

Artículo de investigación

Evaluation of soluble solids in forage resources in the high tropics in the department of Nariño*Evaluación de sólidos solubles en recursos forrajeros del trópico alto en el departamento de Nariño**Avaliação de sólidos solúveis em recursos forrageiros nos altos trópicos do departamento de Nariño*Juan L. Cardona-Iglesias ^{1*}, Zoot, MSc [CvLAC](#); María F. Urbano-Estrada ², Ing. Agróf.; Edwin Castro-Rincón ¹, Zoot, MSc, PhD, [CvLAC](#)**Fecha correspondencia:**

Recibido: 12 de mayo de 2020.

Aceptado: 1 de julio de 2020.

Forma de citar:

Cardona-Iglesias JL, Urbano-Estrada MF, Castro-Rincón E. Evaluación de sólidos solubles en recursos forrajeros del trópico alto en el departamento de Nariño. Rev. CES Med. Zootec, 2020; Vol 15(2): 8-22.

Open access

© Copyright

Creative commonsEthics of publicationsPeer reviewOpen Journal SystemDOI: [http://dx.doi.org/10.21615/](http://dx.doi.org/10.21615/cesmzv.15.2.1)[cesmvz.15.2.1](#)

ISSN 1900-9607

Filiación:*Autor para correspondencia: Juan L. Cardona-Iglesias. Correo electrónico: jlcardona@agrosavia.co

Comparte

**Abstract**

In the livestock systems of the Colombian high tropics, the seasonality of forage, and the energy deficit of the diets of cattle, are the greatest limitations to the potential of animal productivity. The objective of the study was to evaluate the concentration of soluble solids in two perennial shrub species (*Tithonia diversifolia* and *Sambucus nigra*, age: 60 days (d) and two ryegrass varieties (*Lolium perenne*) Columbia and Samson (age: 32 d) at the Obonuco Research Center of Agrosavia (Pasto-Nariño). The data were analyzed under a completely randomized design with a repeated measurement arrangement taking as an experimental unit the evaluation plots in both shrubs and grasses. Soluble solids concentration (%Ss), nutritional composition and biomass production were measured in three time periods (7:30 a.m., 11:30 a.m. and 3:00 p.m.). The analysis was performed using R V. 3.5.1 software through ANAVA and mean comparison tests (tukey<0.05). Data indicated higher concentration (p<0.05) of Ss for *S.n* (12.5%) compared to the other species. The highest numerical values of Ss in all species were presented at 3:00pm and the lowest at 7:30 a.m. At a nutritional level there was a difference (p<0.05) for non-structural carbohydrates (NSC), being higher for *S.n* (29.5%) than *T.d* (25.4%). The production of biomass (MS/t/ha/year), was higher (p<0.05) for *T.d* (22.8 t) with respect to *S.n* (11.4 t). The results obtained from Ss for the fodder resources evaluated are of great importance for estimating the energy value of these fodder products in animal feed.

Keywords: *brix grades, perennial forage, nutritional quality.***Resumen**

En los sistemas ganaderos de trópico alto colombiano, la estacionalidad forrajera, y el déficit energético de las dietas en bovinos, son las mayores limitantes para potencializar la productividad animal. El objetivo del estudio fue evaluar la concentración de sólidos solubles, en dos especies arbustivas perennes (*Tithonia Diversifolia* (*T.d*) y *Sambucus Nigra* (*S.n*), edad: 60 días (d) y dos variedades de ryegrass (*Lolium perenne*) Columbia y Samson (edad: 32 d) en el Centro de investigación Obonuco de Agrosavia (Pasto-Nariño). Los datos fueron analizados bajo un diseño completamente al azar con arreglo

1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), Centro de Investigación Obonuco kilómetro 5 vía Pasto – Obonuco.

2. Centro de Investigación Obonuco hasta octubre 2019.

de medida repetida tomando como unidad experimental las parcelas de evaluación tanto en las arbustivas como en las gramíneas. Se midió la concentración de sólidos solubles (%Ss), en tres horarios (7:30 a.m., 11:30 a.m. y 3:00 p.m.), la composición nutricional y producción de biomasa; para el análisis se utilizó el software R V. 3.5.1 a través de ANAVA y pruebas de comparación de medias (tukey<0,05). Los datos indicaron mayor concentración ($p<0,05$) de Ss para *S.n* (12,5%) en comparación con las demás especies. Los mayores valores numéricos de Ss en todas las especies se presentaron en el horario de las 3:00 p.m. y los menores a las 7:30 a.m. A nivel nutricional hubo diferencia ($p<0,05$) para los carbohidratos no estructurales (CNE), siendo mayores para *S.n* (29,5%) respecto a *T.d* (25,4%). La producción de biomasa (MS/t/ha/año), fue mayor ($p<0,05$) para *T.d* (22,8 t) respecto a *S.n* (11,4 t). Los resultados obtenidos de Ss para los recursos forrajeros evaluados son de gran importancia para estimar el valor energético de estos forrajes en alimentación animal.

Palabras clave: *grados brix, forrajeras perennes, calidad nutricional.*

Resumo

Nos sistemas pecuários do alto trópico colombiano, a sazonalidade das forragens e o déficit energético das dietas do gado são as maiores limitações para o potencial de produtividade animal. O objetivo do estudo foi avaliar a concentração de sólidos solúveis em duas espécies de arbustos perenes (*Tithonia diversifolia* e *Sambucus nigra*, idade: 60 dias (d) e duas variedades de azevém (*Lolium perenne*) Columbia e Sansão (idade: 32 d) no Centro de Pesquisa Obonuco de Agrosavia (Pasto-Nariño). Os dados foram analisados sob um desenho completamente aleatório com um arranjo de medição repetida tomando como unidade experimental as parcelas de avaliação tanto em arbustos como em gramíneas. A concentração de sólidos solúveis (%Ss), composição nutricional e produção de biomassa foram medidas em três períodos de tempo (7:30 h, 11:30 h e 15:00 h). A análise foi realizada utilizando o software R V. 3.5.1 através do ANAVA e testes de comparação de médias (tukey<0,05). Os dados indicaram maior concentração ($p<0,05$) de Ss para *S.n* (12,5%) em comparação com as outras espécies. Os valores numéricos mais altos de Ss em todas as espécies foram apresentados às 15:00 h e os mais baixos às 7:30 h. A nível nutricional houve diferença ($p<0,05$) para carbohidratos não estruturais (NSC), sendo maior para *S.n* (29,5%) do que para *T.d* (25,4%). A produção de biomassa (MS/t/ha/ano), foi maior ($p<0,05$) para *T.d* (22,8 t) em relação ao *S.n* (11,4 t). Os resultados obtidos com os Ss para os recursos forrageiros avaliados são de grande importância para estimar o valor energético desses produtos forrageiros na alimentação animal.

