



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA
PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

CONSUMO VOLUNTARIO Y DIGESTIBILIDAD DE *Brachiaria spp* CON *Cratylia argentea*, *Gliricidia sepium* Y *Erythrina sp*, EN BOVINOS CEBU x HOLSTEIN

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL

PRESENTA:

MVZ. ABRAHAM FRAGOSO ISLAS

TUTOR: PhD. EPIGMENIO CASTILLO GALLEGOS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA UNAM-CEIEGT

COMITE TUTOR:

PhD. LUIS CORONA GOCHI
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA UNAM-DENAB

PhD. JUAN CARLOS KU VERA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA-UADY

MEXICO D.F. ENERO DE 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

| | Página |
|--|-----------|
| Índice..... | 1 |
| Abstract..... | 3 |
| Capítulo I | |
| Introducción..... | 4 |
| Capítulo II | |
| Revisión de literatura..... | 6 |
| 2.1. Consumo voluntario y digestibilidad de forrajes..... | 6 |
| 2.1.1. Factores que afectan el consumo voluntario..... | 6 |
| 2.1.1.1. Factores relacionados con la composición química..... | 6 |
| 2.1.1.2. Factores relacionados con el animal..... | 8 |
| 2.1.1.3. Factores que afectan el consumo voluntario en pastoreo..... | 9 |
| 2.2. Tasa de pasaje..... | 10 |
| 2.3. pH ruminal..... | 11 |
| 2.4. Características de los forrajes..... | 11 |
| Justificación..... | 13 |
| Referencias..... | 14 |
| Capítulo III | |
| Consumo voluntario y digestibilidad de <i>Brachiaria spp</i> con <i>Cratylia argentea</i> , <i>Gliricidia sepium</i> y <i>Erythrina sp</i> , en bovinos Cebú x Holstein..... | 17 |
| Resumen..... | 17 |
| Summary..... | 18 |
| 1. Introducción..... | 19 |
| 2. Objetivo..... | 20 |
| 3. Materiales y métodos..... | 20 |
| 3.1. Localización..... | 20 |
| 3.2. Animales experimentales..... | 20 |
| 3.3. Obtención del follaje y forraje..... | 20 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4. Dietas experimentales..... | 21 |
| 3.5. Periodo experimental..... | 22 |
| 3.6. Mediciones..... | 22 |
| 3.7. Diseño experimental y análisis de datos..... | 24 |
| 4. Resultados..... | 25 |
| 4.1. Consumo voluntario..... | 25 |
| 4.2. Degradabilidad in situ..... | 26 |
| 4.3. Digestibilidad aparente..... | 26 |
| 4.4. Degradabilidad efectiva..... | 27 |
| 4.5. Composición química de las dietas experimentales..... | 27 |
| 4.6. Composición química de las heces..... | 29 |
| 4.7. Concentración de N-NH ₃ | 29 |
| 4.8. Concentración de AGV..... | 30 |
| 5. Discusión..... | 31 |
| 5.1. Consumo voluntario..... | 31 |
| 5.2. Degradabilidad in situ..... | 32 |
| 5.3. Digestibilidad aparente..... | 33 |
| 5.4. Degradabilidad efectiva..... | 33 |
| 5.5. Composición química de las dietas experimentales..... | 34 |
| 5.6. Variables ruminales..... | 35 |
| 5.7. Variables en suero sanguíneo..... | 36 |
| 6. Conclusión..... | 37 |
| Agradecimientos..... | 37 |
| Referencias..... | 38 |

ABSTRACT

For tropical cattle production systems to become more efficient a viable alternative can be the introduction of legumes in the diets of grazing ruminants. Four crossbred heifers (3/4 Cebu-1/4 Holstein) with permanent ruminal fistulae, weighing on average 388.8 ± 18.1 kg/heifer, were assigned to four treatments: *Cratylia argentea* (**Cr**), *Gliricidia sepium* (**GI**) and *Erythrina sp* (**Er**) was evaluated in a diet based on *Brachiaria arrecta* (**Br**) 70%, on dry-matte (DM) in a cross-over design. Latin square were balanced for residual effects, with 4 periods (rows), 4 cows (columns). Forages were ground to a particle size of one inch, in order to obtain uniform mixtures in the feed through. Response variables were: voluntary intake, effective digestibility, *in situ* 48-h degradability, and pH, and contents of N-NH₃ and VFA in ruminal liquid. The mixtures **Cr** and **GI** showed higher DM intake as compared to **Er** and **Br** ($P < 0.05$). Both *in situ* degradability and effective digestibility of **GI** was higher ($P < 0.05$) than the other treatments. Ruminal liquid variables were not affected by treatments, indicating that all treatments induced a stable rumen environment. The VFA total production did not differ between treatments, and neither did urea and beta hydroxybutyrate in blood serum. It was concluded that the inclusion of legumes in forage-based diets of cattle, improved forage intake, ensuring maintenance and production needs of the animals so as to be more efficient than all-grass-based diets in cattle production systems of tropical México.

Key words: Voluntary intake, digestibility, legumes, tropic.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El consumo de gramíneas continúa predominando como la base alimenticia del ganado para la producción de carne y leche, complementando ocasionalmente con fuentes energéticas como melaza en las épocas críticas. La mayoría de las gramíneas utilizadas, son de producción estacional y algunas de bajo valor nutritivo, problemas que se agudizan al ser sometidas a un manejo deficiente ⁽¹⁾.

Los rumiantes tienen la ventaja de que pueden ser alimentados exclusivamente con especies forrajeras. Esta posibilidad se basa en que pueden degradar carbohidratos estructurales del forraje, como celulosa, hemicelulosa y pectina, que son poco digeribles por los animales no rumiantes. Esta capacidad del rumiante, se debe a la degradación del alimento por digestión fermentativa. Los microorganismos del rumen sintetizan y secretan complejos de β -1-4 celulasas y otras enzimas que permiten la hidrólisis de las paredes celulares de los forrajes. Sin embargo, la conversión de la fibra de los forrajes tropicales a productos asimilables por los animales no es muy eficiente ⁽²⁾.

Los animales alimentados con pastos de baja calidad, no alcanzan a cubrir sus requerimientos de mantenimiento la mayoría de las veces y esto se traduce en un balance energético negativo y en pérdidas de peso, lo que retrasa el tiempo para que los animales en crecimiento alcancen el peso de sacrificio ⁽³⁾. Esta insuficiencia también repercute en bajas producciones de leche por vaca, por lo cual es necesario suministrar energía y nitrógeno degradable por medio de la complementación. El uso de cereales y pastas de oleaginosas como complementos energéticos y proteicos es una opción poco viable económicamente, debido al constante incremento de su precio. Tal problemática indica la necesidad de evaluar diferentes alternativas de complementación que sean fáciles de aplicar y mejoren la producción de la ganadería tropical ⁽⁴⁾.

La disponibilidad y calidad del pasto presenta fluctuaciones durante el año, debidas a las variaciones en la precipitación pluvial ⁽³⁾.

En las zonas tropicales con épocas secas prolongadas, la ganancia diaria de peso y la producción de leche se reduce en forma significativa en forrajes basados principalmente en gramíneas y de baja calidad nutricional, ya que las mismas ante este periodo de sequía, disminuyen su productividad, lo que afecta la carga animal en el terreno y el comportamiento de los animales ⁽⁵⁾.

Los rumiantes tienen la capacidad de utilizar los diferentes polisacáridos estructurales encontrados en la pared celular vegetal debido a la relación simbiótica existente con los microorganismos del rumen ⁽⁶⁾.

La baja digestibilidad acompañada de una lenta tasa de pasaje conlleva a un incremento en el tiempo de retención de la digesta en el rumen y disminución del consumo de alimento, teniendo como resultado un bajo rendimiento productivo en cuanto a la ganancia de peso y baja eficiencia reproductiva ⁽⁷⁾.

Se ha observado que el uso de complementos de leguminosas forrajeras en dietas con base en forrajes de baja calidad, incrementa la cantidad de nitrógeno fermentable y la fibra fácilmente degradable en la dieta, lo cual promueve un aumento en la población de microorganismos celulolíticos, que a su vez mejora la degradación y uso de la fibra del forraje de baja calidad, aumentando así la tasa de pasaje de líquidos y sólidos a través del rumen, con lo que se incrementa el consumo ⁽⁸⁾.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Consumo voluntario y digestibilidad de forrajes.

Consumo voluntario. Es la cantidad absoluta de materia seca consumida por unidad de tiempo, cuando el animal come a voluntad sin ninguna restricción. Así mismo, por definición, es el peso del alimento consumido por un animal o grupo de animales en un cierto período de tiempo, durante el cual los animales tienen libre acceso a los alimentos ^(9,10).

La cantidad total de alimento que un rumiante ingiere en un día, no sólo está determinada por la preferencia y selección del alimento según sus características químicas y nutricionales, ni depende solamente del apetito, así como tampoco se limita mediante el control físico o por medio del sistema nervioso, sino que depende de muchos factores interrelacionados alrededor del mismo, considerando también efectos ambientales y sociales ⁽¹⁰⁾.

El potencial de los forrajes para la producción de leche y carne depende de su digestibilidad y consumo voluntario por los rumiantes, y estas se ven afectadas por el tiempo de retención del alimento en el rumen, el cual es afectado por factores físicos y metabólicos ⁽¹¹⁾.

2.1.1. Factores que afectan el consumo voluntario.

El consumo es regulado por varios factores relacionados con: la composición química del alimento (fibra, densidad energética, volumen), el animal (peso, nivel de producción y estado fisiológico), condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa etc) y la condición de alimentación (disponibilidad de alimento, frecuencia de alimentación).⁹

2.1.1.1 Factores relacionados con la composición química

Un factor que afecta el consumo voluntario en bovinos en condiciones tropicales está relacionado directamente con la dieta fibrosa que estos rumiantes consumen.

El tránsito lento del forraje consumido es una limitante de la capacidad física y por ende, del consumo, dado que la fibra es menos soluble y su tasa de degradación más lenta ^(10,12).

El consumo de alimentos disminuye con temperaturas elevadas y aumenta bajo condiciones frías. Se ha demostrado que el consumo de alimento se afecta cuando la temperatura sobrepasa 26°C. Los aspectos fisiológicos que intervienen en la regulación del consumo voluntario en los rumiantes están representados por factores intrínsecos, que agrupan aspectos físicos y metabólicos, y extrínsecos, como el pasto, el clima y otros de índole social y de manejo ⁽¹³⁾.

