

CALIDAD NUTRICIONAL, CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD
APARENTE DE MORERA (*MORUS ALBA*) Y ESTRELLA AFRICANA
(*CYNODON NLEMFUENSIS*) EN CABRAS

JESSIE RODRÍGUEZ ZAMORA

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA CON ÉNFASIS EN
ZOOTECNIA

ESCUELA DE ZOOTECNIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

2011

Esta tesis fue aceptada por el Tribunal Evaluador de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por grado de Licenciatura.

Ing. Jorge Alberto Elizondo Salazar, Ph.D.

Director de Tesis

Ing. Jorge Sánchez González, M.Sc.

Miembro del Tribunal

Ing. Luis Villalobos Villalobos, MGA.

Miembro del Tribunal

Ing. Luis Pineda Cordero, M.Sc.

Miembro del Tribunal

Ing. Augusto Rojas Bourrilón, M.Sc.

Sub director de Escuela

Jessie Rodríguez Zamora

Sustentante

AGRADECIMIENTO

Primero que nada quiero agradecerle al Universo, algunos dicen que cuando de verdad quieres algo y es algo que está predestinado para ti, los astros se encargan de hacerlo realidad.

Bueno eso tal vez es cierto en parte, creo que el 10% se debe al azar, el restante 90% es trabajo duro, desveladas pero más que nada sueños.

Es obvio que sin la ayuda de los asistentes de ese año, nada de esto habría sido posible, gracias por su trabajo desinteresado.

El personal de la Estación Experimental Alfredo Volio Mata también fue parte primordial de este proyecto: personal de campo, de laboratorio, profesores y administrativos. Cada uno contribuyó de la mejor forma posible, especialmente el personal encargado del área de cabras.

Por supuesto no me olvido de mi familia y amigos, cerca y a la distancia fueron siempre el empujón extra que necesitaba.

Finalmente pero no menos importante, quiero agradecerle al profesor Jorge Alberto Elizondo Salazar por permitirme trabajar con él en este proyecto, todo el conocimiento suministrado y sobre todo su fe y paciencia.

“El secreto de la felicidad no está en hacer siempre lo que se quiere, sino en querer siempre lo que se hace” Tolstoi.

ÍNDICE

Página

PORTADA.....	i
TRIBUNAL EVALUADOR.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE.....	iv
RESUMEN.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Introducción general.....	1
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. General.....	4
1.2.2. Específicos.....	4
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Introducción.....	5
2.2. Características bromatológicas de los forrajes a utilizar.....	5
2.2.1. Morera (<i>Morus alba</i>).....	5
2.2.2. Estrella africana (<i>Cynodon nlemfuensis</i>).....	7
2.3. Factores involucrados en el consumo de materia seca.....	8
2.4. Consumo de materia seca en cabras.....	13
CAPÍTULO III. TRABAJO EXPERIMENTAL.....	20
3.1. Materiales y métodos.....	20
3.2. Resultados y discusión.....	23
3.2.1 Análisis de consumo.....	23
3.2.2 Análisis de la composición química de las dietas.....	27
3.2.3 Análisis de la digestibilidad aparente.....	30
3.3. Conclusiones y recomendaciones.....	32
LITERATURA CITADA.....	34

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad, selección, consumo y digestibilidad aparente de morera (*Morus alba*) y estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en cabras ofrecidos de forma fresca y deshidratada parcialmente. El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental de Ganado Lechero “Alfredo Volio Mata” de la Universidad de Costa Rica.

La morera se extrajo de un cultivo con 20 años de edad y la estrella de un cultivo de con 5 años de edad, en explotación continua. El forraje cosechado fue suministrado a 12 cabras de las razas Saanen, Toggenburg y LaMancha no lactantes y ni gestantes, con un peso vivo promedio de 37 ± 5 kg. Los tratamientos experimentales fueron a) estrella fresca, b) estrella deshidratada, c) morera fresca y d) morera deshidratada. El forraje se ofreció a los animales 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 dos porciones iguales. El período experimental fue de 56 días que incluyó un periodo de adaptación de 28 días a la nueva dieta y a las jaulas individuales. La recolección de la información se realizó durante 14 días. Se recolectaron muestras del material ofrecido y rechazado. Para analizar el contenido bromatológico de los forrajes empleados, se determinó el contenido de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, cenizas y lignina.

También se tomaron muestras de las excretas de un grupo de animales y se determinó el contenido de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, cenizas y lignina.

Se observó un consumo promedio de materia seca de: 0,93, 0,76, 1,17 y 1,12 kg MS/animal/día. Para los tratamientos estrella fresca, estrella deshidratada, morera fresca y morera deshidratada respectivamente.

Se presentó una diferencia estadística en el consumo de materia seca y cenizas siendo más alto el consumo de estos en las dietas con morera. El mayor consumo de FAD y lignina se presentó en las dietas con estrella y no hubo diferencia entre tratamientos en el consumo de FDN. El mayor consumo de proteína se presentó en la dieta con morera fresca seguida de los tratamientos deshidratados, el menor consumo lo presentó la estrella fresca.

El porcentaje de digestibilidad aparente no fue estadísticamente diferente entre tratamientos siendo en promedio para la materia seca, proteína, FDN y FAD de 49,18; 43,42; 57,83 y 55,30%, respectivamente.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Indicadores productivos del hato caprino en Costa Rica del año 1975 al 2002.....	1
2 Estimación del consumo de materia seca (g/animal/día) y como porcentaje del peso vivo de acuerdo a la etapa productiva según el INRA.....	17
3 Consumo de materia seca (g/animal/d) en cabras lactantes consumiendo diferentes tipos de plantas forrajeras.....	18
4 Consumo de materia seca (g/animal/d) en cabras secas consumiendo diferentes tipos de plantas forrajeras.....	18
5 Consumo y concentración de materia seca de las dietas ofrecidas.....	24
6 Consumo de materia seca (g/animal/día) en cabras secas y lactantes consumiendo diferentes gramíneas.	25
7 Consumo de materia seca (g/animal/día) en cabras secas y lactantes consumiendo forraje de plantas arbustivas	25
8 Consumo y composición química de las dietas ofrecidas.....	29
9 Producción diaria de heces (kg) y concentración de materia seca por tratamiento.....	31
10 Digestibilidad aparente (%) de los nutrientes utilizados en las diferentes dietas.....	31
11 Digestibilidad aparente (%) de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) y frijol (<i>Lathyrus sylvestris</i> L.) en corderos.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Precipitación mensual en Ochomogo, durante los periodos 1998-2009 y 2010.....	21
2	Temperatura mensual en Ochomogo, durante los periodos 1998-2009 y 2010.....	21
3	Porcentaje de materia seca, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, cenizas, lignina y proteína de las cuatro dietas empleadas.....	30

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Introducción general.

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).

La producción caprina en Costa Rica es una actividad que se ha venido desarrollando en los últimos años. Actualmente se utilizan razas como la Saanen, Toggenburg, Alpina y LaMancha, dedicadas principalmente para la producción de leche en sistemas de estabulación. El hato caprino ha venido creciendo sostenidamente desde el año 1975 así como el ingreso generado por la venta de leche. De acuerdo con Castro (2002), para el año 2002 se produjeron en nuestro país 13 920 000 de kilogramos de leche que generaron un ingreso de 6960 millones de colones (Cuadro 1).

Cuadro 1. Indicadores productivos del hato caprino en Costa Rica del año 1975 al 2002.

	1975	1982	1988	1991	1994	1997	2002
Cabras adultas	1000	2152	5832	8536	17408	2000	20000
Miles kg/leche/año	90	656	2432	3933	9191	10560	13920
Colones/kg leche	10	30	60	130	160	300	500
Millones colones	1	20	145	511	1194	3168	6960

Adaptado de Castro 2002

Las explotaciones caprinas se vislumbran como una alternativa viable para satisfacer la creciente demanda de productos lácteos. Un trabajo realizado por Chacón et al. (2008) permite apreciar que la leche de cabra se percibe como un producto saludable, nutritivo o medicinal y uno de los motivos por el cual no se consume es la baja disponibilidad del producto, por lo que se necesita una mayor producción y mercadeo que aumente su consumo.

El ganado caprino de alta producción requiere 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,

2008a,b,c). Un principio básico en la alimentación animal es cuantificar el consumo de materia seca para determinar la ingestión de nutrientes. En ganado 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 se han venido realizando investigaciones en el país 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 los valores reportados en otras regiones.

Al 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 los forrajes de zonas templadas, lo que al final influye negativamente en el consumo. Un menor contenido de materia seca en la ración total se asocia con una disminución en el consumo. Cuando Lahr et al. (1983) analizaron diferentes raciones con variaciones en el contenido de humedad en vacas lecheras, encontrando que las que presentaban un porcentaje de materia seca menor al 60 o 65%, reducían el consumo considerablemente.

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 en la ración total. El deshidratado parcial es una técnica que permite eliminar el exceso de 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 en estos animales 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 deshidratados parcialmente. 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 deshidratada parcialmente.

