



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

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

NUTRICIÓN ANIMAL

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD DE
UNA DIETA BASE *Brachiaria sp.* COMPLEMENTADA CON *Cratylia argentea* EN
CORDEROS PELIBUEY EN CRECIMIENTO**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL

PRESENTA:

MARÍA FERNANDA VÁZQUEZ CARRILLO

Tutor Principal:

EPIGMENIO CASTILLO GALLEGOS. FMVZ - UNAM

Comité Tutor:

LUIS CORONA GOCHI. FMVZ - UNAM

OCTAVIO ALONSO CASTELÁN ORTEGA. FMVZ – UAEM

Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

abril 2017



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.

DEDICATORIA

A Mariana:

*Puedes lograr lo que deseas con esfuerzo,
dedicación, pasión y sobre todo amor:*

*Iluminas mi vida con tu sonrisa:
Te amo incondicional y mágicamente
por siempre.*

AGRADECIMIENTOS

A la UNAM y FMVZ por todas las herramientas que brindan a sus alumnos para seguir caminando profesionalmente.

A CONACyT por el estímulo económico proporcionado para el programa de posgrado.

A todo el personal académico y administrativo del CEIEGT por todo el apoyo profesional y económico brindado para hacer posible el presente proyecto. En especial al Dr. Epigmenio Castillo por sus enseñanzas durante mi formación profesional y personal, en este ciclo, por ser un gran tutor, profesor, guía y amigo; al Dr. Cristino Cruz por compartirme conocimiento, experiencias, amistad e incondicional apoyo para que pudiera realizar este sueño profesional.

A todo el personal del DNAB y Toxicología, en especial al Dr. Luis Corona por brindarme las herramientas necesarias y permanecer al pendiente para finalizar con las pruebas de los experimentos.

A mi jurado por las revisiones finales aportadas al presente trabajo.

A mis amigos y compañeros, que contribuyeron y estuvieron presentes antes y durante la fase experimental en el CEIEGT.

A mi familia, los amo.

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 3 del modelo sobre las diferentes variables de respuesta del cordero.	28
Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los efectos principales tratamiento, periodo y sexo del cordero.	29
Cuadro 3. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 3 del modelo sobre las variables de respuesta derivadas del análisis de las dietas ofrecidas y rechazadas.	30
Cuadro 4. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 3 del modelo sobre el consumo de PC, FDN, FDA, LIG y energía (kcal/g) por unidad de peso vivo (g MS/kg PV) y por unidad de peso metabólico (g MS/kg PM).	31
Cuadro 5. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los efectos principales tratamiento, periodo y sexo del cordero, para el contenido de proteína cruda (PC) de las dietas ofrecidas y rechazadas; y el consumo de PC g/kg de peso vivo (PV) y g/kg de peso metabólico ($PM = PV^{0.75}$).	32
Cuadro 6. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los efectos principales tratamiento y periodo, para el contenido de fibra en detergente neutro (FDN), de las dietas ofrecidas y rechazadas; y el consumo de FDN en g/kg de peso vivo (PV) y g/kg de peso metabólico ($PM = PV^{0.75}$).	33
Cuadro 7. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los efectos principales tratamiento, periodo y sexo, para el contenido de fibra en detergente neutro (FDA), de las dietas ofrecidas y rechazadas; y el consumo de FDA en g/kg de peso vivo (PV) y g/kg de peso metabólico ($PM = PV^{0.75}$).	34
Cuadro 8. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los efectos principales tratamiento y periodo, para el contenido de lignina (LIG), de las dietas ofrecidas y rechazadas; y el consumo de LIG en g/kg de peso vivo (PV) y g/kg de peso metabólico ($PM = PV^{0.75}$).	35
Cuadro 9. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los efectos principales tratamiento, periodo y sexo del cordero, para el contenido de energía bruta (EB, kcal/ kg) de las dietas ofrecidas y rechazadas, y kcal consumidas por kg de PV y $PV^{0.75}$ (PM).	36
Cuadro 10. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 2 del modelo sobre las diferentes variables de respuesta derivadas del cordero.	51
Cuadro 11. Comparación de medias con la prueba de “t”, para efectos directos y residuales de los tratamientos.	52

Cuadro 12. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 2 del modelo sobre las diferentes variables de respuesta derivadas del análisis nutritivo de las dietas ofrecidas y rechazadas.	53
Cuadro 13. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 2 del modelo sobre las diferentes variables de respuesta derivadas del consumo de los nutrientes.	53
Cuadro 14. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para efectos directos y residuales del tratamiento y del periodo para la composición química de las dietas ofrecidas y rechazadas.	55
Cuadro 15. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para efectos del periodo y efectos fijos y residuales del tratamiento para el consumo en g/ kg de peso vivo (PV) y g/ kg de peso metabólico ($PM = PV^{0.75}$) de los diferentes componentes de las dietas.	56
Cuadro 16. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 2 del modelo sobre las diferentes variables de respuesta derivado del análisis de heces.	57
Cuadro 17. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para efectos del periodo y del tratamiento para la composición química de las heces.	58
Cuadro 18. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 2 del modelo sobre las diferentes variables de respuesta derivado del análisis de digestibilidad aparente de los nutrimentos de las dietas experimentales.	59
Cuadro 19. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para efectos del tratamiento y residual para la digestibilidad aparente (%) de los nutrimentos de las dietas experimentales.	59
Cuadro 20. Medias de los parámetros de la ecuación exponencial de Ørskov, grado de ajuste y degradación efectiva a tres tasas de pasaje (2.0, 2.5 y 3.0 %/ h).	60
Cuadro 21. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los parámetros de la ecuación exponencial de Ørskov, grado de ajuste y degradación efectiva a tres tasas de pasaje (2.0, 2.5 y 3.0 %/h) de los ingredientes utilizados en las dietas.	61
Cuadro 22. Parámetros de la ecuación exponencial de Ørskov y grado de ajuste para la digestibilidad <i>in situ</i> de la proteína cruda de los ingredientes: <i>Brachiaria sp.</i> , <i>Cratylia argentea</i> y bagazo de cítricos.	62
Cuadro 23. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 3 del modelo sobre las diferentes parámetros de Ørskov de la digestibilidad <i>in situ</i> de <i>Brachiaria sp.</i> , en los tres tratamientos experimentales.	63

Cuadro 24. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los parámetros de la ecuación exponencial de Ørskov, grado de ajuste del efecto de la dieta sobre la digestibilidad de la materia seca de <i>Brachiaria</i> sp.	63
Cuadro 25. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 3 del modelo sobre las diferentes variables de respuesta derivadas del análisis de líquido ruminal y orina.	64
Cuadro 26. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para efectos del tratamiento para las variables de respuesta medidas en el líquido ruminal: nitrógeno amoniacal (N-NH ₃ , (mg/dL), ácidos grasos volátiles (AGV's, mM/L) y pH.	64

Índice de figuras

Figura 1. Corraletas y comedero utilizados para prueba de comportamiento productivo.	22
Figura 2. Follaje de <i>Cratylia argentea</i> seco y fresco.	23
Figura 3. Bagazo de cítricos conservado en potrero.	24
Figura 4. Instalaciones para prueba de digestibilidad <i>in vivo</i> .	45
Figura 5. Colecta de heces mediante el uso de bolsa de lona plastificada.	47
Figura 6. Prueba de digestibilidad <i>in situ</i> .	48
Figura 7. Degradabilidad de los tratamientos experimentales.	60
Figura 8. Degradabilidad de los ingredientes utilizados en las dietas experimentales.	61
Figura 9. Degradabilidad de la proteína cruda de <i>Brachiaria</i> spp., <i>Cratylia argentea</i> y bagazo de cítricos.	62

CONTENIDO

Capítulo I	1
Introducción	1
Capítulo II	3
Revisión de Literatura	3
2.1. Generalidades de la alimentación de ovinos bajo pastoreo en zonas tropicales	3
2.2. Consumo Voluntario	4
2.3. Digestibilidad	5
2.3.1. Degradabilidad ruminal	6
2.3.2. Factores que influyen en la digestibilidad del alimento	6
2.3.2.1. Características propias del alimento.....	6
2.3.2.2. Características dependientes del rumiante	7
2.4. Determinación de la digestibilidad.....	8
2.5. Características generales de los ingredientes utilizados en las dietas experimentales.....	9
2.5.1. Caracterización del género <i>Brachiaria spp.</i>	9
2.5.2. Caracterización del género <i>Cratylia argentea</i>	10
2.5.3. Caracterización del bagazo de cítricos.....	12
2.6. Justificación	13
2.7. Referencias	14
Capítulo III	19
Experimento I	19
3.1. Resumen	19
3.2. Introducción	20
3.3. Materiales y métodos	21
3.3.1. Localización.....	21
3.3.2. Animales experimentales	22
3.3.3. Manejo de los ingredientes utilizados en los tratamientos experimentales.....	23
3.3.4. Dietas experimentales	24
3.3.5. Periodo experimental.....	24
3.3.6. Mediciones.....	25
3.3.7. Diseño experimental y análisis de datos.....	26
3.4. Resultados	27
3.4.1. Variables derivadas del cordero.....	27