Cuando la concentración de energía digestible de un alimento es baja, como en el caso de las dietas con base en forrajes, el consumo es limitado por efecto del llenado ruminal. Dietas que tienen un porcentaje bajo de FDN y una densidad energética elevada, la demanda fisiológica del animal por la energía pasa a ser el factor que limita el consumo, ya que forrajes tiernos tienen menor cantidad de materia seca y mayor porcentaje de carbohidratos no estructurales ⁽⁹⁾.

Las enfermedades infecciosas y las parasitosis producen una disminución en el consumo de alimento, así como problemas metabólicos como acidosis, cetosis y timpanismo ⁽¹⁴⁾.

El consumo de forraje en un tiempo dado, depende de la digestibilidad y de la velocidad de tránsito en función de las características de composición de la fibra y su densidad energética. En rumiantes, en particular en ganado lechero, se requiere proporcionar la adecuada cantidad de fibra para mantener la función normal del rumen y mantener la producción normal de leche ⁽⁶⁾.

La ingestión de alimentos en los rumiantes, está limitada por el llenado ruminal. Alimentos fibrosos de digestibilidad reducida, que permanecen mucho tiempo en el rumen, llevan a menores consumos de materia seca, lo cual resulta en detrimento de la correcta nutrición del rumiante ⁽¹⁴⁾.

2.1.1.2. Factores relacionados con el animal

Entre los factores inherentes al animal, el sistema nervioso central (SNC) juega un papel importante por ser donde se encuentra el centro de la saciedad, que es influenciado por estímulos mecánicos, químicos y térmicos ⁽¹⁴⁾. El núcleo paraventricular del hipotálamo, justo el núcleo ventromedial, son particularmente sensibles a los efectos de transmisiones químicas, incluyendo noradrenalina y neuropéptido “Y” ⁽¹⁰⁾.

El aumento de la concentración de AGV's y de N-NH₃ principalmente cuando se alimenta con dietas altas en concentrados, no excluye una posible regulación del consumo voluntario de alimento por la dilatación de la pared del rumen, tal vez debido a un aumento de la osmolaridad del fluido ruminal ^(15,10).

La percepción órgano-sensorial del alimento por parte del animal, es de gran importancia por su relación con la preferencia y selectividad hacia algunos forrajes que consume el rumiante. El tamaño corporal está involucrado con la demanda de energía y la capacidad de distensión gástrica ⁽¹⁶⁾.

Durante la etapa de crecimiento, el animal va cambiando su consumo para ajustarlo a sus requerimientos, por lo que el animal presenta un mayor consumo de alimento por unidad de peso metabólico que un animal adulto no lactante. En la medida que el animal va creciendo, puede controlar el consumo de materia seca y la digestibilidad ⁽¹⁰⁾.

La condición corporal es un factor importante ya que los animales que pasaron por periodos de subnutrición comen más por unidad de peso vivo que los animales en buen estado nutricional ⁽¹⁷⁾.

En un estado fisiológico como la preñez, la capacidad digestiva de un animal en la etapa final de gestación es menor debido al crecimiento del producto en el útero ⁽¹⁴⁾. Se ha observado que vacas en el último mes de gestación pasan menos tiempo comiendo que las vacas al inicio de gestación o están vacías, por lo que el consumo voluntario declina en el último mes de preñes ⁽¹⁰⁾.

2.1.1.3. Factores que afectan el consumo de materia seca en pastoreo.

La digestibilidad es una de las medidas del valor nutritivo del alimento, la cual disminuye con relación al aumento de la proporción de material senescente y muerto. Aun cuando la relación entre consumo y digestibilidad no es consistente para todas las especies forrajeras, el consumo de leguminosas generalmente es 40% superior al de gramíneas; y el de hojas 100% mayor al de tallos ^(2,12).

La fibra de las gramíneas forrajeras tropicales es menos soluble y su tasa de degradación en el rumen es más lenta en comparación con aquella que presentan gramíneas y leguminosas templadas. Asimismo, la proporción de paredes celulares es mayor que la de contenido celular. Esto es lo que causa una degradación ruminal más lenta y el tiempo de residencia de la fibra en el rumen sea mayor, limitando consecuentemente el consumo voluntario ^(10, 12,17).

Entre los elementos climáticos más importantes que afectan el desarrollo de los animales y de las plantas, son la temperatura y la luminosidad. Las áreas del trópico se caracterizan por presentar a través del año valores altos de estos elementos climáticos, que intervienen en diferentes procesos fisiológicos en animales y plantas ⁽¹⁸⁾.

Las altas temperaturas favorecen la conversión de los productos fotosintéticos de las plantas a materiales fibrosos de poca digestibilidad y varía según el tipo de planta, esto tiende a acelerar el desarrollo de tallos y la maduración de los tejidos vegetales. Esta es una de las razones del porque las gramíneas tropicales son en promedio 13% menos digestibles que los forrajes de clima templado, así también muestran una menor calidad nutritiva^{17,6,18}.

La precipitación en el trópico, en especial en el húmedo, es irregularmente distribuida causando periodos críticos de escasez o de exceso de agua, alterando en ambos casos el crecimiento de las plantas ⁽¹⁹⁾.

Al aumentar la edad de las plantas, se incrementan proporcionalmente los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina) y se reduce el

contenido celular, obligando a los rumiantes a pasar más tiempo regurgitando y masticando forrajes maduros que inmaduros, por lo cual la resistencia a la reducción del tamaño de partícula se relaciona con el contenido de fibra de la planta. Paralelamente con el aumento en edad de la planta disminuyen la densidad y proporción de hojas; aumentando la lignificación de las paredes celulares y con ello la pérdida de hoja por envejecimiento; ambos fenómenos limitan conjuntamente el consumo y la digestibilidad ^(17,12).

2.2. Tasa de pasaje de la fibra.

La velocidad de pasaje puede aumentar a causa de un incremento en el consumo o por disminución del tamaño de partícula del alimento. La digestibilidad aparente y la cinética digestiva llegan a estar influenciada por la combinación de ingredientes de la dieta. El tiempo de masticación total se incrementa conforme aumenta el tamaño de partícula ^(20,21). En general, la reducción del tamaño de partícula, mejora la degradación ya que aumenta la superficie de ataque para los microorganismos ruminales ⁽⁹⁾. Si el tamaño de partícula es excesivamente pequeño aumenta la tasa de pasaje y en consecuencia la fibra escapa más rápido del rumen con lo cual el tiempo para degradarse es menor y aunado a esto se puede presentar una reducción de la motilidad ruminal ^(9,15). El procesamiento que deba realizarse a los forrajes va a depender de la calidad de los mismos, ya que su digestión estará determinada tanto por la posibilidad de ser atacada por los microorganismos, como por la velocidad con la cual circule por el tracto digestivo. Por lo tanto, dentro del rango de tamaños de partículas empleados, la rumia parece ser el proceso determinante para la reducción del tamaño de la partícula ⁽²¹⁾. Las tasas de digestión de los componentes de los alimentos varían considerablemente con valores que van desde 0.02 min⁻¹ para azúcares solubles hasta 0.02 horas⁻¹ para carbohidratos complejos en la fibra. La proporción de nutrientes que están disponibles para el rumiante varía en función de la competencia entre las tasas de degradación y pasaje ⁽²²⁾.

2.3. pH Ruminal.

Una dieta alta en forraje produce un pH ruminal elevado (6.2-7.0), ya que induce a una gran actividad de rumia y alta producción de saliva, promoviendo la multiplicación de microorganismos que digieren celulosa y hemicelulosa, cuyo producto final es el ácido acético, favoreciendo los procesos de digestión de los alimentos, principalmente la fermentación de los componentes fibrosos del forraje⁽²³⁾. El aumento en el uso de concentrados en la dieta de vacas lecheras determinará un pH bajo, que promoverá una actividad amilolítica mayor debida a una alta producción de ácidos grasos volátiles (AGV) (ácido propiónico y láctico)⁽²⁴⁾. El pH ruminal es modificado fácilmente con la inclusión de dietas ricas en carbohidratos no estructurales, pero a la vez, puede ser regulado rápidamente, por los mecanismos fisiológicos del animal y la adaptación de los microorganismos ruminales a la nueva dieta⁽²⁵⁾. El pH ruminal varía principalmente según el tipo de alimento, la forma y la frecuencia de alimentación; las raciones altas en carbohidratos no estructurales disminuyen el pH, mientras que las dietas ricas en carbohidratos estructurales, tienden a regular la concentración total de ácidos grasos volátiles⁽²³⁾.

En animales en pastoreo las variaciones del pH ruminal están asociadas al comportamiento ingestivo del animal. Las pasturas de alta calidad, a pesar de que tienen un mayor contenido de FDN en comparación con los concentrados, presentan una fibra de muy alta calidad, muy poco lignificada, y de alta y rápida degradabilidad ruminal. Debido a esto, la fibra proveniente de este tipo de pasturas presenta un bajo contenido de FDN disminuyendo la rumia y en consecuencia la salivación. Este efecto sumado a una alta producción de ácidos grasos volátiles (AGV), los cuales son los principales responsables de la acidificación, como consecuencia de una mayor digestibilidad del forraje^(10,26).

2.4. Características de los forrajes.

Los Cuadros I y II presentan información relevante de las especies leguminosas y del pasto empleados en el presente experimento, como antecedente de su uso en la alimentación de rumiantes.

