

CONSUMO, CALIDAD NUTRICIONAL Y DIGESTIBILIDAD APARENTE DE MORERA (*Morus alba*) Y PASTO ESTRELLA (*Cynodon nlemfuensis*) EN CABRAS¹

Jessie Rodríguez-Zamora*, Jorge Elizondo-Salazar^{2*}

Palabras clave: Consumo, materia seca, digestibilidad, forrajes, *Capra hircus*.

Keywords: Intake, dry mater, digestibility, forages, *Capra hircus*.

Recibido: 05/08/11

Aceptado: 21/02/12

RESUMEN

Se evaluó la calidad, selección y digestibilidad aparente en cabras, del consumo de morera y estrella africana ofrecidos de forma fresca y parcialmente deshidratada. El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental “Alfredo Volio Mata” de la Universidad de Costa Rica. El forraje cosechado fue suministrado a 12 cabras de las razas Saanen, Toggenburg y LaMancha no lactantes y no gestantes, distribuidas en un diseño irrestricto al azar con un arreglo factorial 2x2 y con un peso vivo promedio de 37±5 kg. Los tratamientos experimentales fueron: a) estrella fresca, b) estrella parcialmente deshidratada, c) morera fresca y d) morera parcialmente deshidratada. El forraje se ofreció a los animales en forma picada. Se observó un consumo promedio de materia seca de: 0,93; 0,76; 1,17 y 1,12 kg.animal⁻¹.día⁻¹ de MS (±0,09), para los tratamientos estrella fresca, estrella parcialmente deshidratada, morera fresca y morera parcialmente deshidratada, respectivamente. Esto representó 2,62; 2,09; 3,17 y 3,13% (±0,24) del peso vivo. El consumo de proteína cruda fue menor con la estrella parcialmente deshidratada y mayor con la morera fresca (75,2 vs. 135,4 g.animal⁻¹.d⁻¹). El porcentaje de digestibilidad aparente no fue estadísticamente

ABSTRACT

Intake, nutritional quality, and apparent digestibility of mulberry (*Morus alba*) and star grass (*Cynodon nlemfuensis*) in goats. The quality, selection, intake, and apparent digestibility of mulberry and star grass in goats, offered fresh or partially dehydrated, were evaluated. The experiment was carried out at the “Alfredo Volio Mata” Experiment Station of the University of Costa Rica. Harvested forage was fed to 12 Saanen, Toggenburg and Lamancha non-lactating and non-pregnant goats, distributed in a randomized 2x2 factorial design, with an average live weight of 37±5 kg. The treatments were a) fresh star grass, b) partially dehydrated star grass, c) fresh mulberry, and d) partially dehydrated mulberry. Forage was offered chopped to the animals. Dry matter intake was 0.93, 0.76, 1.17 and 1.12 kg.animal⁻¹.day⁻¹ (±0.09) for fresh star grass, partially dehydrated star grass, fresh mulberry, and partially dehydrated mulberry, respectively. This represented 2.62, 2.09, 3.17 and 3.13% (±0.24) of body weight. Crude protein intake was lower with partially dehydrated star grass and higher with fresh mulberry (75.2 vs. 135.4 g.animal⁻¹.day⁻¹). Apparent digestibility was not statistically different between treatments; it

1 Trabajo financiado por la Vicerrectoría de Investigación. Proyecto 737-A8-129. Universidad de Costa Rica.

2 Autor para correspondencia. Correo electrónico: jorge.elizondosalazar@ucr.ac.cr

* Estación Experimental Alfredo Volio Mata, Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

diferente entre tratamientos; presentó un promedio de 49,18% para la MS, 59,82% para la PC, 57,83% para la FDN y 55,30% para la FDA. Este estudio demuestra que la especie de forraje influye significativamente sobre el consumo voluntario de materia seca en cabras; sin embargo, el contenido de materia seca en los forrajes utilizados no afectó dicho consumo.

was on average 49.18% for DM, 59.82% for CP, 57.83% for NDF, and 55.30% for ADF. This study demonstrates that the forage species significantly affects voluntary dry matter intake in goats; however, dry matter content of the forages used in this study did not affect DM intake.

INTRODUCCIÓN

La cabra, a excepción del perro, es el animal doméstico más ampliamente distribuido en el mundo. Se estima que existe una población mundial de 720 millones distribuidas de la siguiente manera: 55,4% en Asia, 29,8% en África, 7,3% en Sudamérica, 4,4% en Europa, 3,0% en Norte y Centroamérica y 0,1% en las Islas del Pacífico (Aréchiga et al. 2008).

En Costa Rica, la caprinocultura es una actividad que se ha desarrollado en los últimos años. Actualmente se utilizan razas como la Saanen, Toggenburg, Alpina y LaMancha, dedicadas principalmente a la producción de leche en sistemas estabulados. El hato caprino ha crecido sostenidamente desde 1975 así como el ingreso generado por la venta de leche. De acuerdo con Castro (2002), para el 2002 se produjeron en nuestro país 13,92 millones de kg de leche que generaron un ingreso de 6960 millones de colones. Según lo anterior, las explotaciones caprinas se vislumbran como una alternativa viable para satisfacer la creciente demanda de productos lácteos.