Palavras-chave: *graus brix, forragem perene, qualidade nutricional.*

Introducción

En sistemas ganaderos del trópico alto colombiano, los forrajes constituyen la alternativa de alimentación más económica para satisfacer el consumo voluntario en bovinos^{25,36}. Sin embargo, existen factores que limitan la cantidad y calidad de la oferta forrajera, entre los más importantes se encuentra la variabilidad climática³⁰; esta variabilidad conlleva a la llamada estacionalidad forrajera, la cual afecta negativamente el consumo, el balance de nutrientes, y la productividad animal¹⁶.

La mayoría de los sistemas pastoriles en el trópico alto de Colombia, están constituidos por el pasto kikuyo (*Cenchrus Clandestinus* (Chiov.) Morrone), gramínea ampliamente utilizada; pero que no alcanza a suplir los requerimientos nutricionales de los

bovinos, sobre todo en cuanto al contenido de energía^{12,43}. En bovinos tipo leche, las deficiencias energéticas en la dieta conllevan a la aparición de trastornos metabólicos y disminución de la fertilidad, pudiéndose convertir en un problema grave que afecta la eficiencia de lactancias futuras²³.

En el balanceo de dietas para bovinos, en especial de vacas lecheras, es muy importante tener en cuenta el contenido de carbohidratos no estructurales (CNE), como fuente energética de la ración; estos están constituidos principalmente por almidones y azúcares, los cuales tienen una alta tasa de fermentación ruminal, que promueve una mayor producción de ácido propiónico, y síntesis de proteína microbiana en rumen³².

En el trópico altoandino se hace necesario el uso de variedades adaptadas y mejoradas de gramíneas, que tengan rendimientos superiores en comparación con materiales naturalizados³⁵. En tal sentido con el uso de cultivares de ryegrass (*Lolium perenne* L.), se reportan altas persistencias, producciones de biomasa de hasta 14,6 t/ha/año (nueve cortes/año), tolerancia a heladas, y debido a un mayor contenido de azúcares solubles, su concentración de energía es superior comparada con otras gramíneas perennes como el kikuyo^{4,47}.

Así mismo, en la búsqueda de estrategias nutricionales para tratar de suplir el déficit energético y la baja oferta de forraje en sistemas ganaderos del trópico alto, el uso de arbustivas forrajeras perennes se presenta como una opción sostenible para mejorar el balance de nutrientes en la dieta del ganado^{9,31}. Especies leñosas perennes adaptadas al trópico alto y con potencial forrajero, como el sauco (*Sambucus nigra*), y el botón de oro (*Tithonia diversifolia*), son reconocidas por sus adecuados contenidos de fibra, altos carbohidratos no estructurales (mayor a 20%) y digestibilidad (promedio 70%), lo que potencia a estas especies por encima de pasturas tradicionales utilizadas en la alimentación de bovinos^{7,8,15}.

Una mayor concentración de carbohidratos no estructurales en la planta aumenta el contenido energético en los forrajes.²¹ Un parámetro importante pero poco usado, es la medición del contenido de sólidos solubles (grados brix), como indicativo del contenido energético en forrajes, los sólidos solubles miden la concentración de azúcares presentes en la savia de un forraje, expresados como porcentaje de sacarosa¹¹. Además de azúcares en la fracción de sólidos solubles, están inmersos algunos ácidos, sales y compuestos solubles a nivel celular^{34,37}.

Como la concentración de sólidos solubles está influenciada por la especie, edad de cosecha y tasa fotosintética a lo largo del día²¹, conocer la edad y el momento óptimo de corte o pastoreo durante el día, sería una estrategia de manejo para aprovechar la mayor concentración de carbohidratos solubles del forraje; lo que aumentaría la palatabilidad, e ingestión de energía por parte del animal, esto se verá reflejado en mejor productividad^{11,32}.

Los estudios de calidad nutricional de forrajes en el trópico altoandino, poco han evaluado el contenido de sólidos solubles, como un indicador del potencial energético en los forrajes, es por esto que el objetivo del presente estudio fue evaluar la variación en la concentración de sólidos solubles, en dos especies arbustivas perennes y dos pasturas en el trópico alto del departamento de Nariño, a diferentes horarios del día, y en épocas de bajas precipitaciones.

Materiales y métodos

Localización y clima

El experimento se realizó en el centro de investigación Obonuco de Agrosavia ubicado en el corregimiento de Obonuco municipio de Pasto (Nariño – Colombia), ubicado a una altura de 2865 m.s.n.m., latitud N 1°11'29,6" y longitud 77°18'47,9", temperatura media de 10°C, precipitación anual promedio de 619 mm y una humedad relativa del 83% que corresponde a la zona de vida bosque seco montano bajo²⁴. El experimento se realizó entre los meses de enero y mayo de 2019, presentando precipitaciones promedio de 80 mm, atribuible en la zona como periodo de bajas precipitaciones.

Descripción de los sistemas evaluados

La investigación se realizó en un banco forrajero compuesto por dos especies arbustivas perennes; botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray) y sauco (*Sambucus nigra* L.) establecidas mediante material vegetativo (estacas) en el año 2016, destinado a corte y acarreo. El establecimiento se realizó a distancias de siembra de 1m*1m, para un total de 102 arbustos (51 de cada especie) en un área de 153 m². Para efecto de las mediciones, en esta área se seleccionaron de manera aleatoria 9 arbustos de cada especie, con un área de 9 m² cada una, en los arbustos se realizaron tres mediciones sucesivas, cada 60 días de rebrote.