1.2. Objetivos.

1.2.1. General.

- Determinar la calidad, consumo y digestibilidad aparente de la arbustiva morera (*Morus alba*) y el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) fresca y deshidratada parcialmente en cabras.

1.2.2. Específicos.

- Evaluar la calidad de la morera (*Morus alba*) y estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) fresca y deshidratada parcialmente cuantificando sus características bromatológicas.
- Determinar el consumo diario de materia seca y de nutrimentos en cabras suplementadas con morera (*Morus alba*) y estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) fresca y deshidratada parcialmente.
- Estimar la digestibilidad aparente de la morera (*Morus alba*) y estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) fresca y deshidratada parcialmente, cuantificando la cantidad de excretas y sus características bromatológicas.

CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Introducción.

Los experimentos de alimentación se han venido efectuando con animales de granja durante los dos últimos siglos, para comparar el valor de diferentes alimentos o combinaciones de éstos y han sido los principales métodos empleados para determinar los requerimientos cualitativos y cuantitativos de la mayoría de los nutrientes conocidos (Maynard et al., 1981).

Al realizar ensayos de este tipo en rumiantes es especialmente importante considerar la calidad del forraje que se suministra, ya que existen componentes nutricionales en el mismo que pueden afectar negativamente el consumo y la calidad de los forrajes varía mucho dependiendo de la especie, la madurez de la planta, las condiciones ambientales y el tipo de suelo donde crecen (Lobo y Díaz, 2001).

Además de los factores inherentes al forraje existen otros atenuantes del consumo como factores genéticos, el estado nutricional del animal, la edad, el objetivo productivo, así como el estado de salud y el clima (Trujillo, 2010).

Para garantizar un suministro adecuado de nutrientes, el manejo del recurso alimenticio es sumamente importante, específicamente el consumo de materia seca, éste se encuentra relacionado directamente con mayor producción de leche y ganancia de peso (Rodríguez, 1989).

2.2. Características bromatológicas de los forrajes a utilizar.

2.2.1. Morera (*Morus alba*).

La morera es un arbusto que tradicionalmente se utiliza para la alimentación del gusano de seda. Pertenece al orden de las Urticales, familia Moraceae y género *Morus*, del cual se conocen más de 30 especies y alrededor de 300 variedades (Benavides, 1995).

Se adapta desde el nivel del mar y hasta los 2400 metros de altitud, tolera una precipitación promedio anual de 1000 a 3000 mm (Ramírez et al., 2005), puede presentar un contenido promedio en las hojas de 26,82% MS; 20,82% PC; 30,67% FDN; 23,06% FAD; 18,08% cenizas y 5,67% de lignina a los 112 días y en el tallo 30,00% MS; 6,31% PC; 69,75% FDN; 52,74% FAD; 5,49% cenizas y 10,08% de lignina (Boschini et al., 2000).

El potencial y la adaptabilidad de esta planta como forraje ha sido explorado en nuestro medio. Algunas investigaciones realizadas durante los últimos 10 años han establecido las prácticas de manejo adecuadas para este cultivo en nuestro país como el tipo de poda, la frecuencia de corte o el porcentaje de inclusión más adecuado en vacas lecheras (Boschini, 2000; Boschini et al., 2000; Boschini, 2004).

Inicialmente se podría considerar que el tipo de poda es una práctica de manejo que influye sobre el contenido nutricional de la morera. Sin embargo, en el trabajo realizado por Boschini (2001), se estableció que el tipo de poda influye únicamente en la producción de materia seca, provocando una disminución anual del 32% por hectárea, debido a que se presenta una disminución en la productividad de tallos y hojas. La calidad nutricional de los rebrotes, hojas y tallos no se ve significativamente afectada y es similar entre los diferentes tipos de poda.

Cuando Boschini et al. (2000) evaluaron dos alturas de poda; 30 y 60 cm sobre el nivel del suelo y una frecuencia de corte en donde las plantas se podaron en forma consecutiva cada 56, 84 y 112 días, para valorar la relación de las alturas de corte y la frecuencia de corte con el rendimiento, encontraron que las distancias de siembra no influyen sobre el contenido de nutrientes presentes en la hoja o en el tallo de la morera. Pero la frecuencia de corte mostró un efecto de verdadera importancia sobre la acumulación de nutrientes, con excepción de los niveles de hemicelulosa y lignina en la hoja. A bajos intervalos de poda la concentración de proteína es alta en la hoja, el tallo y la pared celular en la hoja. A altos intervalos de poda, se incrementa la fibra neutro detergente en el tallo y todos los

constituyentes de la pared celular. Las cenizas totales en la hoja son más altas al incrementarse el intervalo de corte, mientras que en el tallo los valores decrecen.

No obstante en cabras no se han realizado suficientes investigaciones que establezcan porcentajes de inclusión máximos o mínimos para la morera, investigaciones realizadas en vacas lecheras han comprobado que se puede sustituir hasta un 60% de la materia seca total con morera que tenga valores de 16,45% de proteína cruda, incluso si la planta presenta contenidos de 20-24% de proteína cruda se recomienda usar cantidades menores al 50% de la materia seca total consumida (Boschini, 2004).

2.2.2. Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) .

La estrella es una gramínea originaria de África Oriental, ha tenido una rápida distribución en trópicos y subtrópicos, se adapta a climas cálidos y medios de altitudes de 0 a 2000 m.s.n.m., y es tolerante a pH en el suelo entre 4,5 y 8,0 (Franco et al., 2003).

Este pasto se caracteriza por ser perenne, de tallo erecto de hasta 70 cm de altura con estolones de 2 a 3 mm de ancho. Sus estolones crecen a nivel del suelo y emiten tallos aéreos, suaves, robustos y delgados, sus hojas son simples y alternas, su inflorescencia es un verticilo de espigas delgadas y flexibles de colores verdes manchadas de rojo o púrpura (Nilsson et al., 2005).

Esta gramínea no es exigente en cuanto a la humedad y tolera la sequía siempre que no sea superior a los cuatro meses y se adapta bien a condiciones de precipitación menores a 4500 mm anuales (Lobo y Díaz, 2001). Presenta valores promedio de 22,35% MS; 15,35% PC; 71,55% FDN; 39,95% FAD; 9,30% cenizas y 5,2% lignina a los 30 días de cosecha en la zona de San Carlos (Sánchez y Soto, 1996; Sánchez y Soto, 1998). Mientras que en Ochomogo a los 60 días de cosecha presenta valores de 21,85% MS; 12,81% PC; 73,65% FDN; 42,97% FAD; 9,58% cenizas y 10,64% lignina (Herrera et al., 2009).

Durante los últimos 35 años, se han realizado trabajos en nuestro país que han medido el comportamiento productivo y el requerimiento nutricional de esta gramínea bajo

diferentes condiciones de fertilización, frecuencias de corte y presión de pastoreo, tanto en ganadería de carne como lechería especializada (Cerdas, 1977; Lemus, 1977; Ruíz, 1978; Suarez, 1983; Villareal, 1985; Rivera, 2008).

La fertilización con nitrógeno es la práctica agronómica que más influye en la composición bromatológica de la estrella. En el trabajo realizado por Suarez (1983) se midieron varios niveles de aplicación (0, 75, 150 y 300) y se encontró que existe una variación en la producción de materia seca a lo largo del año de un 28%, siendo menor este valor durante la época seca y que el aumento en la cantidad de nitrógeno aplicado disminuye el porcentaje de materia seca.

Cuando Villareal (1985) analizó otros niveles de fertilización nitrogenada (0, 250, 500 y 750), encontró que cuando se combinan altos niveles de nitrógeno y una menor edad de rebrote, se obtienen menores porcentajes de materia seca y de pared celular. Este aumento en el nivel de nitrógeno disminuye el nitrógeno insoluble en la planta y aumenta la digestibilidad.

Pese a que existe gran cantidad de información para el manejo agronómico adecuado de esta gramínea, en cabras no se han realizado muchas investigaciones en el país que permitan establecer la selectividad, el consumo o el porcentaje de inclusión que se pueden emplear con este forraje, únicamente el trabajo de Herrera et al. (2009) ha evaluado el consumo de esta gramínea en cabras.

2.3. Factores involucrados en el consumo de materia seca.

El consumo de materia seca en rumiantes es determinado por un proceso de saciedad que obedece a una serie de señales fisiológicas que reaccionan a la composición del alimento y a su procesamiento en el organismo del animal. Algunas de estas señales son la sensación de llenado en el rumen, la concentración de los productos de fermentación, la concentración de nutrientes en la dieta y el requerimiento nutricional (Baumont et al., 2000).

En la degradación, absorción y transporte de nutrientes participa un conjunto de hormonas, como la insulina, la hormona del crecimiento y el glucagón (NRC, 1987), asimismo ciertos péptidos como la colecistoquinina aumentan durante el proceso de saciedad y en la liberación de enzimas como carbohidrasas, proteasas y lipasas (Medina, 1982). La actividad de éstas hormonas y péptidos se relaciona con la concentración intestinal de grasas, aminoácidos, proteínas y carbohidratos la cual es responsable de inhibir el consumo, mientras que la concentración de estos mismos nutrientes en la sangre no es igual de efectiva para desestimularlo (Smith, 1998).

