



Valor nutritivo de mezclas forrajeras en épocas seca y de lluvias en Nariño, Colombia¹

Nutritive value of forage mixtures in the dry and rainy seasons in Nariño, Colombia

Paola Andrea Portillo-López², Diego Hernán Meneses-Buitrago², Elizabeth Lagos-Burbano², Maria E. Duter-Nisivoccia³, Edwin Castro-Rincón²

- ¹ Recepción: 29 de julio, 2020. Aceptación: 14 de diciembre, 2020. Este trabajo formó parte del proyecto de tesis de maestría del primer autor, llevado a cabo en el marco del proyecto denominado “Mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de los sistemas de alimentación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de la leche en el trópico alto del departamento de Nariño”, financiado por el Sistema General de Regalías y Gobernación de Nariño, ejecutado por el Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Pasto, Nariño.
- ² Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Obonuco, Pasto, Colombia. pportillo@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0003-1189-9173>), dmeneses@agrosavia.co (<https://orcid.org/0000-0003-3033-3079>), elizalagosb@hotmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-5098-9908>), ecastro@agrosavia.co (autor para la correspondencia; <https://orcid.org/0000-0001-9841-8242>).
- ³ Seed Force Ltd. 24 Gallagher Drive Canterbury. Hornby, Christchurch, New Zealand. latinlincuru@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-3514-3020>).

Resumen

Introducción. El uso de asociaciones de gramíneas y leguminosas permite tener mayor valor nutritivo y rendimiento de materia seca. **Objetivo.** Evaluar seis mezclas de forrajes perennes, anuales y leguminosas en épocas seca y de lluvias en Nariño, Colombia. **Materiales y métodos.** El estudio se realizó entre diciembre 2017 y noviembre 2018 en el Centro de Investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo de parcelas sub-divididas. Se determinó: PC (proteína cruda), FDN (fibra en detergente neutro), FDA (fibra en detergente ácido), D (digestibilidad), ENL (energía neta de lactancia) y la TC (tasa de crecimiento de las especies). Para el análisis se empleó el software R V.3.6.0. Resultados. El valor nutritivo de las mezclas para la época de altas y bajas precipitaciones presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) a la edad de 28, 35 y 42 días, donde la mezcla conformada por *Dactylis glomerata* arrojó los mejores resultados a excepción de la PC a la edad de los 28 días. Los mejores valores para esta mezcla se presentaron en época seca. **Conclusión.** La mezcla 4 (*Trifolium repens* + *Trifolium pratense* + *Dactylis glomerata*) presentó la mayor tasa de crecimiento y acumulación de PC a la edad de 35 y 42 días en las dos épocas evaluadas; por lo anterior, podría evaluarse a nivel comercial como una potencial alternativa alimenticia para los sistemas ganaderos de trópico alto de Nariño.

Palabras clave: gramíneas, leguminosas, calidad nutricional, tasa de crecimiento.

Abstract

Introduction. The use of associations of grasses and legumes allows to have greater nutritional value and dry matter yield. **Objective.** To evaluate six mixtures of perennial, annual and legume forages in the dry and rainy season



in Nariño, Colombia. **Materials and methods.** The study was conducted between December 2017 and November 2018 at the Obonuco Research Center of the Colombian Agricultural Research Corporation (AGROSAVIA). A randomized complete block design was used, with an arrangement of sub-divided plots. The following were determined: PC (crude protein), FDN (neutral detergent fiber), FDA (acid detergent fiber), D (digestibility), ENL (net energy of lactation) and TC (growth rate of the species). The software R V.3.6.0 was used for the analysis. **Results.** The nutritional value of the mixtures for the season of high and low rainfall presented significant differences ($p < 0.05$) at the age of 28, 35 and 42 days, where the mixture made up of *Dactylis glomerata* yielded the best results except for the PC at the age of 28 days. The best values for this mixture occurred in dry season. **Conclusion.** Mix 4 (*Trifolium repens* + *Trifolium pratense* + *Dactylis glomerata*) presented the highest growth rate and accumulation of CP at the age of 35 and 42 days in the two evaluated seasons. Therefore, it could be evaluated commercially as a food alternative for livestock systems in the high tropics of Nariño.

Keywords: grasses, legumes, nutritional quality, growth rate.

Introducción

Los ecosistemas altoandinos en Colombia ofrecen para la alimentación del ganado de leche praderas de kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone) y en el mejor de los casos algunas especies de raygrass (*Lolium spp*), así como también, en las zonas marginales de páramo, las especies nativas y naturalizadas entre las que se encuentran el pasto oloroso (*Anthoxanthum odoratum*, L), falsa poa (*Holcus lanatus*, L) y bromus (*Dactylis glomerata*, L) en mezclas esporádicas con tréboles (*Trifolium spp*) (Cárdenas, 2003).

El sistema productivo del altiplano Nariñense está basado en un 85 % con praderas de kikuyo, en mezcla con leguminosas y en algunas regiones con raygrass (*Lolium multiflorum*). Esta especie tropical se ha naturalizado en Colombia, es de buena adaptación y está presente en la mayoría de las microrregiones de altiplanicies y laderas frías (Carulla & Ortega, 2016; Echeverry et al., 2010; Morales et al., 2013). Sin embargo, el pasto kikuyo es una gramínea tropical que presenta limitantes productivas al verse afectado por las heladas y contener una alta proporción de tejidos de baja digestibilidad, ocasionando una limitada respuesta productiva por parte del animal que consume este tipo de pasto (Vargas et al., 2018).

Es importante el aporte de fertilizante para obtener altos rendimientos de materia seca y proteína en una sola especie de pasto. Con base en ello, el uso de asociaciones de gramíneas y leguminosas permite tener un mayor valor nutritivo y rendimiento de materia seca, con lo que se pueden disminuir los costos de producción en comparación con la utilización de dietas balanceadas y así asegurar una alta producción (Grünwaldt et al., 2015). Desde el punto de vista ecológico, las leguminosas mejoran la fertilidad del suelo al fijar nitrógeno atmosférico, reducen con ello el uso de fertilizantes sintéticos y mejoran la intercepción de luz y distribución estacional de la producción de biomasa (Camacho & Garcia, 2003; González et al., 2004).

Las deficiencias de fósforo en los suelos ácidos disminuyen los rendimientos y afectan la calidad de muchos cultivos, incluyendo los pastos, por lo que se recomienda corregir los problemas de acidez con rocas fosfóricas o cales, las cuales favorecen un aumento de la mineralización neta de nitrógeno, mayor disponibilidad de fósforo de la planta, disminución de la toxicidad del aluminio en el subsuelo, aumento de las concentraciones de molibdeno en la planta, disminución de las concentraciones de magnesio vegetal y aumento en el pH del suelo (Cobo, 2003). Otro factor de importancia en la producción de forrajes es el riego, que asegura el crecimiento de los pastos al déficit hídrico, se debe estudiar según necesidad de la planta y ecosistema. El riego por aspersión permite un mejor aprovechamiento del agua en zonas donde es escaso este recurso y no provoca el arrastre de los terrenos (Cárdenas, 2011; Correa et al., 2012).

Los ganaderos consideran que los mejores potreros deben ser bajo el esquema de monocultivo y la presencia de otras especies gramíneas o herbáceas se consideran malezas. Elgersma & Sjøgaard (2016) afirmaron que “las praderas de clima frío sembradas de manera intensiva son generalmente de baja diversidad de especies, aunque las pasturas basadas en mezclas de gramíneas y leguminosas pueden tener una productividad superior y calidad de forraje que las conformadas solo por gramíneas”.

Una de las alternativas para mejorar la calidad de las praderas tropicales es la introducción de leguminosas persistentes y compatibles con gramíneas. La forma de utilizar las leguminosas, como elemento para mejorar la alimentación animal, ya sea en asocio, como banco de proteína o en franjas, dependerá del programa de manejo y la disponibilidad de terreno en las unidades de producción. La asociación de gramíneas con leguminosas representa una opción económica para mejorar la producción animal en las regiones tropicales (Castro et al., 2009; Lascano et al., 1996). No obstante, el uso de la asociación gramínea-leguminosa es restringido, debido al menor crecimiento de cada especie, a la baja apetencia por los animales domésticos, a la renuencia y desconocimiento de los productores y a la escasa disponibilidad de semilla (Karsten & Carlsson, 2002).