3.4.1.1. Peso	28
3.4.1.2. Consumo de materia seca.....	28
3.4.1.3. Ganancia diaria de peso.....	29
3.4.1.4. Conversión alimenticia	29
3.4.2. Composición química y consumo de las dietas.....	30
3.4.2.1. Contenido y consumo de proteína cruda.....	32
3.4.2.2. Contenido y consumo de fibra en detergente neutro	33
3.4.2.3. Contenido y consumo de fibra en detergente ácido.....	33
3.4.2.4. Contenido y consumo de lignina.....	35
3.4.2.5. Contenido de energía bruta y consumo	36
3.5. Discusión.....	37
3.6. Conclusión	40
3.7. Referencias.....	41
Capítulo IV	43
Experimentos II y III	43
4.1. Resumen	43
4.2. Introducción	44
4.3. Materiales y métodos	45
4.3.1. Animales experimentales e instalaciones.....	45
4.3.2. Dietas experimentales	45
4.3.3. Periodo experimental.....	46
4.3.4. Mediciones.....	46
4.3.4.1. Digestibilidad <i>in vivo</i>	46
4.3.4.2. Digestibilidad <i>in situ</i>	48
4.3.5. Diseño experimental y análisis de datos.....	49
4.3.5.1. Digestibilidad <i>in vivo</i>	49
4.3.5.2. Digestibilidad <i>in situ</i>	50
4.4. Resultados	51
4.4.1. Digestibilidad <i>in vivo</i> y consumo de materia seca digestible	51
4.4.2. Composición química y consumo de los tratamientos experimentales.....	52
4.4.2.1. Proteína cruda.....	53
4.4.2.2. Fibra en detergente neutro y ácido	54
4.4.2.3. Lignina.....	54

4.4.2.4. Energía	55
4.4.3. Composición química de heces	57
4.4.3.1. Fibra en detergente neutro y ácido	57
4.4.3.2. Lignina.....	57
4.4.3.3. Energía bruta.....	58
4.4.4. Digestibilidad aparente de los nutrimentos	58
4.4.5. Digestibilidad <i>in situ</i>	59
.....	61
4.4.5.1. Degradabilidad <i>in situ</i> de la proteína cruda de los ingredientes.....	62
4.4.5.2. Efecto de las dietas sobre la digestibilidad de la MS de <i>Brachiaria</i> sp.....	62
4.4.6. Líquido ruminal y orina	63
4.5. Discusión.....	65
4.6. Conclusión	69
4.7. Referencias.....	70

Resumen

El máximo potencial de los ovinos de pelo para producir carne en el trópico no se alcanza porque los alimentos disponibles en la región presentan limitantes nutricionales, lo que hace necesario buscar alternativas de nutrientes económicas y accesibles. *Cratylia argentea* es una buena fuente de proteína, bien adaptada a zonas tropicales, y resistente a la sequía en suelos pobres y ácidos. El bagazo de cítricos es un complemento energético, que ayudaría a disminuir la dependencia hacia los granos de cereales. Ambos se consideran alternativas para reducir el costo de alimentación. El objetivo del proyecto fue evaluar el efecto de la adición de heno de *C. argentea* y bagazo de cítricos ensilado, a una dieta básica de *Brachiaria* sp sobre el comportamiento productivo, consumo y digestibilidad de la materia seca (MS) en corderos Pelibuey. La investigación se realizó en el Módulo de Producción Ovina El Cenizontle del CEIEGT. Constó de tres experimentos, los cuales evaluaron: el comportamiento productivo de los corderos, el consumo y la digestibilidad de MS de los tratamientos bajo prueba. Los tratamientos fueron: T1) Heno de *Brachiaria* sp; T2) Heno de *Brachiaria* sp + 20% de heno de *C. argentea* + 10% bagazo de cítricos; y T3) Heno de *Brachiaria* sp + 30% alimento comercial, con base en MS. El primer experimento utilizó 36 corderos (18 machos y 18 hembras) de 23.5 ± 1.75 kg peso vivo promedio (PV) inicial, que se alojaron en doce corraletas, en un diseño completamente al azar. Se evaluó: Consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CAL). El experimento 2 empleó 6 corderos machos, de 40.17 ± 5.82 kg PV inicial promedio, alojados en jaulas metabólicas individuales, en un diseño de cuadrado latino 3 x 3, repetido dos veces. Se muestrearon los ingredientes de la dieta, ofrecido y rechazado, heces, orina y líquido ruminal. En alimento y heces se determinó: materia seca (MS), nitrógeno (N), fibra en detergente ácido (FDA) y en detergente neutro (FDN), lignina (LIG) y energía bruta (EB); en orina se determinó N; y en líquido ruminal se midió N-NH₃ y ácidos grasos volátiles. En el experimento 3 se usaron tres corderos fistulados al rumen para evaluar la cinética de degradación ruminal de la MS, N; FDA, FDN, y LIG de los ingredientes de las dietas. El CMS y PV de los corderos aumentó en el lapso del experimento ($P \leq 0.05$), no así la GDP ni CAL ($P > 0.05$), sin embargo los tratamientos mostraron diferencias ($P \leq 0.05$) teniendo un mejor CMS CAL, GDP y digestibilidad el T3 con respecto al T2 y T1. El T3 presentó mayor concentración de ($P \leq 0.05$) ácido butírico y NH₃ con respecto al T1 y T2, no hubo diferencias ($P > 0.05$) en el valor de pH, ni concentración de ácido acético y propiónico. El bagazo de cítricos y alimento concentrado fueron los ingredientes de mayor porcentaje de degradabilidad con respecto a la *Brachiaria* y *C. argentea* ($P \leq 0.05$). Aunque no se encontraron los resultados deseados con el nivel de inclusión incluido en la dieta de *C. argentea*, se observó a lo largo del estudio una buena aceptabilidad de la leguminosa seca y molida, por lo cual una opción es elevar los niveles de inclusión de la misma en conjunto con la fuente energética, para garantizar un mayor consumo, mejorar la digestibilidad de los ingredientes, y por ende obtener resultados favorables en el comportamiento productivo del animal.

Palabras clave: *Cratylia argentea*, *Brachiaria* sp., bagazo de cítricos, digestibilidad, Pelibuey.

Abstract

The maximum potential for meat production of hair sheep in the tropics is not reached because the available foods in the region present nutritional limitations, which makes it necessary to search for alternatives of economical and accessible nutrients. *Cratylia argentea* is a good source of protein, well suited to tropical areas, and resistant to drought on poor soils and acids. The citrus bagasse is an energetic complement that would help to diminish the dependence towards the grains of cereals. Both are considered alternatives to reduce the cost of feeding. The objective of the project was to evaluate the effect of the addition of hay of *C. argentea* and bagasse of citrus silage to a basic diet of *Brachiaria sp* on the productive behavior, consumption and digestibility of dry matter (DM) in Pelibuey lambs. The research was conducted in the Hair Sheep Production Module *El Cenizante* of CEIEGT. It consisted of three experiments, which evaluated: the productive behavior of the lambs, the consumption and the digestibility of DM of the treatments under test. The treatments were: T1) *Brachiaria sp*; T2) *Brachiaria sp* hay + 20% *C. argentea* hay + 10% citrus bagasse; and T3) *Brachiaria sp* hay + 30% commercial feed, on a DM basis. The first experiment used 36 lambs (18 males and 18 females) of 23.5 ± 1.75 kg average live weight (PV) initial that stayed three per pen in twelve pens in a completely randomized design. The following variables were evaluated: dry matter intake (DMI), daily weight gain (DWG) and feed conversion efficiency (FCE). Experiment 2 used 6 male lambs, of 40.17 ± 5.82 kg PV, housed in individual metabolic cages in a 3 x 3 double latin square design. The ingredients of the diet, offered and rejected, feces, urine and ruminal liquor were sampled. Dry matter (DM), nitrogen (N), acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent (NDF), lignin (LIG) and gross energy (GE) were determined in food and feces; N was determined in urine; ruminal fluid and ammonia-N and volatile fatty acids were measured. Three rumen fistulated sheep were used in the experiment 3 to evaluate the kinetics of ruminal degradation of DM, N; FDA, FDN, and LIG of the ingredients of the diets. The DMI and LW of the lambs increased during the experiment ($P \leq 0.05$), but not the DWG or FCE ($P > 0.05$), however the treatments showed differences ($P \leq 0.05$) having T3 a better DMI, FCE, DWG and digestibility than T2 and T1. The T3 presented higher concentration of ($P \leq 0.05$) butyric acid and NH_3 with respect to T1 and T2, there were no differences ($P > 0.05$) in the pH value, nor concentration of acetic and propionic acid. Citrus bagasse and concentrate feed had the highest degradability with respect to *Brachiaria* and *C. argentea* ($P \leq 0.05$). The target results were not reached with the level of inclusion of *C. argentea* used. Nevertheless, a good acceptability of the dried and ground legume was observed throughout the study. Then, one option would be to increase the levels of inclusion, along with the energy source, in order to guarantee a greater DM intake and improved digestibility of the ingredients, and therefore, to obtain a better productive performance.