Toda la información que proviene del sistema digestivo considera el equilibrio metabólico que está relacionado con el contenido energético o proteico de la dieta que debe satisfacer la demanda fisiológica del animal. Si existe algún desbalance nutricional, el consumo puede aumentar para compensarlo, pero si el desbalance continúa a largo plazo, el consumo tiende a disminuir (Illius y Jessop, 1996).

Considerar el desbalance en suministro de nutrientes en la dieta no basta para asegurar el consumo. Cuando se presenta una restricción en el consumo de agua, ésta tiene un impacto igual de negativo, debido a que lo reduce en un 50% (Harmond, 1976). Además, la influencia de condiciones ambientales adversas como el estrés calórico no debe desestimarse, porque reduce el consumo de alimento, agua y la digestibilidad (Bathacharya y Hussain, 1974).

La integración de todos estos mecanismos de retroalimentación es regulada por la información que proviene de receptores físicos y químicos en el rumen, hígado e intestinos que responden a éstas señales y se interpretan en el área lateral del hipotálamo. La actividad neural en esta sección aumenta para iniciar el consumo y cuando ésta empieza a descender el animal empieza a sentirse saciado y el consumo también disminuye (Nagamine et al., 2003).

También se ha llegado a proponer que existe otro mecanismo de regulación fisiológica en el animal, relacionado con un balance que busca la máxima eficiencia en el consumo de

oxígeno durante los procesos de la digestión como el desplazamiento, degradación y absorción del alimento, para extender la esperanza de vida en el animal (Ketelaars y Tolkamp, 1996).

En adición a los factores fisiológicos y metabólicos involucrados en el consumo, las características bromatológicas de los forrajes tienen una gran influencia en éste. El primer factor a considerar es el llenado físico que provoca la concentración de FDN. De acuerdo con Allen (1996), éste se considera el factor más determinante para estimar el consumo voluntario de materia seca, sin embargo otros factores asociados afectan el llenado físico del animal como el tamaño de partícula, la frecuencia y eficiencia del masticado, la fragilidad de la partícula, la fracción indigestible de la FDN y la tasa de fermentación de la FDN digestible.

Aparte de afectar el consumo por un efecto de llenado físico, cuando las dietas presentan altas concentraciones de fibra cruda, la utilización de energía para la síntesis de proteína microbiana puede disminuirse debido a la reducida tasa de fermentación, lo que provoca tasas lentas de crecimiento, que causan un incremento en los requerimientos de mantenimiento en el animal (Rojas, 1995).

También el llenado físico interactúa con la concentración de ácidos grasos volátiles como acetato y propionato como un efecto aditivo. De acuerdo con Forbes (1996) cuando la concentración de estos ácidos grasos en el rumen aumenta disminuye el consumo.

Es necesario considerar que además del contenido FDN, el de lignina en el forraje es igual de efectivo para disminuir el consumo. Cuando Herrera et al. (2009) analizaron el consumo de materia seca en cabras, encontraron un menor consumo de los forrajes suministrados que presentaron un porcentaje mayor de lignina en su composición.

Otras características genéticas de los forrajes tropicales que generalmente no se consideran en los análisis bromatológicos, pueden tener un efecto negativo sobre el consumo. Según Sands (1983) los medios de protección o compuestos secundarios que

tienen las plantas forrajeras como: taninos, alcaloides, aceites, terpenos, cianógenos, inhibidores de la proteasa, sesquiterpenos, saponinos, glucónidos cardiacos, aminoácidos no proteicos, péptidos tóxicos y ácidos orgánicos, disminuyen la palatabilidad y el valor nutritivo de éstas.

Partiendo de esta premisa, los trabajos realizados por García et al. (2008) y Medina et al. (2008) compararon la preferencia de forrajes en vacunos, ovinos y caprinos, donde evaluaron la selectividad de al menos nueve diferentes forrajes y analizaron la composición bromatológica de éstos. Midieron el contenido de polifenoles totales, taninos condensados, taninos que precipitan proteínas y terpenoides totales, encontrando una selección a favor de los forrajes con las menores concentraciones de polifenoles totales y terpenoides totales.

A este posible efecto negativo en el consumo que tienen los compuestos secundarios presentes en el forraje, debe sumarse el contenido de humedad de los mismos. Este factor influye sobre el consumo de materia seca y la digestibilidad de la misma. Pasha et al. (1994) concluyeron que un menor nivel de humedad en el forraje se asocia con un mayor consumo de materia seca, fibra detergente ácido, fibra detergente neutro y proteína cruda. Igualmente la digestibilidad de materia seca, fibra detergente ácido y fibra detergente neutro es mayor. También la retención de nitrógeno aumenta, todos estos aspectos influenciados por el mayor tiempo de retención en los forrajes con un mayor contenido de materia seca.

Incluso debe tomarse en cuenta la hora del día en que se cosecha el forraje, ya que se han encontrado variaciones en el contenido de carbohidratos no estructurales durante el día y a pesar de que esta variación puede ser pequeña al comparar los cortes de la mañana y de la tarde, es suficiente para estimular un mayor consumo en los cortes realizados en la tarde, debido probablemente a un aumento en el contenido de estos carbohidratos no estructurales durante el día y a una mayor digestibilidad de los componentes de la planta (Fisher et al., 1999; Fisher et al., 2002; Burns et al., 2005; Burns et al., 2007).

Además de considerar la composición bromatológica de la dieta forrajera ofrecida, ciertos aspectos de manejo deben tomarse en cuenta, debido a que influyen negativamente en el consumo, como la disminución del tamaño de partícula del forraje y el aumento de carbohidratos fácilmente fermentables en la ración, causando una disminución en el pH y en la digestión de la fibra (Rojas, 1995).

Por el contrario, ciertas prácticas de manejo pueden incrementar el consumo, como la inclusión de urea en dietas forrajeras, ya que cuando se suministra se maximiza la actividad microbial en el rumen, porque se optimiza el flujo de amino ácidos principalmente porque el animal come poco pero más frecuentemente (Huntington y Archibeque, 2000). También el deshidratado parcial en forrajes tiene un efecto positivo sobre el consumo. Rymer (2003) evaluó este procedimiento y encontró que este tratamiento tenía poco efecto en la composición química del forraje, además se presentó un aumento en el consumo voluntario conforme se incrementaban las horas de deshidratado de 24 a 48.

La integración de todos estos aspectos es muy importante para explicar el consumo de materia seca en cabras, pero no debe dejarse de lado el factor genético que puede influir en el comportamiento alimenticio de la cabra en relación con otros rumiantes.

Se debe considerar la capacidad de seleccionar que presentan estos animales en raciones totales mezcladas, porque puede afectar negativamente el consumo. Cuando Vallejo et al. (1992) evaluaron la aceptabilidad de forrajes arbóreos en cabras, a las cuales se les suministró pasto ruzzi (*Brachiaria ruziziensis*) como dieta basal acompañado de una mezcla de jocote (*Spondias purpurea*), chicasquil fino (*Cnidoscolus aconitifolius*), chicasquil ancho (*C. chayamansa*) y guácimo (*Guazuma ulmifolia*), encontraron que la dieta basal fue poco consumida debido a su baja calidad bromatológica y a la preferencia de las cabras por los forrajes arbustivos ofrecidos. Además el forraje más aceptado fue el jocote, debido a su mejor calidad bromatológica.

También el tamaño del grupo en confinamiento, influye en el comportamiento alimenticio de las cabras. De acuerdo con Goestch et al. (2010) la capacidad de seleccionar

el alimento que presentan las mismas puede tener efectos negativos en el consumo cuando suministran raciones totales mezcladas, porque al aumentar el número de animales estabulados el consumo aumentará por la competencia entre individuos, sin que esto implique el llenado de los requerimientos nutricionales.

Otros trabajos han encontrado que las cabras presentan diferencias en la selectividad influenciadas por la composición la dieta ofrecida o la etapa productiva en la que se encuentra el animal. En el trabajo realizado por Lu y Potchoiba (1990) se evaluaron diferentes niveles de energía y proteína en cabras en crecimiento y se encontró una disminución en el consumo de materia seca cuando la concentración de energía aumentaba en la ración y un aumento en el consumo conforme la concentración de proteína se incrementaba, atribuido a un aumento en el requerimiento de proteína para desarrollar la masa muscular.

Muchas de estas variables no pueden ser analizadas o manipuladas de forma práctica en las explotaciones pecuarias para aumentar el consumo, como la concentración de hormonas o las condiciones climáticas. No obstante con otras se puede trabajar para mejorar consumo y el rendimiento productivo, como la calidad nutricional del forraje o el requerimiento nutricional.

2.4. Consumo de materia seca en cabras.

En Costa Rica algunas de las investigaciones realizadas desde los años ochentas han evaluado el desempeño productivo en cabras suplementadas con diferentes fuentes forrajeras, cuantificándolo como producción láctea, ganancia de peso o consumo de materia seca.