Chacón et al. (2008) realizó un trabajo que permite apreciar que la leche de cabra se percibe como un producto saludable, nutritivo o medicinal y aduce que uno de los motivos de su bajo consumo es la poca disponibilidad, por lo que se necesita una mayor producción y mercadeo que aumente su consumo.

Para aumentar la producción de bienes lácteos de origen caprino, hay que comprender que las cabras de alta producción requieren de una alimentación rica en proteína y energía, lo que no siempre es suministrado por los productores, pese a que nuestro país cuenta con especies forrajeras de buen rendimiento y alto valor nutritivo (Elizondo 2004a,b, Elizondo 2005).

Un principio básico en la alimentación animal es cuantificar el consumo de materia seca para determinar la ingestión de nutrientes. En bovinos de leche, se han conducido una serie de ensayos para determinar el consumo de materia seca y a partir de ellos se han desarrollado y probado modelos matemáticos que lo predicen acertadamente (Hristov et al. 2004). Esto ha permitido que el rango de valores para el consumo de materia seca en ganado de leche sea muy reducido. Pero cuando se considera este indicador en cabras, el panorama es otro y el rango de valores encontrado en la literatura es muy amplio (Vallejo et al. 1992, Oviedo et al. 1995, Elizondo 2004a,b, Elizondo 2005).

Si bien es cierto en nuestro país se han realizado investigaciones desde los años ochenta con diferentes tipos de forrajes como gramíneas, leguminosas, arbustivas e incluso ensilajes (Castro 1989, Chacón 2008, Chávez 2005, Herrera et al. 2009, Rodríguez 1989, Samur 1984, Vallejo 1995, Vargas 2009), no existe una tendencia clara que permita estimar el consumo de materia seca en cabras, y los valores obtenidos generalmente se encuentran por debajo de aquellos reportados en otras regiones del mundo.

Por tratarse de animales rumiantes, la fracción forrajera tiene una gran influencia en el consumo de materia seca. Generalmente, los forrajes en el trópico presentan una mayor proporción de pared celular que los hace menos digestibles. Además, esto se combina con un mayor contenido de humedad en relación con forrajes de zonas templadas, lo que al final afecta negativamente el consumo, ya que un menor contenido de materia seca en la ración se asocia con una disminución en el consumo. En este sentido, Lahr et al. (1983) analizaron diferentes raciones con variaciones en el contenido de materia seca que oscilaron entre 40 y 80% encontrando que aquellas que presentaban porcentajes menores al 60% redujeron el consumo considerablemente. Los autores concluyeron que los animales que consumieron las dietas más secas presentaron los mayores consumos.

Por esta razón, una manera viable para aumentar el consumo de materia seca en rumiantes podría ser el empleo de fuentes forrajeras con mayor contenido de materia seca. La deshidratación parcial es una forma de eliminar parte de la humedad en los forrajes sin recurrir a tratamientos físicos o químicos que aumenten la estructura de costos.

En cabras, esta sencilla técnica podría aumentar el consumo y por lo tanto mejorar la eficiencia en los sistemas de corte y acarreo que son los más difundidos actualmente en las explotaciones caprinas. En el país no se han realizado trabajos que consideren el beneficio de emplear materiales forrajeros parcialmente deshidratados. Igualmente información sobre la digestibilidad aparente de éstos, permitiría considerar más apropiadamente los requerimientos nutricionales. Es por esta razón que el presente trabajo pretendió evaluar la calidad, selección, consumo y digestibilidad aparente de morera (*Morus alba*) y estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en cabras ofrecidos de forma fresca y parcialmente deshidratados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el módulo caprino de la Estación Experimental de

Ganado Lechero “Alfredo Volio Mata” de la Universidad de Costa Rica durante octubre y noviembre del 2010. La finca se ubica a 1542 msnm, con una precipitación media anual de 2050 mm, distribuidos durante mayo a noviembre con una humedad relativa media de 84% y temperatura media de 19,3°C.

La morera se extrajo de un cultivo con 20 años y se cosechó a 0,60 m sobre el nivel del suelo, mientras que la estrella se cosechó a 0,10 m sobre el nivel del suelo y se extrajo de un cultivo con 5 años, ambos en explotación continua. Los cultivos se dividieron en parcelas y se programó una uniformización escalonada para que la morera tuviera una edad de rebrote de 90 días y la estrella 30 días al momento de la cosecha. Sin embargo, durante el 2010, cuando se planeaba realizar el ensayo, se presentaron variaciones en las condiciones climáticas que afectaron significativamente la producción del forraje, y ocasionó un retardo en el crecimiento de los mismos. Por esta razón, el periodo de corte para la morera tuvo que ampliarse de 90 a 110 días y el de estrella de 30 a 50 días, para tener la cantidad de forraje suficiente para iniciar la prueba de consumo.

