Hc en este estudio son inferiores a los que informó Rodriguez (2017) en su caracterización de diferentes materiales vegetales. Los valores obtenidos revelan rangos desde 18.26 a 26.40 %, 32.62 a 41.83% y 14.79 a 25.74% para PC, FND y Hc, respectivamente lo que denota alta variabilidad en los datos. Rivera *et al.* (2018) refirieron que esta especie tiene alta producción de biomasa y composición química superior con respecto a la mayoría de las pasturas utilizadas en condiciones tropicales. Además, posee una buena adaptación edafo climática. Los valores de EE (2.0%) fueron superiores a los que obtuvo Chamba (2016), lo que hace que esta especie pueda ser una alternativa forrajera a utilizar en sistemas sostenibles de producción animal del pie de monte amazónico.

La composición mineral de las forrajeras se muestra en la tabla 2. Los valores de Zn y Cu para la arbórea *Trichanthera gigantea* son superiores con respecto a las otras forrajeras en estudio. El contenido de Ca estuvo en un rango de 2.22 a 2.63 %, superior al encontrado por Rivera *et al.* (2017), al igual que el P 0.29 %.

En la tabla 3 se muestran los factores anti-nutricionales de las forrajeras. El análisis cualitativo indicó que las saponinas en el *Piptocoma discolor* se encuentran en un valor superior, en relación con las otras forrajeras. Esto podría tener efecto en el patrón de fermentación ruminal. Alayón *et al.* (2018) refirieron cerca de 50 especies ricas en taninos y saponinas, con potencial para mitigar CH₄ en la fermentación entérica de rumiantes. González García *et al.* (2018) encontraron, en condiciones *in vitro*, la habilidad de este compuesto de inhibir la metanogénesis y la población de protozoarios ciliados.

Terranova *et al.* (2014), al suministrar 0.4 g/L de saponinas en la dieta, encontraron que este metabolito, en dosis moderadas, puede reducir la utilización de proteína ruminal, aumentando el flujo de proteína duodenal y

Table 2. Mineral composition of forage species established in the Amazonian piedmont (Putumayo)

Nutrient	<i>Piptocoma discolor</i>	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	<i>Tithonia diversifolia</i>	<i>Clitoria fairchildiana</i>	<i>Trichanthera gigantea</i>	<i>Solanum rugosum</i>
Ca (%)	0.76	0.71	1.10	0.83	0.97	0.97
SD	0.01	0.02	0.02	0.04	0.08	0.01
CV (%)	0.76	2.14	1.90	4.34	8.05	1.22
P (%)	8.17	8.26	10.76	6.01	10.03	8.34
SD	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
CV (%)	6.03	25.00	8.65	6.25	6.89	4.98
Mg (g/100gDM)	0.22	0.21	0.25	0.23	0.31	0.22
SD	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.00
CV (%)	4.55	2.71	4.56	4.95	7.98	1.06
S (g/100 gDM)	0.10	0.08	0.12	0.15	0.17	0.10
SD	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00
CV (%)	10.00	12.50	4.68	3.94	11.27	0.00
Cu (g /100gDM)	6.62	4.10	6.31	5.77	8.50	7.30
SD	0.06	0.03	0.10	0.22	0.63	0.01
CV (%)	0.88	0.75	1.59	3.80	7.36	0.16
Zn (mg/kgDM)	28.37	27.82	28.46	26.24	36.56	30.08
SD	0.45	0.10	0.82	0.30	3.14	0.05
CV (%)	1.57	0.35	2.88	1.14	8.58	0.17

Table 3. Analysis of anti-nutritional factors of forage plants in the Amazonian piedmont

Ingredient	Phenols (%)	Condensed tannins (%)	Total alkaloids (%)	Sterols	Saponins	Phenols
<i>Piptocoma discolor</i>	2.45	0.27	0.46	Low	Low	Moderate
SD	0.11	0.02	0.05			
CV (%)	4.49	5.73	10.65			
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	2.61	0.77	0.87	Low	Negative	Moderate
SD	0.02	0.01	0.05			
CV (%)	0.77	4.03	5.76			
<i>Tithonia diversifolia</i>	3.16	0.28	0.63	Low	Negative	Moderate
SD	0.15	0.02	0.02			
CV (%)	4.79	7.14	3.32			
<i>Clitoria fairchildiana</i>	3.67	0.39	0.59	Low	Negative	Moderate
SD	0.03	0.01	0.02			
CV (%)	0.79	2.56	2.60			
<i>Trichanthera gigantea</i>	1.15	0.24	0.30	Low	Negative	Moderate
SD	0.16	0.02	0.03			
CV (%)	13.97	8.67	9.08			
<i>Solanum rugosum</i>	1.41	0.14	0.57	Low	Negative	Moderate
SD	0.02	0.01	0.00			
CV (%)	1.50	5.05	0.00			

reduction in ammonium concentrations. This can be an important alternative for the supplementation of this forage in silvopastoral systems at the Amazonian piedmont.