Se han utilizado una gran variedad de forrajes como gramíneas (Samur, 1984; Castro, 1989; Elizondo 2004b; Chacón, 2008; Herrera et al., 2009; Vargas, 2009), arbustivas (Elizondo, 2004a,b, 2005; Herrera et al., 2009), leguminosas (Rodríguez, 1989) y ensilajes (Chávez, 2005; Vallejo, 1995). En estos trabajos se ha logrado evaluar la selectividad, el consumo y la digestibilidad en cabras secas y lactantes. A pesar de esto no ha sido posible

establecer un parámetro promedio de consumo que pueda ser aplicado en el país. Incluso se presenta una gran variabilidad entre especies forrajeras similares.

Los primeros trabajos realizados en cabras se concentraron en evaluar y aprovechar la preferencia de esos animales por forrajes arbustivos. Samur (1984) evaluó el consumo en 24 cabras lactantes mestizas, de 32 a 119 días de lactancia y con un peso promedio de 36,7 kg. Usó una ración de pasto de king grass (*Pennisetum purpureum*) suplementada con banano verde o maduro y poró (*Erythrina poeppigiana*). El alimento se ofreció de manera que los animales consumieran banano y poró mezclados o separados con una diferencia de ofrecimiento de 1 a 2 horas. En este caso la forma de suministrar el banano y el poró no influyó en el consumo de king grass que fue en promedio de 473 g MS/animal/d.

Luego Castro (1989) continuó con esta línea de trabajo y midió el consumo y la producción láctea de 12 cabras Nubiano-criollo con 65 días de lactancia y con 47,3 kg de peso promedio. En este caso, a la dieta base con pasto se le añadió plátano y poró combinados en diferentes niveles. Este autor obtuvo un consumo mayor para el king grass de 900 g MS/animal/día, asimismo encontró que el mayor consumo de pasto estaba asociado con el menor nivel de poró y plátano. También se estableció que la baja digestibilidad en vivo estaba asociada al mayor nivel de pasto y que un nivel mayor de plátano aumentaba la digestibilidad de la dieta sin importar el nivel de poró.

Considerando que ambos trabajos evaluaron el consumo de dietas muy similares, donde se suministraron arbustivas, gramíneas y musáceas, el consumo de king grass presentó una variabilidad de casi el doble entre ambos. Probablemente debido a esto, Rodríguez (1989) se enfocó en evaluar el consumo de arbóreas forrajeras y utilizó 10 cabras lactantes de cruce Nubiana con Criolla con 46 días de lactancia y 42,6 kg de peso vivo en promedio, este autor obtuvo al ofrecer los dos tratamientos de poró o madero negro (*Gliricidia sepium*) suplementados con plátano, consumos de 1200 g MS/animal/día en el caso del poró y 860 g MS/animal/día al utilizar madero negro. Además encontró que la disminución en el contenido de materia seca en el madero negro deprimió su consumo en 41%, lo que afectó negativamente la producción láctea y la ganancia de peso.

Después de estos resultados tan favorables con arbustivas, Vallejo (1995) analizó el consumo de otras variedades ofrecidas de manera ensilada, en cabras lactantes con un peso promedio de 49,7 kg con 16 días de adaptación y 4 de medición. Las cabras, fueron suplementadas únicamente con ensilaje de morera (*Morus sp.*), amapola (*Malvaviscus arboreus*) y jocote (*Spondias purpurea*). Se obtuvieron consumos promedios de 594, 542 y 394 g MS/animal/día, para morera, amapola y jocote, respectivamente.

Tiempo después también Chávez (2005) evaluó el consumo de otros forrajes ensilados como cratylia (*Cratylia argentea*) y sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en 12 cabras no lactantes de 41 kg de peso promedio. Los animales tuvieron 12 días de adaptación y la medición de consumo se realizó durante 3 días, los 3 tratamientos empleados consistían en ensilaje de cratylia únicamente, ensilaje de cratylia con melaza y ensilaje de cratylia con sorgo y melaza. Se presentó un consumo de 92, 204 y 515 g MS/animal/día respectivamente. En este caso, los bajos consumos de materia seca se atribuyeron a los pocos días que tuvieron los animales para adaptarse a la dieta a base de ensilaje.

Al igual que los resultados obtenidos con king grass, el consumo en ensilajes presentó una gran variabilidad, igualmente no llegó al 50% del consumo obtenido por Rodríguez (1989). Considerando que el consumo seguía presentando valores bajos, la investigación en cabras continuó analizando otras fuentes forrajeras. Elizondo (2004a,b, 2005) midió el consumo en ensayos con jaulas individuales, donde se emplearon 9 cabras secas con pesos promedios de 38 kg, de la raza LaMancha, alimentadas con morera (*Morus alba*), ramio (*Bohemeria nivea*) y sorgo (*Sorghum almun*). Se evaluaron las mezclas de estos materiales, las edades de rebrote y el nivel de proteína cruda que suplía cada uno de estos forrajes. El mayor consumo de materia seca lo presentaron los tratamientos que utilizaron morera con 737,32 g MS/animal/día y la mezcla de sorgo y ramio con 625,88 g MS/animal/día. Al emplear sorgo negro como ingrediente único de la dieta no se cubrieron los requerimientos de proteína cruda para mantenimiento por lo que se recomendó su uso como complemento en dietas ricas en proteína cruda.

En los trabajos realizados por Elizondo (2004a,b, 2005), únicamente se suministró el forraje sin ningún suplemento alimenticio, y el consumo de materia seca presentó una mejoría con relación a los trabajos realizados en ensilajes. Sin embargo, seguían siendo valores bajos de consumo. Considerando que el nivel de ofrecimiento pudo haber sido un atenuante del consumo, Vargas (2009) realizó un trabajo donde evaluó el consumo de pasto prodigioso (*Trypsacum laxum*) para medir el impacto del nivel de ofrecimiento en el consumo en cabras. La gramínea se ofreció sin ningún proceso de picado en tres cantidades crecientes representadas como porcentaje del peso corporal (7,5; 10,0 y 12,5%) a 9 cabras secas LaMancha, con 40 kg de peso promedio divididas en 3 grupos que tuvieron 10 días de adaptación y 10 de medición, obteniendo 342,03 g MS/animal/día como consumo promedio para los tres niveles de ofrecimiento. El mayor consumo de materia seca de 415,14 g MS/animal/día y se presentó al ofrecer la mayor cantidad de pasto.

Finalmente en los últimos trabajos realizados, se ha considerado suplementar la dieta forrajera con alimentos balanceados, probablemente para cubrir los requerimientos que el forraje no satisface y así no tener ningún desbalance nutricional que afectara negativamente el consumo. De esta forma Chacón (2008) evaluó el consumo de king grass suplementando con concentrado (1000 g/animal/día). Este autor evaluó el consumo de este forraje comparando 3 edades de corte de 60, 75 y 90 días de corte en 9 cabras secas de razas LaMancha, Toggenburg y Saanen, con un peso promedio de 44 kg, divididas en 3 grupos, con 7 días de adaptación y 7 días de medición. No obstante el consumo del forraje solamente llegó a un promedio de 250,92 g MS/animal/día.

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 9 cabras LaMancha con un peso promedio de 50 kg, divididas en 3 grupos y alimentadas con concentrado (1 kg/animal/día) y tres diferentes forrajes (estrella, morera y sorgo negro forrajero). El consumo de forraje fue de 760 g/animal/d en estrella, 690 g/animal/d en sorgo negro y 630 g/animal/d en morera. 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.

Con la variedad de trabajos realizados hasta el momento en nuestro país, se podría pensar que se ha establecido una tendencia en el consumo de forrajes en cabras, que serviría para crear ecuaciones que permitan estimar el consumo; sin embargo, este objetivo no se ha alcanzado.

Por lo que es necesario utilizar las ecuaciones desarrolladas en otros países para estimar el consumo, el Instituto Nacional de Investigación Agronómica de Francia (INRA) ha desarrollado fórmulas para la determinación del consumo de materia seca, basadas en el peso corporal, la producción de leche, el tercio de lactación en el que se encuentre la cabra y el sistema de alimentación que se utiliza (Trujillo, 2010).

A pesar de que esta determinación del consumo es muy subjetiva, es una aproximación muy útil para estimar el requerimiento de las cabras en diferentes etapas productivas. Como se puede apreciar el Cuadro 2, de acuerdo con estas ecuaciones, la estimación del consumo de materia seca se incrementa en respuesta a la etapa productiva en la que se encuentra el animal.

Cuadro 2. Estimación del consumo de materia seca (g/animal/d) y como porcentaje del peso vivo de acuerdo a la etapa productiva según el INRA.

Etapa productiva	g MS/animal/día	Consumo, % PV
Primer tercio de lactación ^{ab}	1932	5,22
Segundo y tercer tercio de lactación ^{ac}	2092	5,65
Cabras secas ^d	1426	3,85

^a Cabra con 37 kg de peso vivo produciendo 2,6 kg de leche/día.