Cuadro I. Características de los forrajes empleados en presente estudio.

| Especies | Familia | Descripción | Distribución | Referencias |
|---------------------------|----------|---|---|--|
| <i>Cratylia argentea</i> | Fabaceae | Arbusto perene ramificado, perennifolio. | Sur de México y la Amazonia | Lascano <i>et al.</i> , CIAT 2002, |
| <i>Gliricidia sepium</i> | Fabaceae | Árbol de medio tamaño, caducifolio | América central y México. | Heuzé y Tran., 2015. FAO.org. 2007 (A.J. Simons and J.L. Stewart) Pinto <i>et al.</i> , 2002 |
| <i>Erythrina spp.</i> | Fabaceae | Árbol de mediano a grande, caducifolio | América, África y Asia. | FAO.org. 2007 (D.L. Kass) Pinto <i>et al.</i> , 2002. |
| <i>Brachiaria arrecta</i> | Poaceae | Perene, Tallos próximos a 100 cm, rizomatosos y estoloníferos | Nativo de África topical, naturalizada en trópico y subtropical húmedo. | Olivera <i>et al.</i> , 2006. Pastos y forrajes Noreña. |

Cuadro II. Variables de los forrajes en estudio por otros autores.

| Especies | % Consumo (g/W ^{0.75} /d) | % degradabilidad ruminal MS | % DIVMS | Referencias |
|---------------------------|------------------------------------|---|-----------------------|--|
| <i>Cratylia argentea</i> | 83.0*, 89.6 y 99.6 [□] | 64.4, 43.6, 55.5*, 54.8 y 57.7 [□] | 47, 29.57, 58.4, 46.9 | Valles-De la Mora <i>et al.</i> , 2014. Roa <i>et al.</i> , 2012. Celis <i>et al.</i> , 2004. Sánchez <i>et al.</i> , 2006. Suárez y Velásquez, 2011. Ibrahim <i>et al.</i> , 2001. Lascano <i>et al.</i> , CIAT 2002. |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 61.3 [◊] , 128.6 | 55.8 [◊] , 67.25, 58.0, 74.8 | 44.5 | Avilés-Nieto <i>et al.</i> , 2013. Aregheore <i>et al.</i> , 2004. González y Cáceres 2002. Shem <i>et al.</i> , 2003. Pinto <i>et al.</i> , 2002. Suárez y Velásquez, 2011. |
| <i>Erythrina spp.</i> | 65.6 [◊] , 139.9 | 57.83, 47.6 | 56.6, 24.25, 55.5 | Jiménez Ferrer <i>et al.</i> , 2015. Aregheore <i>et al.</i> , 2004. González y Cáceres, 2002. Pinto <i>et al.</i> , 2002. Suárez y Velásquez, 2011. Ibrahim <i>et al.</i> , 2000. |
| <i>Brachiaria arrecta</i> | | 56.02 | 50-60, 53.3 | Corpoica STDF, 2013. Ibrahim M., 2014. |

[□]Cratylia argentea + B. dictioneura (44.4+56.6 %). [◊]Rastrojo de maíz + *Gliricidia s.*, rastrojo de maíz + *Erythrina v* (50+50 %). Ensilado de sorgo+ cratylia argéntea + melaza (72, 26,7 % y 61, 33,6 %), * *Brachiaria decumbens* + *Cratylia argéntea*. [◊] *C. ciliaris* + *Gliricidia sepium* (70,30 %).

JUSTIFICACIÓN

Cuando se piensa en un sistema sostenible para producir leche y carne, principalmente en el trópico, en el cual se utilice como alimento fundamental el pasto, es necesaria la presencia de las leguminosas, debido a que además de mejorar el valor nutritivo de la dieta, tienen la capacidad de establecer una relación simbiótica con microorganismos que fijan el nitrógeno atmosférico y lo transforman a formas asimilables para las plantas; esa característica no sólo beneficia a las leguminosas que la poseen, sino a las gramíneas y otras familias que crecen a su alrededor⁽⁴⁾.

La utilización de árboles y arbustos forrajeros han sido reconocidos como uno de los medios más eficaces para mejorar tanto la oferta como la calidad de forrajes en los pequeños sistemas ganaderos; especialmente durante la época de sequía. Al estar ingresando una fuente nitrogenada constante en la dieta del animal en pastoreo aumenta su consumo y digestibilidad de los forrajes ⁽²⁸⁾. Las características nutricionales y de producción, hacen de estas especies una alternativa forrajera para los sistemas de producción animal, y su inclusión significa un punto de partida en el reto de la ganadería tropical moderna ⁽⁹⁾. Por lo tanto el objetivo de este estudio fue estimar el consumo voluntario y digestibilidad de *Cratylia argentea*, *Gliricidia sepium* y *Erytrina sp*, en una dieta con base en pasto Tanner (*Brachiaria arrecta*).

REFERENCIAS

1. Reyes MF, Nava G, González R. Respuesta de toretes en pastoreo a la suplementación con follaje de cocoite (*Gliricidia sepium*), bloques multinutricionales y alimento comercial en el trópico húmedo de México. *Zootecnia Tropical* 2008; 26(3): 343-346.
2. Barahona RR, Sánchez PS. Revisión: Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Revista Corpoica* 2005; 6(1). Enero-Junio.
3. Kú-Vera JC, Ayala-Burgos AJ, Solorio-Sánchez FJ, Briceño-Poot EG, Ruiz-González A, Piñeiro-Vázquez AT, *et al.* Tropical tree foliage and shrubs as feed additives in ruminants rations. *Nutritional strategies of animal feed additives* 2013; Nova Science Publishers, Inc.
4. Sánchez T, Mileras M, Simón L, Lamela L, López O. Las potencialidades de las asociaciones Gramíneas-Leguminosas como alimento de los rumiantes. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria* 2007; 7(12):1695-7504.
5. Lascano CE. Caracterización de las pasturas para maximizar producción animal. *Arch Latinoam Prod Anim* 2002; 10(2): 126-132.
6. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J Dairy Sci* 1991; 74: 3583-3597.
7. Poppi DP and McLennan SR. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *Journal of Animal Science* 1995; 73:278-290
8. Manyuchi B, Deb Hovell FD, Ndlovu LR, Topps JH, Tigere A. Feeding napier hay as supplement to sheep given poor quality natural pasture hay: Effects of level of napier hay supplement and inclusion of urea in the basal diet on intake and digestibility. *Anim. Feed Sci. Technol* 1996; 63: 123-135.
9. Mertens DR. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos em formulação de rações. *Simpósio internacional de rumiantes. Lavras, Brasil. 1992; SBZ-ESAL. Pp 188.*
10. Forbes JM. *Voluntary Food intake and diet selection in farm animals. Segunda edición. Editorial CAB International. Wallingford 2007; Pp. 144–171.*

11. Romney DL, Gill M. Intake of Forages. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. (Eds: Givens, D. I. G., E. Owen, R. F. E. Axford, y H. M. Omed.), CABInternational 2000; Pp 43-60. <http://books.google.com.mx/books>.
12. Araujo-Febres O. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. IX Seminario de Pastos Tropicales. Univ. Zulia, Maracaibo. Venezuela 2005; Pp. 1-10.
13. Mazorra C, Dayamí F, Nieves C, Vega A. Estrategias para modificar el consumo voluntario y la selección de alimentos de los pequeños rumiantes en pastoreo. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 2009; 43(4):379-385.
14. Church DC. El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición. 1ra Edición. Editorial Acribia. Zaragoza 1993; Pp 225.
15. Tafaj M, Steingass H, Drochner W. Influence of hay particle size at different concentrate and feeding levels and digestive processes and feed intake in ruminants. 2. Passage, digestibility and feed intake. Arch. Anim. Nutr. 2001; 54: 243-259.
16. Welch JG. Rumination, Particle Size and Passage from the Rumen. Journal of Animal Science 1982; 54:885-894.
17. Minson DJ. Forage in Ruminant Nutrition Cal. USA: Academic Press Inc. 1990; Pp. 17-58. <http://books.google.com.mx/books>.
18. Román Ponce H. Potencial de Producción de los bovinos en el trópico de México. Ciencia Veterinaria 1981; 3.
19. Castañeda MOG, Lagunes LJ. Sistema de producción de doble propósito, Memorias del Primer Congreso de Actualización de Prácticas Pecuarias del Trópico, Instituto Veracruzano para el Desarrollo Rural, Boca del Río, Veracruz, México. Agosto de 2000; Pp 81-94.
20. Chay-Canul AJ, Ayala-Burgos AJ, Kú-Vera JC, Magaña-Monforte JG. Efecto del tamaño de la partícula sobre, consumo, digestibilidad y balance de Nitrógeno en ovinos pelibuey alimentados con dietas basadas en frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) y grano de maíz. Tropical and Subtropical Agroecosystems 2009;10: 383-392.
21. Genovez CF, Ayala-Burgos AJ, Sandoval CCA, Cetina GR, Reyes RR. Efecto de tamaño de partícula de la fibra en la dieta sobre la conducta ingestiva, digestión de rumiantes y suministro de proteína microbiana al duodeno de bovinos. Revista científica. FCV-LUZ/ 2008; 7(2):180-187.

22. Rosero NR, Posada OSL. Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 2007; 20:174-182.
23. Guevara-Garay LA, Gómez-Botero JC, Ávila-Londoño LE. Frecuencia de suplementación y pH ruminal en bovinos. *Veterinaria y Zootecnia* 2012; ISSN 2011-5415; 6(2).
24. Agle M., Hristov AN., Zaman S., Schneider C., Ndegwa PM., Vaddella VK. Effect of dietary concentrate on rumen fermentation, digestibility, and nitrogen losses in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 2010; 93(9):4211-4222.
25. Colman E., Fokkink WB, Cranins M., Newbold JR., De Baets B., Fieves V. Effect of induction of subacuteruminal acidosis on milk fat profile and rumen parameters. *Journal of Dairy Science* 2010; 93(10): 4759-4773.
26. Kolver ES, MJ Veth. Prediction of ruminal pH from pasture based diets. *Journal of Dairy Science* 2002; 85: 1255-1266.
27. González-Arcia M.N., Valles M.B., Alonso D.M.A., Ocaña Z.E., Castillo G.E., Jarillo R.J. Evaluation of *Cratylia argentea* associated to *Brachiaria brizantha*-Toledo grass for weight gains in heifers. XXVII World buiatrics congress; 2012. Lisbon Portugal
28. Illius AW and Jessop NS. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. *J Anim Sci* 1996; 74:3052–3062.

CAPITULO III

CONSUMO VOLUNTARIO Y DIGESTIBILIDAD DE *Brachiaria spp* CON *Cratylia argentea*, *Gliricidia sepium* y *Erythrina sp*, EN BOVINOS CEBU x HOLSTEIN **VOLUNTARY INTAKE AND DIGESTIBILITY OF *Brachiaria spp* WITH *Cratylia argentea*, *Gliricidia sepium* AND *Erythrina sp*, IN ZEBU x HOLSTEIN CATTLE**

Fragoso I.A. *, Castillo G.E., Corona G.L., Ku-Vera J.C.