El forraje cosechado fue suministrado a 12 cabras de las razas Saanen, Toggenburg y LaMancha, no lactantes y no gestantes, con un peso vivo promedio de 37±5 kg, distribuidas en un diseño irrestricto al azar con un arreglo factorial 2x2, donde se evaluó el tipo de forraje: morera y estrella y el uso o no de la deshidratación parcial. Con base en lo anterior, los tratamientos experimentales fueron: 1) estrella fresca, 2) estrella parcialmente deshidratada, 3) morera fresca y 4) morera parcialmente deshidratada. El forraje fresco se ofreció a los animales en forma picada (2,5 cm) tal como fue cosechado (tallos y hojas) el mismo día. Una parte del forraje cosechado, se dejó a la sombra durante 2 días, con el fin de que perdiera humedad y se ofreció a los animales igualmente en forma picada.

Cada animal fue ubicado en una jaula individual y recibió cada tratamiento (asignado al azar) diariamente en una relación de 13% de

su peso vivo como forraje verde, en 2 porciones iguales a las 9 y a las 14 h.

El tiempo experimental fue de 56 días que incluyó un periodo de adaptación de 28 días a la nueva dieta y a las jaulas individuales. Los otros 28 días fueron para evaluación del consumo y toma de muestras. Los animales consumieron agua *ad libitum* y se suplieron sales minerales durante el ensayo. El forraje rechazado se recogió diariamente a las 8:00 a.m. de los comederos individuales y se pesó para evaluar el consumo, además se tomaron muestras del material consumido y rechazado, para analizar el contenido bromatológico de los forrajes empleados. Las muestras, tanto del forraje consumido como del rechazado, se analizaron para determinar el contenido de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, cenizas y lignina, mediante los procedimientos aprobados (Goering y Van Soest 1970, AOAC 1980) en cada caso.

Igualmente, se recogieron y se pesaron las excretas producidas por cada animal y se tomaron muestras individuales para determinar el contenido de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, cenizas y lignina, (Goering y Van Soest 1970, AOAC 1980) y así estimar la digestibilidad aparente de la materia seca, la proteína cruda, la fibra detergente neutro y detergente ácido. La digestibilidad aparente de un nutriente se define como la cantidad que no se excreta en las heces y por lo tanto se considera absorbida por el animal. El coeficiente de digestibilidad aparente viene dado por la ecuación (cantidad de nutriente consumido-cantidad de nutriente excretado) / cantidad de nutriente consumido (McDonald et al. 2002).

Para realizar los análisis de las dietas, tanto las muestras de forraje como de excretas, se secaron a 65°C durante 48 h y se molieron a 1 milímetro; luego se prepararon muestras compuestas semanales para el material ofrecido, el material rechazado y las excretas, con 20 g de cada muestra diaria.

Los datos obtenidos sobre consumo, composición bromatológica y digestibilidad aparente

se analizaron mediante el PROC GLM (SAS 2001) de acuerdo con la siguiente ecuación estadística:

$$y_{ijk} = \mu + F_i + S_j + (FS)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} = variable de respuesta $k=1, 2, 3, 4, 5$.

μ = media general.

F_i = nivel del factor F (tipo de forraje) $i=1, 2$.

S_j = nivel del factor S (uso de deshidratación) $j=1, 2$.

$(FS)_{ij}$ = interacción.

e_{ijk} = error experimental.

La comparación entre tratamientos se realizó con la prueba de Duncan con una significancia $\alpha=0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de consumo

La información recolectada sobre consumo durante el periodo experimental, se sometió al análisis estadístico correspondiente y los resultados obtenidos se pueden apreciar en el Cuadro 1. Se encontraron diferencias significativas ($p<0,05$) en el consumo de forraje fresco, observándose como los tratamientos parcialmente deshidratados presentaron en promedio los menores consumos (2,49 kg.animal⁻¹.día⁻¹) en comparación con los tratamientos donde el forraje se ofreció de manera fresca (3,52 kg.animal⁻¹.día⁻¹). Dichos valores representan un consumo del 6,88 y 9,73% del peso vivo, respectivamente. Un comportamiento similar fue reportado por Cabreza et al. (2004) al alimentar vacas lecheras con forrajes que diferían en su contenido de humedad.

Tal como se pretendía, el porcentaje de materia seca de los forrajes ofrecidos presentó una diferencia estadística significativa ($p<0,05$) entre los tratamientos utilizados. Se observaron diferencias entre especies y entre el uso o no de la deshidratación parcial. La morera parcialmente

Cuadro 1. Consumo y concentración de materia seca de las dietas ofrecidas.