Key words: *Cratylia argentea*, digestibility, Pelibuey, *Brachiaria sp.*, citrus bagasse.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la ovinocultura en México, en su mayoría, se ha transformado en una actividad pecuaria muy rentable especialmente en zonas tropicales (Lucero *et al.*, 2011), siendo los ovinos de pelo (Pelibuey, Saint Croix y Blackbelly) ejemplares con un gran potencial para la producción de carne, presentando características notables, como: de mediana a alta prolificidad, rusticidad y adaptación a las condiciones ambientales (Arteaga, 2003) aunado a un porcentaje mayor de fertilidad con respecto a los ovinos de lana ubicados en regiones templadas (Cruz, 1994).

México posee un potencial forrajero cuantitativamente muy importante en los ecosistemas tropicales húmedos y subhúmedos (Cuéllar, 2009). Sin embargo, la producción de especies forrajeras en la vertiente del Golfo de México que comprende los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán, se caracteriza por una alta estacionalidad, ocasionada por las variaciones en la precipitación pluvial y en la temperatura ambiental (Valles *et al.*, 1992).

En dicha región la base de alimentación de los rumiantes domésticos en pastoreo proviene principalmente de las gramas nativas y/o introducidas, las cuales presentan baja calidad nutritiva y poca productividad (Pizarro, 2005), salvo algunas excepciones, la composición bromatológica oscila entre un 6% y 8% de proteína cruda (PC); 2.1 Mcal EM/kg de materia seca (MS) (Cuéllar, 2009) y presentan una elevada concentración de fibra en detergente neutro (FDN), alrededor de 65% a 75% (Pirela *et al.*, 2005) afectando negativamente su valor nutritivo y en consecuencia disminuyendo el consumo voluntario (Lara *et al.*, 2007).

Lo anterior, obliga a los productores a llevar a cabo una complementación alimenticia al ganado en época de escasez de forraje (Sosa *et al.*, 2012), usando ingredientes energéticos o proteínicos para mejorar e incrementar la respuesta productiva animal (Lara *et al.*, 2007), particularmente durante la lactancia de las ovejas reproductoras y durante el crecimiento de los corderos (Cruz, 2012).

Por ello, una opción para mejorar la producción de carne en los ovinos de pelo está enfocada en la alimentación, realizando la búsqueda de fuentes alternativas y económicas, como el uso

de recursos de la región, siendo necesario conocer la calidad nutricia y la digestibilidad de los ingredientes que se incluirán en la dieta, para realizar una formulación acorde a los requerimientos de los animales, conllevando a una mejora e incremento de la productividad animal.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades de la alimentación de ovinos bajo pastoreo en zonas tropicales

Como base de la alimentación en ovinos bajo pastoreo, existe una gran variedad de pastos en regiones tropicales, entre los más conocidos se encuentran: el pasto estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*), diferentes especies del género *Brachiaria* (gramínea utilizada para el presente proyecto), como el pasto insurgente (*Brachiaria brizantha*), algunas variedades híbridas como el pasto caimán (*Brachiaria* híbrida 1752), el pasto Oaxaca (*Brachiaria* híbrida 1792) y variedades de porte rastrero como la *Brachiaria arrecta*. También los hay de porte erecto, por ejemplo: *Panicum maximum* (Aruana, Guinea, Tanzania) y algunas gramas nativas del género *Axonopus* y *Paspalum* (Cruz, 2012).

En general, los pastos tropicales presentan problemas como tasas de crecimiento reducidas (< 25 kg MS/ha/día) así como un marcado crecimiento estacional que, de ninguna manera, lleva a obtener niveles sustentables de producción lechera y de carne; aunque algunos son altamente productivos en términos de producción de forraje, poseen un pobre valor nutritivo (Cruz, 2012) bajo contenido de proteína cruda (PC), de energía metabolizable (EM) y elevado contenido de paredes celulares (Pizarro 2005; Cuellar 2009, Pirela *et al.*, 2005), es por ello que se requiere de fuentes alternativas, económicas y de fácil acceso, para complementar la dieta de los rumiantes bajo un sistema de pastoreo.

El usar complementos en la dieta animal, dependerá del tipo de explotación, el tipo de animales, la edad animal, los estados fisiológicos y el fácil manejo; que impliquen una mínima o nula dependencia de insumos y recursos externos al pequeño productor y su explotación. Por eso la introducción de tecnologías y buenas prácticas agropecuarias deben ser de fácil desempeño y apropiación, procurando la valoración del contexto, la cultura y la economía campesinas (FAO, 2008).

En el estado de Veracruz, existen diferentes opciones de complementación animal, entre ellas se encuentra el uso de leguminosas como fuente de proteína y el uso de bagazo de cítricos, cáscara de piña, residuos de pan, bagazo de cervecería, entre otros, como fuente de energía (Cruz, 2012).

También, las leguminosas forrajeras arbustivas tienen gran potencial para mejorar los sistemas de producción animal; en comparación con las leguminosas herbáceas, pues su rendimiento de forraje es mayor, toleran mejor el mal manejo y tienen la capacidad de rebrotar y ofrecer forraje de buena calidad en localidades con sequías prolongadas. Tienen, además, otros usos alternativos tales como leña para labores domésticas, barreras vivas rompevientos o para controlar erosión en zonas de ladera (Argel *et al.*, 2002). Sin embargo, muchas de las leguminosas arbustivas conocidas e investigadas ampliamente (*Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Erythrina poeppigiana*) están marginalmente adaptadas a suelos ácidos y a época de secas (Perdomo, 1991).

Además se encuentra el uso de subproductos de industrias agrícolas; Veracruz es uno de los estados de mayor importancia en la producción de cítricos (55 % del total nacional), dando como subproducto el bagazo o cáscara de cítricos que puede ser utilizado en la dieta animal, resultando ser una buena alternativa para mejorar el nivel de energía de la dieta, lo cual se traduce en una reducción del uso de los granos de cereales y la necesidad de programas de gestión de residuos costosos (Cruz 2012; Bampidis y Robinson, 2006).

2.2. Consumo Voluntario

Desde el punto de vista productivo, el consumo voluntario (CV) de forraje es el factor más importante en las explotaciones ganaderas, ya que de este dependen los índices productivos de los animales (Villanueva *et al.*, 2004). El CV se define como la cantidad de materia seca ingerida diariamente cuando se ofrece un exceso de alimento a los animales en estabulación (Huerta, 2003), siendo el resultado de la integración: fisiológica, social y psicológica del animal (Dryden, 2008).

Dado que el consumo de alimento por el animal no está limitado por la cantidad ofrecida, es necesario que la cantidad del forraje ofrecido deba ser mayor a la cantidad que el animal es

capaz de consumir (Penning, 2004). El exceso de alimento sugerido por diversos investigadores varía de 5 hasta 20%. Aún con excesos superiores a 40% se logra mayor consumo de alimento, debido en parte a mayor oportunidad de selección, especialmente con forrajes fibrosos. Sin embargo, con la finalidad de evitar desperdicios de alimento y ajustarlo a condiciones prácticas es conveniente ofrecer un exceso de alimento de 10 hasta 15%. Bajo pastoreo, la cantidad de alimento que es necesario ofrecer para lograr el máximo consumo de alimento representa tres a cuatro veces la cantidad consumida. Con la finalidad de lograr un balance entre consumo y utilización del forraje, y producción por animal y por unidad de superficie, normalmente se ofrece un exceso entre el 75 y 100% de lo que el animal consume (Huerta, 2003). Aun así, la nutrición, mantenimiento crecimiento y productividad del rumiante dependerá en gran medida de la digestibilidad de los nutrientes del alimento ingerido.

2.3. Digestibilidad

La digestión es la suma de procesos donde las macromoléculas de los alimentos son degradadas hasta compuestos más sencillos que son absorbidos en el conducto gastrointestinal. La capacidad de los distintos alimentos para soportar las funciones de mantenimiento y de producción de los animales es sumamente variable y depende de su capacidad para suministrar energía y nutrimentos esenciales al rumiante, lo cual se verá reflejado en el potencial productivo del animal, una vez cubierta sus necesidades de mantenimiento el excedente será utilizado y transformado en producto (Church 1993; Church y Pond 2010; Lachman *et al.*, 2001).

Es así como, de forma general, la digestibilidad de los alimentos se define como la cantidad que no se excreta en heces y por tanto se considera absorbida por el animal, expresada en relación con la MS como coeficiente o como porcentaje (McDonald *et al.*, 2011), siendo un indicador importante desde el punto de vista nutricional, puesto que los altos niveles de digestibilidad de la materia orgánica representan, por lo general, un mejor uso de los constituyentes más nutritivos del alimento en cuestión (González y Cáceres, 2002).

2.3.1. Degradabilidad ruminal

La digestión de los rumiantes es un proceso complejo que involucra múltiples interacciones entre la dieta, los microorganismos ruminales y el hospedero. La digestibilidad de un forraje se encuentra definida por la degradabilidad potencial del material, la velocidad de degradación de esta fracción potencialmente degradable, y su tiempo de residencia en el rumen (degradación efectiva), además de la digestión ocurrida después de la fermentación en el rumen (Ørskov *et al.*, 1980).