Resumen

Una alternativa para mejorar la alimentación del ganado en pastoreo es la inclusión de leguminosas en la dieta. El objetivo de este estudio fue estimar el consumo voluntario y digestibilidad de *Cratylia argentea*, *Gliricidia sepium* y *Erythrina sp*, en una dieta con base en pasto Tanner (*Brachiaria arrecta*). Se utilizaron cuatro novillonas cruzadas (3/4 Cebú-1/4 Holstein) fistuladas al rumen, pesando en promedio 388.8 ± 18.1 kg/novillona, alojadas en corraletas individuales. Se empleó un diseño de cuadrado latino balanceado para efectos residuales. Tres dietas de 30% leguminosa + 70% pasto y un testigo 100% pasto: B. arrecta + *Cratylia* (**Cr**), B. arrecta + *Gliricidia* (**GI**), B. arrecta + *Erythrina* (**Er**) y *Brachiaria arrecta* (**Br**). Las diferencias se probaron a $P < 0.05$. En consumo ($\text{g/W}^{0.75}/\text{día}$), no difirió **Cr** y **GI** (78.3 vs 80.4) pero estos si con **Er** y **Br** (66.4 vs 69.3 ± 8.5). En degradabilidad efectiva (50.55 %) como *in situ* (60.9 ± 1.8) **GI** fue superior a los demás tratamientos. El pH no difirió entre tratamientos (6.7 - 6.8). Para N-NH₃ (mg/dl) en líquido ruminal, a tres horas posteriores al dar el alimento se vió un aumento mayor para **GI** y **Er** (13.4 y 12.4 ± 1.3) comparado con **Cr** y **Br** (10.8 y 11.6 ± 1.3). La producción total de AGV's, no difirió entre tratamientos, así como tampoco urea y beta hidroxibutirato en suero sanguíneo. Se concluyó que la inclusión de leguminosas en dietas a base de forraje mejoró el consumo de forraje del ganado, logrando cubrir las necesidades de mantenimiento y producción de los animales.

Palabras clave: Consumo, digestibilidad, leguminosas, bovinos, trópico.

Summary

One alternative to improve grazing cattle feeding in the tropics is to include legumes in the diet. Thus the objective of this study was to estimate voluntary intake and digestibility of mixtures of *Cratylia argentea*, *Gliricidia sepium* and *Erythrina sp*, at 30% (DM-basis) of a diet based on Tanner grass (*Brachiaria arrecta*) at 70%. Four ruminally fistulated crossbred heifers (3/4 Zebu-1/4 Holstein) weighing on average 389 ± 18 kg, and housed in individual pens were used. A 4 x 4 latin square cross-over design balanced for residual effects was used. There were three diets consisting of mixtures of 30% legume plus 70% grass, and a control treatment consisting of grass alone. Treatments were: *B. arrecta* + *Cratylia* (**Cr**), *B. arrecta* + *Gliricidia* (**GI**), *B. arrecta* + *Erythrina* (**Er**) and *Brachiaria arrecta* (**Br**). Significance was set at $P < 0.05$. Intake ($\text{g/W}^{0.75}/\text{day}$) did not differ between **Cr** and **GI** (78.3 vs 80.4) but there was a difference between **Er** and **Br** (66.4 vs 69.3 ± 8.5). Effective (50.6%) and *in situ* (60.9%) degradability for **GI** were superior to that of the other treatments. Ruminal fluid pH mean values did not differ between treatments, ranging from 6.7 to 6.8. As to N-NH_3 (mg/dl) in ruminal fluid 3-h after feeding, the mean values for **GI** and **Er** (13.4 and 12.4 ± 1.3) did not differ between them, but were significantly higher than those of **Cr** and **Br** (10.8 and 11.6 ± 1.3). The VFA total production did not differ between treatments, and neither did urea and beta hydroxybutyrate in blood serum. It was concluded that the inclusion of legumes in forage-based diets of cattle, improved forage intake, ensuring maintenance and production needs of animals.

Key words: Intake, digestibility, legumes, cattle, tropic.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de rumiantes en las regiones tropicales son, en su mayoría, de tipo extensivo. En ellos se utilizan vastas extensiones de tierra para el cultivo de pastos. La alimentación de bovinos en estas condiciones se basa en el pastoreo de especies de pastos nativos y de otros introducidos⁽¹⁾, que en la mayoría de estas son pobres en calidad ya que poseen una marcada estacionalidad en su crecimiento, debido a las variaciones climáticas que afectan la productividad del forraje, principalmente durante la época seca y de invierno, lo que disminuyen su productividad, afectando la carga animal en el terreno, problemas que se agudizan al ser sometidas a un manejo deficiente^(2,3,4).

El bajo consumo de energía y proteína metabolizables durante la época de secas es una de las limitantes para la producción de leche y carne por los rumiantes en las áreas tropicales. La baja concentración de proteína y alto contenido de fibra detergente neutro en los forrajes, resulta en una baja digestibilidad de la materia seca y de la energía, así como una disminución del consumo de alimento, debido a que el componente fibroso incrementa el tiempo de retención del alimento en el rumen y por consecuencia se obtienen bajas ganancias de peso y eficiencia reproductiva deficiente⁽⁵⁾.

Las leguminosas arbustivas y arbóreas tropicales para alimentación del ganado en pastoreo, se pueden manejar de acuerdo a cada sistema de producción, ya sea dentro de las praderas como cultivo asociado con el pasto, en cercos vivos y como forraje de corte^(3, 6, 7, 8).

La elevada calidad nutritiva de las leguminosas tropicales, la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico y la consecuente reducción del costo ambiental por el uso reducido de fertilizantes nitrogenados, son algunos factores de interés por este tipo de plantas⁽⁹⁾. Como atributo forrajero para el ganado, los altos contenidos de proteína (14% - 28%) y bajos contenidos de fibra menor al 40%, permiten un mayor consumo voluntario y digestibilidad, obteniendo incrementos en los rendimientos productivos de carne y leche hasta de un 50% o más^(10,11).

OBJETIVO

Estimar el consumo voluntario y digestibilidad de *Cratylia argentea*, *Gliricidia sepium* y *Erythrina sp*, en una dieta con base en pasto Tanner (*Brachiaria arrecta*).

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización.

El proyecto de investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) perteneciente a la FMVZ-UNAM, localizado en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. Localizado en el kilómetro 5.5 de la carretera Tlapacoyan-Martínez de la Torre Veracruz, es un clima cálido húmedo con lluvias todo el año, se encuentra a 113 m de altura sobre el nivel del mar.

3.2. Animales experimentales.

Se utilizaron cuatro novillonas cruzadas (3/4 Cebú-1/4 Holstein), fistuladas al rumen que ingresaron con un peso promedio de 388.8 ± 18.1 kg/novillona y se alojaron en corraletas individuales techadas para resguardarlas del sol y la lluvia, teniendo cada una un área de 9 m², contando con comederos y bebederos individuales. El diseño permitió ofrecer a cada novillona la dieta respectiva en cada periodo sin que su alimentación se viera interferida por otra de sus compañeras.

3.3. Obtención del follaje y forraje.

El follaje de las leguminosas que se utilizó se obtuvo de la siguiente forma:

Cratylia argentea. A principios de abril de 2013, se dio un corte de uniformización a 60 cm de altura y posteriormente se cortó a la misma altura cuando las plantas tenían 15 (105 días) semanas de rebrote; separando manualmente hojas y tallos.

Erythrina sp y *Gliricidia sepium*. Primero se localizaron los árboles en el campo y se podaron todas las ramas presentes, después de 13 semanas (90 días) de rebrote, se cortaron las ramas jóvenes de las cuales se separaron manualmente hoja y tallos.

Todo el follaje se secó uniformemente a la sombra para evitar la presencia de hongos, posteriormente se envasó en costales de lona para llevarlos a terminar de secar en estufa a 55 °C por 24 a 48 horas, dependiendo del grado de humedad que presentaban al meterlas al horno. Posteriormente el material se almacenó en bolsas de plástico para evitar en lo posible que tomaran humedad del aire, manteniéndolas a temperatura ambiente a la sombra, hasta el momento que se inició el trabajo experimental. Antes de mezclarla con la gramínea, se troceó con una picadora estacionaria convencional, con el propósito de tener una partícula más pequeña y poderse mezclar; el troceado solo se realizó en *C. argentea* y *Erythrina sp*, pues las hojas de menor tamaño de *G. sepium* permitieron un mezclado uniforme con la gramínea.

Para la obtención del forraje de la gramínea *Brachiaria arrecta*, primero se cortó el pasto, se henificó y se almaceno a la sombra, posteriormente se troceó mecánicamente con un molino de martillos con criba de una pulgada de diámetro, para ofrecerse junto con cada leguminosa en el nivel que correspondió.

3.4. Dietas experimentales.

Las dietas fueron las siguientes: una del 100% de gramínea y tres de gramínea a razón de 70% y el follaje de leguminosa con el restante 30%, en base seca, lo que resultó en cuatro dietas experimentales diferentes o tratamientos. *B. arrecta* como gramínea, que se ofreció con cada una de las tres diferentes leguminosas a estudiar: *Cratylia argentea* (veranera), *Gliricidia sepium* (cocuite) y *Erythrina sp* (colorín) y como dieta testigo solo con *B. arrecta*.

Para obtener la mezcla de la gramínea con las leguminosas se pesó individualmente cada componente, posteriormente se mezcló a mano en el piso hasta integrar bien

ambos componentes y así evitar la selección de cada uno de ellos por el animal; durante el experimento, las mezclas se hicieron diariamente.

3.5. Periodo experimental.

El trabajo experimental consto de cuatro periodos diferentes y sucesivos de 14 días cada uno, teniendo 10 días de adaptación al tratamiento en cada periodo y los cuatro días restantes para obtención de muestras.

Las dietas experimentales se manejaron de la siguiente forma: *Brachiaria arrecta* + *Cratylia argénte*a (**Cr**), *Brachiaria arrecta* + *Gliricidia sepium* (**GI**), *Brachiaria arrecta* + *Erythrina sp.* (**Er**) y *Brachiaria arrecta* (**Br**). Cada novillona recibió cada una de las dietas pero en periodos diferentes.

Durante el periodo de adaptación se ofrecieron las dietas a libre acceso por la mañana y por la tarde, además de agua y sales minerales a libertad. El manejo anterior sirvió para estimar el consumo voluntario de cada novillona, pesando el forraje ofrecido y el rechazado diariamente, lo que serviría para que un día previo y durante el muestreo el consumo se restringirá al 2.2 % del peso vacío del animal al inicio del experimento (PV^{0.96}) con el fin de que el consumo de forraje no afectara la digestibilidad de este. La cantidad de forraje ofrecido varió dependiendo el consumo y peso vivo de cada animal.