Dieta ofrecida	Estrella		Morera	
	Fresca	Deshidratada	Fresca	Deshidratada
Materia fresca				
Consumida, kg.día ⁻¹	3,40 ^a	2,19 ^b	3,64 ^a	2,78 ^b
Consumida, % del PV	9,58 ^a	6,03 ^b	9,87 ^a	7,73 ^b
Materia seca				
Ofrecida, %	28,17 ^d	37,46 ^b	36,72 ^c	43,07 ^a
Consumida, %	27,29 ^d	34,64 ^b	32,09 ^c	40,59 ^a
Consumida, kg.día ⁻¹	0,93 ^b	0,76 ^b	1,17 ^a	1,12 ^a
Consumida, % del PV	2,62 ^b	2,09 ^b	3,17 ^a	3,13 ^a

^{abcd} Valores con superíndices no comunes difieren a $p < 0,05$.

deshidratada presentó el mayor porcentaje de materia seca (43,07%), mientras que la estrella fresca presentó la concentración más baja (28,17%). Es interesante recalcar en este sentido que cuando se gestó la idea de ejecutar este experimento, se tuvo en mente comparar forrajes que tuvieran una concentración de materia seca inferior al 20%, como normalmente sucede bajo las condiciones de la zona, contra forrajes que mediante la deshidratación parcial alcanzaran valores superiores al 30%; sin embargo, dicho panorama no fue el obtenido, por lo que es muy probable que por esta razón no se hayan observado diferencias significativas en el consumo de materia seca tal como se verá posteriormente. En general, la deshidratación parcial aumentó en promedio el contenido de materia seca en 9 y 6 puntos porcentuales para la estrella y la morera, respectivamente.

Al analizar el consumo de materia seca (kg.día⁻¹), no se observó una diferencia significativa entre el consumo de los forrajes frescos en relación con los deshidratados; sin embargo, se presentó una diferencia entre especies, donde la morera fue el forraje más consumido (1,15 vs. 0,85 kg). Esta preferencia por la morera en relación con otras especies forrajeras se ha reportado en otro ensayo (Elizondo 2004a) y puede obedecer a factores de palatabilidad, cuyo análisis no fue el objetivo de este estudio.

El bajo contenido de materia seca en los forrajes se ha considerado como un factor que reduce el consumo voluntario en los rumiantes, especialmente cuando el contenido de materia seca es menor a 25% (Pasha et al. 1994), ya que el alto contenido de agua puede ocasionar un

llenado físico a nivel ruminal (Forbes 1995). Pese a ello, en el presente estudio la deshidratación parcial no tuvo un efecto sobre el consumo de materia seca, ya que ningún tratamiento llegó a tener una concentración de materia seca inferior al 25%. Igualmente la falta de significancia pudo haberse debido al reducido rango entre los contenidos de materia seca (Cuadro 1). Algunos autores atribuyen esta falta de respuesta a la baja aceptabilidad de los forrajes deshidratados (Cabrera et al. 2004).

Al comparar el consumo de materia seca obtenido en los tratamientos de estrella fresca (930 g.animal⁻¹.día⁻¹) y estrella deshidratada (760 g.animal⁻¹.día⁻¹) con valores de consumo reportados en otros ensayos donde se emplearon gramíneas, puede notarse como los valores obtenidos en el presente ensayo superan ampliamente los obtenidos por otros autores. Así por ejemplo, Elizondo (2004a,b, 2005) midió el consumo en ensayos con jaulas individuales, donde se emplearon cabras secas de la raza Lamancha con pesos promedios de 38 kg, alimentadas con sorgo negro forrajero (*Sorghum almun*). En dichas pruebas el consumo de materia seca rondó los 350 g.animal⁻¹.día⁻¹.

Vargas (2009) por su parte, realizó un trabajo donde evaluó el consumo de pasto prodigioso (*Trypsacum laxum*) para medir el impacto del nivel de ofrecimiento sobre el consumo. La gramínea se ofreció sin ningún proceso de picado en 3 cantidades crecientes representadas como porcentaje del peso corporal (7,5; 10,0 y 12,5%) a cabras secas Lamancha, con 40 kg de peso, y se registraron 342,03 g animal⁻¹.día⁻¹ de MS como

consumo promedio para los 3 niveles de ofrecimiento respectivamente.

En los últimos trabajos realizados en nuestro país para evaluar el consumo en cabras, se consideró suplementar la dieta forrajera con alimentos balanceados, para cubrir los requerimientos que el forraje no satisface y reducir así desbalances nutricionales que afectarían negativamente el consumo. De esta forma Chacón (2008) evaluó el consumo de king grass suplementado con concentrado a razón de $1000 \text{ g.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$. Este autor evaluó el consumo de este forraje comparando 3 edades de corte de 60, 75 y 90 días en cabras secas Lamancha, Toggenburg y Saanen, con un peso promedio de 44 kg. En este experimento, el consumo de forraje solamente llegó a ser en promedio de $250,92 \text{ g.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$ de MS.

El trabajo más reciente que continuó con esta tendencia fue el realizado por Herrera et al. (2009), donde evaluaron el consumo y la variación bromatológica de la leche de cabras Lamancha con un peso promedio de 50 kg, alimentadas con concentrado ($1000 \text{ g.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$) y 3 diferentes forrajes (estrella, sorgo negro forrajero y morera). El consumo de forraje correspondiente fue de 760, 690 y $630 \text{ g.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$. A pesar de que este último trabajo presentó un consumo mayor de materia seca, es probable que éste aumento estuviera influenciado por la lactancia y no por la suplementación con alimento balanceado.