Es así como en el contenido ruminal se distinguen dos fases con diferentes características de degradación y pasaje: una líquida y una sólida en la que se evidencia la presencia de partículas con tasas de pasaje y degradación rápidas (12 - 36 horas, alimentos concentrados) y partículas que presentan tiempos de retención prolongados y lenta degradación (forrajes de buena calidad de 24 - 60 horas y forrajes de mala calidad 48 - 72 horas); dichos procesos de digestión y pasaje pueden ser descritos por modelos matemáticos en los cuales cada fase representa un proceso distinto (Ørskov *et al.*, 1980; Rosero *et al.*, 2007, Church 1993).

2.3.2. Factores que influyen en la digestibilidad del alimento

Entre los factores que intervienen en la digestibilidad de los alimentos se encuentran (Church y Pond, 2010, McDonald *et al.*, 2011; Minson 1990): la composición de la dieta, efectos asociativos entre ingredientes, tratamientos físicos y químicos de los ingredientes y el nivel de consumo.

2.3.2.1. Características propias del alimento

Histológicamente, los tejidos de las plantas forrajeras pueden ser divididos en tres tipos: 1) Tejidos mesoflico y del floema, rápida y fácilmente fermentable; 2) Tejidos del esclerénquima y xilema, de lenta fermentación y 3) Tejido vascular lignificado, material indigestible. En las primeras horas de fermentación los azúcares solubles son fermentados inmediatamente, sin embargo, sólo constituyen una pequeña parte del material potencialmente digestible. A medida que el proceso fermentativo continúa, una menor cantidad de material es hidratado y colonizado por los microorganismos ruminales lo que origina diferentes tasas de degradación (desde 0.02/min para azúcares solubles hasta 0.02/hora para carbohidratos

complejos en la fibra) dependiendo de la concentración de carbohidratos estructurales (Rosero *et al.*, 2007; Church 1993).

Entre las características que influyen en el aprovechamiento del forraje, se encuentran: estado de madurez, parte de la planta, diferencia entre especies, tratamiento y asociación del alimento. Las membranas de las células internas de la planta tienden a lignificarse al ir madurando, haciéndolas más resistentes a la digestión bacteriana y disminuyendo su consumo voluntario (Shimada, 2003; Church, 1993).

Asimismo, la composición de la dieta tiene efectos sobre la microbiota ruminal y dichas interacciones, por efecto de sustratos que pueden inhibir el crecimiento bacterias celulolíticas o amilolíticas dependiendo la inclusión y tipo de ingredientes. Así, por ejemplo, la complementación con carbohidratos no estructurales se asocia con un decremento en la digestibilidad de la fibra (Church, 1993).

La molienda y aglomerado (“pelletizado”) de los forrajes originan descensos en la digestibilidad, ya que reducen el tiempo de retención en rumen, aumentando la velocidad de paso y disminuyendo la intensidad de la digestión ruminal, mientras que en el caso de los alimentos concentrados favorece la digestibilidad por incrementar el área de exposición de la partícula a la microbiota ruminal (Barahona y Sánchez 2005, Church 1993).

Dichos factores originan diferencias en las tasas de digestión y pasaje de los distintos componentes del alimento, los cuales requieren ser identificados y contemplados en los modelos de digestión y degradación (Rosero *et al.*, 2007; Church 1993).

2.3.2.2. Características dependientes del rumiante

El valor de la tasa fraccional de paso para los fluidos, concentrados y partículas de forraje cambia con el nivel de consumo de alimentos y con el forraje de la dieta. La digestibilidad de la dieta suele descender cuando se consumen niveles mayores de materia seca, esto en consecuencia de una mayor tasa de pasaje a través del conducto digestivo. El nivel del consumo a su vez dependerá de la edad del animal y estado fisiológico (gestación) ya que

delimitan la capacidad ruminal restringiendo, en particular, el consumo de dietas ricas en forraje (Church 1993; Shimada y Rentería 2010).

2.4. Determinación de la digestibilidad

Se cuentan con modelos matemáticos que permiten estudiar y estimar parámetros que describen la naturaleza intrínseca de los alimentos y las interacciones de los nutrientes que limitan su digestión en los diferentes compartimentos gástricos del rumiante. En estos modelos, el alimento desaparece del rumen por degradación y absorción o por tránsito a tracto digestivo posterior apareciendo finalmente en las heces. La proporción de nutrientes que están disponibles para el rumiante varía en función de la competencia entre las tasas de degradación y pasaje. Se han propuesto diferentes modelos para describir la digestión y pasaje de los alimentos en los rumiantes. Dentro de los métodos existentes para determinar la digestibilidad de los alimentos se encuentran las técnicas: *in vivo* (recolección total de heces y/o por marcadores), *in vitro* (sometiendo la muestra del alimento a una digestión artificial) o *in situ* también llamada *in sacco* (se mide directamente en el animal previamente canulado) (Rosero, *et al.*, 2007; McDonald, *et al.*, 2011; Church y Pond 2010; Shimada, 2003; Orskov y McDonald, 1970).

La técnica *in vivo* históricamente ha sido utilizada para determinar la degradabilidad aparente de los alimentos, sin embargo, no permite cuantificar qué fracción del alimento ha sido degradada en el rumen y cuál en el sistema digestivo posterior (Rosero *et al.*, 2007). Es así como la técnica *in sacco* es utilizada para estudiar la degradación de los forrajes, los efectos del ambiente ruminal y se puede realizar el modelaje de la cinética de degradación de la materia seca (MS), de nitrógeno (N) y de algunos constituyentes de la pared celular, pudiendo ser descrita a través de modelos no lineales. El modelo propuesto por Ørskov y McDonald (1970) ha sido uno de los más utilizados (Macedo, *et al.*, 2010; Penning, 2004; Givens *et al.*, 2000).

A pesar de que la técnica *in sacco* es una herramienta de gran ayuda en la investigación nutricional, tiene tres limitaciones importantes. Primero, dado que la muestra se confina dentro de la bolsa, no se expone a la masticación y rumia. Segundo, no abandonan el rumen las partículas que normalmente saldrían al tener el tamaño adecuado. Y por último, lo que se mide

realmente es la descomposición de material a un tamaño lo suficientemente pequeño para depositarlo en la bolsa y no necesariamente una degradación completa. Por tanto, los resultados son utilizados como indicadores cualitativos, más no cuantitativos (Ørskov *et al.*, 1980).

2.5. Características generales de los ingredientes utilizados en las dietas experimentales.

2.5.1. Caracterización del género *Brachiaria* sp.

El género *Brachiaria* pertenece a la familia *Gramineae*, sub- familia *Panicoideae*, tribu *Paniceae* y está representado por especies anuales y perennes, erectas, procumbentes, decumbentes y estoloníferas (Roche *et al.*; 1990).

Dentro de dicho género se encuentran las especies más utilizadas como forrajeras en América tropical. Los cultivares comerciales pertenecen a cuatro especies de origen Africano ampliamente conocidas como son: *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. humidicola* y *B. ruziziensis* (Argel, 2006). La alta variabilidad existente entre las diversas especies le ha permitido habitar en un amplio rango de condiciones ambientales, encontrándose especies adaptadas a ambientes de extrema sequedad, hasta las que se desarrollan mejor en suelos inundables o de mal drenaje (Roche, *et al.*; 1990), mientras que otras presentan poca tolerancia a sitios inundados, y susceptibilidad a plagas y enfermedades comunes en los pastos (Argel, 2006).

Avellanada *et al.* (2008) evaluaron la composición química de algunas variedades de heno de *Brachiaria* (*decumbens*, *brizantha* y *mulato*) la cual fue de 90.2 a 90.4% MS; 10.5 a 11.4% de cenizas, 11.5 a 13.0% de PC, 2.1 a 2.3% de EE y 3.8 a 3.9 kcal/g de EB. Asimismo, presentó mayor humedad (%), EE (%), EB (kcal/g) y PC (%), y menor cantidad de fibra cruda (%) a una edad de corte joven (28 días) en comparación con la edad de corte de 112 días. Fragoso (2015) registró valores de: $92.5 \pm 0.4\%$ de MO, $7.5 \pm 0.4\%$ de cenizas, $8.4 \pm 1.0\%$ de PC, $81.3 \pm 1.9\%$ de FDN, $47.5 \pm 1.7\%$ de FDA y $8.5 \pm 0.9\%$ de LIG; un consumo de materia seca (CMS) de 69.3 ± 8.5 kg/PV^{0.75}, digestibilidad *in situ* de $57.3 \pm 1.8\%$ y digestibilidad aparente de $55.1 \pm 4.7\%$. González (2014) registró contenidos de $91.2 \pm 3.2\%$ de MO, $6.2 \pm 2.8\%$ de PC, $81.2 \pm 13.9\%$ de FDN, $47.3 \pm 5.7\%$ de FDA, 36.7 ± 4.6 de LIG, $36.7 \pm 4.6\%$ de celulosa,

33.9 ± 18.3% de hemicelulosa, 8.8 ± 3.4% cenizas y 53.2 ± 9.7% de digestibilidad. Valores que en general concuerdan con los de la literatura, en lo que respecta a *Brachiaria* spp.