In all the evaluated forage plants, the phenolic compounds content was moderate. However, the results show that *Clitoria fairchildiana* has the highest content,

reduciendo las concentraciones de amonio en el rumen, con aumento de la masa de proteína microbiana en 18.4 % y reducción de 8.3 % en las concentraciones de amonio. Esta puede ser una alternativa importante para la suplementación de esta forrajera en sistemas silvopastoriles en el pie de monte amazónico.

En todas las forrajeras evaluadas, el contenido de

when compared with that reported in studies by Verdecia *et al.* (2018). These authors found that the values of these compounds are below to those reported in the edible fraction of some legumes from production systems in the tropics, showing the quality of this species to be use in animal feeding.

In the qualitative analysis, the forage plants do not report alkaloids. The results show that the highest proportion corresponds to *Hibiscus rosa – sinensis*. For this same species, the lowest tannin value was reached with 0.02 %. Authors such as Obrador *et al.* (2007) report that there is variation in the productive and metabolic response of growing ruminants, when using this tree harvested at different cutting frequencies, which is explained by the different concentrations of condensed tannins that affect the intake and the ruminal metabolism. Being this species palatable for its good palatability in cattle; deeper studies in silvopastoral systems are needed.

Different researches shows the effect of intake high tannin diets on ruminants. Authors like Ramirez (2018) suggest that the ingestion of tannins inhibits the growth of rumen proteolytic microorganisms. Tituaña (2018) found that the ingestion of condensed tannins (CT) decreases the digestibility of the protein and NDF as the rumen fermentation patterns. The plant CT reduce the ruminal methanogenesis by decreasing hydrogen formation. Sánchez *et al.* (2018) found a greater amount of total viable and proteolytic bacteria, and a higher concentration of SCFA in animals that intake multiple mixtures of herbaceous legumes without tannins. This suggests that *Clitoria fairchildiana*, with 2.72 % of CT is the one that could have less use by ruminants.

Conclusions

According to the characterization of shrubs in the Amazonian piedmont, the species *Piptocoma discolor*, *Trichantera gigantea* and *Hibiscus rosa sinensis* have an adequate content of protein, energy and digestibility. *Tithonia diversifolia*, *Clitoria fairchildiana* and *Solanum rugosum* have adequate mineral content and moderate content of secondary metabolites. All have acceptable levels of nutritional components that make possible their use in animal feeding.

compuestos fenólicos fue moderado. Sin embargo, los resultados indican que *Clitoria fairchildiana* tiene el mayor contenido, si se compara con lo referido en trabajos de Verdecia *et al.* (2018), quienes informan 3.67 %. Estos autores encontraron que los valores de estos compuestos están por debajo de los que se reportan en la fracción comestible de algunas leguminosas de los sistemas de producción en el trópico, lo que demuestra la calidad de esta especie para ser utilizada en la alimentación animal.

En el análisis cualitativo, las forrajeras no reportan alcaloides. Los resultados indican que la mayor proporción le corresponde a *Hibiscus rosa–sinensis*. Para esta misma especie, se alcanzó el valor más bajo de taninos con 0.02 %. Autores como Obrador *et al.* (2007) refieren que existe variación en la respuesta productiva y metabólica de rumiantes en crecimiento, al emplear esta arbórea cosechada a diferentes frecuencias de corte, lo que se explica por las diferentes concentraciones de taninos condensados que afectan el consumo y el metabolismo ruminal. Siendo esta especie apetecible por su buena palatabilidad en bovinos, son necesarios estudios más profundos en sistemas silvopastoriles.

Diferentes investigaciones demuestran el efecto del consumo de dietas altas en taninos en los rumiantes. Autores como Ramirez (2018) plantean que la ingestión de taninos inhibe el crecimiento de los microorganismos proteolíticos del rumen. Tituaña (2018) encontró que la ingestión de los taninos condensados (TC) disminuye la digestibilidad de la proteína y FDN como los patrones de fermentación del rumen. Los TC de las plantas reducen la metanogénesis ruminal mediante la disminución de la formación de hidrógeno. Sánchez *et al.* (2018) encontraron mayor cantidad de bacterias viables totales y proteolíticas y mayor concentración de AGCC en animales que consumieron mezclas múltiples de leguminosas herbáceas sin taninos. Esto sugiere que *Clitoria fairchildiana*, con 2.72 % de TC es la que podría tener menor aprovechamiento por parte de los rumiantes.