^b g MS/animal/día: $316 * (\text{Prod. leche en kg}) + 10 * (\text{Peso vivo en kg}) + 740$.

^c g MS/animal/día: $316 * (\text{Prod. leche en kg}) + 10 * (\text{Peso vivo en kg}) + 900$.

^d g MS/animal/día: $316 + 10 * (\text{Peso vivo en kg}) + 740$.

De acuerdo con las fórmulas del INRA para estimar el consumo de materia seca para animales lactantes, dicho valor debería rondar los 1932 y 2092 g MS/animal/día. En el Cuadro 3 se observa que en los diferentes ensayos realizados en el país con cabras lactantes, se ha obtenido un consumo promedio de 704,28 g MS/animal/día, menos del 50%

del consumo estimado por el INRA, el único valor que se acerca a la estimación es el reportado por Rodríguez (1989), pero sigue siendo menor.

Cuadro 3. Consumo de materia seca (g/animal/d) en cabras lactantes consumiendo diferentes tipos de plantas forrajeras.

Material forrajero	g/animal/d	Forraje	Autor
Amapola	542,00	E	Vallejo, 1995
Estrella africana	760,00	G	Herrera <i>et al.</i> 2009
Jocote	394,00	E	Vallejo, 1995
King grass	473,00	G	Samur, 1984
King grass	900,00	G	Castro, 1989
Madero negro	860,00	L	Rodríguez, 1989
Morera	630,00	A	Herrera <i>et al.</i> 2009
Morera	593,75	A	Vallejo, 1995
Poró	1200,00	L	Rodríguez, 1989
Sorgo	690,00	G	Herrera <i>et al.</i> 2009
Valor promedio	704,28		

G: gramínea, L: leguminosa, A: arbustiva, E: ensilaje.

En cabras secas el panorama no es diferente, el INRA estima el consumo para este tipo de animales en 1426 g MS/animal/día (Cuadro 4), pero el consumo promedio en el país es de 426,11 g MS/animal/día. El único valor que se acerca a la estimación es el de Elizondo (2004a), con apenas el 50% del valor estimado por el INRA.

Cuadro 4. Consumo de materia seca (g/animal/d) en cabras secas consumiendo diferentes tipos de plantas forrajeras.

Material forrajero	g/animal/d	Forraje	Autor
Cratilya+sorgo	515,00	E	Chávez, 2005
King grass	250,92	G	Chacón, 2008
Morera	737,32	A	Elizondo, 2004a
Pasto prodigioso	342,03	G	Vargas, 2009
Ramio	367,42	A	Elizondo, 2004a
Ramio	367,42	G	Elizondo, 2005
Sorgo	342,03	G	Elizondo, 2004a
Sorgo	371,00	G	Elizondo, 2004b
Sorgo	342,03	G	Elizondo, 2005
Sorgo+ramio	625,88	M	Elizondo, 2005
Valor promedio	426,11		

G: gramínea, L: leguminosa, A: arbustiva, E: ensilaje, M: mezcla.

Considerando toda la información recolectada y los resultados obtenidos, la investigación en cabras debe enfocarse en analizar el consumo de forrajes suministrados de forma individual, sin ningún tipo de suplementación, asegurando un nivel adecuado de ofrecimiento, para establecer los niveles máximos de consumo a los que se debería aspirar en el país.

CAPÍTULO III. TRABAJO EXPERIMENTAL.

3.1. 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 los meses de octubre y noviembre del 2010. La finca se ubica a 1542 msnm, con una precipitación anual media de 2050 mm, distribuidos principalmente durante los meses de mayo a noviembre con una humedad relativa media de 84% y temperatura media de 19,3 °C¹.

La morera se obtuvo de un cultivo con 20 años de edad y la estrella de un cultivo con 5 años de edad, 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 de edad al momento de la cosecha. Sin embargo, durante el año 2010, cuando se planeaba realizar la prueba de consumo, se presentaron variaciones en las condiciones climáticas que afectaron significativamente la producción del forraje, ocasionando un retardo en el crecimiento de los mismos. Estas variaciones climáticas se pueden apreciar en las Figuras 1 y 2. Las variaciones incluyeron un aumento considerable en la precipitación y una disminución en la temperatura. 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.

¹ J. Mairena, comunicación personal Instituto Meteorológico Nacional, 2011.

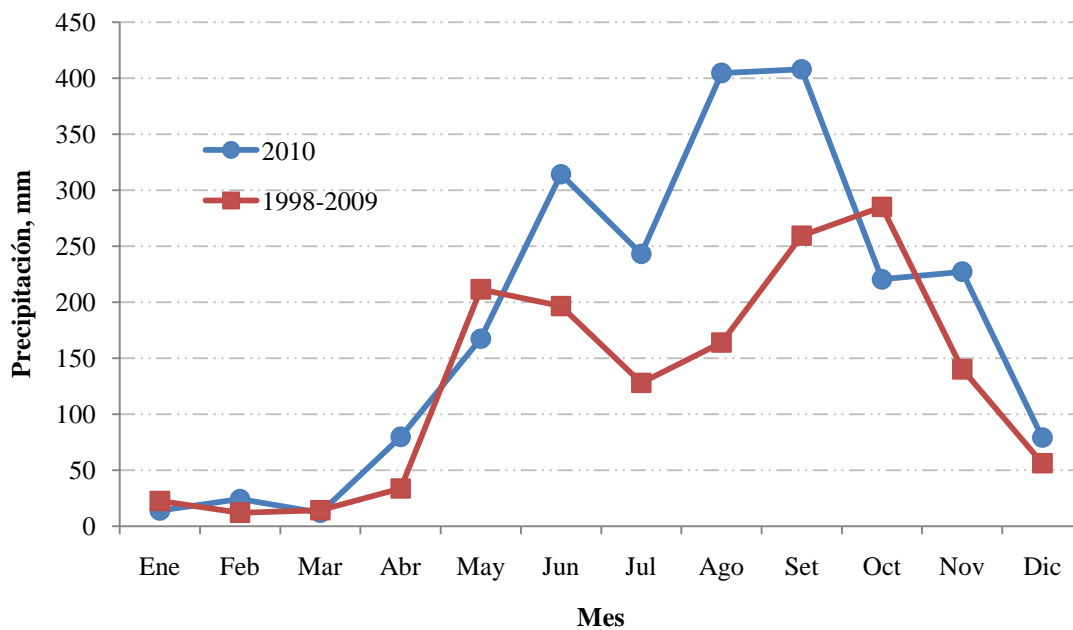


Figura 1. Precipitación mensual en Ochomogo, durante los periodos 1998-2009 y 2010².

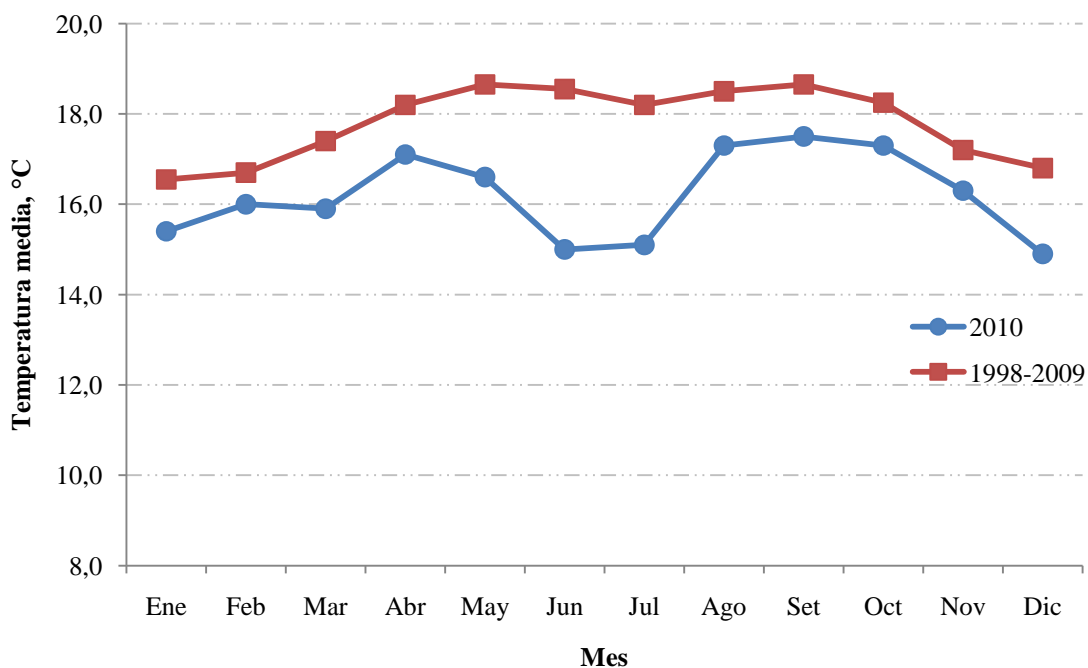


Figura 2. Temperatura mensual en Ochomogo, durante los periodos 1998-2009 y 2010².