2.5.2. Caracterización del género *Cratylia argentea*

La leguminosa arbustiva *Cratylia argentea* es de origen sudamericano, nativa del Amazonas, de la parte central de Brasil, Perú y Bolivia; pertenece a la familia *Leguminosae*, subfamilia *Papilionoideae*, tribu *Phaseolaceae*, subtribu *Diocleinae* y género *Cratylia*. (Queiroz y Coradin, 1996); conocida comúnmente como cratylia, veraniega o veranera.

Ramifica a partir de la base del tallo alcanzando hasta 3 m de altura, las hojas son trifoliadas y estipuladas, la inflorescencia es un pseudoracimo noduloso con seis a nueve flores de color lila por nódulo; su fruto es una legumbre dehiscente que contiene de cuatro a ocho semillas (Xavier y Carvalho, 1995). Se adapta desde el nivel del mar hasta 1200 m en sitios con climas húmedos y subhúmedos hasta con 5 y 6 meses de sequía, así como a suelos de mediana, alta fertilidad y ácidos de baja fertilidad, siempre y cuando sean bien drenados. Como característica importante se encuentra su capacidad de rebrote y alta retención foliar durante la época seca, lo que está asociado con el desarrollo de raíces vigorosas que alcanzan hasta 2 m de profundidad. Durante este período crítico la planta produce como mínimo entre 30% hasta 40% del rendimiento total de forraje. La producción de MS está relacionada con la densidad y la edad de las plantas al momento del corte y la fertilidad del suelo, alcanzando rendimientos entre 14 y 20 toneladas/ha/año. Otra característica destacable es su alto contenido de proteína en la parte aprovechable de la planta (hojas y tallos tiernos) presentando una digestibilidad variable e intermedia (50 hasta 65 %), dependiendo del estado de madurez de la planta (Argel, *et al.*, 2002; Pizarro, *et al.*, 1995). En estudios realizados por el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia) se encontró que la digestibilidad *in vitro* de la MS es mayor con respecto a otras leguminosas adaptadas a suelos ácidos, lo cual está asociado a su bajo contenido de taninos (Lascano, 1996).

Estudio, realizado por Castillo-Gallegos *et al.* (2013) se evaluaron cuatro accesiones CIAT de *C. argentea* (18516, 18666, 18668 y 18676) en el estado de Veracruz, donde los rendimientos de forraje por componente de la planta fueron similares entre accesiones: 2580 ± 212, 33 ± 5 y 2444 ± 233 kg MS/ha, para forraje hojas, tallo comestible y tallo no comestible; siendo

también similares en sus componentes nutritivos: PC, 19.10%; FDN, 61.10%; FDA, 42.20%; y LIG, 14.20%. Fragoso (2015) reportó valores de una dieta experimental (70:30) *Brachiaria* + *C. argentea* de: $91 \pm 0.4\%$ de MO, $9 \pm 0.4\%$ de cenizas, $10.2 \pm 1.0\%$ de PC, $77.6 \pm 1.9\%$ de FDN, $45.5 \pm 1.7\%$ de FDA y $11.3 \pm 0.9\%$ de LIG, con un consumo de MS de 78.3 ± 8.5 g/kg PV^{0.75}/día, digestibilidad *in situ* de $54.1 \pm 1.8\%$ y digestibilidad aparente de $59.6 \pm 4.7\%$. González (2014) registró contenidos de $88. \pm 12.1\%$ de MO, $19.3 \pm 6.4\%$ de PC, $64.9 \pm 22.5\%$ de FDN, $41.4 \pm 24.4\%$ de FDA, $20.1 \pm 14.1\%$ de LIG, $21.2 \pm 12.6\%$ de celulosa, $23.5 \pm 6.9\%$ de hemicelulosa, $11.2 \pm 12.1\%$ de cenizas y $56.8 \pm 39.7\%$ de digestibilidad.

Correa y Niño-Marino (2010) evaluaron diferentes métodos de conservación para la leguminosa (fresco, ensilaje, harina y heno) siendo menor el contenido de PC (15.8%) en el ensilaje, con respecto a la harina, heno y en fresco, que mantuvieron el mismo valor (19.2%), los métodos sometidos a deshidratación presentaron mejor conservación de la proteína, pero disminuyeron en la digestibilidad de materia seca al presentar mayores concentraciones de FDA (42.4% fresco, 47.6% harina, 46.0% heno, con respecto a 38.1% del ensilaje). A pesar de los diferentes procesos por los que se ha conservado *Cratylia* los productores han optado por ofrecerla a libre acceso, mediante el pastoreo directo en forma de ramoneo, por los altos costos que llegan a alcanzar los diferentes métodos de conservación (Correa y Niño-Marino 2010; Plazas y Lascano 2009; Holmann, *et al.*, 2003).

La veranera se ha utilizado en la complementación de la dieta animal en diversos estudios con ganado lechero, siendo poca la literatura enfocada a pequeños rumiantes, ovinos específicamente. En esta última especie se ha demostrado en que tiene una buena aceptabilidad al ofrecerse seca y molida (Raaflaub y Lascano, 1995) y que el consumo voluntario aumenta conforme se incrementa la inclusión de la arbustiva en la dieta, comprobado con un estudio realizado por Wilson y Lascano (1997) donde el consumo voluntario aumentó en 18% del total en el nivel de complementación (40:70) con respecto a la dieta testigo (100% de gramínea). De igual manera González (2014) registró un mayor consumo de MS y de PC en bovinos alimentados con dietas a base de *Brachiaria* complementada con proporciones diversas de *C. argentea* (100:0, 85:15, 70:30 y 55:45).

En vacas lecheras ha permitido mantener el nivel de producción y la venta de leche en el mercado; además de que su uso sostiene la producción láctea y cárnica durante la época seca, así como en épocas de lluvia cuando el exceso de humedad no permite el pastoreo de los animales, asimismo permite el reemplazo parcial de los concentrados comerciales y el mantenimiento de las condiciones corporales y reproductivas de los animales en el hato, permitiendo así, reducir los costos de producción de leche y carne (Plazas y Lascano 2009; Holmann, *et al.*, 2003).

2.5.3. Caracterización del bagazo de cítricos

El bagazo de cítricos es el resultado de la extracción del jugo y es clasificado como un subproducto alimenticio altamente concentrado en energía (Arthington *et al.*, 2002). Cruz (2012) y Aregheore (2000) informaron que contiene 82% de nutrientes digestibles totales (TND), equivalente a 2.97 Mcal de EM/kg MS, mostrando un gran porcentaje de carbohidratos fermentables y contenidos bajos de PC (6 a 7%), FDN (37.8%) y FDA (25.9%).

Existen diversos estudios donde se reporta el uso del bagazo en rumiantes; en corderos específicamente indican que el ensilado de pulpa de cítricos, pulpa de cítricos deshidratada, bagazo de cítricos y cáscara de cítricos, pueden sustituir la fibra y parcialmente el concentrado de dietas tradicionales a un mismo porcentaje de inclusión, manteniendo tasas de crecimiento y rendimiento similares, no afectando los componentes organolépticos de la carne y generando un menor costo de alimentación por kg de ganancia de peso corporal, representando así una ventaja económica para los productores y una alternativa de complemento energético (Scerra *et al.*, 2001; Caparra *et al.*, 2007; Piquera *et al.*, 2009; Oni *et al.*, 2008 y Volanis *et al.*, 2006).

2.6. JUSTIFICACIÓN

Una adecuada nutrición depende de cuatro factores básicos: los requerimientos del animal; el contenido de nutrimentos del alimento; la digestibilidad del alimento; y el consumo voluntario (Allison, 1985).

Para mejorar e incrementar la producción y productividad del ganado en un sistema de alimentación basado en pastoreo se necesita la introducción y selección de especies forrajeras (gramíneas y/o leguminosas) con alto potencial de producción, calidad, persistencia y adaptación, a las más diversas condiciones climáticas y edáficas de las zonas tropicales (Sosa, *et al.*, 2012).

En las zonas tropicales de México existen abundantes recursos forrajeros cuya composición nutricional actualmente se desconoce, especialmente de aquellos ingredientes que aportan cantidades notables de proteína a la dieta de los rumiantes, como son las leguminosas, por lo que se requiere encaminar estudios para complementar dichos conocimientos (Mora, 2005).

El conocimiento de sus características físicas y composición química es fundamental, pero insuficiente, hay que considerar hacer una evaluación a fondo para distinguir la capacidad nutritiva, es por ello que se hace uso de técnicas para evaluar sus efectos en los procesos de digestión, absorción y metabolismo (Bondi, 1989) y por ende conocer sus beneficios en la alimentación animal. Conocer y entender el aprovechamiento de los nutrimentos es un paso indispensable para evaluar los forrajes y definir las necesidades de los mismos a fin de facilitar la obtención de estándares de alimentación para animales (Church y Pond, 2010).

Por lo expuesto anteriormente, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar una dieta propuesta como una alternativa de fácil acceso en una zona tropical, la cual consta de heno de *Brachiaria* sp., *Cratylia argentea*, bagazo de cítricos y una premezcla mineral, empleando como criterios productivos el consumo de materia seca, la ganancia de peso, conversión alimenticia y digestibilidad en corderos Pelibuey en crecimiento.