La incorporación de leguminosas en una dieta basada en gramíneas ha resultado en aumentos en la productividad animal y en el mejoramiento del balance de N en sistemas pastoriles, donde su comportamiento se ve influenciado en gran medida por la época de distribución de las precipitaciones (Portillo, 2019; Vargas et al., 2014) y a la fijación de nitrógeno por parte de la leguminosa en la mezcla (Beuselinck et al., 1992). Otras potenciales ventajas de la mezcla gramínea-leguminosa sobre los monocultivos incluyen: el control de la erosión, la minimización de malezas invasivas inherentes al monocultivo (Sheaffer et al., 1990), el mejoramiento en los tiempos de secado cuando se pretende henificar (Chamblee & Collins, 1988) y la reducción del daño producido por insectos (Roda et al., 1996). Todo lo anterior concuerda con Motta et al. (2019) quienes mencionaron que una pastura sostenible en el trópico debe proporcionar beneficios al suelo y plantas, bienestar a los animales y proveer tanto rentabilidad como medios de vida a la familia productora, mediante prácticas de manejo adecuadas que permitan el suministro de productos estables en el tiempo, la resiliencia del sistema de pastura y que conserven o mejoren los recursos naturales, así como la biodiversidad vegetal para las generaciones presentes y futuras.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar seis mezclas de forrajes perennes, anuales y leguminosas bajo tres niveles de enmienda y dos niveles de riego en Nariño, Colombia.

Materiales y métodos

La investigación se realizó entre los meses de diciembre de 2017 y noviembre de 2018, en el centro de investigación Obonuco propiedad de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), ubicado en la ciudad de Pasto, Colombia. El sitio de estudio se encuentra a 2905 msnm (1° 88' 918" N y 77° 306' 083" W), en un suelo Andisol de textura franco-arenosa, temperatura promedio de 13 °C, humedad relativa 77 % y precipitación anual 843 mm (Estación meteorológica automática Vantage pro2 Centro de Investigación Obonuco).

Se establecieron seis mezclas compuestas por las gramíneas trojan (*Lolium perenne* L), tetrablend 260 (30 % de raigrás anual tetraploide + 50 % de raigrás híbrido tetraploide + 10 % de azul orchoro y 10 % de trébol rojo), azul orchoro (*Dactylis glomerata* L), con las leguminosas trébol white gold (*Trifolium repens* L) y trébol red gold (*Trifolium pratense* L), Tres niveles de enmienda 10, 5 y 2 t ha⁻¹ CaMg (CO₃)₂ y dos láminas de riego, teniendo en cuenta la evapotranspiración de referencia (Eto) del sitio evaluado (Allen et al., 2006).

Las láminas de agua se aplicaron a través de un riego estacionario sobre ruedas (NUMEDIC), como fuente hídrica se utilizó el agua superficial de una quebrada tipo torrencial. El total de la lámina aplicada fue de 681,71 mm para el periodo evaluado, se realizaron calendarios de riego decadales, los cuales se distribuyeron por época de precipitación de la siguiente forma: para época de altas precipitaciones (marzo, abril, mayo, octubre, noviembre)

se aplicó un total de 216,84 mm y para bajas precipitaciones (enero, febrero, junio, julio, agosto y septiembre) se aplicó un total de 464,87 mm.

Los tratamientos aplicados a las unidades experimentales fueron el resultado de la interacción entre los niveles de cada factor, donde el factor mezcla se asignó de manera aleatorizada a las subparcelas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Mezclas de gramíneas y leguminosas y densidades de siembra (kg ha^{-1}). Centro de investigación Obonuco, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Colombiana (AGROSAVIA). Municipio de Pasto. Colombia. 2017-2018.

Table 1. Grass and leguminous mixtures and sowing densities (kg ha^{-1}). Obonuco Research Center, Colombian Agricultural Research Corporation (AGROSAVIA). Municipality of Pasto. Colombia. 2017-2018.

Mezclas	<i>Lolium perenne</i> L	<i>Trifolium repens</i> L	<i>Trifolium pratense</i> L	<i>Dactylis glomerata</i> L	Tetrablend*
260					
M1	28 (trojan)	3	-	-	-
M2	28 (trojan)	-	6	-	-
M3	28 (trojan)	3	6	-	-
M4	-	3	6	25	-
M5	-	-	-	-	30
M6	28 (trojan)	-	-	-	-

*Los números dentro del cuadro (28, 3, 6, 25 y 30) hacen referencia a la densidad de siembra en kg ha^{-1} de cada especie utilizada / *The numbers within the table (28, 3, 6, 25 and 30) refer to the sowing density in kg ha^{-1} of each species used.

La información climática la suministró una estación meteorológica automática VIntage Pro 2, la cual se instaló cerca al lote experimental y cuenta con sensores de precipitación, temperatura, brillo solar, humedad relativa, punto de rocío y velocidad del viento, con las cuales se realizó la determinación de la ETo y el cálculo del balance hídrico.

Se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 20 cm en septiembre de 2017 (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2013) y se enviaron al Laboratorio de suelos de AGROSAVIA, ubicado en el Centro de investigación Tibaitata (Bogotá D.C). Los resultados de los análisis de suelos arrojaron: 44,33 mg kg^{-1} de P (contenido alto), 1,34 cmol (+) kg^{-1} de K (contenido alto), 1,65 cmol (+) kg^{-1} de Mg (contenido medio), 9,20 mg kg^{-1} de S (contenido bajo) y 4,98 % de materia orgánica (contenido bajo), con un pH de 5,64 (moderadamente ácido). La preparación del terreno se realizó en octubre de 2017 con dos pases de cincel vibratorio y dos pases de rastra pesada. Se aplicó la cal en noviembre de 2017, de acuerdo con los niveles establecidos (10, 5 y 2 t ha^{-1} $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) por unidad experimental y se dejó incorporar por un mes aproximadamente. La fertilización se realizó en diciembre de 2017 manualmente de manera fraccionada, en el momento de la siembra con 50 $\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ y cinco meses después con 150 kg N ha^{-1} , 50 $\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, 40 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ y 30 kg Mg ha^{-1} 30 kg S ha^{-1} . La aplicación de riego a los tratamientos que contaban con este factor se llevó a cabo teniendo en cuenta el balance hídrico mensual.

Para el experimento se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas subdivididas, 36 tratamientos, tres repeticiones para un total de 108 unidades experimentales. Se asignó el factor riego a la parcela principal, el factor enmienda con tres niveles a la subparcela y el factor mezcla con seis niveles a la sub-subparcela. El tamaño de la unidad experimental fue de 9 m^2 con distancias entre parcelas de 0,3 m con calles de 1 m y distancia entre bloques de 2 m, para un área total de 1677 m^2 . Los tratamientos resultaron de la interacción de los factores anteriores como se observa en la (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos evaluados para determinar el valor nutritivo de seis mezclas de gramíneas y leguminosas, Centro de investigación Obonuco. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Colombiana (AGROSAVIA). Municipio de Pasto. Colombia. 2017-2018.

Table 2. Treatments evaluated to determine the nutritional value of six mixtures of grasses and legumes. Obonuco Research Center, Colombian Agricultural Research Corporation (AGROSAVIA). Municipality of Pasto. Colombia. 2017-2018.

T1	T+Tb+CR+10 t CaMg (CO ₃) ₂	T19	T+Tb+SR+10 t CaMg (CO ₃) ₂
T2	T+Tb+CR+5 t CaMg (CO ₃) ₂	T20	T+Tb+SR+5 t CaMg (CO ₃) ₂
T3	T+Tb+CR+2 t CaMg (CO ₃) ₂	T21	T+Tb+SR+2 t CaMg (CO ₃) ₂
T4	T+Tr+CR+10 t CaMg (CO ₃) ₂	T22	T+Tr+SR+10 t CaMg (CO ₃) ₂
T5	T+Tr+CR+5 t CaMg (CO ₃) ₂	T23	T+Tr+SR+5 t CaMg (CO ₃) ₂
T6	T+Tr+CR+2 t CaMg(CO ₃) ₂	T24	T+Tr+SR+2 t CaMg(CO ₃) ₂
T7	T+Tr+Tb+CR+10 t CaMg (CO ₃) ₂	T25	T+Tr+Tb+SR+10 t CaMg (CO ₃) ₂
T8	T+Tr+Tb+CR+5 t CaMg (CO ₃) ₂	T26	T+Tr+Tb+SR+5 t CaMg (CO ₃) ₂
T9	T+Tr+Tb+CR+2 t CaMg (CO ₃) ₂	T27	T+Tr+Tb+SR+2 t CaMg (CO ₃) ₂
T10	Tb+Tr+Ao+CR +10 t CaMg (CO ₃) ₂	T28	Tb+Tr+Ao+SR+10 t CaMg (CO ₃) ₂
T11	Tb+Tr+Ao+CR+5 t CaMg (CO ₃) ₂	T29	Tb+Tr+Ao+SR+5 t CaMg (CO ₃) ₂
T12	Tb+Tr+Ao+CR + 2 t CaMg (CO ₃) ₂	T30	Tb+Tr+Ao+SR+2 t CaMg (CO ₃) ₂
T13	Tt+CR+10 t CaMg (CO ₃) ₂	T31	Tt+SR+10 t CaMg (CO ₃) ₂
T14	Tt+CR+5 t CaMg (CO ₃) ₂	T32	Tt+SR+5 t CaMg (CO ₃) ₂
T15	Tt+CR+2 t CaMg (CO ₃) ₂	T33	Tt+SR+2 t CaMg (CO ₃) ₂
T16	T+CR+10 t CaMg (CO ₃) ₂	T34	T+SR+10 t CaMg (CO ₃) ₂
T17	T+CR+5 t CaMg (CO ₃) ₂	T35	T+SR+5 t CaMg (CO ₃) ₂
T18	T+CR+2 t CaMg (CO ₃) ₂	T36	T+SR+2 t CaMg (CO ₃) ₂

T: trojan (*Lolium perenne* L); Tb: trébol blanco (*Trifolium repens* L); Tr: trébol rojo (*Trifolium pratense* L); Ao: azul orchoro (*Dactylis glomerata* L); Tt: tetrablend 260 (*Lolium multiflorum* L); CR: con riego; SR: sin riego / T: trojan (*Lolium perenne* L); Tb: white clover (*Trifolium repens* L); Tr: red clover (*Trifolium pratense* L); Ao: orchard blue (*Dactylis glomerata* L); Tt: tetrablend 260 (*Lolium multiflorum* L); CR: with watering; SR: without watering.