Conclusión

De acuerdo con la caracterización de arbustivas en el pie de monte amazónico, las especies *Piptocoma discolor*, *Trichantera gigantea* e *Hibiscus rosa sinensis* poseen un adecuado contenido de proteína, energía y digestibilidad. *Tithonia diversifolia*, *Clitoria fairchildiana* y *Solanum rugosum* tienen adecuados contenidos de minerales y moderado contenido de metabolitos secundarios. Todas presentan niveles aceptables de componentes nutricionales que posibilitan su uso en alimentación animal.

References

- Alayón, J.A., Jiménez-Ferrer, G., Piñeiro, Á.T., Canul, J., Albores-Moreno, S., Villanueva-López, G. & Ku-Vera, J.C. 2018. "Estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero en la ganadería ". *AgroProductividad*, 11(2), 9–15, ISSN: 2594-0252
- Ariza-Nieto, C, Mayorga, O.L., Mojica, B., Parra, D. & Afanador-Tellez, G. 2018. "Use of LOCAL algorithm with near infrared spectroscopy in forage resources for grazing systems in Colombia ". *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 26(1): 44-52, ISSN: 1751-6552, DOI: <https://doi.org/10.1177/0967033517746900>
- Bejar, F.R. 2017. "Madre de agua (*Trichantera gigantea*) Leaf meal as Fed to Quails with Aloe Vera Extract an Acid Cheese Whey Supplementation ". *Countryside Developent Research Journal*, 5(1): 1–9, ISSN: 2449-4577

- Bilbao, M.R. 1997. Análisis fitoquímico preliminar: Química de los productos naturales. 1st Ed. Ed. Universidad del Quindío, Armenia, Quindío, Colombia, p. 183
- Cañar, C. & Bolívar, D. 2016. Valor nutricional de cinco plantas forrajeras nativas de la amazonia sur del ecuador. Diploma Thesis. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador
- Domínguez, X. 1973. Métodos de investigación fotoquímica. Ed. Limusa, México, p. 281, ISBN: 968-18-0115-6 978-968-18-0115-1
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. 2012. InfoStat, Version 2012 (Windows). Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: <http://www.infostat.com.ar>
- Fajardo, M.Y., Vargas, G.F. & Marín, L.A.V. 2014. "Costos ambientales y evaluación social en conversión de los Sistemas de producción ganadera tradicional al sistema silvopastoril en fincas ganaderas de los municipios de Florencia, Morelia y Belén de los Andaquíes del departamento del Caquetá". Momentos de Ciencia, 11(1): 50-57, ISSN: 2538-9602
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe (gestión del riesgo de desastres en el sector agrícola). Boletín Técnico. Ed. FAO, Santiago de Chile, Chile, p. 46
- Gallego-Castro, L.A., Mahecha-Ledesma, L. & Angulo-Arizala, J. 2016. "Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto". Agronomía Mesoamericana, 28(1): 213-222, ISSN: 2215-3608, DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21671>
- Gómez-Fuentes, T., González-Rebeles, C., López-Ortiz, S., Ku-Vera, J.C., Albor-Pinto, C. & Sangines-García, J.R. 2017. "Dominancia, composición química-nutritiva de especies forrajeras y fitomasa potencial en una selva secundaria". Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 14(4): 617-634, ISSN: 1870-5472
- González, H., Hernández, H.E. & León, L.O. 2018. Estimación de la cinética de las partículas sólidas y flujo líquido de la ingesta en rumiantes. Recursos Educativos, Departamento de Ciencias Veterinarias, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, México, Available: <http://hdl.handle.net/20.500.11961/4539>
- Guayara, A. 2010. Plantas forrajeras nativas identificadas por campesinos en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Alto Fragua Indí Wasi. In: Memorias 2do Encuentro de Saberes Campesinos Sobre Plantas Forrajeras Nativas. Amazon Conservation Team Corpoamazonia, Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá, Colombia
- Holdridge, L.R. 1947. "Determination of world plant formations from simple climatic data". Science, 105(2727): 367-368, ISSN: 0036-8075, DOI: <https://doi.org/10.1126/science.105.2727.367>
- Huanca, J., Giraldo, A.E., Vergara, C.E. & Soudre, M. 2017. "Asociación de coleópteros xilófagos y predadores en madera de Bolaina blanca (*Guazuma crinita* Martius) y Cucarda (*Hibiscus rosa-sinensis* Linnaeus)". Ecología Aplicada, 16(2): 83-90, ISSN: 1726-2216, DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1011>
- Hurtado, E.A. & Suárez, Á.G. 2013. "Potencial de uso de *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski en sistemas silvopastoriles". Ingenierías & Amazonia, 6(1): 23-30. ISSN: 1692-7389
- Mendoza, Z., Ochoa, T. & Herrera, B. 2014. "Dinámica de crecimiento de especies forestales establecidas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador". Revista CEDAMAZ, 4(1): 62-75, ISSN: 1390-5880
- Meza G.A, Loor, N.J., Sánchez, A.R., Avellaneda, J.H. Meza, C.J., Vera, D.F. & Cabanilla, M.G. 2014. "Inclusión de harinas de follajes arbóreos y arbustivos tropicales (*Morus alba*, *Erythrina poeppigiana*, en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus)". Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 61(3): 258-269, ISSN: 2357-3813, DOI: <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v61n3.46874>
- Morales, S. & Teran, V.F. 2016. "Ganadería eco-eficiente y la adaptación al cambio climático". Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 14(1): 135-144, ISSN: 1909-9959, DOI: [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)135-145](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)135-145)
- Moreno, L.A. 2014. Valoración nutritiva *Tithonia diversifolia* e *Hibiscus rosa-sinensis* de cinco especies forrajeras nativas en la amazonía ecuatoriana. Diploma Thesis. Escuela de Ingeniería Zootécnica, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, p. 57
- Obrador, P.V., Hernández, D., Aranda-Ibáñez, E.M., Gómez, A., Camacho, W. & Cobos, M. 2007. "Evaluación de los forrajes de morera *Morus alba* y tulipán *Hibiscus rosa-sinensis* a diferentes edades de corte como suplemento para corderos en pastoreo". Universidad y Ciencia. Trópico Humedo, 23(2): 115-125, ISSN: 2227-2690
- Ramírez, J.E. 2018. "Eventos químicos-fisiológicos del metano en los rumiantes". AgroProductividad, 11(2): 22-33, ISSN: 2594-0252
- Rivera, J.E, Naranjo, J.F, Cuartas, C.A. & Arenas, F.A. 2013. "Fermentación *in vitro* y composición química de algunos forrajes y dietas ofrecidas bajo un Sistema Silvopastoril en el trópico de altura". Livestock Research for Rural Development, 25(10), ISSN: 0121-3784, Available: <http://www.lrrd.org/lrrd25/10/rive25174.htm>
- Rivera, J.E., Chará, J., Gómez, J., Ruiz, T. & Barahona, R. 2018. "Phenotypic variability and phytochemical composition of *Tithonia diversifolia* A. Gray for sustainable animal production". Livestock Research for Rural Development, 30(12), ISSN: 0121-3784, Available: <http://www.lrrd.org/lrrd30/12/rive30200.html>
- Rivera, J.E., Gómez-Leyva, J.F., Castaño, K., Morales, J.G., Chará, J. & Barahona, R. 2017. Diversidad molecular, química y morfológica en materiales de *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray para la alimentación animal en Colombia y México. In: Memorias del IX Congreso Internacional Sobre Sistemas Silvopastoriles, Manizales, Colombia, p. 249-255
- Rodríguez, I. 2017. "Potential of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray as animal feed". Livestock Research for Rural Development, 29(4), ISSN: 0121-3784, Available: <http://www.lrrd.org/lrrd29/4/idal29063.html>
- Sánchez, P., Torres, M.G., Campos, R.G., Soriano, R., Fernández, F., Medina-Pérez, G., del Razo-Rodríguez, O.E. & Almaraz-Buendía, I. 2018. "Potencial de emisión de gases efecto invernadero de plantas forrajeras por fermentación entérica". AgroProductividad, 11(2): 40-45, ISSN: 2594-0252