3.6. Mediciones.

El consumo de materia seca se calculó por diferencia entre el forraje ofrecido y rechazado (g MS/animal) y luego se dividió entre el peso metabólico (kg PV^{0.75}) del animal, por lo que se expresó como g MS/kg PV^{0.75}. Diariamente se pesó el forraje ofrecido y al día siguiente el rechazo, para posteriormente con relación al peso vivo de cada novillona obtener los kg de forraje consumido y su porcentaje con relación al peso corporal.

Las muestras de heces se tomaron a partir del día 11 en los siguientes horarios: Día 1, 7:50 y 13:50 h; día 2, 9:00 y 15:00 h; día 3, 10:50 y 16:50 h; y día 4, 12:00 y 18:00 h. Estas se tomaron directamente del recto y se congelaron a -20°C hasta el

final del periodo de colección y posteriormente se formó una muestra compuesta con alícuotas provenientes de las muestras individuales diarias. Estas muestras se sometieron a los mismos análisis que los alimentos, excepto degradabilidad *in situ*.

Para las determinaciones de calidad nutricia se tomó una muestra diaria del alimento ofrecido en la mañana y una del rechazado por el animal al día siguiente, durante los cuatro días del periodo de medición, al término del cual, se mezclaron en una sola, las cuatro muestras del material ofrecido y las cuatro correspondientes al rechazo, que se secaron a 55°C/24 horas, para después molerlas en molino Wiley con criba de 2 mm. En estas muestras se analizaron sus contenidos de proteína cruda (PC = [N]x6.25, %) por el método de Kjeldahl (AOAC, 1980), fibra en detergente neutro (FDN, %), fibra en detergente ácido (FDA, %), y lignina-H₂SO₄ (LIG, %) de acuerdo a Van Soest *et al.* (1991), estas tres últimas con el analizador de fibras ANKOM 200®.

Durante los cuatro días del periodo de medición, en las muestras de las dietas experimentales y sus componentes, se determinó la degradabilidad *in situ* a 48 h de incubación en rumen (Orskov y McDonald, 1979). Para esta determinación se utilizaron bolsas comerciales de poliéster blanco libre de nitrógeno con tamaño de poro de 53 ± 10 micrones, y 10 cm x 20 cm de ancho y largo, dentro de las cuales se pesaron 5 g de cada una de las muestras (12.5 mg/cm²). A cada muestra se realizó la degradabilidad *in situ* por triplicado en cada periodo. La pérdida de materia seca (MS) se estimó por el cambio en peso de la muestra de forraje y follaje en las bolsas antes y después de la incubación ruminal de la siguiente forma: MS desaparecida (%) = [(MS inicial-MS final)/MS inicial] x 100.

Como marcador interno para estimar la digestibilidad aparente (DA) de la MS consumida, se utilizó el porcentaje de lignina de la dieta y de las heces correspondiente a cada tratamiento. La DA se obtuvo con la fórmula: DA = (% de lignina en la dieta/% de lignina en las heces fecales)*100, esto bajo el supuesto de que la lignina-H₂SO₄ tuvo una digestibilidad nula a lo largo del ensayo y su recuperación fue también total.

La degradabilidad efectiva (DE) de la MS estimó la DE con la ecuación sugerida por Orskov y McDonald ⁽¹⁵⁾: $DE = a + ((b \cdot c) / (c + k))$, donde, 'a' es el valor de Y en el tiempo cero y representa el sustrato soluble y completamente degradable ; 'b' es la diferencia entre el intercepto (a) y la asíntota, que representa la fracción insoluble pero potencialmente degradable del sustrato, el cual es degradado de acuerdo con un proceso cinético de primer orden; 'c' es la tasa constante de degradación de 'b' y 'k' es la tasa de salida de las partículas del rumen. Los valores de los parámetros mencionados se tomaron de la literatura ^(3,12,13,14). Las DE para cada tratamiento se obtuvieron con la fórmula: $DE = DE_{\text{gramínea}} * (70/100) + DE_{\text{leguminosa}} *(30/100)$.

En el cuarto día del periodo de medición se tomaron muestras de 100 ml de fluido ruminal a 0, 3, 6, 9 y 12 horas posteriores al suministro de alimento, en las que se midió inmediatamente el pH con un potenciómetro y después se le agregó tres gotas de ácido sulfúrico concentrado para conservarlo en congelación para la posterior determinación de AGV's mediante cromatografía de gases, para lo cual la muestra se descongeló para agregarle 10 ml de ácido metafosfórico al 25 % (peso/volumen). En otros 50 ml de líquido ruminal se agregó HCl 0.2 N y se congelaron hasta determinar N-NH₃ por destilación de Kjeldhal empleando una relación KOH (2 mol/L): líquido ruminal de 5:1⁽¹⁶⁾.

Al inicio del trabajo experimental y posteriormente al término de cada periodo de medición se tomaron muestras de sangre (tubo "vacutainer" sin anticoagulante) de la vena yugular de cada novillona; estas se centrifugaron para obtener el suero sanguíneo que se congeló, hasta analizar su contenido de urea y β-hidroxi-butarato por colorimetría empleando kits comerciales; estos metabolitos se consideraron como indicadores del metabolismo proteico y energético, respectivamente.

3.7. Diseño experimental y análisis de datos.

Se usó un diseño permutable ("cross-over") con arreglo de cuadrado latino balanceado para efectos residuales, que contó con 4 periodos, 4 novillonas (columnas) y 4 tratamientos. El modelo aditivo y lineal para analizar la información fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + H_j + T_k + \xi_{ijk}$$

Dónde: Y_{ijk} , es la variable de respuesta, proveniente de la i-ésima columna (animal, $c = 1, 2, 3, 4$), la j-ésimo hilera (periodo, $h = 1, 2, 3, 4$) y el k-ésimo tratamiento, ($t =$ Bsp + *Cratylia argentea* [Bsp+Ca, **Cr**], Bsp + *Gliricidia sepium* [Bsp+Gs, **GI**] y Bsp + *Erythrina sp* [BSp+Esp, **Er**] y Brachiaria sp sola [Bsp, testigo, **Br**]); μ , es la media general, común a todas las observaciones; y ξ_{ijk} es el error experimental supuesto $I, \sim N, 0, 1$, también común a todas las observaciones.

Los datos se analizaron con el procedimiento PROC MIXED de SAS⁽¹⁷⁾. Los tratamientos se compararon mediante la prueba de t cuando el efecto del tratamiento fue significativo. El nivel de significancia para efectos del modelo y diferencias entre medias fue de $P < 0.05$

RESULTADOS

4.1. Consumo Voluntario.

Con relación a los periodos y animales no hubo diferencias estadísticamente significativas para esta variable. El Cuadro 1 muestra que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre Cr y el GI en consumos totales de MS ($g/W^{0.75}/día$), pero estos si difirieron ($P < 0.05$) de Er y Br, sin que hubiera diferencias entre estos dos últimos.

Cuadro 1. Media y error estándar para consumo voluntario ($g/W^{0.75}/día$), degradabilidad *in situ* y digestibilidad aparente por lignina, de los tratamientos estudiados.

| Tratamientos | Consumo de MS ($g/W^{0.75}/día$) | Degradabilidad <i>in situ</i> (%) | Digestibilidad aparente (%) |
|--------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Cr | 78.3 ^a | 54.1 ^a | 59.6 ^a |
| Gl | 80.4 ^a | 60.9 ^b | 60.4 ^{ab} |
| Er | 66.4 ^b | 54.3 ^a | 63.9 ^{ab} |
| Br | 69.3 ^b | 57.3 ^c | 55.1 ^{ac} |
| EE | 8.5 | 1.8 | 4.7 |

Literales diferentes dentro de columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos. EE= error estándar de la media.

4.2. Degradabilidad *in situ*.

La degradabilidad *in situ* de la MS se muestra en el Cuadro 1. El tratamiento afectó significativamente ($P < 0.05$) a esta variable por el efecto, pero no tuvieron efecto ($P > 0.05$) sobre ella ni el periodo ni las novillonas. El tratamiento Gl obtuvo el mayor porcentaje y difirió significativamente ($P < 0.05$) de los demás, en tanto, Cr fue similar ($P > 0.05$) a Er y estos dos a su vez fueron significativamente ($P < 0.05$) inferiores a Br.

4.3. Digestibilidad aparente.

La degradabilidad aparente de la MS estimada a partir de la lignina como marcador interno, se muestra también en el Cuadro 1. Aquí, Cr no presenta diferencia significativa ($P > 0.05$) con los demás tratamientos, en tanto que Gl y Er fueron significativamente superiores ($P < 0.05$) a Br.

4.4. Degradabilidad efectiva.

En el Cuadro 2 se presenta los porcentajes de degradabilidad efectiva de la MS, tomando en cuenta diferentes tasas de pasaje, donde GI fue la que presentó un valor significativamente mayor ($P<0.05$), seguido por Er y Br, mientras que Cr presentó el menor porcentaje de DE.

Cuadro 2. Degradabilidad efectiva para los cuatro tratamientos empleando diferentes tasas de pasaje.

| Tasa de pasaje (k, %/h) | Cr | GI | Er | Br |
|----------------------------|---------------|-------|-------|-------|
| | ----- % ----- | | | |
| 1.5 | 48.02 | 55.28 | 50.20 | 50.82 |
| 2.0 | 46.54 | 53.66 | 48.60 | 49.20 |
| 2.5 | 44.35 | 50.55 | 46.13 | 46.50 |
| 2.8 | 44.35 | 50.55 | 46.13 | 46.50 |
| 3.0 | 44.09 | 50.94 | 45.96 | 46.50 |
| 4.0 | 42.14 | 50.27 | 43.85 | 44.33 |

4.5. Composición química de las dietas experimentales.

El Cuadro 3 presenta los promedios \pm error estándar de cada componente químico de las dietas experimentales, así como la comparación múltiple entre medias. La MO fue menor para Cr difiriendo significativamente ($P<0.05$) de los demás tratamientos, que no mostraron diferencia entre ellos ($P>0.05$). El contenido de PC fue similar ($P>0.05$) para las dietas con leguminosas, pero estas superaron significativamente ($P<0.05$) a la dieta testigo de sólo gramínea. En cuanto a FDN, la dieta de solo pasto fue superior ($P<0.05$) a las de leguminosas, Cr y Er no difirieron entre ellas pero si con GL ($P<0.05$). El porcentaje de FDA fue similar ($P>0.05$) para las dietas con leguminosas, siendo superior a ellas la dieta testigo ($P<0.05$). Para LIG, todos los tratamientos difirieron entre sí ($P<0.05$), siendo GI quien mostró el mayor contenido de lignina.