² J. Mairena, comunicación personal Instituto Meteorológico Nacional, 2011.

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 de dos factores con dos niveles para cada factor, F1: tipo de forraje: morera y estrella y F2: uso de deshidratado parcial: forraje deshidratado y forraje no deshidratado. Con base en lo anterior, los tratamientos experimentales fueron: 1) estrella fresca, 2) estrella deshidratada, 3) morera fresca y 4) morera 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 que se cosechó, se dejó somagar durante 1 ó 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, fraccionado en dos porciones iguales; suministrado a las 9:00 a.m. y a las 2:00 p.m. El período 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 de los comederos individuales y se pesó diariamente a las 8:00 a.m. para evaluar el consumo, además se recolectaron muestras del material ofrecido y rechazado, para analizar el contenido bromatológico de los forrajes empleados. Las muestras se analizaron para determinar el contenido de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, cenizas y lignina, utilizando 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 medir el contenido de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido, Goering y Van Soest, 1970; AOAC, 1980) y así estimar la digestibilidad aparente de cada nutriente.

Para realizar los análisis de laboratorio, tanto las muestras de forraje como de excretas, se secaron a 65°C durante 48 horas y se molieron a 1 milímetro, luego se prepararon

muestras compuestas semanales para el material ofrecido, el material rechazado y las excretas, agregando 20 g de cada muestra diaria.

Los datos obtenidos sobre consumo, composición bromatológica y digestibilidad aparente se analizaron mediante el MODELO PROG GLM (SAS, 2001) de acuerdo a 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 deshidratado parcial) $j=1, 2$.
 $(FS)_{ij}$ = interacción.
 e_{ijk} = error experimental.

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

3.2. Resultados y discusión.

3.2.1 Análisis de consumo.

La información sobre consumo recolectada durante el trabajo experimental se sometió al análisis estadístico correspondiente y los resultados obtenidos se pueden apreciar en el Cuadro 5. Se encontraron diferencias significativas ($P<0,05$) en el consumo de forraje fresco, observándose como los tratamientos con el uso de deshidratado parcial presentaron en promedio los menores consumos (2,49 kg/animal/d) en comparación con los tratamientos donde el forraje se ofreció de manera fresca (3,52 kg/animal/d). Dichos valores representan un consumo del 6,88 y 9,73% del peso vivo, respectivamente.

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 del deshidratado parcial. La morera deshidratada presentó el mayor porcentaje de materia seca (44,07%), 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 el deshidratado parcial alcanzaran valores superiores al 30%; sin embargo, dicho panorama no fue el obtenido.

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

Cuadro 5. Consumo y concentración de materia seca de las dietas ofrecidas.

Dieta ofrecida	Estrella		Morera	
	Fresca	Deshidratada	Fresca	Deshidratada
Materia fresca				
Consumida, kg/d	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/d	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 entre columnas difieren a $P < 0,05$.

Al comparar el consumo de materia seca obtenido en los tratamientos de estrella fresca (930 g/animal/d) y estrella deshidratada (760 g/animal/d) con valores de consumo reportados por otros autores (Cuadro 6) que emplearon gramíneas en sus ensayos, se aprecia que los valores obtenidos en este trabajo superan ampliamente el promedio de 496,78 g/animal/d reportado. Solamente el consumo obtenido por Herrera et al. (2009) en estrella, es igual al valor obtenido con el tratamiento de estrella deshidratada, mientras que el tratamiento de estrella fresca lo supera en 170 gramos. Únicamente el valor observado por Castro (1989) se acerca al tratamiento de estrella fresca.

Cuadro 6. Consumo de materia seca (g/animal/d) en cabras secas y lactantes consumiendo diferentes gramíneas.

Material forrajero	g/animal/d	Autor
King grass	473,00	Samur, 1984
King grass	900,00	Castro, 1989
King grass	250,92	Chacón, 2008
Sorgo negro forrajero	342,03	Elizondo, 2004 a
Sorgo negro forrajero	371,00	Elizondo, 2004 b
Sorgo negro forrajero	342,03	Elizondo, 2005
Sorgo negro forrajero	690,00	Herrera et al. 2009
Estrella africana	760,00	Herrera et al. 2009
Pasto prodigioso	342,03	Vargas, 2009
Valor promedio	496,78	

Cuando se compara el consumo de materia seca obtenido en los tratamientos de morera fresca de 1170 g/animal/d y morera deshidratada de 1120 g/animal/d con los valores logrados por diferentes autores que utilizaron forraje de arbustivas (Cuadro 7), se aprecia que los valores obtenidos en este trabajo superan el promedio reportado de 856,83 g/animal/d. También se superaron los consumos reportados por Elizondo (2004a) y Herrera et al. (2009) en morera y solamente fueron menores al compararlos con el valor que alcanzó Rodríguez (1989).

Cuadro 7. Consumo de materia seca (g/animal/d) en cabras secas y lactantes consumiendo forraje de plantas arbustivas.

Material forrajero	g MS/animal/día	Autor
Poró	1200,00	Rodríguez, 1989
Madero negro	860,00	Rodríguez, 1989
Morera	737,32	Elizondo, 2004 a
Morera	630,00	Herrera et al. 2009
Valor promedio	856,83	

Tratar de explicar los factores que tuvieron relación con los mayores consumos de materia seca observados en este ensayo con relación a otros trabajos, sería un trabajo difícil de ejecutar. Sin embargo, pese a que la alta concentración de materia seca presente en los

forrajes obtenidos podría explicar en parte, los altos consumos, la metodología empleada en el presente ensayo también contribuyó 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, eliminando 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 no pudo haberse presentado un efecto de llenado físico por esos alimentos o una menor digestibilidad de la fibra 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 con relación al 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 seis meses de gestación, encontraron que el consumo voluntario de las cabras podía variar de 0,82 a 2,13 kg de MS/día. 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 cuatro 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.

3.2.2 Análisis de la composición química de las dietas.

En el Cuadro 8 se aprecia el consumo y composición bromatológica de las dietas ofrecidas. Al analizar la composición química, puede observarse como, a excepción de la proteína cruda y la fibra detergente neutro del forraje del material ofrecido, se obtuvieron diferencias estadísticas significativas. Resulta difícil explicar que no se hayan obtenido diferencias en cuanto a la concentración de proteína cruda entre las dos especies de forrajes utilizado, 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 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.

Con relación al consumo de proteína cruda (g/animal/d), se encontraron diferencias entre tratamientos y el mayor consumo fue de 135 gramos para la morera fresca, mientras que con la estrella deshidratada solamente se consumieron 75 g. De acuerdo a Elizondo (2002), los requerimientos de proteína cruda para mantenimiento son de 58,1 g/animal/d. 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 proteína cruda en el forraje consumido fue siempre mayor a aquella presente en el forraje ofrecido.

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 parcial. A pesar de ello, las cabras en el tratamiento de estrella deshidratada consumieron la menor cantidad de FDN, en tanto que las cabras en el tratamiento de estrella fresca, consumieron la mayor cantidad.

La concentración de FAD en la materia seca, mostró un comportamiento interesante. Mientras no se presentaron diferencias en el contenido de este nutriente en los forrajes ofrecidos, la concentración en el forraje consumido mostró diferencias significativas, siendo estos valores superiores en la estrella africana. Sin embargo, el consumo de FDN fue el menor para la estrella deshidratada con un valor de 325 g/animal/d.

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 cuatro tratamientos y su consumo fue siempre mayor en los animales que consumieron morera con relación a los que comieron estrella (136,38 vs 65,76 g/animal/d).

Al analizar la proteína cruda y cenizas en el material ofrecido y consumido, se pudo determinar que para ambos nutrientes, la concentración en lo consumido fue superior a lo ofrecido. Contrariamente, para la MS, FDN, FAD y lignina; la concentración de lo consumido fue inferior a lo ofrecido. Elizondo (2005) aduce que 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.

Al resumir la composición bromatológica de las dietas empleadas, se puede apreciar en la Figura 3, que los cuatro tratamientos presentaron porcentajes similares de proteína cruda y FAD, mientras que la lignina, cenizas y materia seca fueron superiores en la morera, la FDN fue superior en la estrella. En este sentido, el forraje de estrella ofrecido de forma

fresca y deshidratada, presentó porcentajes mayores de MS, FDN y FAD a los reportados por Herrera et al. (2009), mientras que los valores de cenizas, lignina y PC fueron menores. Por otro lado, la composición bromatológica de la morera ofrecida fresca y deshidratada en relación con el valor reportado por Boschini et al. (2000), presentó mayor porcentaje de MS, FDN, FAD y lignina, mientras que la proporción de PC y cenizas fue menor.

Cuadro 8. 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/d	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/d	732,72 ^c	584,23 ^a	641,13 ^b	670,92 ^b
Fibra ácido detergente				
Ofrecida, %	44,62	44,16	44,79	45,65
Consumida, %	44,34 ^c	42,84 ^c	36,66 ^a	38,99 ^b
Consumida, g/d	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/d	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/d	76,30 ^a	55,22 ^a	127,11 ^b	145,65 ^b

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

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 tal como lo explican Boschini et al. (2000), 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.