En 2018 se establecieron dos cultivares de ryegrass (*Lolium perenne*), Columbia (*híbrido perenne*) y Samson (*perenne diploide*), para evaluación con animales (datos no presentados), estos materiales se sembraron al voleo, a razón de 50 kg/ha, cada uno en 1,5 hectáreas. Las evaluaciones se realizaron después del segundo pastoreo pos-establecimiento. Para cada cultivar de pasto la unidad de medición correspondió a las 1,5 hectáreas, para lo cual se tomaban 30 puntos aleatorios en forma de zigzag, con el fin de que la toma de muestras para analizar las variables evaluadas fuera representativa de toda la pradera para cada pastura. En las pasturas se realizaron cinco mediciones consecutivas en el tiempo, cada 32 días de descanso.

Variables evaluadas

Producción de forraje

En el caso de las forrajeras perennes, la producción de forraje verde se midió a través de podas manuales, realizadas a cada individuo, para lo cual se realizaba un corte de homogenización a una altura de 50 cm del suelo. En las pasturas, la evaluación se realizó mediante aforos por la metodología del doble muestreo²². La producción de forraje verde se extrapoló y se presentará como rendimiento de MS/t/ha/año.

Calidad nutricional

El valor nutricional se determinó para cada especie obteniendo 500 g de muestra de forraje a los 60 días de corte para las arbustivas y a los 32 días promedio en los pastos. En las arbustivas se cosecho hojas y tallos tiernos, y para las pasturas hojas y tallos comestibles. Dichas muestras fueron secadas en una estufa de ventilación forzada a 65 °C durante 72 horas. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Nutrición animal, del centro de investigación Tibaitatá (Agrosavia) en Mosquera- Cundinamarca, en donde se les determinó: materia seca (%MS), proteína cruda (%PC), fibra detergente neutro (%FDN), fibra detergente ácido (%FDA), calcio (%Ca), fósforo (%P), energía neta de lactancia (EN_L/Mcal/kg), Digestibilidad (%Dig) y carbohidratos no estructurales (%CNE) mediante la técnica de Espectroscopia de Reflectancia en Infrarrojo Cercano (NIRS)².

Concentración de sólidos solubles (Grados brix)

La medición de sólidos solubles se realizó a tres tiempos durante el día 7:30 a.m., 11:30 a.m. y 3:00 p.m. a los 60 días de corte en las especies forrajeras, y 32 días promedio para las gramíneas, se cosechó al azar 300 g del material vegetal simulando el pastoreo, el forraje obtenido fue picado (tijera inoxidable) y macerado en un mortero hasta obtener la savia de la planta. Del resultado del macerado se tomó una pequeña muestra con la ayuda de un gotero y se colocó sobre el prisma de un refractómetro digital y se realizaron tres lecturas (por cada arbusto, y por cada punto de muestreo en la pradera), de las cuales se obtenía un promedio⁴¹.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados bajo un diseño completamente al azar con arreglo de medida repetida, tomando como unidad experimental, las parcelas de evaluación tanto en las arbustivas como en las gramíneas. El análisis se desarrolló por separado para gramíneas y arbustivas, y consideró como efectos fijos la especie, hora de evaluación y la interacción entre estos factores, y como efecto aleatorio la medida repetida de la parcela en el tiempo, en el cual se consideró la modelación de las varianzas y covarianzas. El ANOVA se desarrolló empleando la función *lme* del paquete *nlme* en el software estadístico R. V.3.5.1. En caso de rechazo de la hipótesis nula en el ANOVA, se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$)³⁹.

Resultados

Para la producción de forraje en materia seca por tonelada/hectárea/año (MS/t/ha/año) en las forrajeras, *T. diversifolia* presentó 11,4 t más respecto a *S. nigra* a la edad de 60 días de cosecha. Para las variedades de ryegrass no hubo diferencia ($p > 0,05$), en promedio se obtuvo 12 t/MS/ha/año para las dos gramíneas con cosecha a los 32 días promedio. En producción de forraje se puede observar un rendimiento superior de *T. diversifolia* respecto a *S. nigra* (50% más), y un 47,4% más de producción de forraje en MS/t/ha/año de la *T. diversifolia* en comparación con las gramíneas evaluadas (tablas 1 y 2).

En cuanto a calidad nutricional para las fracciones analizadas, en las forrajeras (tabla 1) solamente hubo diferencia estadística ($p < 0,05$), para los carbohidratos no estructurales (%CNE); se obtuvo 13,8% más de CNE en *S. nigra* respecto a *T. diversifolia*. Para la época de realización del estudio catalogada como de bajas precipitaciones, a pesar de que *S. nigra* tuvo mayor valor de CNE, respecto a *T. diversifolia*; ambas forrajeras presentaron más altos valores en esta fracción, comparados con las gramíneas analizadas (tabla 2). Fracciones importantes en nutrición de rumiantes como la proteína cruda (%PC), fibra detergente neutra (%FDN), Fibra detergente ácida (%FDA), digestibilidad (%Dig), y/o la energía neta de lactancia (EN_L/Mcal/kg), no presentaron diferencia estadística ($p > 0,05$) entre las forrajeras, ni entre las gramíneas (tabla 1 y 2).

Tabla 1. Producción de biomasa y calidad nutricional de dos forrajeras leñosas, del trópico alto de Nariño.