2.7. REFERENCIAS

- Allison, C. (1985). *Factors Affecting Forage Intake by Range Ruminants: A Review*. Journal of Range Management, 38(4), pp.305-311.
- Aregheore, E. (2000). *Chemical composition and nutritive value of some tropical by-product feedstuffs for small ruminants — in vivo and in vitro digestibility*. Animal Feed Science and Technology, 85(1-2), pp.99-109.
- Argel, PJ. (2006). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito*. Arch. Latinoam. Producción Animal, [en línea] 14(2), pp.65-72. Disponible en: <http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2014-2/h-P.J.%20Argel.pdf> [Consultado 9 sept 2016].
- Argel, PJ (2002). *Producción artesanal de semillas de cratylia (Cratylia argentea) accesiones CLAT 18516 y 18668*, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, pp. 2-16.
- Arthington, J., Kunkle, W. y Martin, A. (2002). *Citrus pulp for cattle*. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 18(2), pp. 317-326.
- Arteaga, CJD (2003). *La industria Ovina en México*, Memorias Simposium Ovinos, Pachuca, Hidalgo, pp.1-9.
- Avellanada, C., Cabezas, G., Quintana, Z., Luna, M., Montañez, V., Espinoza, G., Zambrano, M., Romero, G., Vanegas, R. y Pinargote, M. (2008). *Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de Brachiaria en diferentes edades de cosecha*. Ciencia y Tecnología, [en línea] 1, pp. 87-94. Disponible en: http://uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_articulo_5.pdf [Consultado 6 agosto 2015].
- Bampidis, V; Robinson, P. (2006). *Citrus by-products as ruminant feeds: A review*. Animal Feed Science and Technology, 128(3-4), pp. 175-217.
- Caparra, P., Foti, F., Scerra, M., Sinatra, M. y Scerra, V. (2007). *Solar-dried citrus pulp as an alternative energy source in lamb diets: Effects on growth and carcass and meat quality*. Small Ruminant Research, 68(3), pp. 303-311.
- Castillo-Gallegos, E., Estrada-Flores, J., Valles-De la Mora, B., Castelán-Ortega, O., Ocaña-Zavaleta, E. y Jarillo-Rodríguez, J. (2013). *Rendimiento total de materia seca y calidad nutritiva de hojas y tallos jóvenes de cuatro accesiones de Cratylia argentea en el trópico húmedo de Veracruz*. México Avances en Investigación Agropecuaria, [en línea] 17(1), pp.79-93. Disponible en: <http://www.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2013/enero/4.pdf> [Consultado 21 agosto 2016].
- Bondi, AA (1989). *Nutrición Animal*, Acribia, Zaragoza, España.
- Church, D. (1993). *The ruminant animal*. Prospect Heights, Ill.: Waveland Press.
- Church, D. y Pond, W (2010). *Fundamentos de nutrición y alimentación de los animales*. 2 ed. Limusa, México.

Correa, PTY; Niño-Mariño MS (2010). *Evaluación de la calidad nutricional de Cratylia argentea sometida a diferentes métodos de conservación, en el piedemonte llanero*. Tesis Licenciatura, Universidad de La Salle, Bogotá.

Cruz, LC (2012). *Estrategias de alimentación y manejo en praderas para una producción eficiente de ovinos en pastoreo*, ponencia presentada en Segundo Foro de ovinos de pelo, pp. 7-22.

Cruz, LC. (1994). *Variaciones estacionales en presentación de ovulación, fertilización y sobrevivencia embrionaria de ovejas Tabasco en el trópico húmedo*. Veterinaria México, 25(1), pp. 23–27.

Cuéllar, A (2009). *Perspectivas de la producción ovina en México para el año 2010*, Facultad de Estudios Superiores Cuatitlán-UNAM.

Dryden, GMcL (2008). *Animal Nutrition Science*, CABI, Australia.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, *Alimentación animal*, (sitio web) Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1564s/a1564s03.pdf> [Consultado 26 sept 2016]

Fragoso, IA (2016). *Consumo voluntario y digestibilidad de Brachiaria spp con Cratylia argentea, Gliciridia sepium y Erythrina sp, en bovinos Cebú x Holstein*. Tesis de Maestría en Ciencias en Nutrición y Alimentación Animal. FMVZ-UNAM, México.

González, AMN (2014). *Consumo de Cratylia argentea por bovinos infectados y no infectados con nematodos gastrointestinales en Veracruz, México*. Tesis de Maestría en Ciencias, FMVZ-UNAM, México.

González, E. y Cáceres, O (2012). *Valor nutritivo de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes*. Pastos y Forrajes, [en línea] 25(1). Disponible en: <http://payfo.ihatuey.cu/index.php/pasto/article/view/882/384>. [Consultado 19 oct 2016]

Holmann, F., Lascano, CE., y Plazas C (2003). *Evaluación ex-ante de Cratylia argentea en sistemas de producción de doble propósito en el Piedemonte de los llanos Orientales de Colombia*. Pasturas Tropicales, [en línea] 24(2), pp. 2-11. Disponible en: http://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Elements/DOCUMENTS/2002-vol24-rev1-2-3/Vol24_rev2_02_art2.pdf [Consultado 30 mayo 2016]

Huerta, BM (2003). *Nutrient requirements of haired and woolled sheep*, en II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos, Chapingo, México.

Lachmann, M. y Aurajo FO (2001). *La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes*, en X Congreso Venezolano de Zootecnia, Maracaibo, Venezuela, [en línea] Disponible en: <http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/Digestibilidadderumiantes.pdf> [Consultado 23 julio 2016]

Lara, PE., Canche, MC., Manrrufo, NB., y Sangines, JR (2007). *Pastoreo restringido de ovejas Pelibuey en bancos de proteína de morera (Morus alba)*, Pastos y Forrajes, [en línea] 30(2), pp. 267-277. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942007000200007&lng=es&nrm=iso [Consultado 19 septiembre 2015]

Lucero, MH., Briones EF., Lucero, MF., Hernández, MJ., Castillo, RSP., y Martínez, GJC (2011). *Estrategias para incrementar la producción de carne de ovinos de pelo en la Huasteca Potosina, México*, Zootecnia Tropical, [en línea] 29(3), pp. 255-260. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S079872692011000300001&lng=es&tlng=es [Consultado 14 mayo 2015]

McDonald, P., Edwards, R. y Greenhalgh, J. (2011). *Animal nutrition*. 5 ed, New York: Longman Scientific & Technical.

Minson, D. (1990). *Forage in ruminant nutrition*. San Diego [u.a.]: Acad. Press.

Mora, F., Novoa, L., Gonzalez, C. y Figueroa, R. (2005). *Acceptability of gramineous and leguminous for grazing swine*. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología, Producción Agrícola, 23: 1-7

Oni, A., Onwuka, C., Oduguwa, O., Onifade, O. y Arigbede, O. (2008). *Utilization of citrus pulp based diets and Enterolobium cyclocarpum (JACQ. GRISEB) foliage by West African dwarf goats*. Livestock Science, 117(2-3), pp.184-191.

Ørskov, ER. y McDonald, I. (1979). *The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage*. The Journal of Agricultural Science, 92(02), p.499.

Ørskov, ER., DeB Hovell, FD., y Mould F. (1980). *The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs*, Tropical Animal Production, 5(3), pp. 195-213.

Piquer, O., Ródenas, L., Casado, C., Blas, E. y Pascual, J. (2009). *Whole citrus fruits as an alternative to wheat grain or citrus pulp in sheep diet: Effect on the evolution of ruminal parameters*. Small Ruminant Research, 83(1-3), pp.14-21.

Perdomo, P. (1991). *Adaptación edáfica y valor nutritivo de 25 especies y accesiones de leguminosas arbóreas y arbustivas en dos suelos contrastantes*. Tesis de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia.

Pirela, FM (2005). *Manual de Ganadería Doble Propósito: Valor nutritivo de los pastos*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, México [en línea]. Disponible en: http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manualganaderia/seccion3/articulo6s3.pdf [Consultado 14 marzo 2016]

Pizarro, EA., Carvalho, MA. y Ramos AKB (2005). *Introducción y evaluación de leguminosas forrajeras arbustivas en el Cerrado brasileño*. En Pizarro, EA., Coradin, L (Eds). *Potencial del género Cratylia como leguminosa forrajera*, Memorias del taller sobre Cratylia, Cali: CIAT, pp. 40-49.