Muestreo y análisis químico de forrajes

Tres meses después de la siembra (periodo de establecimiento) se realizó un corte de uniformización aproximadamente a 10 cm sobre el nivel del suelo, posteriormente, en cada unidad experimental se le cosecharon tres cuadrantes de 150 por 150 cm a los 28, 35 y 42, días. Las muestras se llevaron a secadores de aire forzado a 65 °C durante tres días. Se evaluó el rendimiento de materia seca (MS) basado en la metodología propuesta por Toledo (1982), así como la proteína cruda (PC), la fibra en detergente neutro (FDN), la fibra en detergente ácido (FDA) y la energía neta de lactancia (ENL). Para los análisis bromatológicos se utilizó la metodología de espectroscopía por infrarrojo cercano –NIRS– (Ariza et al., 2018); estos se realizaron para cada uno de los cortes en cada época.

De igual manera se evaluó la tasa de crecimiento de las mezclas con los datos de rendimiento obtenidos en cada corte, a la edad de 14, 20, 28, 35, 42, 45, 56 y 60 días de evaluación.

Registro de precipitación y temperatura

Durante el año de evaluación, se presentaron dos épocas definidas, una de altas precipitaciones (marzo, abril y mayo) y otra de bajas precipitaciones (junio, julio y agosto). La distribución de estas a través del tiempo para la zona de Pasto se observa en la Figura 1.

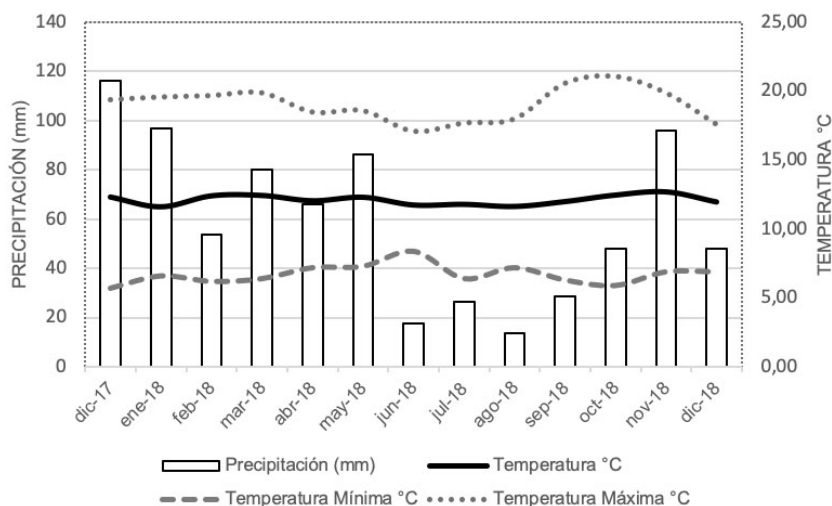


Figura 1. Precipitación acumulada y temperatura de diciembre de 2017 a diciembre de 2018, estación meteorológica automática Vintage station pro 2, ubicada en el Centro de investigación Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agrícola (AGROSAVIA). Pasto, Colombia.

Figure 1. Accumulated rainfall and temperature from December 2017 to December 2018, Vintage station pro 2, located at the Obonuco research station of the Colombian Agricultural Research Corporation (AGROSAVIA). Pasto, Colombia.

Análisis estadístico

La información obtenida se analizó a través del software R V.3.6.1 (R Development Core Team 3.0.1., 2014), con los paquetes agricolae (de Mendiburu, 2017) y ggplot2 (Wickham, 2016). Los datos se analizaron dependiendo de su varianza y distribución normal, los efectos de los tratamientos sobre las variables de valor nutritivo se analizaron a través de un análisis de varianza (ANOVA) y se consideraron significativos a $p < 0,05$. Los efectos de la mezcla, la cal y el riego, así como sus respectivas interacciones de dos y tres niveles, se incluyeron en el modelo lineal mixto (ecuación 1) y se analizaron como un diseño de parcelas subdivididas, asignando el factor riego a la parcela principal, el factor enmienda con tres niveles a la subparcela y el factor mezcla con seis niveles a la sub-subparcela:

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + L_j + S_k + B_l(j) + C^*L_{ij} + C^*S_{ik} + L^*S_{ik} + C^*L^*S_{ijk} + E_{ijkl} \quad (1)$$

Donde:

Y_{ijkl} = variables de valor nutritivo;

μ = la media general;

C_i = el efecto del cultivo (es decir, pasto en monocultivo o en mezcla);

L_i = efecto de la enmienda;

Sk= efecto del riego;

Bl (j)= efecto de bloques anidados dentro de la ubicación (aleatorio);

C * Lij, C * Sik, L * Sik y C * L * Sijk= efecto de las interacciones de dos y tres niveles y,

Eijkl= residual aleatorio.

Cuando fue significativa la diferencia entre los tratamientos, se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$), la dinámica de crecimiento para la variable MS se analizó a través de regresiones lineales utilizando un modelo lineal $Y = \alpha + \beta x$ donde Y= rendimiento de forraje (MS); α = coeficiente o intersección con el eje de ordenadas; β = coeficiente de regresión; x= tiempo en días. La variable de calidad nutricional PC se analizó siguiendo el mismo criterio utilizando modelos cuadráticos y cúbicos.

Resultados

Valor nutritivo de las mezclas forrajeras a la edad de 28 días

No se presentaron diferencias estadísticas entre las interacciones de tres y dos factores para el valor nutritivo de las mezclas forrajeras a los 28 días, por lo cual se analizó el efecto de los factores principales por separado, donde el factor mezcla presentó diferencias significativas (Cuadro 3). Para la época de altas precipitaciones se presentaron

Cuadro 3. Composición nutricional de seis mezclas forrajeras, evaluadas en época de altas y bajas precipitaciones, a la edad de 28 días. Centro de investigación Obonuco. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Colombiana (AGROSAVIA). Municipio de Pasto. Colombia. 2017-2018.

Table 3. Nutritional composition of six fodder mixtures, evaluated in the times of high and low rainfall, at the age of 28 days, Obonuco Research Center. Colombian Agricultural Research Corporation (AGROSAVIA). Municipality of Pasto. Colombia. 2017-2018.

Mezclas	PC	FDN	FDA	D	ENL
Época de altas precipitaciones					
Trojan, trébol blanco	17,91 ^{cd}	52,77 ^{bc}	28,66 ^{bc}	64,77 ^{bcd}	1,33 ^{bcd}
Trojan, trébol rojo	19,65 ^b	50,16 ^b	27,69 ^{ab}	66,47 ^b	1,37 ^b
Trojan, trébol rojo, trébol blanco	24,25 ^a	50,55 ^b	27,71 ^{ab}	65,98 ^{bc}	1,36 ^{bc}
Azul orchoro, trébol blanco, trébol rojo	19,06 ^{bc}	44,68 ^a	26,54 ^a	70,49 ^a	1,46 ^a
Tetablend 260	17,68 ^{cd}	54,97 ^c	29,71 ^c	64,26 ^{cd}	1,32 ^{cd}
Trojan	16,80 ^d	53,44 ^c	28,51 ^{bc}	63,93 ^d	1,31 ^d
EE±	0,4	0,65	0,44	0,43	0,01
Época de bajas precipitaciones					
Trojan, trébol blanco	20,29 ^{cd}	44,57 ^b	22,39 ^a	68,63 ^b	1,42 ^b
Trojan, trébol rojo	22,26 ^b	42,85 ^b	22,73 ^a	70,10 ^b	1,45 ^b
Trojan, trébol rojo, trébol blanco	21,83 ^{bc}	43,47 ^b	22,88 ^a	69,71 ^b	1,44 ^b
Azul orchoro, trébol blanco, trébol rojo	25,17 ^a	39,91 ^a	23,15 ^a	72,28 ^a	1,50 ^a
Tetablend 260	18,84 ^d	48,95 ^c	25,84 ^b	66,40 ^c	1,36 ^c
Trojan	16,10 ^e	52,45 ^d	27,11 ^b	63,82 ^d	1,31 ^d
EE±	0,42	0,67	0,40	0,42	0,01