Cuadro 3. Composición química de las dietas experimentales durante el periodo de medición. Medias y error estándar.

| Componente químico | Tratamientos | | | | Error estándar |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|
| | Cr | GI | Er | Br | |
| MO, % | 91.0 ^a | 92.8 ^b | 92.5 ^b | 92.5 ^b | 0.4 |
| Cen, % | 9.0 ^a | 7.2 ^b | 7.5 ^b | 7.5 ^b | 0.4 |
| PC, % | 10.2 ^a | 10.2 ^a | 10.5 ^a | 6.4 ^b | 1.0 |
| FDN, % | 77.6 ^a | 72.5 ^b | 76.3 ^a | 81.3 ^c | 1.9 |
| FDA, % | 45.5 ^a | 44.0 ^a | 44.5 ^a | 47.5 ^b | 1.7 |
| LIG, % | 11.3 ^a | 13.0 ^b | 10.3 ^c | 8.5 ^d | 0.9 |

Literales diferentes dentro de filas indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos (Dietas).

Con respecto al alimento rechazado en el comedero, el Cuadro 4 presenta los promedios \pm error estándar de cada componente químico de las dietas experimentales, así como la comparación múltiple entre medias de tratamientos. El contenido de PC para la dieta testigo fue inferior ($P < 0.05$) al de las dietas con leguminosas. No hubo diferencia ($P > 0.05$) en los porcentajes de FDN y FDA de las dietas con leguminosas, pero si con la dieta testigo. Cr y GI tuvieron mayor porcentaje de LIG, en comparación con Er y Br. Los tratamientos no difirieron ($P > 0.05$) entre sí en contenido de MO.

Cuadro 4. Composición química del alimento rechazado en las dietas experimentales.

| Componente químico | Dietas experimentales | | | | Error estándar |
|--------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|----------------|
| | Cr | GI | Er | Br | |
| MO, % | 87.2 ^a | 87.1 ^a | 90.8 ^a | 90.5 ^a | 3.8 |
| Cen, % | 12.8 ^a | 12.9 ^a | 9.2 ^a | 9.5 ^a | 3.8 |
| PC, % | 11.8 ^a | 9.3 ^{bc} | 11.2 ^{ab} | 7.1 ^c | 2.2 |
| FDN, % | 73.8 ^a | 72.5 ^a | 72.8 ^a | 80.5 ^b | 2.9 |
| FDA, % | 44.3 ^a | 45.8 ^a | 45.3 ^a | 48.5 ^b | 2.0 |
| LIG, % | 14.8 ^a | 16.3 ^a | 12.8 ^b | 11.8 ^b | 1.7 |

Literales diferentes dentro de filas indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos (Dietas). EE= error estándar de la media.

4.6. Composición química de las heces.

El Cuadro 5 presenta los promedios \pm error estándar de cada componente químico de las heces con respecto a las dietas experimentales, así como la comparación múltiple entre medias de tratamientos. Con relación a MO no hubo diferencia significativa ($P>0.05$) entre tratamientos. El contenido de PC fue menor para la dieta testigo en comparación con las de leguminosas, con mayor contenido para Cr y GI que no difirieron entre ellas ($P>0.05$), pero si con respecto a Er. Para FDN la diferencia significativa ($P<0.05$) se dio entre Cr y Br. En FDA las que difirieron ($P<0.05$) fueron GI y Er. El porcentaje mayor de LIG se presentó en Cr y GI sin diferencias ($P>0.05$) entre ellas, pero si con respecto a Er y Br que tuvieron menores porcentajes.

Cuadro 5 Composición química de heces relacionadas a las dietas experimentales durante el periodo de medición. Medias y error estándar.

| Componente químico | Dietas experimentales | | | | Error estándar |
|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| | Cr | GI | Er | Br | |
| MO, % | 88.9 ^a | 89.2 ^a | 88.5 ^a | 89.0 ^a | 1.0 |
| Cen, % | 11.1 ^a | 10.8 ^a | 11.5 ^a | 11.0 ^a | 1.0 |
| PC, % | 9.1 ^a | 8.9 ^a | 7.9 ^b | 7.0 ^c | 0.8 |
| FDN, % | 68.3 ^a | 70.5 ^{ab} | 69.8 ^{ab} | 72.8 ^b | 3.2 |
| FDA, % | 46.3 ^{ab} | 47.3 ^a | 44.8 ^b | 45.8 ^{ab} | 2.0 |
| LIG, % | 19.0 ^a | 21.8 ^b | 16.0 ^{cd} | 15.5 ^d | 2.0 |

Literales diferentes dentro de filas indican diferencia significativa ($P<0.05$). Heces con relación a los tratamientos (Dietas).

4.7. Concentración de N-NH₃.

El Cuadro 6 presenta los promedios de los tratamientos y el error estándar de la media, de la concentración de N-NH₃, a lo largo de las diferentes horas de muestreo posteriores al ofrecer el alimento, donde se observa que la mayor concentración en todas las dietas se presentó a las tres horas post alimentación.

Cuadro 6. Concentración de N-NH₃ (mg/dl) en líquido ruminal, a diferentes tiempos de muestreo post alimentación.

| Tratamientos | Horas post alimentación | | | | |
|--------------|-------------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|
| | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| Cr | 9.6 ^{ab} | 10.8 ^{ad} | 9.0 ^{ad} | 9.0 ^a | 7.2 ^{ac} |
| Gl | 9.6 ^{ab} | 13.4 ^b | 11.4 ^{bc} | 8.8 ^a | 8.8 ^{bc} |
| Er | 8.8 ^a | 12.4 ^{cb} | 10.6 ^{cb} | 9.0 ^a | 8.8 ^{bc} |
| Br | 9.8 ^b | 11.6 ^{dc} | 9.0 ^{ad} | 8.4 ^a | 7.8 ^c |
| EE | 1.0 | 1.3 | 1.3 | 1.0 | 1.0 |

Literales diferentes dentro de columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$). EE= error estándar de la media.

4.8. Concentración de AGV.

El Cuadro 7 presenta los promedios de los tratamientos y el error estándar de la media, de la concentración total de AGV en líquido ruminal en las doce horas de muestreo posteriores al ofrecer el alimento. Se presenta una fluctuación diferente entre tratamientos, principalmente entre las de leguminosas, de las 0 a 9 horas, Cr entre las 6 y 9 horas manifiesta la mayor concentración, mientras que Gl y Er a las 3 horas y Br su valor más alto lo presenta hasta las 9 horas. En el último muestreo los tratamientos fueron estadísticamente similares ($P > 0.05$).

Cuadro 7. Concentración total de AGV (mM) en líquido ruminal, a diferentes tiempos de muestreo post alimentación.

| Tratamientos | Horas post alimentación | | | | |
|--------------|-------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| Cr | 49.0 ^a | 45.2 ^a | 58.7 ^a | 62.6 ^a | 45.9 ^a |
| Gl | 39.7 ^b | 69.9 ^b | 55.3 ^a | 43.3 ^{bd} | 34.5 ^a |
| Er | 50.6 ^b | 60.4 ^b | 37.2 ^{bc} | 27.7 ^c | 46.9 ^a |
| Br | 47.8 ^a | 42.1 ^a | 35.4 ^c | 48.0 ^d | 45.8 ^a |
| EE | 7.5 | 15.3 | 12.0 | 9.1 | 16.8 |

Literales diferentes dentro de columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$). EE= error estándar de la media.

El Cuadro 8 presenta los promedios de los tratamientos y el error estándar de la media, de la concentración promedio (mM) de los AGV's acético, propiónico y butírico en líquido ruminal. Para el acético la concentración se presenta superior en Cr mostrando diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) con respecto a Er y Br, pero no con Gl que a su vez no difirió con estos dos últimos. Con relación al propiónico, Cr y Gl presentaron mayor concentración no difiriendo ($P > 0.05$) entre ellos, pero si en comparación con Er y Br, los cuales fueron similares entre sí. Para butírico, todos los tratamientos mostraron una tendencia similar en el tiempo, sin que hubiesen diferencias estadísticas ($P > 0.05$).

Cuadro 8. Concentración promedio (mM) de los AGV's acético, propiónico y butírico en líquido ruminal.

| Tratamiento | Acético | Propiónico | Butírico |
|----------------|--------------------|------------------|------------------|
| Cr | 38.2 ^a | 7.5 ^a | 3.9 ^a |
| Gl | 34.8 ^{ab} | 7.4 ^a | 3.7 ^a |
| Er | 32.1 ^b | 6.6 ^b | 3.5 ^a |
| Br | 30.5 ^{cb} | 6.5 ^b | 3.5 ^a |
| Error Estándar | 3.6 | 0.6 | 0.4 |

Literales diferentes dentro de columnas indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

DISCUSIÓN

5.1. Consumo voluntario.

La inclusión de una leguminosa en la dieta habitual con gramíneas afecta en diferentes formas el consumo voluntario. Las dietas con *Cratylia argétea* (**Cr**) y *Gliricidia sepium* (**Gl**) presentaron mayor consumo que aquellas con *Erythrina spp* (**Er**) y el testigo de sólo gramínea (**Br**), no presentando diferencias estas dos últimas. Este comportamiento no se vio afectado a través de los periodos,

mostrando una tendencia igual a lo largo del experimento. De igual forma, el efecto de cada animal no fue significativo, no afectando al tratamiento aplicado. Abdulrazak *et al.* ⁽¹⁸⁾ informó que el consumo de MS aumentó en bovinos mestizos al suplementar la dieta base de rastrojo de maíz con diferentes niveles de *G. sepium* y *L. leucocephala*.