- Terranova, M.V., Gaona, R.C. & Guerrero, H.S. 2014. "Use of plant secondary metabolites to reduce ruminal methanogenesis". *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(3): 489–499, ISSN: 1870-0462
- Tituaña, M.C. 2018. Evaluación de la preferencia de consumo de leguminosas arbóreas con potencial forrajero en rumiantes menores. Diploma Thesis. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Tungurahua, Ecuador, p. 58
- Townsend, C., Costa, N. & Pereira, R. 2010. "Aspectos econômicos da recuperação de pastagens no bioma Amazônia". *Pubvet*, 4(14): 1-31, ISSN: 1982-1263
- Valarezo, J. & Ochoa, D. 2013. "Rendimiento y valoración nutritiva de especies forrajeras arbustivas establecidas en bancos de proteína, en el sur de la Amazonía ecuatoriana". *Revista CEDAMAZ*, 3(1): 113-124, ISSN: 1390-5880
- Verdecia, D.M., Herrera, R.S., Ramírez, J.L., Bodas, R., Leonard, I., Giráldez, F.J. & Andrés, S. 2018. "Componentes del rendimiento, caracterización química y perfil polifenólico de la *Tithonia diversifolia* en el Valle del Cauto, Cuba". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(4): 457–471, ISSN: 2079-3480
- Vivas, W.F., Arteaga, D.E. & Alpizar, J. 2017. "Determinación *in vitro* de la calidad nutricional de tres leguminosas forrajeras". *La Técnica*, (17): 43-52, ISSN: 2477-8982

Received: November 11, 2019

Received: February 25, 2020