a,b,c medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). PC: proteína cruda (%), FDN: fibra en detergente neutro (%), FDA: fibra en detergente ácido (%), D: digestibilidad; ENL: energía neta de lactancia en Mcal kg⁻¹ MS. / a,b,c averages with different letters within the same column differ from each other, according to Tukey's test ($p \leq 0,05$) CP: crude protein (%), FDN: fiber in neutral detergent (%), FDA: fiber in acid detergent (%), D: digestibility; ENL: net lactation energy in Mcal kg⁻¹ DM. Trojan (*Lolium perenne* L); trébol blanco (*Trifolium repens* L); trébol rojo (*Trifolium pratense* L); azul orchoro (*Dactylis glomerata* L); tetablend 260 (*Lolium multiflorum* L) / Trojan (*Lolium perenne* L); white clover (*Trifolium repens* L); red clover (*Trifolium pratense* L); orchard blue (*Dactylis glomerata* L); tetablend 260 (*Lolium multiflorum* L).

diferencias significativas ($p < 0,05$) en todas las variables evaluadas. Se evidenció una calidad adecuada del forraje para la mezcla azul orchoro, trébol blanco y trébol rojo, especialmente para el contenido de FDN (44,68 %), FDA (26,54 %), D (70,49 %) y ENL (1,46 Mcal kg^{-1} MS). Sin embargo, el porcentaje de PC fue mayor para la mezcla trojan, trébol rojo y trébol blanco (24,25 %). Para la época de bajas precipitaciones la mezcla azul orchoro, trébol blanco y trébol rojo presentó una mejor calidad nutricional frente a las demás mezclas con una PC de 25,17 %, FDN de 39,91 %, FDA de 23,15 %, D de 72,28 %, y ENL de 1,50 Mcal kg^{-1} MS.

Valor nutritivo de las mezclas forrajeras a la edad de 35 días

No se presentaron diferencias estadísticas entre las interacciones de tres y dos factores por lo cual se analizó el efecto de los factores principales por separado, donde el factor mezcla presentó diferencias significativas (Cuadro 4). Los mejores valores para las variables PC, FDN, FDA, D y ENL, en la época de altas precipitaciones los presentó la mezcla azul orchoro, trébol blanco y trébol rojo con 24,05, 42,09, 24,3, 71,03 y 1,47, respectivamente.

Cuadro 4. Composición nutricional de seis mezclas forrajeras, evaluadas en época de altas y bajas precipitaciones, a la edad de 35 días, Centro de investigación Obonuco. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Colombiana (AGROSAVIA). Municipio de Pasto. Colombia. 2017-2018.

Table 4. Nutritional composition of six fodder mixtures, evaluated in times of high and low rainfall, at the age of 35 days, Obonuco Research Center. Colombian Agricultural Research Corporation (AGROSAVIA). Municipality of Pasto. Colombia. 2017-2018.

Mezclas	PC	FDN	FDA	D	ENL
Época de altas precipitaciones					
Trojan, trébol blanco	15,97 ^{bc}	54,21 ^{cd}	29,37 ^b	63,01 ^{bc}	1,29 ^{bc}
Trojan, trébol rojo	17,65 ^b	51,48 ^b	28,26 ^b	64,69 ^b	1,33 ^b
Trojan, trébol rojo, trébol blanco	17,52 ^b	52,35 ^{bc}	28,98 ^b	64,36 ^b	1,32 ^b
Azul orchoro, trébol blanco, trébol rojo	24,05 ^a	42,09 ^a	24,3 ^a	71,03 ^a	1,47 ^a
Tetrand 260	14,60 ^c	56,98 ^c	31,30 ^c	61,30 ^c	1,25 ^c
Trojan	14,19 ^c	55,14 ^{de}	28,81 ^b	61,76 ^c	1,26 ^c
EE±	0,43	0,64	0,39	0,41	0,09
Época de bajas precipitaciones					
Trojan, trébol blanco	19,21 ^c	47,94 ^{cd}	25,70 ^{bc}	66,74 ^c	1,37 ^c
Trojan, trébol rojo	22,57 ^b	43,96 ^{bc}	25,48 ^{bc}	69,48 ^b	1,44 ^b
Trojan, trébol rojo, trébol blanco	22,25 ^b	42,97 ^{ab}	23,66 ^{ab}	69,80 ^b	1,44 ^b
Azul orchoro, trébol blanco, trébol rojo	25,49 ^a	39,65 ^a	23,15 ^a	72,54 ^a	1,50 ^a
Tetrand 260	17,57 ^c	49,64 ^d	26,31 ^{cd}	65,24 ^{cd}	1,34 ^{cd}
Trojan	15,41 ^d	54,99 ^c	27,78 ^d	63,06 ^d	1,29 ^d
EE±	0,50	0,95	1,34	0,94	0,01

a,b,c medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí, según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). PC: proteína cruda (%), FDN: fibra en detergente neutro (%), FDA: fibra en detergente ácido (%), D: digestibilidad: ENL: energía neta de lactancia en Mcal kg^{-1} MS. / a,b,c averages with different letters within the same column differ from each other, according to Tukey's test ($p \leq 0,05$) CP: crude protein (%), FDN: fiber in neutral detergent (%), FDA: fiber in acid detergent (%), D: digestibility: ENL: net lactation energy in Mcal kg^{-1} DM.

Trojan (*Lolium perenne* L); trébol blanco (*Trifolium repens* L); trébol rojo (*Trifolium pratense* L); azul orchoro (*Dactylis glomerata* L); tetrand 260 (*Lolium multiflorum* L) / Trojan (*Lolium perenne* L); white clover (*Trifolium repens* L); red clover (*Trifolium pratense* L); orchard blue (*Dactylis glomerata* L); tetrand 260 (*Lolium multiflorum* L).

Para la época de bajas precipitaciones los presentó la misma mezcla con 25,49, 39,65, 23,15, 72,54 y 1,50, respectivamente.

Valor nutritivo de las mezclas forrajeras a la edad de 42 días

No se presentaron diferencias estadísticas entre las interacciones de tres y dos factores, por lo cual se analizó el efecto de los factores principales por separado, donde el factor mezcla presentó diferencias significativas (Cuadro 5). Los mejores valores para las variables PC, D y ENL, para la época de altas precipitaciones los presentó la mezcla azul orchoro, trébol blanco y trébol rojo, con 22,95, 69,18 y 1,43, respectivamente. Para la época de bajas precipitaciones la misma mezcla mostró los mejores resultados con 26,74, 73,87 y 1,54 respectivamente. Las variables FDN y FDA se mostraron en mayor contenido en ambas épocas en el riegás Trojan con 57,29, 31,03,

Cuadro 5. Composición nutricional de seis mezclas forrajeras, evaluadas en época de altas y bajas precipitaciones, a la edad de 42 días, en Pasto, Nariño, Colombia. 2017- 2018. Centro de investigación Obonuco. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Colombiana (AGROSAVIA). Municipio de Pasto. Colombia. 2017-2018.

Table 5. Nutritional composition of six fodder mixtures, evaluated in high and low rainfall, at the age of 42 days, in Pasto, Nariño, Colombia. 2017- 2018. Obonuco Research Center. Colombian Agricultural Research Corporation (AGROSAVIA). Municipality of Pasto. Colombia. 2017-2018.