Especie	MS/t/ ha/año	MS (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	Ca (%)	P (%)	Dig (%)	EN _L (Mcal/ Kg/MS)	CNE (%)
<i>Tithonia diversifolia</i>	22,8 ^a	16 ^a	24,3 ^a	35,6 ^a	15 ^a	1,1 ^a	0,34 ^a	73,6 ^a	1,55 ^a	25,4 ^b
<i>Sambucus nigra</i>	11,4 ^b	19 ^a	22,1 ^a	36,4 ^a	14,8 ^a	0,76 ^a	0,33 ^a	71,8 ^a	1,5 ^a	29,5 ^a

MS= Materia Seca, PC= proteína cruda, FDN= Fibra detergente neutro, FDA= Fibra detergente ácida, Ca= Calcio, P= Fósforo, Dig. = Digestibilidad, EN_L= energía neta de lactancia, CNE= carbohidratos no estructurales. Medias con letras diferentes en las columnas difieren entre sí según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Tabla 2. Producción de biomasa y calidad composicional de dos variedades de Ryegrass perenne, del trópico alto de Nariño.

Especie	MS/t/ha/año	MS (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	Ca (%)	P (%)	Dig (%)	EN _L (Mcal/Kg/MS)	CNE (%)
Ryegrass Samson	12 ^a	15,37 ^a	20,59 ^a	47,16 ^a	25,6 ^a	0,44 ^a	0,23 ^a	67,71 ^a	1,40 ^a	18,62 ^a
Ryegrass Columbia	12,9 ^a	16,2 ^a	22,08 ^a	44,55 ^a	23,2 ^a	0,36 ^a	0,26 ^a	69,11 ^a	1,43 ^a	19,78 ^a

MS= Materia Seca, PC= proteína cruda, FDN= Fibra detergente neutro, FDA= Fibra detergente ácida, Ca= Calcio, P= Fósforo, Dig. = Digestibilidad, EN_L= energía neta de lactancia, CNE= carbohidratos no estructurales. Medias con letras diferentes en las columnas difieren entre si según la prueba de Tukey (p< 0,05).

En la figura 1 se observa una comparación entre cuatro recursos forrajeros del trópico alto del departamento de Nariño, para la concentración de sólidos solubles (grados brix); de dos forrajeras perennes (*T. diversifolia* y *S. nigra*), y dos variedades de ryegrass perenne (Samson y Columbia). De manera general la concentración de sólidos solubles en *S. nigra* (12,5%), fue superior (p<0,05) respecto a *T. diversifolia*, y a las dos variedades de ryegrass.

En la figura 2 se muestra la concentración de sólidos solubles dentro de cada especie forrajera en tres diferentes horarios de medición. Para las especies no se obtuvieron valores diferentes (p>0,05) de sólidos solubles en los distintos horarios de muestreo, de manera general se observa que para las dos forrajeras los menores valores numéricos se presentaron en la mañana (7:30 a.m) *T. diversifolia* (7,6%) y *S. nigra* (11,1%), y la mayor concentración de sólidos solubles a las 11:30 am para *T. diversifolia* (8,3%), y 3:00 p.m para *S. nigra* (13,5%).

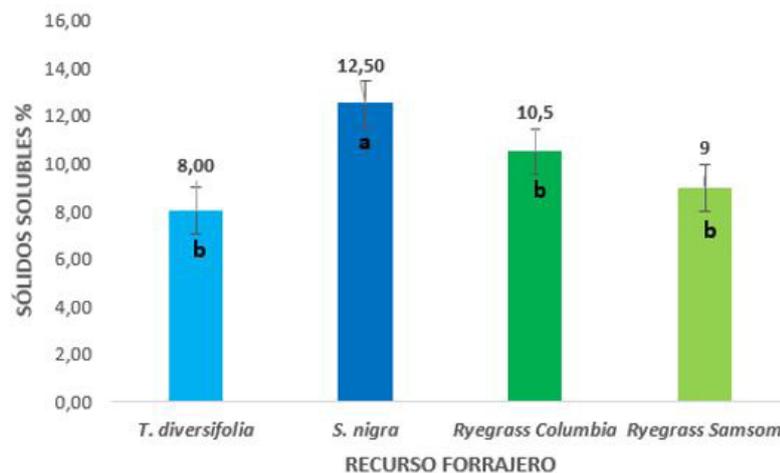


Figura 1. Concentración de sólidos solubles entre cuatro recursos forrajeros del trópico alto de Nariño. Letras diferentes en la barra indican diferencia estadística (p<0,05).

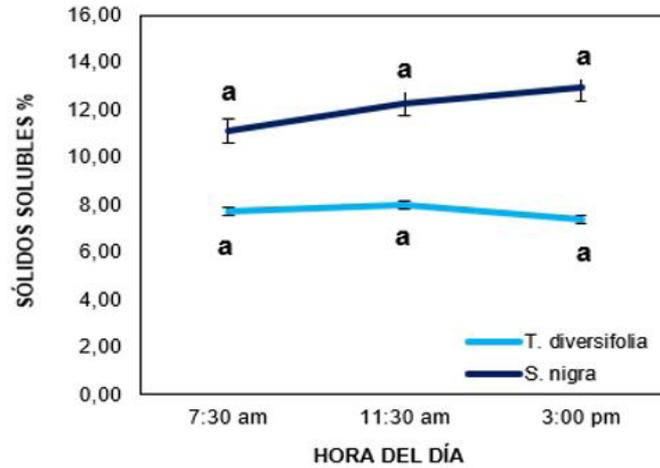


Figura 2. Concentración de sólidos solubles dentro de cada especie forrajera perenne, en tres diferentes horarios de muestreo durante el día. Letras diferentes en la línea indican diferencia estadística ($p < 0,05$).

Los valores de sólidos solubles en dos variedades de ryegrass perenne (Columbia y Samsom) (32 días edad promedio), a diferentes horas del día, se presentan en la figura 3. Los menores valores ($p < 0,05$) de sólidos solubles para ambas pasturas se presentaron en el horario de las 7:30 a.m, la mayor concentración para ambos ryegrases fue a las 3:00 p.m; ryegrass Columbia (13,2%) y ryegrass Samsom (11,1%), respectivamente.