En Brasil ⁽¹⁹⁾, midieron el consumo de heno de pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) Tifton 85 a diferentes edades de rebrote y concentrado (60:40) en novillos castrados estabulados, e informaron consumos máximos de 72 g/kg^{0.75} para pasto cortado a 42 días de rebrote, mencionando que los bajos consumos se debieron al estrés al que estuvieron sometidos los animales por espacio reducido y las mediciones realizadas. Con respecto a nuestros resultados, obtenidos sin suministrar concentrado, esos consumos fueron inferiores a los registrados en este experimento en **Cr** y **Gl**, pero no a **Er** y **Br**.

Otro experimento con bovinos pastoreando praderas mixtas de gramíneas (*Paspalum conjugatum*, *Cynodon plectostachyus* y *Brachiaria mutica*), con suplementación nitrogenada (urea y harina de carne) y con *Saccharomyces cerevisiae* (intrarruminal 10 g de cultivo), reportó consumos superiores (120,125,126,112,83.8 g/kg^{0.75}) a los del presente estudio; en ese experimento se vio un notable incremento en el consumo de MS con la complementación sobre su testigo, no teniendo efecto la administración de la levadura para ese trabajo, no así con su tratamiento testigo ⁽²⁰⁾. Esto confirma que el consumo voluntario mejora al tener una fuente de N, buscando que estos suplementos sean confiables al ser administrados en la dieta sin riesgos de intoxicación, siendo las leguminosas tropicales una de las mejores alternativas ⁽¹⁴⁾.

5.2. Degradabilidad *in situ*.

El presente estudio mostró que el Gl fue significativamente superior a los demás tratamientos; Cr y Er no difirieron entre sí, pero ambos fueron inferiores a Br. En otro estudio realizado en trópico húmedo, donde pastorearon vacas en parcelas con pasturas de gramas nativas(PN) y otro grupo en una asociación de gramas nativas más *Arachis pintoi* (PNA), se menciona que la digestibilidad *in situ* de la MO de

extrusa esofágica fue significativamente mayor en PNA que en PN, siendo muy evidente la contribución de *A. pintoii* sobre la digestibilidad ⁽²¹⁾, esto coincide con los resultados obtenidos en este trabajo, donde una de las leguminosas tuvo una influencia positiva sobre la digestibilidad de la gramínea.

5.3. Digestibilidad aparente.

A diferencia a lo encontrado en la digestibilidad *in situ*, la degradabilidad aparente de Cr no difiere con los demás tratamientos ya que su valor se encuentra en un punto medio entre los valores más altos y el más bajo. Pero si hay una variación significativa de Br en comparación con Gl y Er, que fueron superiores al testigo. La degradabilidad del follaje de árboles y arbustos leguminosos es variable y modifica positivamente la población de microorganismos ruminales, lo que propicia un incremento en el consumo de alimentos fibrosos y en la producción animal ⁽²⁰⁾.

5.4. Degradabilidad efectiva.

Wilson y Lascano⁽²²⁾ en un estudio con ovinos, usaron diferentes niveles de *Caratylia argentea* e informaron una digestibilidad de la MS del tracto total de 55.1% para la dieta con el 20% de leguminosa + 80% heno y 52.1% para la dieta con el 40% de leguminosa + 60% heno, y mencionaron que con el aumento en porcentaje de la leguminosa en la dieta hubo una reducción en la digestibilidad. En otro estudio donde usaron la inclusión de las leguminosas, *L. leucocephala* y *G. sepium* a una dieta base de pasto Guinea (*Panicum maximum*) en cabras, mostraron un aumento en la digestibilidad total comparadas con el testigo ⁽²³⁾. Resultados similares fueron informados por Galindo *et al.* ⁽¹⁴⁾ para *L. leucocephala* y *G. sepium*. En otro estudio donde se complementó al rastrojo de maíz con *Balanites aegyptiaca* y *Acacia tortilis* en la alimentación de cabras en crecimiento, informaron que la complementación fue positiva sobre la digestibilidad de la MS ⁽²⁴⁾.

Lazzarini *et al.* ⁽²⁵⁾ utilizaron cinco bovinos hembras y cinco diferentes niveles de PC, en una dieta base de *Brachiaria decumbens*, con 5.08% PC con el fin de aumentar el porcentaje de N de la dieta, cuidando de no dar proteína en exceso para evitar pérdidas a través del rumen, encontraron que conforme aumentó el porcentaje de PC de la dieta, mejoro sustancialmente la digestibilidad.

5.5. Composición química de las dietas experimentales.

Con relación al contenido de PC, las dietas con leguminosa no difirieron entre sí pero si superaron al testigo. Lo que indica una aportación positiva de las leguminosas al incrementar la PC en una dieta con base en gramíneas forrajeras de baja calidad nutricional. No obstante **Br** cumplió con los requerimientos mínimos de PC de 6 a 8, pues niveles por debajo de estos porcentajes, hay una deficiencia de N que afecta negativamente la producción de amoníaco ruminal que a su vez deprime la actividad celulolítica de los microbios ruminales, ocasionando una disminución en el consumo y la digestibilidad de la dieta ⁽²⁶⁾.

Se conoce que cuando la FDN del forraje es menor al 20% del total de la MS, la producción microbiana se reduce un 2.5% por cada 1% en la disminución de FDN ⁽²⁷⁾. En el presente estudio, el contenido de FDN difirió estadísticamente entre tratamientos, siendo el testigo (**Br**) el de mayor porcentaje, seguido de **Cr** y **GI** que fueron similares entre sí y **Er**, que obtuvo el menor porcentaje. No obstante todos los tratamientos presentaron un alto contenido de FDN, como para no afectar diferencial y negativamente las funciones ruminales.

El tratamiento **Br** presento el mayor porcentaje de FDA que fue estadísticamente superior al de las leguminosas, que no difirieron entre sí. Sin embargo su porcentaje en todos los tratamientos no llega al 50% lo que indica que los forrajes ofrecidos fueron de buena calidad ⁽²⁷⁾. El contenido de LIG mostró una tendencia diferente, ya que **Cr** y **GI** obtuvieron el mayor porcentaje, no difiriendo entre sí, posiblemente esta variable afectó a Cr en cuanto a degradable de la MS; para **Er** y **Br** con menor porcentaje de LIG, no habiendo diferencia entre ellos.

Generalmente, la inclusión de una leguminosa en una dieta con base en una gramínea forrajera, disminuye el contenido de ceniza. Por ejemplo, Macedo *et al.* ⁽²⁸⁾ encontraron que la dieta de *Brachiaria decumbens* contenía 3.48% de cenizas en tanto que la mezcla de 75% de *B. decumbens* con 25% de la leguminosa *Desmodium ovalifolium* presentó 2.89% y que cuando se incrementó la inclusión de leguminosa en un punto porcentual, el contenido de cenizas disminuyó a nivel

altamente significativo ($p < 0.01$) en 0.025%. El presente trabajo no mostró dicho patrón de comportamiento, pues no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos en forraje ofrecido o rechazado (Cuadros 3 y 4, respectivamente). Más aún, nuestros valores fueron muy superiores a los encontrados en el estudio de Macedo *et al.* ⁽²⁸⁾. No obstante, el forraje residual de las dietas con leguminosas fue numéricamente superior (Cuadro 3). Se supuso que estas diferencias estaban asociadas al distinto grado de madurez de los forrajes empleados. La maduración de la planta forrajera induce un decremento en el contenido de ceniza⁽²⁸⁾, lo cual sugiere que los forrajes aquí empleados eran más jóvenes, lo cual es difícil de corroborar pues en el trabajo mencionado no se asientan los días de rebrote de los forrajes utilizados por dichos investigadores ⁽²⁸⁾.

5.6. Variables ruminales.

El pH ruminal está relacionado con el comportamiento ingestivo, la producción de NH_3 y AGV's en los diferentes ambientes ruminales ⁽²⁹⁾. En el presente ensayo, el pH ruminal fue similar entre tratamientos, con un rango de 6.7 a 6.8. Así, no hubo fluctuaciones importantes debidas a la inclusión del follaje de leguminosas a la dieta. Tendencias similares fueron informadas por Abdulrazak *et al.* ⁽¹⁸⁾. Russell *et al.* ⁽²⁷⁾ menciona que en estudios *in vitro*, la eficiencia en la síntesis microbiana declina significativamente con pH menores a 6, de ahí que en el presente estudio fluctuara poco esta variable.

La concentración de N-NH_3 (mg/dl) en líquido ruminal, no fue diferente entre los tratamientos con leguminosas, con un promedio de 9.78 ± 1.9 mg/dl y para el testigo ligeramente inferior con 9.29 ± 2.3 mg/dl. Ku Vera *et al.*⁽³⁰⁾ informó un comportamiento diferente al del presente experimento, pues al comparar pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y niveles de inclusión de 10, 20 y 30% de *G. sepium*, en alimentación de ovinos, encontró un aumento considerable en la concentración de N-NH_3 con respecto al testigo, encontrando para el 30% de leguminosa hasta 12.3 mg/dl de líquido ruminal, resultado superior a los del presente estudio.

Satter y Slyter ⁽³¹⁾, sugirieron que la suplementación con una fuente de N es viable sólo si ésta garantiza una concentración de amoniaco ruminal ≥ 5.0 mg N-NH_3 /dl.

La concentración de N-NH₃ en este estudio, estuvo por encima de la concentración sugerida por Satter y Slyter ⁽³¹⁾, lo cual explica en parte la ausencia de diferencias, ya que el testigo Br presentó niveles por arriba del sugerido por estos autores. Sin dejar de considerar el efecto positivo de las leguminosas, que con seguridad en forrajes de inferior calidad ayudan a mantener niveles apropiados de N-NH₃, para que la síntesis de proteína microbiana sea la correcta.

En cuanto a la producción de AGV's, las cantidades totales, principalmente de ácido acético, propiónico y butírico, están dentro de los rangos expresados en la literatura, para animales alimentados con forrajes ⁽³²⁾. Es de interés señalar las consecuencias en un cambio en la proporción de ácidos grasos volátiles. Un aumento en las proporciones de ácido propiónico y butírico y una disminución en ácido acético tendería a disminuir la producción de metano ⁽³³⁾ y al reducirse se evita una pérdida significativa de energía ⁽²⁷⁾. La regulación del pH ruminal para aumentar la actividad bacteriana puede ser uno de los métodos para optimizar la producción de AGV, reducir la producción de metano y muy posiblemente, mejorar el rendimiento de los animales ⁽²⁹⁾. Así, la producción total de AGV puede reflejar el efecto neto de AGV's individuales. Por ejemplo Bhatta *et al.* ⁽²⁹⁾, informó que *in vitro*, un pH bajo (≤ 6.0) deprimió la producción total de AGV (61.9 vs. 34.9 mM), así como la relación de acético – propiónico (de 2 a 1.5), en comparación con pH de 7.