Mezclas	PC	FDN	FDA	D	ENL
Época de altas precipitaciones					
Trojan, trébol blanco	14,63 ^c	55,13 ^c	29,62 ^b	61,86 ^c	1,26 ^c
Trojan, trébol rojo	17,70 ^b	49,93 ^b	26,76 ^a	65,20 ^b	1,34 ^b
Trojan, trébol rojo, trébol blanco	18,38 ^b	49,42 ^b	26,32 ^a	65,88 ^b	1,35 ^b
Azul orchoro, trébol blanco, trebol rojo	22,95 ^a	45,55 ^a	27,41 ^a	69,18 ^a	1,43 ^a
Tetablend 260	14,41 ^c	56,66 ^c	30,05 ^b	61,54 ^{cd}	1,25 ^{cd}
Trojan	12,81 ^d	57,29 ^c	31,03 ^b	59,96 ^d	1,22 ^d
EE±	0,37	0,69	0,49	0,41	0
Época de bajas precipitaciones					
Trojan, trébol blanco	20,14 ^c	44,34 ^b	22,73 ^a	68,41 ^c	1,41 ^c
Trojan, trébol rojo	23,32 ^b	40,61 ^a	21,76 ^a	71,25 ^b	1,48 ^b
Trojan, trébol rojo, trébol blanco	23,32 ^b	40,95 ^a	21,89 ^a	71,21 ^b	1,47 ^b
Azul orchoro, trébol blanco, trebol rojo	26,74 ^a	38,35 ^a	22,07 ^a	73,87 ^a	1,54 ^a
Tetablend 260	18,02 ^d	49,39 ^c	25,47 ^b	65,86 ^b	1,35 ^d
Trojan	14,71 ^c	53,71 ^d	27,80 ^c	62,49 ^d	1,28 ^c
EE±	0,83	0,77	0,36	0,39	0

a,b,c medias con letras diferentes dentro de una misma columna difieren entre sí según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). PC: proteína cruda (%), FDN: fibra en detergente neutro (%), FDA: fibra en detergente ácido (%), D: digestibilidad: ENL: energía neta de lactancia en Mcal kg⁻¹ MS. / a,b,c averages with different letters within the same column differ from each other, according to Tukey's test ($p \leq 0,05$) CP: crude protein (%), FDN: fiber in neutral detergent (%), FDA: fiber in acid detergent (%), D: digestibility: ENL: net lactation energy in Mcal kg⁻¹ DM.

Trojan (*Lolium perenne* L); trébol blanco (*Trifolium repens* L); trébol rojo (*Trifolium pratense* L); azul orchoro (*Dactylis glomerata* L); tetablend 260 (*Lolium multiflorum* L) / Trojan (*Lolium perenne* L); white clover (*Trifolium repens* L); red clover (*Trifolium pratense* L); orchard blue (*Dactylis glomerata* L); tetablend 260 (*Lolium multiflorum* L).

53,71 y 27,80, respectivamente.

Tasa de crecimiento de las mezclas forrajeras evaluadas a los 60 días

Durante todo el periodo experimental (marzo – agosto 2018), la variable de rendimiento en MS mostró un aumento conforme avanzaba la edad, contrario a la variable de valor nutritivo PC la cual disminuyó.

El mayor rendimiento de materia seca se obtuvo a los 60 días de edad y el mayor porcentaje de proteína se obtuvo a los 14 días aproximadamente. Se registraron tasas de crecimiento (MS kg ha⁻¹ día⁻¹) para la M1(Figura 2), M2 (Figura 3), M3 (Figura 4), M4 (Figura 5), M5 (Figura 6) y M6 (Figura 7) a la edad de 35 días de 25,62; 24,49; 5,37; 29,67; 24,34 y 18,90, y a los 42 días de 28,46; 29,61; 29,07; 30,54; 26,98 y 22,33, respectivamente, el

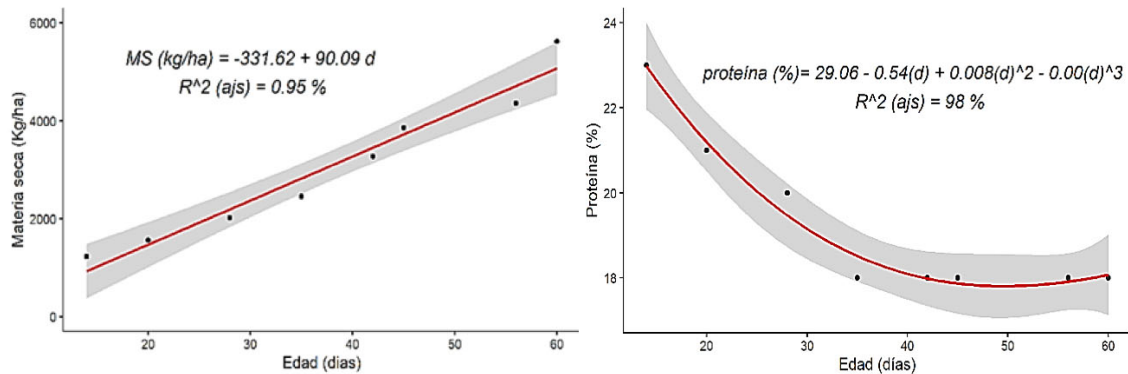


Figura 2. Tasa de crecimiento (kg Ms ha⁻¹ corte⁻¹) y proteína (%) de la mezcla uno [trojan (*Lolium perenne* L) + trébol blanco (*Trifolium repens* L)]. Centro de Investigación Obonuco, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Colombiana (AGROSAVIA), Municipio de Pasto. Colombia. 2017-2018.

Figure 2. Growth rate (kg Ms ha⁻¹ cut⁻¹) and protein (%) of the mixture one [trojan (*Lolium perenne* L) + white clover (*Trifolium repens* L)]. Obonuco Research Center, Colombian Agricultural Research Corporation (AGROSAVIA), Municipality of Pasto. Colombia. 2017-2018.

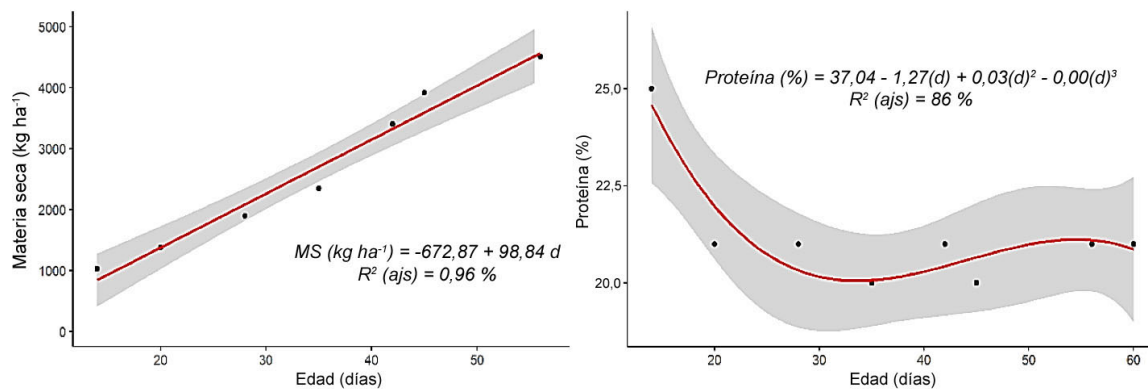


Figura 3. Tasa de crecimiento (kg MS ha⁻¹ corte⁻¹) y proteína (%) de la mezcla dos (trojan (*Lolium perenne* L) + trébol rojo (*Trifolium pratense* L) Centro de Investigación Obonuco, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Colombiana (AGROSAVIA), Municipio de Pasto. Colombia. 2017-2018.

Figure 3. Growth rate (kg MS ha⁻¹ cut⁻¹) and protein (%) of the mixture two [trojan (*Lolium perenne* L) + red clover (*Trifolium pratense* L)]. Obonuco Research Center, Colombian Agricultural Research Corporation (AGROSAVIA), Municipality of Pasto. Colombia. 2017-2018.

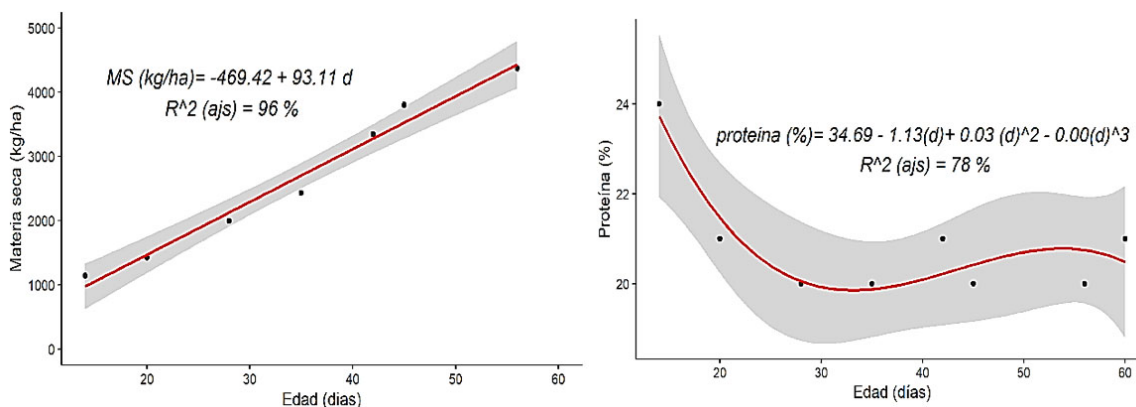


Figura 4. Tasa de crecimiento (kg MS ha⁻¹ corte⁻¹) y proteína (%) de la mezcla tres [Trojan (*Lolium perenne* L.) + trébol blanco (*Trifolium repens* L.) + trébol rojo (*Trifolium pratense* L.)]. Centro de investigación Obonuco, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Colombiana (AGROSAVIA), Municipio de Pasto. Colombia. 2017-2018.