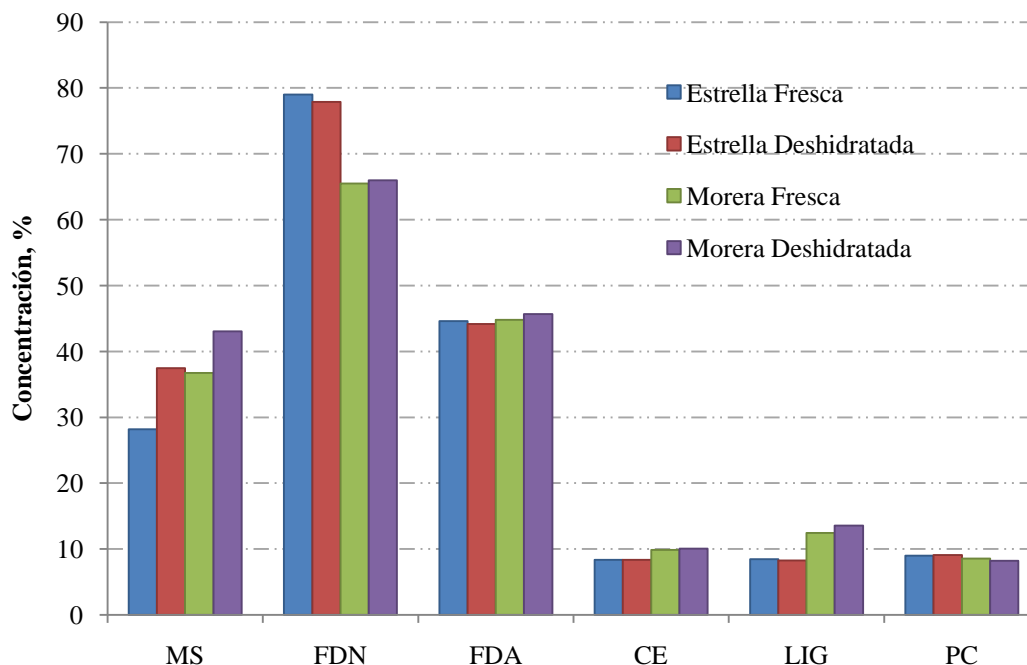


Figura 3. Porcentaje de materia seca, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, cenizas, lignina y proteína de las cuatro dietas empleadas.

3.2.3 Análisis de la digestibilidad aparente.

Para realizar el análisis de digestibilidad aparente de cada tratamiento, los kilogramos de forraje consumido se multiplicaron por la composición porcentual de MS, FND y FAD, al igual que los kilogramos de heces recolectadas. Por diferencia, se obtuvo la retención de cada uno y los coeficientes de digestibilidad fueron una proporción de lo retenido con relación a lo ofrecido.

En este trabajo se midió la producción diaria de excretas, Para realizar el análisis de digestibilidad descrito anteriormente, se obtuvo una producción promedio de 0,874 kg MF/animal/día. Pese a que no hubo una diferencia significativa entre tratamientos, los tratamientos frescos fueron mayores en aproximadamente 200 gramos en comparación con los deshidratados parcialmente (Cuadro 9).

Cuadro 9. Producción diaria de heces (kg) y concentración de MS (%) por tratamiento.

Tratamiento	heces/animal/día	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

La digestibilidad aparente de la materia seca, proteína, FDN y FAD de las dietas empleadas se sometió al análisis estadístico correspondiente y los resultados obtenidos se pueden apreciar en el Cuadro 10. La digestibilidad de los componentes bromatológicos analizados no tuvo una diferencia estadística, lo que indica que no hay una pérdida significativa en la calidad del forraje cuando se somete al deshidratado parcial. Se presentó una variación aproximada del 20% en la materia seca, del 12% en proteína cruda, , finalmente la variación en la FDN y FAD fue del 3%.

Cuadro 10. Digestibilidad aparente (%) de los nutrientes 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
FDN	60,01	57,61	56,39	57,29
FAD	56,02	54,14	54,38	56,67

Para comparar los valores obtenidos en este trabajo se debe iniciar describiendo que distintos autores han encontrado que las cabras digieren mejor las dietas forrajeras en relación con las ovejas, y por lo tanto han presentado una mejor digestibilidad de la proteína, fibra cruda y lignina (Jones et al., 1972; Gihad, 1976; Pfister y Malechek, 1986; Larbi et al., 1991).

Al comparar los coeficientes de digestibilidad obtenidos en este trabajo con los reportados por Forster et al. (1991) en corderos (Cuadro 11), se observa que los cuatro tratamientos empleados, presentaron la digestibilidad superior de la FDN, FAD y proteína anteriormente mencionada, solamente la digestibilidad de la materia seca fue menor.

Cuadro 11. Digestibilidad aparente (%) de alfalfa (*Medicago sativa*) y frijol (*Lathyrus sylvestris* L.) en corderos.

Digestibilidad aparente	Alfalfa	Frijol
Materia Seca	59,9	55,6
Proteína Cruda	70,9	71,7
Fibra Detergente Neutro	52,1	45,2
Fibra Acido Detergente	51,0	46,8

Adaptado de Forster et al, 1991.

Trabajos realizados sobre la digestibilidad de forrajes llevados a cabo exclusivamente 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.

3.3. Conclusiones y recomendaciones.

1. El consumo de materia seca fue estadísticamente diferente para las especies de forraje utilizadas y los animales que consumieron morera, lograron sobrepasar el consumo de 3% de su peso corporal.
2. 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.
3. El contenido de FDN y lignina fue estadísticamente diferente entre especies pero no en el uso o no del deshidratado parcial.
4. El contenido de cenizas fue estadísticamente diferente, el porcentaje más alto lo presentó la morera deshidratada, luego la morera fresca y finalmente los tratamientos con estrella.

5. Los porcentajes de FDN, FAD y lignina consumidos siempre fueron menores a los ofrecidos, mientras que el porcentaje de proteína ofrecido fue inferior al consumido, lo que indica una selectividad que se inclina por las partes de la planta más digestibles y con menor concentración de pared celular.
6. La digestibilidad de los componentes bromatológicos analizados (FDN, FAD, y PC) no presentó diferencia estadística entre tratamientos. Lo que indica que no existe pérdida nutricional significativa que disminuya la calidad del forraje si se emplea el proceso de deshidratación parcial.
7. Los porcentajes de digestibilidad presentaron un comportamiento similar a los encontrados en trabajos realizados con cabras y ovejas.
8. Los kilogramos de excretas producidos diariamente fueron en promedio de 0,874 kg MF/animal/día.
9. Es necesario realizar investigaciones que involucren otras variedades de forrajes, además de tiempos de deshidratado mayores.
10. Si bien es cierto que el deshidratado 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

- ALLEN, M.S. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 74:3063-3075.
- 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.
- BAUMONT, R., PRACHE, S., MEURET, M., MORAND, P. 2000. How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Lives. Prod. Sci.* 64:15-28.
- BENAVIDES, J. 1995. Manejo y utilización de la morera (*Morus alba*) como forraje. *Agroforestería en las Américas*. 7:27-30.
- BHATTACHARYA, A.N., HUSSAIN, F. 1974. Intake and utilization of nutrients in sheep fed different levels of roughage under heat stress. *J. Anim. Sci.* 38:877-868.
- BOSCHINI, C., DORMOND, H., CASTRO, A. 2000. Composición química de la morera (*Morus alba*), para uso en la alimentación animal: densidades y frecuencia de poda. *Agronomía Mesoamericana*. 11(1): 41-49.
- BOSCHINI, C. 2000. Consumo de Morera (*Morus alba*) y sorgo negro forrajero (*Sorghum almun*) en ganado Jersey. *Agronomía Mesoamericana*. 11(2): 73-77.
- BOSCHINI, C. 2001. Producción y calidad de la morera (*Morus alba*) cosechada en diferentes modalidades de poda. *Agronomía Mesoamericana*. 12(2): 175-180.
- BOSCHINI, C. 2004. Sustitución de alimento concentrado, con morera fresca (*Morus alba*), en la dieta de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*. 14(2): 185-192.
- 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.
- BURNS, J., MAYLAND, H., FISHER, D. 2005. Dry matter intake and digestion of alfalfa harvested at sunset and sunrise. *J. Anim. Sci.* 83:262-270.
- BURNS, J.C., FISHER, D.S., MAYLAND, H.F. 2007. Diurnal shifts in nutritive value of alfalfa harvested as hay and evaluated by animal intake and digestion. *Crop. Sci.* 47:2190-2197.