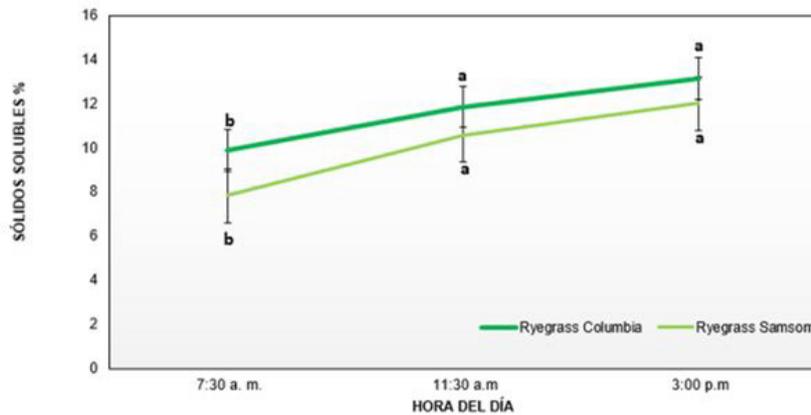


Figura 3. Concentración de sólidos solubles dentro de cada especie de ryegrass perenne, en tres diferentes horarios de muestreo durante el día. Letras diferentes en la línea indican diferencia estadística ($p < 0,05$).

Discusión

La producción de MS/t/ha/año para *T. diversifolia* y *S. nigra* encontrada en esta investigación fue 22,8 t, y 11,4 t, respectivamente; son valores contrastantes con algunos resultados reportados en el trópico alto de Nariño, en donde se reportan valores de 15,6 t, para la *T. diversifolia*¹⁹, menor a lo encontrado en esta investigación; pero para *S. nigra* reportan 10,8 t, valor cercano a lo encontrado en este trabajo. Rendimientos similares a esta investigación, fueron los hallados en el trópico alto de Antioquia (Colombia), con 20,74 t/MS/ha/año para plantas de *T. diversifolia* cosechadas a los 56 días¹⁴; valores menores de 10,7 t, se encontraron en *T. diversifolia* a los 90 días en épocas de bajas precipitaciones¹⁷. En cuanto al rendimiento del *S. nigra*, reportan en el trópico alto de Nariño 15,2 t/MS/ha/año, y 12,72 t¹, rendimientos mayores a lo encontrado en la presente investigación, debido seguramente porque en dichos trabajos el *S. nigra* se cosechó a una mayor edad (90 días). En todos los casos se debe tener en cuenta diferencias asociadas a la localidad, tipo de suelo, edad de corte y condiciones agronómicas previas a la cosecha, lo que da mayor variabilidad en los resultados obtenidos.

El rendimiento del ryegrass Columbia (12,9 t/MS/h/año) fue similar a las 11 t encontradas en el trópico alto de Nariño en época de bajas precipitaciones³³, los mismos autores reportan 6,4 t para el ryegrass Samson, menor a las 12 t encontradas en esta investigación. En trópico alto del departamento de Cundinamarca (Colombia), para ryegrass perennes se encontraron en dos diferentes localidades rendimientos de 4,71 t y 25,1 t/MS/h/año⁴⁵, mientras que en el norte antioqueño reportan en genotipos de *Lolium sp.*, hasta 32 t/MS/h/año³⁴, los autores atribuyen la variación en la productividad del ryegrass, a aspectos como el tipo de suelos y fertilización usada entre las zonas; otros autores mencionan que la producción de forraje en los ryegrass está condicionada a un alto requerimiento hídrico, y a características físico-químicas del suelo, más que en otras gramíneas⁴⁴. De manera general la producción de MS de las forrajeras y los ryegrass está por encima de lo encontrado en el trópico alto de Nariño para la gramínea predominante el *C. clandestinus*, al respecto se reporta para esta especie valores de 11,8 t y 7,1 t/MS/h/año en épocas de altas y bajas precipitaciones, respectivamente³³.

En cuanto a calidad nutricional el contenido de proteína cruda (PC) para *T. diversifolia* y *S. nigra* (24,3% y 22,1%, respectivamente), están en el rango del 16% al 26% para dichas especies, reportados en trópico alto colombiano^{13,12,27,47}. La PC de los ryegrass (promedio 21,3%), concuerda con lo reportado por diferentes autores, los cuales sostienen que, aunque el contenido de PC de los ryegrass es alto, este varía dependiendo el nivel de fertilización nitrogenada, y la edad de pastoreo^{9,34,47}.

En esta investigación los contenidos de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA), encontrados fueron de: 36% y 14,9%; y 45,8% y 24,4%, respectivamente, para las forrajeras y los ryegrass; son resultados inferiores, respecto a valores de 58,1% y 31% de FDN y FDA, respectivamente reportados para el *C. clandestinus*^{12,46}. Así mismo los valores de digestibilidad (%) para estos cuatro recursos forrajeros (73% y 68,4%, promedio para forrajeras y ryegrass, respectivamente), son mayores a lo que se reporta para la digestibilidad del pasto *C. clandestinus*, en promedio de 62%^{26,8}.

Una mayor digestibilidad y contenido energético en ryegrass y forrajeras leñosas, puede ser debido a una menor pared celular (FDN), y a un mayor contenido de carbohidratos no estructurales de estas especies respecto a *C. clandestinus* u *Holcus lanatus*,

gramíneas ampliamente usadas en el trópico alto del departamento de Nariño^{10,33}. En esta investigación los valores de EN_L hallados para las forrajeras, están en el rango de lo reportado en un estudio donde se encontraron valores de 1,5 y 1,6 Mcal/kg/MS de EN_L para *T. diversifolia* y *S. nigra* a la edad de 60 días¹⁹; así mismo los 1,4 Mcal y 1,43 Mcal/kg/MS encontrados en este trabajo para el ryegrass Samson y Columbia, respectivamente, coincide con los valores de 1,42 Mcal/kg/MS reportados en una investigación¹⁰ y los 1,3 Mcal y 1,31 Mcal/kg/MS de EN_L hallados en ryegrass Samson y Columbia, en época de bajas precipitaciones, en el trópico alto nariñense³³.