5.7. Variables en suero sanguíneo

La urea y el β hidroxibutirato, no presentaron un aumento importante en suero sanguíneo, estando dentro de los parámetros máximos permitidos para estos metabolitos, lo cual demuestra que el balance proteína/energía de los tratamientos no modificó la expresión de estos metabolitos. En el presente estudio se mantuvieron estables los niveles en todas las dietas.

Se pensaría que por utilizar dietas altas en proteína se vería comprometida la energía al estar el animal metabolizando grasas de la reserva corporal y aumentando los cuerpos cetónicos. En vacas lecheras en pastoreo en lactancia temprana, se encontró que conforme se incrementó la ración de pastura, los niveles de β hidroxibutirato disminuyeron y los de urea en sangre se elevaron ($P < 0.05$)

(3.95 y 4.10 mmol/L para bajo y alto respectivamente), mientras que la suplementación con ensilado de pasto no tuvo ningún efecto sobre estos metabolitos⁽³⁴⁾, es decir que al consumir suficiente materia seca, el animal mantiene estables las concentraciones séricas de estos metabolitos. En otro estudio, la adición de un concentrado como complemento a la dieta en vacas lecheras en pastoreo, causó que los niveles de β -hidroxibutirato fueran menores que en aquellas que solo pastorearon o recibieron un complemento de forraje, mientras que los niveles plasmáticos de urea fueron más elevados en las que no recibieron ningún complemento⁽³⁵⁾.

CONCLUSIÓN

Se demostró que el follaje de las leguminosas arbustivas tropicales es una buena alternativa para complementar rumiantes que consumen dietas basadas en forrajes de baja calidad, pues incrementan el consumo voluntario y garantizan una mejor digestibilidad al mantener un aporte de N constante al rumen, sin riesgo de producir trastornos metabólicos.

AGRADECIMIENTOS

Los laboratorios del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), de los Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica y de Bioquímica y Patología Clínica, todos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – UNAM, por las facilidades para realizar los análisis. El Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM financió parte de este estudio mediante el proyecto IN217413 “Un modelo silvopastoril como alternativa para la ganadería del trópico húmedo veracruzano”.

REFERENCIAS

1. Ku Vera JC, Briceño EG, Ruiz A, Mayo R, Ayala AJ, Aguilar CF, *et al.* Manipulation of the energy metabolism of ruminants in the tropics: options for improving meat and milk production and quality. Cuban Journal of Agricultural Science 2014; 48 (1).
2. Reyes MF, Nava G, González R. Respuesta de toretes en pastoreo a la suplementación con follaje de cocoite (*Gliricidia sepium*), bloques multinutricionales y alimento comercial en el trópico húmedo de México. Zootecnia Tropical 2008; 26(3): 343-346.
3. Valles-De la Mora B, Castillo-Gallegos E, Ocaña-Zavaleta E, Jarillo-Rodríguez J. *Cratylia argentea*: Un arbusto forrajero potencial en sistemas silvopastoriles. Rendimiento y calidad de accesiones según las edades de rebrote y estaciones climáticas. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 2014:277-293.
4. Lascano C, Rincón A, Plazas C, Ávila P, Bueno G, Argel P. Cultivar Veranera (*Cratylia argentea* (Delvaux) o Kuntze). Leguminosa arbustiva de usos múltiples para zonas con períodos prolongados de sequía en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación. Centro Internacional de Agricultura Tropical 2005.
5. Poppi DP and McLennan SR. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. Journal of Animal Science 1995; 73:278-290.
6. González-Arcia M.N., Valles M.B., Alonso D.M.A., Ocaña Z.E., Castillo G.E., Jarillo R.J. Evaluation of *Cratylia argentea* associated to *Brachiaria brizantha*-Toledo grass for weight gains in heifers. XXVII World buiatrics congress; 2012. Lisbon Portugal.
7. Edvan LR, Carneiro SSM, Magalhães AJ, Albuquerque RD, Silva SMM, Bezerra RL, *et al.* The forage yield of *Gliricidia sepium* during the rainy and dry seasons following pruning management in Brazil. Cien. Inv. Agr. 2014; 41(3):309-316.
8. Apolinário XVO, Dubeux BJC, Andrade LM, Ferreira LRC, Mello CAL, Santos VMF, *et al.* Tree Legumes Provide Marketable Wood and Add Nitrogen in

Warm-Climate Silvopasture Systems. *Agronomy Journal*. 2015; 107(5): 1915-1921.

9. Perez NB, Pizarro EA. Producción animal en asociaciones gramíneas- maní forrajero. X Seminario Pastos y Forrajes. 2006. Brasil.
10. Argel PJ, Lascano C. *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze: una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. *Pasturas tropicales* 1998; 20(1).
11. Sánchez NR, Ledin I. Effect of feeding different levels of foliage from *Cratylia argentea* to creole dairy cows on intake, digestibility, milk production and milk composition. *Trop Anim Health Prod* 2006; 38:343–351.
12. Avilés R, Ku Vera JC; Alayón GJA. Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cusco-Perú. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 2007; 15 (1).
13. Galindo J, Delgado D, Pedraza R, García DE. Impacto de los árboles, los arbustos y otras leguminosas en la ecología ruminal de animales que consumen dietas fibrosas. *Pastos y Forrajes* 2005; 28 (1).
14. Roa VM, Muñoz MJ. Evaluación de la degradabilidad in situ en bovinos suplementados con cuatro especies arbóreas. *Rev. MVZ Córdoba*. 2012; 17(1):2900-2907.
15. Orskov ER, McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J Agr Sci.* 1979; 92:499-503.
16. Souza NKP. Evaluation of methods for analysis of ammonia nitrogen in rumen fluid and chromium cattle feces. MS Thesis. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, Brasil, 2012.
17. SAS. SAS/STAT® 9.22 User's Guide. Chapter 95: The MIXED Procedure (Book Excerpt). Cary, NC: SAS Institute Inc. 2010; Pp 4514-4718.
18. Abdulrazak SA, Muinga RW, Thorpe W, Ørskov ER. Supplementation with *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala* on voluntary food intake,

- digestibility, rumen fermentation and live weight of crossbred steers offered Zea mays stover. *Livestock Production Science* 1997; 49: 53-62.
19. Guimarães RK, Garcia R, Gomes PO, Valadares FSC, Cecon PR. Intake and Total and Partial Apparent Digestibilities of Nutrients, in Cattle Fed Diets Containing Tifton 85 bermudagrass Hays at Different Regrowth Ages. *Rev. Bras. Zootec* 2001., 30(2):573-580.
 20. Rojo RR, Mendoza MGD, García BCM, Bárcena GJR, Aranda EM. Consumo y digestibilidad de pastos tropicales en toretes con suplementación nitrogenada y *Saccharomyces cerevisiae*. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 2000; 17: 358-370.
 21. Castillo GE, Rascón CR, García GD, Jarillo RJ, Aluja SA, 't Mannelje L. Comportamiento ingestivo en vacas en una asociación de grama nativa/*Arachis Pintoi* en el trópico húmedo veracruzano. *Rev Mex Cienc Pecu* 2014; 5(4):487-504
 22. Wilson QT y Lascano CE. *Cratylia argentea* como suplemento de un heno de gramínea de baja calidad utilizado por ovinos. *Pasturas tropicales*. 19(3).
 23. Abdulrazak SA, Kahindi RK, Muinga RW. Effects of Madras thorn, *Leucaena* and *Gliricidia* supplementation on feed intake, digestibility and growth of goats fed *Panicum* hay. *Livestock Research for Rural Development* 2006; 18 (9)
 24. Ombiro OJ, Ogore PB, Shakala EK, Kaburu GM. Feed intake, digestibility and performance of growing small East African goats offered maize (*Zea mays*) stover supplemented with *Balanites aegyptiaca* and *Acacia tortilis* leaf forages. *Basic Research Journal of Agricultural Science and Review* 2013; ISSN 2315-6880. January. 2(1): 21-26
 25. Lazzarini I, Detmann E, Batista SC, Fonseca PM, Valadares FSC, de Souza MA, Albani OF. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *R. Bras. Zootec* 2009; 38(10): 2021-2030.
 26. Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ, Fox DG, Russell JB. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science* 1992. 70:3562-3577.

27. Russell JB, O'Connor JD, Fox DG, Van Soest PJ, Sniffen CJ. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *Journal of Animal Science* 1992. 70:3551-3561.
28. Macedo R, Martinez TR, Ferreira E, Rezende CP, Pereira JM, Cadisch G, *et al.* Forage intake and botanical composition of feed for cattle fed Brachiaria/legume mixtures. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 2010;67(4): 384-392.
29. Bhatta R, Tajima K, Kurihara M. Influence of Temperature and pH on Fermentation Pattern and Methane Production in the Rumen Simulating Fermenter (RUSITEC). *Asian-Aust. J Anim Sci.* 2006;19 (3): 376-380.
30. Ku Vera JC, Ramírez Avilés L, Jiménez Ferrer G, Alayón JA, Ramírez Cancino L. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. Mérida Yucatán México.
31. Satter LD and Slyter LL. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. *British Journal of Nutrition* 1974. 32:199-208.
32. Sotelo J, Noro M, Wittwer F, Smuldersa JP, Pulido RG. Evaluación de la oferta de pradera y tipo de concentrado sobre algunos parámetros ruminales en vacas lecheras en pastoreo otoñal. *Arch Med Vet.* 2012; 44:167-172.
33. Wolin JM. A theoretical rumen fermentation balance. Department of Dairy Science, University of Illinois, Urbana 1960. 1452-1459.
34. Ruiz-Albarran M, Balocchi OA, Noro M, Wittwer F, Pulido RG. Effect of increasing pasture allowance and grass silage on animal performance, grazing behaviour and rumen fermentation parameters of dairy cows in early lactation during autumn. *Livestock Science* 2012; 150: 407–413.
35. Noro M, Vargas V, Pulido RG, Wittwer F. Efecto del tipo de concentrado sobre indicadores sanguíneos del metabolismo de energía y de proteínas en vacas lecheras en pastoreo primaveral. *Arch. Med. Vet.* 2006; 38(3).