Figure 4. Growth rate (kg MS ha⁻¹ cut⁻¹) and protein (%) of the mixture three [trojan (*Lolium perenne* L.) + white clover (*Trifolium repens* L.) + red clover (*Trifolium pratense* L.)]. Obonuco Research Center. Colombian Agricultural Research Corporation (AGROSAVIA), Municipality of Pasto. Colombia. 2017-2018.

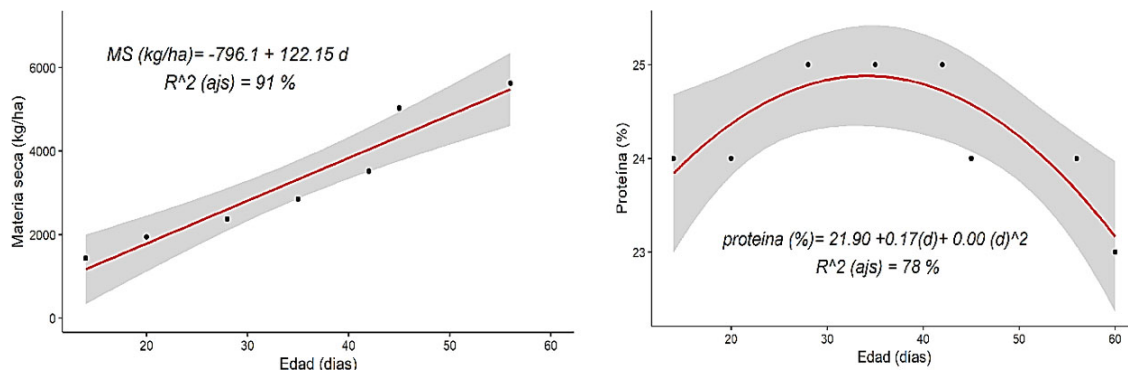


Figura 5. Tasa de crecimiento (kg MS ha⁻¹ corte⁻¹) y proteína (%) de la mezcla cuatro [azul orchero (*Dactylis glomerata* L.) + trébol blanco (*Trifolium repens* L.) + trébol rojo (*Trifolium pratense* L.)]. Centro de investigación Obonuco. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Colombiana (AGROSAVIA), Municipio de Pasto. Colombia. 2017-2018.

Figure 5. Growth rate (kg MS ha⁻¹ cut⁻¹) and protein (%) of the mixture four [orchero blue (*Dactylis glomerata* L.) + white clover (*Trifolium repens* L.) + red clover (*Trifolium pratense* L.)]. Obonuco Research Center. Colombian Agricultural Research Corporation (AGROSAVIA), Municipality of Pasto. Colombia. 2017-2018.

porcentaje de proteína para las mismas edades fue de 18, 20, 20, 25, 16, 16 y 15, 21, 21, 25, 16 y 14, respectivamente.

La mezcla que obtuvo la mayor tasa de crecimiento y el mejor porcentaje de proteína fue la M4.

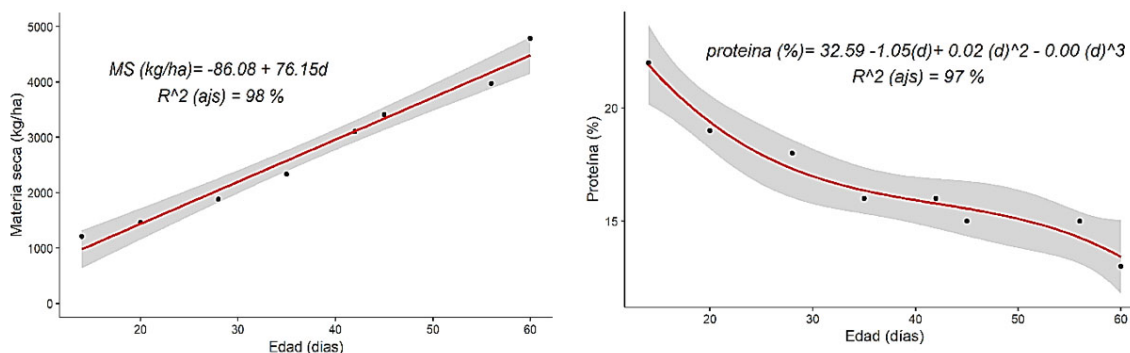


Figura 6. Tasa de crecimiento (kg MS ha⁻¹ corte⁻¹) y proteína (%) de la mezcla cinco con base en la mezcla comercial (tetrablend 260: 30 % de raigrás anual tetraploide + 50 % de raigrás híbrido tetraploide + 10 % de azul orchoro y 10% de trébol rojo) Centro de investigación Obonuco, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Colombiana (AGROSAVIA). Municipio de Pasto, Colombia.

Figure 6. Growth rate (kg MS ha⁻¹ cut⁻¹) and protein (%) of the mixture five based on commercial mixture (tetrablend 260: 30 % tetraploid annual ryegrass + 50 % tetraploid hybrid ryegrass + 10 % orchoro blue and 10 % red clover) Obonuco Research Center, Colombian Agricultural Research Corporation (AGROSAVIA). Municipality of Pasto, Colombia.

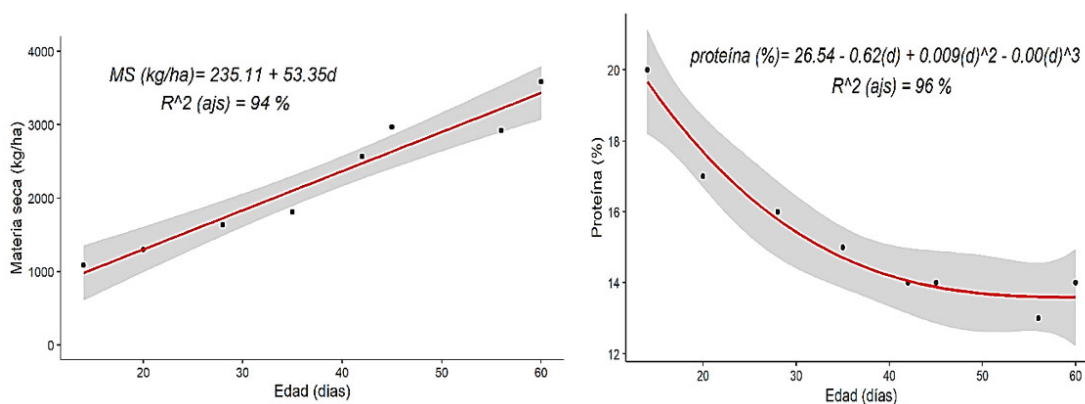


Figura 7. Tasa de crecimiento (kg MS ha⁻¹ corte⁻¹) y proteína (%) de la mezcla seis que incluyó solo una forrajera: trojan (*Lolium perenne* L.). Centro de investigación Obonuco, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Colombiana (AGROSAVIA), Municipio de Pasto, Colombia.

Figure 7. Growth rate (kg MS ha⁻¹ cut⁻¹) and protein (%) of the mixture six that only included a forage trojan (*Lolium perenne* L.). Obonuco Research Center, Colombian Agricultural Research Corporation (AGROSAVIA), Municipality of Pasto, Colombia.

Discusión

La mezcla con leguminosas mejoró el porcentaje de proteína cruda en las dos épocas evaluadas (Cuadro 3), si se tiene en cuenta que el valor obtenido en este parámetro por el pasto Trojan (16,8 y 16,1 %) fue inferior con comparación por las demás mezclas. Sin embargo, cuando este se mezcló con trébol rojo y blanco mejoró esta fracción en las dos épocas evaluadas (24,2 y 21,8 %). En dos pisos altitudinales de Cantón, Loja (Ecuador) el valor nutritivo de las mezclas compuestas por raigrás inglés más trébol blanco; pasto azul más trébol blanco y raigrás inglés más pasto azul más trébol blanco, mostraron valores de PC de 15,1, 15 y 15,9 %, respectivamente, lo cuales

fueron inferiores a los obtenidos en el presente estudio. Las cifras más altas en este estudio podrían obedecer a la adición de cal agrícola y la preparación previa al rebrote de las mezclas (Maza-Chamba, 2015).