- Pizarro, EA (2005). *Especies arbustivas, gramíneas y leguminosas para el trópico americano*, en IX Seminario internacional sobre manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal, Venezuela, [en línea] pp. 30-49. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/127-EstebanPizarro.pdf [Consultado 16 abril 2016]
- Plazas, BCH. y Lascano CE (2009). *Utilidad de Cratylia argentea en ganaderías de doble propósito del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia*, Nota de Investigación en Pasturas Tropicales, 27(2)
- Queiroz, LP, Coradin L (1996). *Biogeografía de Cratylia en áreas prioritarias para Coleta*, en: Pizarro, EA., Coradin, L. (Eds). *Potencial de Cratylia como leguminosa forrajera*. Memorias del taller sobre *Cratylia*, Cali: CIAT, pp. 1-12.
- Raaflaub, M., y Lascano CE (1995). *The effect of wilting and drying on intake rate acceptability by sheep of the shrub legume Cratylia argentea*, Tropical Grasslands, [en línea] 29, pp. 97-101, Disponible http://tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_29_1995/Vol_29_02_95_pp97_101.pdf [Consultado 25 enero 2015]
- Roche, R., Menéndez, J., y Hernández, JE (1990). *Características morfológicas indispensables para la clasificación de especies del genero Brachiaria*, Pastos y Forrajes, 13(3), pp. 205-222.
- Rosero, RN., y Posada, OS. (2007). *Modeling of ruminant food degradation kinetics*, Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 20, pp. 174-182.
- Scerra, V., Caparra, P., Foti, F., Lanza, M. y Priolo, A. (2001). *Citrus pulp and wheat straw silage as an ingredient in lamb diets: effects on growth and carcass and meat quality*. Small Ruminant Research, 40(1), pp.51-56.
- Shimada, MA., y Rentería FJ. (2010). Mecanismos que regulan el consumo voluntario de alimento y agua. En: *Fisiología Veterinaria e Introducción a la fisiología de los procesos productivos*, FMVZ-UNAM, México DF., pp.563-568.
- Shimada, MA (2003). *Nutrición animal*, Trillas, México.
- Sosa, RE., Sansores, LI., Zapata, BG y Ortega, RL (2012). *Composición botánica y valor nutricional de la dieta de bovinos en un área de vegetación secundaria en Quintana Roo*, Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 38(2).
- Valles, MB., Castillo, GE., y Hernández, T (1992). *Producción estacional de leguminosas forrajeras en Veracruz, México*, Pasturas Tropicales, [en línea] 14(2), pp. 32-36. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Vol14_rev2_a%C3%B1o92_art7.pdf [consultado 24 septiembre 2016]
- Villanueva, AJF., Bonilla, CJA., Rubio, CV., y Bustamante, GJJ (2004). *Agrotecnia y utilización de Clitoria ternatea en sistemas de producción de carne y leche*, Técnica Pecuaria México, 42(1), pp. 79-96.

Volanis, M., Zoiopoulos, P., Panagou, E. y Tzerakis, C. (2006). *Utilization of an ensiled citrus pulp mixture in the feeding of lactating dairy ewes*. Small Ruminant Research, 64(1-2), pp.190-195.

Wilson, QT. y Lascano, CE (1997). *Cratylia argentea como suplemento de un heno de gramínea de baja calidad utilizado por ovinos*, Pasturas Tropicales, 19(3), pp. 2-8.

Xavier, DF., y Carvalho, MM (1995). *Disponibilidade Nutricional de Cratylia argentea na Zona de Mata de Minas Gerais*. En: EA., Coradin, L. (Eds). *Potencial de Cratylia como leguminosa forrajera*. Memorias del taller sobre *Cratylia*, Cali: CIAT, pp. 29-39.

CAPÍTULO III

EXPERIMENTO I

Comportamiento productivo de corderos pelibuey en crecimiento alimentados con una dieta base de *Brachiaria* sp., complementada con *Cratylia argentea* y bagazo de cítricos, en una zona tropical mexicana.

Vázquez, C.M.F., Cruz, L. C., Corona, G. L., Castillo, G.E., Castelán, O.O.A.

3.1. Resumen

El máximo potencial de los ovinos de pelo para producir carne en regiones tropicales no se alcanza, principalmente, porque los alimentos disponibles presentan limitantes nutricionales, lo que hace necesario buscar alternativas de nutrimentos económicas y accesibles. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de heno de *C. argentea* y bagazo de cítricos, a una dieta básica de *Brachiaria* sp sobre el comportamiento productivo y consumo de la materia seca (CMS) en corderos Pelibuey. El proyecto se realizó en el Módulo de Producción Ovina *El Cenizontle* del CEIEGT, FMVZ - UNAM. Los tratamientos evaluados fueron: T1) heno de *Brachiaria* sp; T2) heno de *Brachiaria* sp + 20% de heno de *C. argentea* + 10% bagazo de cítricos; y T3) heno de *Brachiaria* sp + 30% alimento comercial, con base en MS. Se utilizaron 36 corderos (18 machos y 18 hembras) de 23.5 ± 1.7 kg de peso vivo promedio (PV) inicial, alojados en doce corraletas, en un diseño completamente al azar. Se determinó el CMS (g/kg PV y $PV^{0.75}$), ganancia diaria de peso (GDP kg/animal/día) y conversión alimenticia (CAL kg MS/kg PV). En los componentes de las dietas ofrecidas y rechazadas se evaluó: proteína cruda (PC), fibra en detergente neutro y ácido (FDN y FDA), lignina (LIG) y energía bruta (EB). Los resultados fueron diferentes ($P \leq 0.05$) para los T1, T2 y T3 para CMS, GDP y CAL respectivamente siendo: 62.7, 69.5 y 74.7 ± 1.08 kg $PV^{0.75}$; 0.032, 0.024 y 0.065 ± 0.005 kg/animal/día y 22.8, 27.51 y 13.47 ± 31.48 kg/animal/día. La composición química de los tratamientos, fue diferente ($P \leq 0.05$) en la mayoría de los nutrimentos evaluados, siendo respectivamente para T1, T2 y T3 ofrecidos: 7.8, 10, $10.3 \pm 0.002\%$ PC; 69.5, 66.5, $54.6 \pm 2.3\%$ FDN; 44.5, 42.3 y $35.5 \pm 0.77\%$ FDA; y 9.9, 10.6; $8.43 \pm 0.25\%$ LIG; mientras que para las dietas rechazadas fue de: 5.2, 6.3 y $4.7 \pm 0.001\%$ PC; 78.5, 77.7 y $80.4 \pm 1.4\%$ FDN; 10, 11.2 y $10.2 \pm 0.17\%$ LIG; 3.87, 3.87 y 3.91 ± 0.011 Mcal/kg respectivamente. No se obtuvieron los resultados deseados para el tratamiento complementado con *C. argentea* y bagazo de cítricos, sin embargo se observó que los ovinos tienen una buena aceptabilidad de dichos ingredientes, lo cual hace necesario evaluar la digestibilidad de la dieta para complementar los datos obtenidos.

3.2. INTRODUCCIÓN

La productividad de los rumiantes domésticos en un sistema bajo pastoreo, depende principalmente del consumo voluntario (CV) y extracción de nutrimentos digestibles del alimento disponible. Sin embargo, no alcanzan la máxima eficiencia productiva debido, principalmente, a las limitantes impuestas por la disponibilidad y la calidad nutritiva de los pastos (Villanueva, *et al.*, 2004).

Las gramas nativas y/o introducidas, son de baja calidad, poco productivas y estacionales en su crecimiento a lo largo del año (Pizarro, 2005), salvo algunas excepciones, la composición bromatológica oscila entre 6 a 8% de proteína cruda (PC); 2.1 Mcal/ kg de materia seca (MS) digestible (Cuéllar, 2009) y presentan una elevada concentración de fibra en detergente neutro (FDN), alrededor de 65 a 75% (Pirela, *et al.*, 2005) afectando negativamente su valor nutritivo y en consecuencia disminuyendo el CV (Lara, *et al.*, 2007).

Una opción para incrementar y mejorar la productividad del ganado es la introducción y selección de especies forrajeras con alto potencial de producción, calidad, persistencia y adaptación a las diversas condiciones de las zonas tropicales (Rubio, *et al.*, 2004). Es así como los pastos mejorados han permitido que el sector ganadero incremente progresivamente su producción, en las últimas décadas aumentó significativamente la comercialización y siembra de cultivares de *Brachiaria* sp., dentro de este género las especies más utilizadas como forrajeras en América tropical son: *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. humidicola* y *B. ruziziensis* (Argel, 2006). De dichas especies se han informado valores de 6.2 a 11.4% de PC, 81 a 82.4% de FDN, 45.5 a 47.3% de FDA, 10.6 a 11% de lignina, energía bruta de 3.7 a 3.9 kcal/g y digestibilidad de 53.2% (González, 2014; Fragoso, 2016; Avellaneda, *et al.*, 2008).

Otra alternativa más, es el uso de complementos en la dieta animal, usando ingredientes energéticos o proteínicos para mejorar la respuesta productiva; particularmente durante la lactancia de las ovejas reproductoras y durante el crecimiento de los corderos. En la región Centro – Norte del estado como parte del proceso para la extracción de jugo se obtienen grandes cantidades de bagazo de cítricos el cual, por su alto valor energético

(2.97 Mcal EM/kg MS) y disponibilidad durante la época crítica, se está utilizando como una opción para la suplementación del ganado ovino y bovino en pastoreo (Cruz, 2012).

En particular las leguminosas arbustivas forrajeras tienen gran potencial para mejorar los sistemas de producción animal; ofrecen mayor rendimiento de forraje comparado con las leguminosas herbáceas; toleran mejor el mal manejo y tienen la capacidad de rebrotar y ofrecer forraje de buena calidad (Argel, *et al.*, 2002), entre estas sobresale *Cratylia argentea* tolerante en suelos pobres y ácidos, resistente a época de sequías prolongadas (Pizarro *et al.*, 1995) y elevado contenido de proteína cruda de 19% en el follaje (Castillo-Gallegos *et al.*, 2013; González, 2014; Wilson y Lascano, 1997).