Cuando se compara el consumo de materia seca obtenido en los tratamientos de morera fresca de $1170 \text{ g.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$ y morera parcialmente deshidratada de $1120 \text{ g.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$ con los valores logrados por diferentes autores que utilizaron forraje de arbustivas, se aprecia que los valores obtenidos en este trabajo superan aquellos obtenidos en otros ensayos.

Elizondo (2004a) evaluó el consumo de morera en cabras secas con pesos de 38 kg, de la raza Lamancha y obtuvo un consumo promedio de $737,32 \text{ g.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$ de MS. También se superaron los consumos de morera fresca reportados por Herrera et al. (2009) de $630 \text{ g.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$ de MS.

Tratar de explicar los factores que tuvieron relación con los mayores consumos de materia seca observados en este ensayo en relación con otros trabajos, sería algo difícil de ejecutar. Sin embargo, pese a que la alta concentración de materia seca en los forrajes utilizados en el presente ensayo podría explicar en parte los mayores consumos, la metodología empleada pudo también contribuir a un mayor consumo de materia seca por parte de los animales. Así por ejemplo, los animales en este ensayo fueron alimentados de forma individual y con una única dieta forrajera, mediante eliminación de los posibles efectos negativos que se pueden presentar sobre el consumo, al tener animales en grupos (Goestch et al. 2010) o al proporcionar raciones mezcladas (Vallejo et al. 1992). Igualmente, no se ofrecieron otros suplementos nutricionales como banano o alimentos balanceados utilizados en otros experimentos (Samur 1984, Castro 1989, Chacón 2008, Herrera et al. 2009) de forma que pudo no haberse presentado un efecto de llenado físico por esos alimentos o una menor digestibilidad que afectara la tasa de pasaje. En otro sentido, la forma de alimentación o tamaño de partícula de forraje ofrecido también pudo influir sobre el consumo del mismo. En este sentido, Vargas (2009) ofreció el forraje de manera entera, lo que pudo dificultar la cosecha, el masticado y rumia, y por ende el consumo total.

El consumo de materia seca en relación con el peso vivo varió significativamente entre especies, y como promedio la morera se consumió en una relación del 3,15% del peso vivo, mientras que para la estrella africana la relación fue de 2,36%.

Cuando se habla de consumos de materia seca en cabras, es importante considerar el amplio rango de valores que se reporta en la literatura y que ya ha sido discutido por Elizondo (2005). Sauvant y Morand-Fehr (citados por Morand-Fehr 1981), en un total de 5500 registros de consumo diario en 130 cabras Alpinas que consumían pasto o heno y concentrado durante los últimos 2 meses de gestación, encontraron que el consumo voluntario de las cabras podía variar

de 0,82 a 2,13 kg.día⁻¹ de MS. McCammon-Feldman et al. (citados por Sands 1983) revisaron la literatura relacionada con el consumo de MS por cabras y de 35 ensayos realizados en diferentes lugares del mundo, observaron que las cabras que consumieron gramíneas tropicales y plantas arbustivas, sin concentrado, tuvieron consumos entre 1,01 y 2,46% de su peso corporal. Vallejo et al. (1992) observaron, en cabras de 21,5 kg, consumos promedio de MS de 2,1% de su peso vivo, con el follaje de 4 especies leñosas y pasto. Por su parte, Oviedo et al. (1995) reportaron consumos de materia seca que variaron entre 0,70 y 3,59% del peso corporal. Todos estos valores reportados en la literatura y los obtenidos en el presente ensayo, no precisan claramente el panorama en cuanto al consumo de materia seca en cabras; sin embargo, los altos consumos de materia seca que realizan las cabras no siempre son suficientes para garantizar un adecuado nivel nutricional, por lo que es más importante cuantificar el consumo de nutrimentos.

Análisis de la composición química de las dietas

En el Cuadro 2 se aprecia el consumo y composición bromatológica de las dietas ofrecidas y consumidas. Debido a que la deshidratación fue limitada en tiempo y completamente a temperatura ambiente, la composición nutricional dentro de cada especie de forraje prácticamente no varió, lo que permite evaluar el efecto del contenido de materia seca sobre el consumo voluntario sin confundir el efecto con otras características del forraje. Al analizar la composición química del forraje ofrecido, puede observarse como, a excepción de la proteína cruda y la fibra detergente ácido, se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre especies. Resulta difícil explicar que no se hayan obtenido diferencias en cuanto a la concentración de proteína cruda, pues siempre se ha hecho hincapié en los altos niveles de proteína cruda que presenta la morera. Sin embargo, la única explicación que se puede ofrecer, tiene que ver con el hecho de que el forraje de morera se tuvo que cosechar a una

Cuadro 2. Consumo y composición química de las dietas ofrecidas.