La FDN y la FDA son buenos indicadores del contenido de fibra de los forrajes y estos a su vez están relacionados inversamente con el consumo; para lograr consumos superiores al 2 % del peso vivo en rumiantes, los forrajes deben contener entre el 54 y 60 % de FDN (Cruz & Sánchez, 2000). Según la clasificación de los alimentos asignada (Caddel & Allen, 2017), contenidos menores al 41 y 31 % de FDN y FDA, permiten clasificar un alimento como de excelente calidad. Los valores obtenidos para las mezclas evaluadas a la edad de 28 días se encuentran dentro de estos rangos establecidos. No obstante, para las dos épocas evaluadas la M4 obtuvo los mejores valores para estas variables (44,68 y 26,54 %; 39,91 y 23,15 %). En un estudio se evaluó el establecimiento y producción de raigrás y tréboles en dos regiones del trópico alto colombiano, se reportó para la localidad de Tuta (Boyaca) y Mosquera (Cundinamarca) para *Lolium perenne* a la edad de 21 días de rebrote, porcentajes para la FDN y FDA de 47,14 y 18,49% y 54,51 y 22,46 %, respectivamente (Vargas et al., 2018). Los valores encontrados en este estudio para el pasto Trojan (53,44 y 28,51 %; 52,45 y 27,11 %) se asemejan a los reportados por los autores en la localidad de Mosquera. El valor nutritivo de los forrajes disminuye al avanzar la madurez y el material muerto constituye la fracción menos digestible, por lo que los intervalos cortos, que para este caso fue de 28 días de edad, proporcionan un forraje de alta digestibilidad, en comparación con los intervalos prolongados de crecimiento (Hodgson, 1990; White & Hodgson, 1999).

Los valores de digestibilidad obtenidos por todas las mezclas y el pasto Trojan a la edad de 28 días son adecuados, pero la M4 se destacó con un valor de 70,49 y 72,28 % para las dos épocas evaluadas. Este comportamiento quizá obedece al crecimiento tardío del azul orchoro y a la inclusión de los dos tipos de trébol (*repens* y *pratense*), puesto que la digestibilidad de las hojas de las leguminosas es mayor que el de las gramíneas, alrededor del 71 % en promedio (Van Soest, 1969), muy similar a la digestibilidad del azul orchoro la cual se encuentra entre 65 y 70 %.

La mezcla M4 tuvo valores de 1,46 y 1,5 Mcal ENL kg⁻¹ de MS para las dos épocas evaluadas; en un estudio para azul orchoro a la edad de 21 días para las localidades de Tuta y Mosquera se obtuvo una ENL de 1,67 y 1,64 Mcal kg⁻¹ de MS (Vargas et al., 2018).

En términos generales para la edad de 35 días se pudo observar que el mejor valor nutritivo para las dos épocas evaluadas lo obtuvo la mezcla de azul orchoro, trébol blanco y trébol rojo. Las diferencias en el valor nutritivo durante cuatro estaciones en Australia, de nueve gramíneas y once especies de trébol en monocultivo, mostraron para *Dactylis glomerata* valores de 31,9 % de PC, 48,5 % de FDN, 25,7 % de FDA (Fulkerson et al., 2007), superiores a los encontrados en este estudio para la época de altas precipitaciones con 22,8 % de PC, 59,4 % de FDN y 32,3 % de FDA, inferiores en proteína y superiores en FDN y FDA para la época de bajas precipitaciones. Teniendo en cuenta que la cantidad de asociado para este experimento fue de 73,52 % de *Dactylis glomerata* L., 17,64 % de *Trifolium pratense* L. y 8,82 % de *Trifolium repens* L., el pasto azul orchoro es una buena fuente de proteína, que se adaptó a condiciones de estrés hídrico y es una especie que se asocia con leguminosas. Para tolerar las condiciones secas, el *Dactylis glomerata* conserva el agua contenida en sus células por más tiempo que otras hierbas. Esta característica, asociada a su capacidad de crecer a altas temperaturas, la convierte en una planta relativamente adaptada a las condiciones del verano (Groupement National Interprofessionnel des Semences et Plants, 2019). De igual manera, la fertilización, las condiciones climáticas y de suelo, la edad y altura de corte pudieron afectar en los valores nutricionales encontrados en este experimento, teniendo en cuenta que 35 y 42 días son las edades de corte o pastoreo que han reportado mejores resultados en la región (Cadena et al., 2019).

En un estudio se evaluó la producción de vacas lecheras pastoreando *Festuca arundinacea* o *Dactylis glomerata*, como pasturas mono-específicas de cuarto año, con 35 días de crecimiento, se encontró porcentajes de PC, FDN, FDA y D, de 17,0, 60,9, 28,3 y 70,8, respectivamente (González & Astigarraga, 2012), valores inferiores a los encontrados en este estudio en cuanto a proteína, superiores en cuanto a FDN y FDA y similares en cuanto a digestibilidad, debido posiblemente a la edad de los forrajes que fue de cuatro años, comparado con el presente

experimento que fue de un año, de igual manera la época (primavera), los ambientes, la altura de corte (5 cm) y la fertilización mínima.

En cuanto a la ENL se pudo observar que la mezcla con *Dactylis glomerata* arrojó los mejores resultados mediante la evaluación y selección de especies forrajeras de gramíneas y leguminosas en Nariño (Colombia) a la edad de 35 días. Se ha indicado una ENL para el pasto azul orchoro de 1,37 Mcal kg⁻¹ de MS en época de altas precipitaciones (Portillo et al., 2019), valores inferiores a los encontrados en este estudio.

Para la edad de 42 días se observó que la gramínea acompañante se benefició del N transferido por las leguminosas forrajeras y su hábito de crecimiento para las dos épocas de evaluación, esto fue especialmente evidente en la mezcla compuesta por azul orchoro, trébol rojo y trébol blanco, lo que resultó en el mayor contenido de proteína, una mayor digestibilidad y contenido de ENL, coincidiendo con lo encontrado por Gierus et al. (2012), donde en el primer año de producción las mezclas de riegrás perenne con leguminosas como el trébol blanco y rojo presentaron un mayor rendimiento y calidad nutricional.

En cuanto a la FDN y la FDA se observó que los mayores valores los presentó el riegrás perenne en monocultivo para las dos épocas, lo que pudo deberse al mayor desarrollo de las plantas al no tener competencia con las leguminosas acompañantes, por lo cual la calidad nutricional de las especies que crecen en mezcla es determinada por las leguminosas forrajeras más que por la gramínea perenne. Sin embargo, la variación en la calidad nutricional, dependerá de las especies de leguminosas y su adaptación a la frecuencia de corte (Gierus et al., 2012).

Al evaluar el comportamiento del crecimiento en diferentes pastos forrajeros, se evidenció un mayor rendimiento a la sexta semana de rebrote (García et al., 2017), estos resultados fueron similares a los encontrados en el presente experimento a partir de los 42 días de evaluación, debido posiblemente a la altura de corte de los cultivos, ya que existe una mayor área foliar remanente, lo cual ocasiona que la biomasa se recupere con más facilidad (Cruz et al., 2017).

En un experimento donde se evaluó la tasa de crecimiento de tres especies de gramíneas (*Dactylis glomerata*, *Lolium perenne* y *Festuca arundinacea*), se evidenció que el pasto azul orchoro presentó una tasa de crecimiento neto de 30,61 kg ha⁻¹ día⁻¹ (Ganderats & Hepp, 2003), datos similares a los reportados en este estudio para la M4 compuesta mayormente por *Dactylis glomerata*, posiblemente debido a la adaptación de la especie a las condiciones climáticas de la zona estudio y al manejo del cultivo.

Conclusiones

La mezcla 4 conformada por *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens* y *Trifolium pratense* obtuvo el mayor valor nutritivo en las tres edades de evaluación para la época de altas y bajas precipitaciones.

El factor riego y enmienda evaluados no presentaron diferencias significativas para las variables de calidad nutricional evaluadas.

Agradecimientos

Los autores agradecen en especial a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y al macroproyecto denominado “Mejoramiento de la oferta forrajera, optimización de sistemas de alimentación y aseguramiento de la calidad e inocuidad de la leche en el trópico alto del departamento de Nariño”, ejecutado mediante recursos del Sistema General de Regalías.