En cuanto al uso de forrajeras perennes como *T. diversifolia* y *S. nigra*, debido a su buena digestibilidad que generalmente es superior al 70%, autores sostienen que estas especies podrían promover el consumo de materia seca (CMS), el flujo, balance de nutrientes, y aumento de la productividad en bovinos, cuando son incorporadas en la dieta^{7,42}. En sistemas de alimentación bovina basados en especies para pastoreo como *C. clandestinus*, *Holcus Lanatus* o *Dactylis glomerata* cuyo contenido energético oscila entre 1,1 y 1,3 Mcal/kg/MS^{12,33,46}, al suplementar los animales con especies forrajeras como la *T. diversifolia* o el *S. nigra* con valores promedio de 1,5 Mcal/kg/MS, se podría mejorar el contenido energético de la dieta, y el mejoramiento de aspectos reproductivos y productivos en los animales.

El contenido (%) de sólidos solubles (grados brix) se relaciona con fracciones nutricionales de la especie, como por ejemplo los carbohidratos no estructurales (CNE)²⁵ el contenido de CNE se referencia como una fuente rápida de energía, altamente disponible para el crecimiento de poblaciones microbiales a nivel ruminal^{29,32}. Al contrastar los recursos forrajeros caracterizados el *S. nigra* presentó la mayor concentración de sólidos solubles, y de carbohidratos no estructurales (CNE), el contenido de CNE en *T. diversifolia* fue mayor al de los ryegrass, pero la concentración de grados brix fue igual.

Según el contenido de CNE observados en este estudio tanto en *S. nigra* como para *T. diversifolia* se puede evidenciar una buena capacidad de estas especies para la síntesis de azúcares, y por ende su potencial aporte energético al ser incorporadas en dietas para bovinos⁷. De manera general en esta investigación se encontraron niveles altos de CNE tanto para las arbustivas forrajeras, como para los ryegrass, valores superiores a lo reportado para *C. clandestinus* a los 30 y 60 días de corte, con 10,2% y 9,05% respectivamente⁴⁰.

Los valores de grados brix encontrados para los ryegrass (promedio 8,5%), son mayores que lo reportado para ryegrass a la edad de 40 días (2%)³⁷, estos valores tan bajos lo atribuyen los autores a un desbalance de nutrientes en los suelos de dichas praderas; y que lo reportado por otros autores los cuales encontraron para ryegrass perennes en Nueva Zelanda 4,7% de grados brix³.

En trópico bajo colombiano también se han realizado estudios para evaluar sólidos solubles en gramíneas de pastoreo como *C. nlemfuensis* y *P. maximum cv. Mombasa*, al respecto se reportan para estas especies valores de sólidos solubles de 8,2% y 7,01%, respectivamente⁴¹. También en la región caribe colombiana se han encontrado para recursos forrajeros utilizados en alimentación de rumiantes concentraciones de sólidos solubles de 3,4% y 9%, para *Zea mays L.* y *Sorghum bicolor (L.) Moench cv. Corpoica JYT-1*²⁸.

Para todos los recursos forrajeros evaluados, la concentración de sólidos solubles en el horario de las 7:30 a.m., fue en el que se encontró más baja concentración, respecto a los horarios de las 11:30 a.m. y 3:00 p.m.; este comportamiento coincide con lo reportado por varios autores, en especial para gramíneas tipo C4, para lo cual argumentan que el contenido de azúcares solubles es generalmente mayor en horas de la tarde cuando la tasa fotosintética aumenta, además en días soleados, la concentración de sólidos solubles puede aumentar hasta en un 50% entre las 9:00 y las 17:00 horas^{4,5}. Lo anterior se asocia con mayores tasas de fermentación ruminal, cuando los bovinos consumen hojas y tallos tiernos de forrajes en horas de la tarde, respecto a horas tempranas de pastoreo⁶.

En la especie *T. diversifolia* se evidenció una tendencia a concentrar menor cantidad de sólidos solubles en el horario de las 3:00 p.m.; esto pudo deberse a que la especie presentaba prefloración en aproximadamente el 60% de los arbustos evaluados, como consecuencia del estrés hídrico, ya que los muestreos se realizaron en época de bajas precipitaciones. Según reporta la literatura en algunas plantas en floración puede haber alguna traslocación de nutrientes, lo que origina que la flor como órgano reproductor tenga una demanda fuerte de fotosintatos a expensas de otras partes de la planta⁴. Por lo que en horas de la tarde a mayor radiación se pudo presentar mayores carbohidratos solubles, pero estos pudieron migrar en su mayoría a la flor, además se debe tener en cuenta que el muestreo se hizo en hojas y tallos tiernos, no en flores de *T. diversifolia*.

La variación de sólidos solubles durante el día en los ryegrass coincide con lo reportado para cuatro horarios de medición 7:00 a.m., 9:00 a.m., 12:00 p.m. y 3:00 p.m. en *Lolium perenne*, en donde se encontró que en el horario de las 3:00 p.m. hubo la mayor concentración de sólidos solubles (14,6%), seguido de los muestreos de las 12:00 p.m. (13,13%) y las 7:00 a.m. (10,5%)²⁰.

La concentración de sólidos solubles es un indicador práctico, que permite tomar decisiones respecto a la edad óptima de corte o pastoreo del forraje, con el fin de aprovechar al máximo su contenido energético^{6,38}. Entre los ganaderos siempre existe la disyuntiva de cuál es la mejor hora del día para entrar los animales a potreros nuevos, en este sentido la determinación de sólidos solubles se convierte en una herramienta importante para tal fin.

En este estudio al igual que en varios reportados, se coincide en el aumento de sólidos solubles a medida que aumentan las horas del día, llegando a su mayor expresión en horas de la tarde, donde la planta tiene la mayor acumulación de azúcares concentrados¹⁸. Conocer e implementar técnicas sencillas como la determinación de sólidos solubles en forrajes, posibilitarían al productor tomar mejores decisiones de manejo del pastoreo, para encontrar la mejor sincronía entre aumento del consumo, mejorar el aporte energético y aumentar la productividad en los sistemas ganaderos bovinos del trópico alto colombiano^{6,38}.