Dieta ofrecida	Estrella		Morera	
	Fresca	Deshidratada	Fresca	Deshidratada
Proteína cruda				
Ofrecida, %	8,97	9,11	8,56	8,20
Consumida, %	8,91 ^c	10,02 ^b	11,62 ^a	9,80 ^b
Consumida, g.día ⁻¹	82,97 ^c	75,22 ^c	135,44 ^a	110,23 ^b
Fibra detergente neutro				
Ofrecida, %	78,98 ^b	77,87 ^b	65,51 ^a	65,96 ^a
Consumida, %	78,71 ^c	77,71 ^c	54,88 ^a	59,47 ^b
Consumida, g.día ⁻¹	732,72 ^c	584,23 ^a	641,13 ^b	670,92 ^b
Fibra detergente ácido				
Ofrecida, %	44,62	44,16	44,79	45,65
Consumida, %	44,34 ^c	42,84 ^c	36,66 ^a	38,99 ^b
Consumida, g.día ⁻¹	412,81 ^{ab}	325,12 ^a	427,45 ^b	441,61 ^b
Cenizas				
Ofrecida, %	8,37 ^c	8,37 ^c	9,84 ^b	10,08 ^a
Consumida, %	8,07 ^c	8,70 ^c	13,66 ^a	12,57 ^b
Consumida, g.día ⁻¹	75,19 ^b	65,53 ^b	159,44 ^a	140,91 ^a
Lignina				
Ofrecida, %	8,47 ^a	8,24 ^a	12,45 ^b	13,58 ^b
Consumida, %	8,20 ^b	7,21 ^a	10,86 ^c	12,89 ^d
Consumida, g.día ⁻¹	76,30 ^a	55,22 ^a	127,11 ^b	145,65 ^b

^{abcd} Valores con superíndices no comunes difieren a $p < 0,05$.

edad mayor de lo establecido y por lo tanto estos valores son inferiores a los reportados por otros autores (Elizondo 2004a, Herrera et al. 2009). Situación similar se dio con el forraje de estrella africana.

En relación con el consumo de proteína cruda ($\text{g.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$), se encontraron diferencias entre tratamientos y el mayor consumo fue de 135 g para la morera fresca, mientras que con la estrella parcialmente deshidratada solamente se consumieron 75 g. De acuerdo con Elizondo (2002), los requerimientos de proteína cruda para mantenimiento son de $58,1 \text{ g.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$. Esto quiere decir que con base en los resultados obtenidos, todos los tratamientos utilizados en este ensayo superaron dicho requerimiento, por lo que los animales dispusieron de un exceso de proteína que podría ser utilizado para llenar otras necesidades fisiológicas.

La concentración de FDN en la materia seca ofrecida y consumida difirió significativamente entre las especies forrajeras estudiadas y no tanto entre el uso o no del deshidratado. A pesar de ello, las cabras en el tratamiento de estrella parcialmente deshidratada consumieron la menor cantidad de FDN (584 g), en tanto que las cabras en el tratamiento de estrella fresca, consumieron la mayor cantidad (733 g).

La concentración de FDA en la materia seca, mostró un comportamiento interesante. Mientras no se presentaron diferencias en el contenido de este nutriente en las dietas ofrecidas, la concentración en el forraje consumido mostró diferencias significativas ($p < 0,05$), ya que presentaron valores superiores en la estrella africana. Sin embargo, el consumo fue el menor para la estrella parcialmente deshidratada con un valor de $325 \text{ g.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$.

La hemicelulosa y la celulosa son polisacáridos presentes en la fibra detergente neutro. El porcentaje de hemicelulosa en la dieta ofrecida para la estrella fue en promedio de 34,0%, mientras que para la morera fue de 20,5%. En tanto que la concentración de celulosa fue de 36,0 y 32,2% para la estrella y la morera, respectivamente.

El porcentaje de cenizas en las dietas ofrecidas fue diferente entre tratamientos y el mayor consumo lo presentaron los animales a los que se les ofreció morera. El contenido de lignina en el material ofrecido presentó diferencias entre especies. De manera interesante, la concentración de este nutriente en el material consumido difirió significativamente para los 4 tratamientos y su consumo fue mayor en los animales que consumieron morera en relación con los que comieron estrella ($136,38 \text{ vs. } 65,76 \text{ g.animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$).

Al analizar la proteína cruda y cenizas en el material ofrecido y consumido, se pudo determinar que para ambos nutrientes, la concentración en el material consumido fue superior al ofrecido. Contrariamente, para la MS, FDN, FDA y lignina; la concentración en lo consumido fue inferior a lo ofrecido. Esto demuestra la selección que ejerce el animal durante la labor de consumo de los alimentos, lo cual se debe principalmente a una mayor preferencia por las hojas, que es donde se concentra la mayor cantidad de proteína cruda y la menor cantidad de fibra.

Debido al aumento en la edad de corte que se le tuvo que dar a los cultivos forrajeros utilizados en el presente ensayo, los componentes de la pared celular obtenidos en los tratamientos fueron superiores a los reportados en la literatura. Esto es algo de esperar, pues cuando el intervalo de corte aumenta, la concentración de los componentes de la pared celular y las cenizas totales aumentan, mientras que la concentración de proteína decrece.