Referencias

- Allen, G., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Ariza, C., Mayorga, O., Mojica, B., Parra, D., & Afanador, 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. <https://doi.org/10.1177/0967033517746900>
- Beuselinck, P., Sleper, D., Bughrara, S., & Roberts, C. (1992). Effect of mono and mixed culture of tall fescue and birdsfoot trefoil on yield and quality. *Agronomy Journal*, 84(2), 133-137. <https://doi.org/10.2134/agronj1992.0002196200840020002x>
- Cadena, M., García, M., Meneses, D., Morales, S., & Castro, E. (2019). Adaptation of ten cultivars of Lolium sp. In the high tropic of Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 30(1), 165–178. <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.34094>
- Caddel, J., & Allen, E. (2017). *Forage quality interpretations (Extension Facts F2117)*. Oklahoma Cooperative Extension Service. http://courses.missouristate.edu/WestonWalker/AGA375_Forages/Forage%20Mgmt/References/1Guides/4Making/EvalQual/OSUF2117ForageQualInterpret.pdf
- Camacho, J., & Garcia, J. (2003). Dry matter yield and nutritive value of four alfalfa varieties associated with white clover, perennial ryegrass, tall fescue and orchard grass. *Veterinaria México*, 34(2), 149–177. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42334204>
- Cárdenas, A. (2011). *Guía de manejo de pastos para la sierra sur ecuatoriana*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- Cárdenas, E. (2003). Estrategias de la investigación en forrajes de tierra fría en Colombia y avances en la universidad nacional de Colombia-Bogotá. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 50, 20–24. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/28071/28330>
- Carulla, J., & Ortega, E. (2016). Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 24(2), 83–87. https://www.researchgate.net/publication/317017699_Sistemas_de_produccion_lechera_en_Colombia_Retos_y_oportunidades
- Castro, E., Mojica, E., Leon, M., Pabon, L., Carulla, E., & Cardenas, A. (2009). Productividad de pasturas y producción de leche bovina bajo pastoreo de gramínea y gramínea + *Lotus uliginosus* en Mosquera, Cundinamarca. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 55(1), 9–21. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/10478/14304>
- Chamblee, D., & Collins, M. (1988). Relationships with other species in a mixture. *Alfalfa and Alfalfa Improvement*, 29, 10-55. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2134/agronmonogr29.c13>
- Cobo, J. A. (2003). *El suelo y el agua en la producción de pastos*. Cobo Lemos, José Alirio.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (2013). *Guía toma de muestra de suelos*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.

- Correa, H., Rodríguez, Y., Pabon, M., & Carrulla, J. (2012). Effect of offer level of Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) on production, milk quality and nitrogen balance in Holstein cows. *Livestock Research for Rural Development*, 24(11), Article 24204. <http://www.lrrd.org/lrrd24/11/corr24204.htm>
- Cruz, A., Hernández, A., Aranda, E., Chay, A., Márquez, C., Rojas, A. & Gomez, A. (2017). Nutritive value of Mulato grass under different grazing strategies. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(10), 65-72. <https://doi.org/10.19136/era.a4n10.883>
- Cruz, C., & Sánchez, J. (2000). La fibra en la alimentación del ganado lechero. *Nutrición Animal Tropical*, 6, 39–74. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/10317>
- de Mendiburu, F. (2017). *Agricolae: Statistical procedures for agricultural research*. The Comprehensive R Archive Network Repository. <https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/index.html>
- Echeverry, J., Restrepo, L., & Parra, J. (2010). Evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* bajo dos metodologías de fertilización. *Revista La Sallista de Investigación*, 7(2), 94–100. <http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v7n2/v7n2a10.pdf>
- Elgersma, A., & Sjøgaard, K. (2016). Effects of species diversity on seasonal variation in herbage yield and nutritive value of seven binary grass-legume mixtures and pure grass under cutting. *European Journal of Agronomy*, 78, 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.04.011>
- Fulkerson, W., Neal, J., Clark, C., Horadagoda, A., Nandra, K., & Barchia, I. (2007). Nutritive value of forage species grown in the warm temperate climate of Australia for dairy cows: Grasses and legumes. *Livestock Science*, 107, 253–264. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.09.029>
- Ganderats, S., & Hepp, C. (2003). Mecanismos de crecimiento de *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* en la zona intermedia de Aysén. *Agricultura Técnica*, 63(3), 259–265. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072003000300005&lng=pt&nrm=iso&tlng=es
- García, A., Hernández, A., Quero, A., Guerrero, J., Ayala, W., Zaragoza, J., & Trejo, C. (2017). Persistencia de *Dactylis glomerata* L. solo y asociado con *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(4), 885-889. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i4.262>
- Gierus, M., Kleen, J., Loges, R., & Taube, F. (2012). Forage legume species determine the nutritional quality of binary mixtures with perennial ryegrass in the first production year. *Animal Feed Science and Technology*, 172(3-4), 150–161. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.026>
- González, P., & Astigarraga, L. (2012). Productividad de vacas lecheras en pasturas de festuca o de *Dactylis*. *Agrociencia Uruguay*, 16(1), 160–165. http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482012000100019
- González, S., Díaz, H., López, R., Aizpuru, E., Garza, H., & Sánchez, F. (2004). Intake, nutritive quality and botanical composition of a mixture of alfalfa and perennial grasses under different forage allowances. *Técnica Pecuaria*, 42(1), 29–37. <https://www.semanticscholar.org/paper/Intake-%2C-nutritive-quality-and-botanical-of-a-of-Aldacoa-Sol%C3%A9ADsa/45909c41f58c91ff0dffdad841a6783ccb5c8ad3?p2df>
- Groupement National interprofessionnel des Semences et Plants. (2019). *Ies petits guides prairies le dactyle*. Groupement National interprofessionnel des Semences et plants.
- Grünwaldt, J., Guevara, J., Grünwaldt, E., & Carretero, E. (2015). Cacti (*Opuntia* sps.) as forage in Argentina dry lands. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 47(1), 263–282. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/7484/fca-47-1-019-guevara.pdf

- Hodgson, J. (Ed.). (1990). *Grazing management: Science into practice*. Longman Scientific & Technical.
- Karsten, H., & Carlassare, M. (2002). Describing the botanical composition of a mixed species Northeastern U.S. pasture rotationally grazed by cattle. *Crop Science*, 42(3), 882–889. <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.8820>
- Lascano, C., Vargas, P., & Ramírez, G. (1996). Aspectos metodológicos en la evaluación de pasturas en fincas con ganado de doble propósito. *Pasturas Tropicales*, 18(3), 65-70. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Vol18_rev3_año96_art12.pdf
- Maza-Chamba, W.(2015). *Evaluación de tres especies forrajeras: rye grass inglés (Lolium perenne L.), pasto azul (Dactylis glomerata L.) y trebol blanco (Trifolium repens L.) en dos pisos altitudinales del cantón Loja* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio de la Universidad Nacional de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11584/1/TESIS%20WILMER%20ALCIDES%20MAZA%20CHAMBA.pdf>
- Morales, A., León, J., Cárdenas, E., Afanador, G., & Carulla, J. (2013). Composición química de la leche, digestibilidad *in vitro* de la materia seca y producción en vacas alimentadas con gramíneas solas o asociadas con *Lotus uliginosus*. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 60(1), 32–48. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=407639233004>
- Motta, P., Martínez, H., & Rojas, E. (2019). Indicators associated to pastures sustainability: A review. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2), 409–430. https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art1464
- Portillo, P., Meneses, D., Morales, S., Cadena, M., & Castro, E. (2019). Evaluation and selection of forage grass and legume species in Nariño, Colombia. *Pastos y forrajes*, 42(2), 87–96. https://www.researchgate.net/publication/343572612_Evaluation_and_selection_of_forage_grass_and_legume_species_in_Narino_Colombia#fullTextFileContent
- R Development Core Team 3.0.1. (2014). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
- Roda, A., Landis, D., Coggins, M., Spandl, E., & Hesterman, O. (1996). Forage grasses decrease alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae) damage and larval numbers in alfalfa-grass intercrops. *Journal of Economy Entomology*, 89(3), 743–750. <https://doi.org/10.1093/jee/89.3.743>
- Sheaffer, C., Miller, D., & Marten, G. (1990). Grass dominance and mixture yield and quality in perennial grass-alfalfa mixtures. *Journal of Production Agriculture*, 3(4), Article 480. <https://doi.org/10.2134/jpa1990.0480>
- Toledo, J. M. (1982). *Manual para la evaluación Agronómica: Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales*. Centro Internacional de Agricultura Tropical
- Van Soest, P. (1969). Composition, maturity, and the nutritive value for forages. In G. J. Hajny, & E. T. Reese (Eds.), *Cellulases and their applications* (pp. 262-278). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/ba-1969-0095.ch016>
- Vargas, J., Pabón, M., & Carulla, J. (2014). Producción de metano *in vitro* en mezcla de gramíneas-leguminosas del trópico alto colombiano. *Archivos de Zootecnia*, 63(243), 397–407. <http://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v63n243/articulo1.pdf>
- Vargas, J., Sierra, A., Benavidez, J., Avellaneda, Y., & Ariza, C. (2018). Establecimiento y producción de raigrás y tréboles en dos regiones del trópico alto colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 177-191. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.28077>
- Wickham, H. (2016). *Ggplot2: Create elegant data visualisations using the grammar of graphics*. R Studio. <https://ggplot2.tidyverse.org/reference/ggplot2-package.html>
- White, J., & Hodgson, J. (1999). *New Zealand pasture and crop science*. Oxford University Press. <https://www.worldcat.org/title/new-zealand-pasture-and-crop-science/oclc/688658809>