Conclusiones

Los resultados en cuanto a calidad nutricional y producción de biomasa muestran el potencial de arbustivas forrajeras perennes como la *T. diversifolia* y el *S. nigra* para ser incorporados en sistemas de alimentación ganadera del trópico alto colombiano. En el caso del rendimiento y calidad composicional de los ryegrass perennes son buenos si se tiene en cuenta que la evaluación se realizó en época de bajas precipitaciones; uno de los mayores aspectos que afecta a esta especie.

La concentración de sólidos solubles en los recursos forrajeros evaluados fue mayor que en gramíneas ampliamente utilizadas en la zona como el kikuyo (*C. clandestinus*); según las condiciones del experimento, para los forrajes se evidenció efecto de la hora de cosecha sobre la concentración de sólidos solubles, indicando que la mejor hora de corte o pastoreo es hacia las tres de la tarde. Factor para tener en cuenta en futuras investigaciones y en prácticas de manejo dentro de los sistemas de alimentación.

Teniendo en cuenta que, en los sistemas ganaderos del trópico alto, el déficit de energía es la principal limitante para aumentar parámetros como la producción de leche; la concentración de sólidos solubles es un estimativo que se debería evaluar con mayor rigurosidad para recursos forrajeros de la zona; sin embargo, los estudios al respecto son todavía muy escasos, lo que le da mayor valor agregado a este trabajo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Convenio Especial de Cooperación de Ciencia Tecnología e Innovación No. 882-2015, entre el Departamento de Nariño y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia, financiado con recursos del Sistema General de Regalías SGR asignados al Departamento de Nariño y recursos propios de Agrosavia.

Referencias

1. Apráez J, Delgado J, Narváez J. Composición nutricional, degradación *in vitro* y potencial de producción de gas, de herbáceas, arbóreas y arbustivas encontradas en el trópico alto de Nariño. Livest. Res. Rural Dev. 2012; 24:3. [http:// www.lrrd.org/lrrd24/3/apra24044.htm](http://www.lrrd.org/lrrd24/3/apra24044.htm)
2. Ariza C, Mayorga O, Mojica B, Parra D, Afanador G. Use of local algorithm with near infrared spectroscopy in for-age resources for grazing systems in Colombia. J. Near Infrared Spectrosc 2018; 26(1): 44-52.
3. Balsom T, Lynch G. Monitoring pasture quality using brix measurements. 2013. p 17.
4. Bryce J, Thornton J. 1996. Respiration and growth metabolism. In: Zamski E, Schaffer A. Photoassimilate Distribution in Plants and Crops. Source-Sink Relationships. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA; 1996. p 43-62.
5. Cadena M, García M, Meneses D, Morales S, Castro E. Adaptación de diez cultivares de *Lolium* sp. en el trópico alto de Nariño, Colombia. Agron. Mesoam. 2019; 30 (1): 165-178. DOI: <http://doi.org/10.15517/am.v30i1.34094>.
6. Cajarville C, Britos A, Caramelli A, Antunez M, Zanoniani R, Boggiano P, Repetto J. El horario de corte y el tipo de metabolismo fotosintético afectan la relación azúcares/nitrógeno de las pasturas. APPA-ALPA, 2007; 1-5.
7. Cardona J, Mahecha L, Angulo A. Consumption and productivity in Holstein cows grassing silvopastoral system vs monoculture of Kikuyo and supplemented with unsaturated fats Revista Científica, FVC-LUZ. 2019; 29 (1): 20-33.

8. Cardona J, Mahecha L, Angulo A. Efecto sobre la fermentación *in vitro* de mezclas de *Tithonia diversifolia*, *Cenchrus clandestinum* y grasas poliinsaturadas. *Agron. Mesoam.* 2017; 28: 405-426. doi:10.15517/ma.v28i2.25697.
9. Carvalho G, Rebouças F, Campos E, Santos G, Araújo, G, Gois J, *et al.* Intake, digestibility, performance, and feeding behavior of lambs fed diets containing silages of different tropical forage species. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2017; 228: 140-148. doi:10.1016/j.anifeedsci.2017.04.006.
10. Castro E, Cardona J, Oviedo F, Valenzuela M, Avellaneda Y. Evaluación de tres cultivares de *Lolium perenne* L. con vacas lecheras, en el trópico alto de Nariño-Colombia. *Pastos y Forrajes*, 2019; 42 (2): 161-170.
11. Chasipanta C. Evaluación de tres frecuencias de defoliación y tres horas de aprovechamiento diario sobre la acumulación de carbohidratos solubles en pasturas de Ryegrass perenne (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) en época de invierno (fase 1). Tesis de pregrado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central de Ecuador, Quito, 2016. 77p.
12. Correa H, Rodríguez Y, Pabón M, Carulla J. Efecto de la oferta de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción, la calidad de la leche y el balance de nitrógeno en vacas Holstein. *Livest. Res. Rural Dev* 2012; 24 (11): 204-217.
13. Cortés K, Ramos L. Caracterización nutricional y antinutricional de algunas especies forrajeras promisorias para alimentación animal en el municipio de Pasto. Tesis Esp., Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá, 2018. p.
14. Gallego L, Mahecha L, Angulo J. Nutritional quality of *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray under three planting systems in the high tropic. *Agron. Mesoam.* 2017; 28(1): 213-222., ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v28i1.21671.
15. Gallego L, Mahecha L, Angulo J. Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en la producción de vacas lecheras. *Agron. Mesoam.* 2014; 25:393-403.
16. Gerber P, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, *et al.* Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería - Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Roma: FAO, 2013.
17. González D, Ruiz T, Díaz H. Sección del tallo y forma de plantación: su efecto en la producción de biomasa de *Tithonia diversifolia*. *Rev. Cub. Cienc. Agríc* 2013; 47: 425-429.
18. Gregorini P. Hagamos pastorear los animales al atardecer. Sitio Argentino de producción Animal 2007; [acceso: 20 de junio de 2020]. URL: http://www.produccion_animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/59-pastorear_al_atardecer.pdf
19. Guatusmal C, Escobar L, Meneses D, Cardona L, Castro E. Producción y calidad de *Tithonia diversifolia* y *Sambucus nigra* en trópico altoandino colombiano. *Agro-nomía Mesoamericana*, 2020; 31(1): 193-208.