Análisis de la digestibilidad aparente

Para realizar el análisis de digestibilidad aparente de cada tratamiento, los kilogramos de forraje consumido en cada tratamiento, se multiplicaron por la composición porcentual de MS, PC, FND y FDA. Similarmente, los valores para los nutrientes excretados fueron calculados y por diferencia, se obtuvo la retención de cada uno y los coeficientes de digestibilidad fueron una proporción de lo retenido en relación con lo consumido.

Para realizar el análisis de digestibilidad descrito anteriormente, se midió la producción diaria de excretas, obteniéndose una producción promedio de 874 g de heces frescas. $\text{animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$. Pese a que no hubo una diferencia significativa ($p>0,05$), los tratamientos frescos fueron mayores en aproximadamente 200 g en comparación con los deshidratados (Cuadro 3).

La digestibilidad aparente de las MS, PC, FDN y FDA de las dietas empleadas se sometió al análisis estadístico correspondiente y los resultados obtenidos se pueden apreciar en el Cuadro 4. No se determinó una diferencia estadística en

la digestibilidad de los componentes bromatológicos analizados, lo que indica que no hay una pérdida significativa en la calidad del forraje cuando se somete a un deshidratado parcial.

Trabajos realizados sobre la digestibilidad de forrajes en cabras por Brown et al. (1988) y Van hao y Ledin (2001) han determinado valores de digestibilidad aparente para el king grass, el gandul (*Cajanus cajan*), paja de arroz y hojas de madero negro (*Gliricidia maculata*). La digestibilidad promedio de dichas investigaciones ha sido 62,28% para la MS; 58,18% para la PC y 59,00% para la fibra cruda.

Cuadro 3. Producción diaria de heces y concentración de MS por tratamiento.

Tratamiento	kg. $\text{animal}^{-1}.\text{día}^{-1}$	MS, %
Estrella fresca	0,956	27,98
Estrella deshidratada	0,723	36,99
Morera fresca	0,958	35,82
Morera deshidratada	0,860	42,64

Cuadro 4. Digestibilidad aparente (%) de los nutrimentos analizados en las diferentes dietas.

Nutrimento	Estrella		Morera	
	Fresca	Deshidratada	Fresca	Deshidratada
Materia seca	40,72	63,54	49,49	42,97
Proteína cruda	67,52	54,91	61,31	55,53
Fibra detergente neutro	60,01	57,61	56,39	57,29
Fibra detergente ácido	56,02	54,14	54,38	56,67

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra que la especie de forraje influye significativamente sobre el consumo voluntario de materia seca en cabras y que el contenido de materia seca en los forrajes utilizados no afectó dicho consumo. En general, con todos los tratamientos se obtuvieron altos consumos de materia seca y los animales que consumieron morera, lograron sobrepasar el 3% de su peso corporal. Se pudo demostrar la selección que ejerce el animal durante la labor de

consumo de los alimentos debido a su preferencia por las partes de la planta más digestibles y con menor concentración de pared celular. Las dietas ofrecidas presentaron bajas concentraciones de proteína cruda; sin embargo, debido al alto consumo de materia seca obtenido, los animales lograron satisfacer sus requerimientos de proteína cruda para mantenimiento. La digestibilidad de los componentes bromatológicos analizados no presentó diferencia estadística entre tratamientos, lo que indica que no existe pérdida nutricional significativa que afecte la calidad del forraje si

se emplea el proceso de deshidratación parcial. La cantidad de heces frescas producidas fueron en promedio de 0,874 kg.animal⁻¹.día⁻¹. Si bien es cierto que la deshidratación parcial es una técnica viable para aumentar el porcentaje de materia seca en los forrajes, bajo las condiciones en que se llevó a cabo este experimento, no se pudo probar satisfactoriamente que un contenido mayor de agua en los forrajes disminuye el consumo de materia seca.