- 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 para optar por el grado de Mag. Sc. en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 53 p.
- CASTRO, A. 2002. Historia de la caprinocultura en Costa Rica. Consultado en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_animal/cabra_historia.html el 25 de marzo de 2010.
- CERDAS, R. 1977. Cambios en el valor nutritivo de los pastos jaragua (*Hyparrhenia rufa*, Ness Stapf) y estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) durante la época seca. Tesis para optar por el título de Licenciado de Ingeniería Agronómica. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 81 p.
- CHACÓN, P. 2008. Estimación del aprovechamiento en ganado caprino del *Pennisetum purpureum* cv. King Grass cosechado a tres diferentes edades de rebrote. Tesis para optar por el título de Licenciado 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 para optar por el título de Licenciado 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.
- ELIZONDO, J. 2008a. Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. I. Energía metabolizable. *Agronomía Mesoamericana*. 19(1):115-122.

- ELIZONDO, J. 2008b. Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. II. Proteína metabolizable. *Agronomía Mesoamericana*. 19(1):123-130.
- ELIZONDO, J. 2008c. Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. III. Minerales y vitaminas. *Agronomía Mesoamericana*. 19(2):303-308.
- FISHER, D., MAYLAND, H., BURNS, J. 1999. Variation in ruminants preference for tall fescue hays cut either at sundown or at sunup. *J. Anim. Sci.* 77:762-768.
- FISHER, D., MAYLAND, H., BURNS, J. 2002. Variation in ruminant preference for alfalfa hays cut at sunup and sundown. *Crop. Sci.* 42:231-237.
- FORBES, J. M. 1996. Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. *J. Anim. Sci.* 74:3029-3035.
- FORSTER, L.A., FONTENOT, J.P., PERRY, H.D., FOSTER, J.G., ALLEN, V.G. 1991. Apparent digestibility and nutrient balance in lambs fed different levels of flatpea hay. *J. Anim. Sci.* 69:1719-1725.
- FRANCO, L., HINCAPIÉ, B., PETERS, M., SCHMIDT, A. 2003. Especies forrajeras multipropósito: opciones para productores de Centroamérica. CIAT. Cali, Colombia. 113 p.
- GARCÍA, D.E., MEDINA, M.G., COVA, L.J., SOCA, M., PIZZANI, P., BALDIZÁN, A., DOMÍNGUEZ, C.E. 2008. Aceptabilidad de forrajes arbóreos tropicales por vacunos, ovinos y caprinos en el estado de Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Tropical*. 26(3):191-196.
- GIHAD, E.A. 1976. Intake, digestibility and nitrogen utilization of tropical natural grass hay by goats and sheep. *J. Anim. Sci.* 43:879-883.
- 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.
- HARMON, D. L. 1976. Effect of deprivation and reintroduction of feed and water on feed and water intake behaviour of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 43:873-878.
- 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.
- HUNTINGTON, G.B., ARCHIBEQUE, S.L. 2000. Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. *J. Anim. Sci.* 77:1-11.
- ILLIUS, A.W., JESSOP, N.S. 1996. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. *J. Anim. Sci.* 74:762-768.
- JONES, G.M., LARSEN, R.E., JAVED, A.H., DONEFER, E., GAUDREU, J.M. 1972. Voluntary intake and nutrient digestibility of forages by goats and sheep. *J. Anim. Sci.* 34:830-838.
- KETELAARS, J.J., TOLKAMP, B.J. 1996. Oxygen efficiency and the control of energy flow in animals and humans. *J. Anim. Sci.* 74:3036-3051.
- 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.
- LARBI, A., FIANU, F.K., AKUDE, F.K. 1991. Voluntary intake and digestibility by sheep and goats of whole-plant, leaf and stem fractions of *Pennisetum purpureum* Schum. *Small. Rumin. Res.* 6:217-221.
- LEMUS, A.A., 1977. Producción de carne bovina en praderas de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*, Vanderyst var *nlemfuensis*) bajo diferentes presiones de pastoreo y niveles de fertilización nitrogenada. Tesis para optar por el título de Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. Costa Rica. 104 p.
- LOBO, M.V., DÍAZ, O. 2001. Agrostología. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José. Costa Rica. 176 p.
- LU, D.C., POTCHOIBA, M.J. 1990. Feed intake and weight gain of growing goats fed diets of various energy and protein levels. *J. Anim. Sci.* 68:1751-1759.
- MAYNARD, L.A., LOSLI, J.K., HINTZ, H.F., WARNER, R.G. 1981. Nutrición animal. McGraw-Hill. 4^{ta} edición. México. 640 p.
- MEDINA, M.G. 1982. Role of peptides from gastrointestinal cells in food intake regulation. *J. Anim. Sci.* 55:1515-1527.
- MEDINA, M.G., GARCÍA, D.E., COVA, L.J., SOCA, M., DOMÍNGUEZ, C.E., BALDIZÁN, A., PIZZANI, P. 2008. Preferencia de rumiantes por follaje de árboles, arbustos y herbáceas en la zona baja del estado de Trujillo. *Zootecnia Tropical.* 26(3):1-5.

- 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
- NAGAMINE, A., SUNAGAWA, K., KURIWAKI, J., SHINJO, A. 2003. Changes in single unit activity in the lateral hypothalamic area of goats during feeding. *J. Anim. Sci.* 81:529-536.
- NILSSON V., SÁNCHEZ P., MANFREDI R. 2005. Hierbas y arbustos comunes en cafetales y otros cultivos. San José, Costa Rica. 270 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1987. Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals. National Academy Press. Washington, D.C. USA. 96 p.
- OVIEDO, F., BENAVIDES, J., VALLEJO, M. 1995. Evaluación bioeconómica de un módulo agroforestal con cabras en el trópico húmedo. En: Sistemas tradicionales y agroforestales de producción caprina en América Central y República Dominicana. Benavides, J. (Ed). CATIE. Turrialba, Costa Rica. 211 p.
- PASHA, T.N., PRIGGE, E.C., RUSSEL, R.W., BRYAN, W.B. 1994. Influence of moisture content of forage diets on intake and digestion by sheep. *J. Anim. Sci.* 72:2455-2463.
- PFISTER, A.J., MALECHEK, J.C. 1986. The voluntary forage intake and nutrition of goats and sheep in the Semi-Arid Tropics of Northeastern Brazil. *J. Anim. Sci.* 63:1078-1086.
- RAMÍREZ, E., DÁVILA, O., IBRAHIM, M. 2005. El uso de bancos forrajeros para la alimentación de verano. INPASA. Consultado en http://web.catie.ac.cr/silvopastoril/folletos/BFL_banco%20forrajero.pdf el 22 de octubre de 2010.
- RIVERA, A.J. 2008. Curvas de absorción de nutrimentos durante el establecimiento de potreros: absorción total de nutrimentos y efectos de las excretas, durante el pastoreo rotacional con ganado lechero, en los pastos kikuyo (*Kikuyochloa calndestinum*), estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) y Toledo (*Brachiaria brizantha* cv. Toledo). Tesis para optar por el título de Magister Scientiae. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 89 p.
- 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 para optar por el título de Licenciada en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 75 p.

- ROJAS, A. 1995. Conceptos Básicos en Nutrición de Rumiantes. Escuela de Zootecnia. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. 178 p.
- RUÍZ, S. 1978. Cambios en el rendimiento y valor nutritivo de los pastos kikuyo (*Pennisetum calndestinum*) y estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) fertilizados, durante la época seca. Tesis para optar por el título de Licenciado de Ingeniería Agronómica. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 85 p.
- RYMER, C. 2006. The effect of wilting and soaking *Eupatorium adenophorum* on its digestibility in vitro and voluntary intake by goats. J. Anim. Feed. Sci. 14:49-60.
- SAS (Statistical Analysis System). 2001. SASUser'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 para optar por el grado de Mag. Sc. en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 51 p.
- SÁNCHEZ, J., SOTO, H. 1996. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. I. Materia seca y componentes celulares. Nutrición Animal Tropical 3 (1): 3-18.
- SÁNCHEZ, J., SOTO, H. 1998. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. II. Componentes de la pared celular. Nutrición Animal Tropical 4 (1): 3-23.
- SANDS, M.W. 1983. Consumo de arbustos por los caprinos. In: Curso intensivo de producción caprina. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 87 p.
- SMITH, G.P. 1998. Satiation from gut to brain: Intestinal satiety. Oxford University Press, Inc. NY. USA. 287.
- SUAREZ, F. 1983. Efecto de la fertilización nitrogenada y foliar sobre la producción y la eficiencia de utilización del nitrógeno del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) bajo riego y pastoreo rotacional. Tesis para optar por el título de Licenciado en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 136 p.
- TRUJILLO, A. 2010. Alimentación en caprinos. Memorias del curso: Manejo del hato caprino. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- VALLEJO, M., LAPOYADE, N., BENAVIDES, J. 1992. Evaluación de la aceptabilidad de forrajes arbóreos por cabras estabuladas en Puriscal, Costa Rica. En: 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 para optar por el título de Magister Scientiae. 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.
- VILLAREAL, M. 1985. Efecto de la fertilización nitrogenada y de la edad de rebrote sobre la producción y algunas características nutricionales del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*, Vanderyst var *nlemfuensis*). Tesis para optar por el título de Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. Costa Rica. 81 p.