20. Gutiérrez, F. Determinación del valor nutritivo del ray grass perenne (*Lolium perenne*) destinado a la alimentación del ganado vacuno mediante la correlación entre grados brix y digestibilidad Cayambe- Ecuador. Tesis de pregrado Quito, 2013. 81 p.
21. Hannaway D, Fransen S, Cropper J, Teel M, Chaney M, Griggs T, Halse R, Hart J, Cheeke P, Hansen D, et al. Annual Ryegrass. Oregon State University; 1999.
22. Haydock K, Shaw N. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 1975; 15: 663-670.
23. Hoffman M, Reed S, Pillai S, Jones A, McFadden K, Zinn S, Govoni K. Physiology and Endocrinology Symposium: The effects of poor maternal nutrition during gestation on offspring postnatal growth and metabolism. Journal of Animal Science, 2017; 95 (5): 2222 - 2232.
24. Holdridge, L. Life zone ecology. 1966. http://reddcr.go.cr/sites/default/files/centro-de-documentacion/holdridge_1966_life_zone_ecology.pdf
25. Lee M, Davis A, Chagunda M, Manning P. Forage quality declines with rising temperatures, with implications for livestock production and methane emissions. Biogeosciences 2017; 14: 1403-1417. DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-14-1403-2017>.
26. León J, Mojica J, Castro E, Cardenas E, Pabon M, Carulla J. Balance de nitrógeno y fósforo de vacas lecheras en pastoreo con diferentes ofertas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) suplementadas con ensilaje de avena (*Avena sativa*). Rev. Col. Cien. Pec. 2008; 21: 559-570.
27. Londoño J, Mahecha L, Angulo J. Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. Rev Colombiana Cienc Anim. 2019; 11(1): <https://doi.org/10.24188/recia.v0.n0.2019.693>
28. Mejía S, Tapia J, Atencio L, Cadena J. Production and nutritional quality of sweet sorghum forage in monoculture and intercropped with corn and beans. *Pastos y Forrajes*. 2019; 42 (2): 133-142.
29. Miller L, Theodorou M, MacRae J, Evans R, Adesogan A, Humphreys M, Scollan N, and Moorby J. Milk production and N partitioning responses in dairy cows offered perennial ryegrass selected for high water soluble carbohydrate concentrations. South African Journal of Animal Science 1999; 29: 321-322
30. Mora M, Figueroa C. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. Agron. Mesoam 2005; 16 (1): 37-43.
31. Murgueitio E, Calle Z, Uribe F, Calle A, Solorio B. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. Forest Ecol. Manag. 2011; 261: 1654-1663. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027>.

32. Nowak W, Mikula R, Pruszyńska E, Mackowiak P, Stefanska B, Kasprowicz M, Frankiewicz A, Drzazga K. Effect of restricted feeding in the far-off period on performance and metabolic status of dairy cows. *Annals of Animal Science* 2014, 14(1): 89-100.
33. Portillo P, Meneses D, Morales S, Cadena M, Castro E. Evaluation and selection of forage grass and legume species in Nariño, Colombia. *Pastos y Forrajes* 2019; 42 (2): 93-103.
34. Posada S, Cerón J, Arenas J, Hamedt J, Álvarez, A. Evaluación del establecimiento de ryegrass (*Lolium* sp.) en potreros de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) usando la metodología de cero labranza. *Ces. Med. Vet.* 2013; 8 (1): 23-32.
35. Rao I, Peters A, Castro R, Schultze K, White M, Fisher J, *et al.* The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics. Cali, Colombia: CIAT, 2015.
36. Reynolds, C. Forage evaluation using measurements of energy metabolism. In: D. I. Givens, E. Owen, R. F. E. Axford and H. M. Omed, eds. *Forage evaluation ruminant nutrition*. USA: CABI Publishing; 2000. p. 95-111.
37. Rojo J, Montoya J, y Sierra J. Más nutritivo en la tarde 2 parte. *CATIE*. 2011; 16-19.
38. Rojo J, Montoya J. Mas nutritivo en la mañana Infortambo, 2011; 16-19.
39. RStudio Team. RStudio: Integrated Development for R. 2016; [acceso: 26 de febrero de 2020]. URL: <http://www.rstudio.com>
40. Soto C, Valencia A, Galvis R, Correa H. Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 2005; 18 (1): 17-26.
41. Suárez E, Reza S, Cuadrado H, Pastrana I, Espinosa M, Mejía S. Variación en la concentración de sólidos solubles durante el día, en tres pasturas en época seca en el valle medio del río Sinú. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 2015; 16 (2): 181-188. doi: https://doi.org/10.21930/rcta.vol16_num2_art:367
42. Tarazona A, Ceballos M, Naranjo J, Cuartas C. Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 2012; 25 (3): 473-487.
43. Taweel H. Improving dry-matter intake of perennial-ryegrass pasture by dairy cows. In: A. Elgersma, J. Dijkstra and S. Tamminga (eds.), *Fresh Herbage for Dairy Cattle*, Chp. Springer. Printed in the Netherlands. 2006; 9: 159-174. <http://edepot.wur.nl/39868>
44. Turner L, Holloway M, Rawnsley R, Donaghy D, Pembleton K. The morphological and physiological response of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) and tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.; syn. *Shen-donus phoenix* Scop.) to variable water availability. *Grass Forage Sci* 2012; 67:507-518.

45. Vargas J, Sierra A, Benavidez J, Avellaneda Y, Mayorga O, Ariza C. Establecimiento y producción de raigrás y tréboles en dos regiones del trópico alto colombiano. *Agron. Mesoam.* 2018^a; 29(1): 177-191. doi: 10.15517/MA.V29I1.28077.
46. Vargas J, Sierra A, Mancipe E, Avellaneda Y. El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. *Rev. CES Med. Zootec.* 2018^b; 13(2): 137-156.
47. Villalobos L, Sánchez M. Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agron Costarric* 2010; 34 (1): 43-52.