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. (Association of Official Analysis Chemistry). 1980. Methods of analysis. 13th ed. Washington D.C. U.S.A. 168 p.
- ARÉCHIGA C.F., AGUILERA J.L., RINCÓN R.M., MÉNDEZ DE LARA S., BAÑUELOS V.R., MEZA-HERRERA C.A. 2008. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 9:1-14.
- BROWN D., SALIM M., CHAVALIMU E., FITZHUGH H. 1988. Intake, selection, apparent digestibility and chemical composition of *Pennisetum purpureum* and *Cajanus cajan* foliage as utilized by lactating goats. *Small Rumin. Res.* 1:59-65.
- CABRERA J., DELAGARDE R., FAVERDIN P., PEYRAUD J. 2004. Dry matter intake and eating rate of grass by dairy cows is restricted by internal, but not external water. *Animal Feed Science and Technology*. 114:59-74.
- CASTRO A. 1989. Producción de leche de cabras alimentadas con (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*), suplementadas con diferentes niveles de poró (*Erythrina poeppigiana*) y de fruto de plátano (*Musa sp.* Cv. 'Pelipita'). Tesis de maestría en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 53 p.
- CASTRO A. 2002. Historia de la caprinocultura en Costa Rica. En: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_animal/cabra_historia.html. Consultado el 25 de marzo de 2010.
- CHACÓN P. 2008. Estimación del aprovechamiento en ganado caprino del *Pennisetum purpureum* cv. king grass cosechado a tres diferentes edades de rebrote. Tesis de licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 135 p.
- CHACÓN A., ARAYA Y.M., GAMBOA M. 2008. Percepciones y hábitos de consumo de la leche de cabra y sus derivados en los costarricenses. *Agronomía Mesoamericana*. 19(2):241-250.
- CHÁVES Q. 2005. Calidad y consumo de mezclas de *Cratylia argentea* y Sorgo Forrajero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) con y sin melaza, ensiladas en bolsas plásticas. Tesis de licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 56 p.
- ELIZONDO J. 2002. Estimación lineal de los requerimientos nutricionales del NRC para cabras. *Agronomía Mesoamericana*. 13(2):159-163.
- ELIZONDO J. 2004a. Calidad nutricional y consumo de morera (*Morus alba*), ramio (*Bohemeria nivea* (L) GAUD) y sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) en cabras. *Agronomía Mesoamericana*. 15(2):209-213.
- ELIZONDO J. 2004b. Consumo de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) en cabras. *Agronomía Mesoamericana*. 15(1):77-80.
- ELIZONDO J. 2005. Calidad y consumo de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*), ramio (*Bohemeria nivea* (L) Gaud) y mezcla de ambos. *Pastos y Forrajes*. 28(3):247-252.
- FORBES J. 1995. Ruminant gastrointestinal tract. In: Voluntary food intake and diet selection in farm animals. Forbes, J. (Ed). CAB International, Wallingford. pp 59-80.
- GOERING H., VAN SOEST P. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Handbook N° 379*. ARS-USDA, Washington, D.C. 76 p.
- GOESTCH A.L., GIPSON T.A., ASKAR A.R., PUCHALA R. 2010. Invited review: Feeding behavior of goats. *J. Anim. Sci.* 88:361-373.
- HERRERA H., VARGAS F., BOSCHINI C., CHACÓN A. 2009. Variación bromatológica de la leche de cabras LaMancha alimentadas con diferentes forrajes. *Agronomía Mesoamericana*. 20(2):381-390.
- HRISTOV A., PRICE W., SHAFII B. 2004. A meta analysis examining the relationship among dietary factors, dry matter intake and milk protein yield in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:3052-3062.
- LAHR D.A., OTTERBY D.E., JOHNSON D.G., LINN J.G., LUNDQUIST R.G. 1983. Effects of moisture content of complete diets on feed intake. *J. Dairy Sci.* 66:1891-1900.
- MCDONALD P., EDWARDS R.A., GREENHALGH J.F., MORGAN C.A. 2002. *Animal Nutrition*. 6th edition. Prentice Hall. 693 p.
- MORAND-FEHR P. 1981. Nutrition and feeding of goats: Application to temperate climatic conditions. In: Goat production. (Ed. C. Gall). Academic Press, Inc. NY, USA. p. 193.
- OVIDIO F., BENAVIDES J., VALLEJO M. 1995. Evaluación bioeconómica de un módulo agroforestal con cabras en el trópico húmedo. In: Sistemas tradicionales y agroforestales de producción caprina en América Central y República Dominicana. Benavides, J. (ed). CATIE. Turrialba, Costa Rica. 211 p.

- PASHA T., PRIGGE E., RUSSEL R., BRYAN W. 1994. Influence of moisture content of forage diets on intake and digestion by sheep. *J. Anim. Sci.* 72:2455-2463.
- RODRÍGUEZ Z. 1989. Producción de leche de cabras alimentadas con dos especies forrajeras arbóreas: poró (*Erythrina poeppigiana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*) suplementadas con plátano pelipita (*Musa sp.* Cv. 'Pelipita'). Tesis de licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 75 p.
- SAS (Statistical Analysis System). 2001. SAS User's Guide: Statistics (Versión 8.2 Ed.), SAS Institute Inc. Cary, NC. 373 p.
- SAMUR C. 1984. Producción de leche de cabras alimentadas con king grass (*Pennisetum purpureum*) y poró (*Erythrina poeppigiana*), suplementadas con fruto de banano (*Musa sp.* Cv. 'Cavendish'). Tesis de maestría en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 51 p.
- SANDS M.W. 1983. Consumo de arbustos por los caprinos. In: Curso intensivo de producción caprina. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 87 p.
- VALLEJO M., LAPOYADE N., BENAVIDES J. 1992. Evaluación de la aceptabilidad de forrajes arbóreos por cabras estabuladas en Puriscal, Costa Rica. In: I Seminario Centroamericano de Agroforestería y Rumiantes Menores. Chiquimulas, Guatemala. 98 p.
- VALLEJO M.A. 1995. Efecto del premarchitado y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales. Tesis de maestría Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. Costa Rica. 115 p.
- VAN HAO N., LEDIN I. 2001. Performance of growing goats fed *Gliricidia Maculata*. *Small. Rumin. Res.* 39:113-119.
- VARGAS F. 2009. Consumo y calidad del forraje *Trypsacum laxum* de un año de edad en cabras. *Agronomía Mesoamericana.* 20(2):391-398.