Es por lo anterior que el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el comportamiento productivo de corderos pelibuey en crecimiento alimentados con una dieta a base de heno de *Brachiaria* sp., complementada con follaje seco de *Cratylia argentea* como fuente proteínica y bagazo de cítricos como fuente energética, considerándola como una alternativa viable de alimentación para corderos Pelibuey en condiciones de estabulación en zonas tropicales de México, empleando como criterios productivos la ganancia de peso y el consumo de materia seca.

3.3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.3.1. Localización

El estudio se llevó a cabo en el Módulo de Producción Ovina *El Cenxontle* del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en el municipio de Tlapacoyan, en el estado de Veracruz, sobre la Carretera Federal 129, a 5.5 km de la ciudad de Martínez de la Torre. Su situación geográfica es 20°02'34" latitud norte, 97°06' 22" longitud oeste y una altura que varía de 105 a 124 msnm.

3.3.2. Animales experimentales

Se utilizaron 36 corderos de raza Pelibuey (18 machos y 18 hembras) de 23.5 ± 1.75 kg de peso vivo (PV, kg) inicial promedio, que se desparasitaron y vacunaron previo al inicio del experimento.

Los corderos se alojaron a razón de 3 animales del mismo sexo y aproximadamente del mismo peso por corral (unidad experimental, UE). Dichos corrales eran de piso de tierra con medidas de 1.5 m x 2 m y cada uno contó con comedero y bebedero. Los comederos tenían cubierta la parte posterior para evitar que el animal tirara al piso el alimento al comerlo. Además se colocaron costales de rafia sobre la mitad de la superficie del piso para facilitar la colección del alimento tirado y considerarlo en el cálculo del consumo voluntario. Las corraletas se encontraban distribuidas en forma lineal, en una galera, y su lado norte se protegió contra los elementos climáticos cubriéndolo con lonas de plástico (Figura 1).



Figura 1. Corraletas y comedero utilizados para prueba de comportamiento productivo.

3.3.3. Manejo de los ingredientes utilizados en los tratamientos experimentales

El forraje de *Brachiaria* sp se cortó, se henificó y almacenó a la sombra. Este manejo se realizó en dos temporadas diferentes, utilizando para el experimento pacas de heno cosechadas en octubre de 2013 y cantidad igual de pacas de heno cosechadas en marzo de 2015, las cuales se mezclaron por partes iguales hasta obtener una composición homogénea.

La leguminosa tenía 15 semanas de rebrote promedio cuando fue cortada, se separaron hojas de tallos, se deshidrataron a la sombra y posteriormente en estufa de aire forzado a 55°C/28 a 48h (Figura 2), para luego almacenarse en bolsas de plástico a temperatura ambiente bajo sombra. En junio de 2015 la gramínea y leguminosa se picaron con un molino de martillos, el material molido, se encostaló y se mantuvo así resguardado hasta el inicio del experimento en septiembre, 2015.



Figura 2. Follaje de *Cratylia argentea* seco y fresco.

Cada año la empresa Citrex® genera bagazo de cítricos, resultante del procesamiento de la extracción de jugo; este es utilizado para la complementación de los ovinos del Módulo, el cual se mantiene conservado en montones al aire libre. El bagazo utilizado para el presente experimento, tenía 5 meses de conservación en potrero (Figura 3).



Figura 3. Bagazo de cítricos conservado en potrero.

3.3.4. Dietas experimentales

Los tratamientos experimentales, se formularon con base en MS y fueron los siguientes: 1) 100% de heno *Brachiaria* sp. (Dieta testigo); 2) 70% de heno de *Brachiaria* sp., 20% de *C. argentea* y 10% de bagazo de cítricos; y 3) 70% de heno de *Brachiaria* sp., más 30% de alimento concentrado. Las dietas se ofrecieron a razón del 4% del peso vivo (PV, kg) de los animales y se ajustaron cada 15 días.

Los ingredientes del tratamiento 2 y 3 se pesaron y mezclaron diariamente, se ofrecieron tres veces al día (8, 12 y 17 horas), con el fin de estimular el consumo por los animales y evitar el desperdicio del alimento. Todos los animales tuvieron libre acceso a agua y a una premezcla de sales minerales a razón de 15 a 20 g/corral/día.

3.3.5. Periodo experimental

El experimento inició el 10 de septiembre y finalizó el 2 diciembre del 2014, tuvo una duración de 12 semanas (84 días), dividido en tres periodos de 4 semanas cada uno. Los ovinos

provenían de potrero, por lo cual, al inicio del experimento se les dio una semana previa de adaptación a las condiciones de alojamiento y al consumo de alimento en comedero.

3.3.6. Mediciones

Para estimar el consumo voluntario en base húmeda (BH), se pesó diariamente el alimento ofrecido y rechazado, calculando el consumo por diferencia. Asimismo, para estimar el peso vivo (PV, kg/UE y kg/cordero) y la ganancia diaria de peso (GDP, g/cordero/día) el último día de cada periodo se pesaron individualmente los ovinos, previo ayuno de 14 a 16 horas de alimento y agua.

Los cinco últimos días de cada periodo se muestrearon las dietas ofrecidas y rechazadas de cada unidad experimental con la finalidad de determinar la calidad nutritiva de las mismas. Las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 60°C/72 h, para obtener inicialmente el porcentaje de MS; luego se procesaron en un molino Wiley modelo 4 con criba de dos mm; de cada muestra diaria se obtuvo una alícuota de 20%, las cuales se mezclaron y almacenaron en bolsas de plástico para su posterior análisis de materia orgánica (MO, %), cenizas (CEN, %), proteína cruda (PC = [N] x 6.25,%) por el método de Kjeldahl (AOAC, 1980), fibra por detergente neutro (FDN,%), fibra por detergente ácido (FDA, %) y lignina – H₂SO₄ (LIG, %) (Van Soest, *et al.*, 1991) utilizando un analizador de fibras ANKOM 200[®], así como energía bruta utilizando la bomba calorimétrica de Parr.

Con los datos generados en el pesaje, y el análisis de MS de las muestras se calculó el CMS del animal; expresándose este como: CMS kg/PV/día y CMS kg/peso metabólico (PV^{0.75})/día. La GDP, se calculó por periodos (28 días c/u), obteniéndose de la siguiente manera:

$$GDP \text{ (kg/cordero/día)} = \frac{PV \text{ inicial} - PV \text{ final}}{28 \text{ días}}$$

La conversión alimenticia (CAL), se calculó de la forma siguiente:

$$CAL \text{ (kg de MS/kg de GDP)} = \frac{CMS \text{ kg/día}}{GDP \text{ (kg)}}$$

3.3.7. Diseño experimental y análisis de datos

Las variables de respuesta fueron: Peso vivo (PV, kg), ganancia diaria de peso (GDP, kg/día), consumo de materia seca (CMS, g MS/kg de peso vivo (PV) y por kg de peso metabólico (PV^{0.75})) y conversión alimenticia (CAL, kg MS/kg GDP), expresadas por animal. Las variables de respuesta medida en los animales y aquellas derivadas del análisis nutritivo de los alimentos se evaluaron con el siguiente modelo mixto:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_j + T_k + P_l + (S*T)_{jk} + (S*P)_{jl} + (T*P)_{kl} + (S*T*P)_{jkl} + \epsilon_{ijkl};$$

Y_{ijkl} : Es la variable de respuesta medida en la i-ésima unidad experimental, perteneciente al j-ésimo sexo (j = macho, hembra), que recibió el k-ésimo tratamiento (k = T1, T2, T3), y se pesó en el l-ésimo periodo (l = P1, P2, P3).

M: Es la media general común a todas las observaciones.

S_j : Es el efecto principal del j-ésimo sexo.

T_k : Es el efecto principal del k-ésimo tratamiento.

P_l : Es el efecto principal del l-ésimo periodo.

$(S*T)_{jk}$: Es el efecto combinado (interacción) del sexo y el tratamiento.

$(S*P)_{jl}$: Es el efecto combinado (interacción) del sexo y el periodo.

$(T*P)_{kl}$: Es el efecto combinado (interacción) del tratamiento y el periodo.

$(S*T*P)_{jkl}$: Es el efecto combinado (interacción) del sexo, el tratamiento y el periodo.

ϵ_{ijkl} : Error experimental común a todas las observaciones (N, I; $\mu = 0, \sigma = 1$).

El análisis estadístico se realizó con PROC MIXED (SAS, 2010; V 9.22) utilizando como medición repetida al periodo y el individuo o unidad experimental fue la corraleta anidada dentro de cada combinación de sexo x tratamiento. El primer análisis comparó ocho estructuras de covarianza: Simple; simetría compuesta (CS); no estructurada (UN); autorregresiva de primer orden (AR(1)); autorregresiva con varianzas heterogéneas (ARH (1)); media móvil autorregresiva (ARMA (1,1)); antedependencia (ANTE (1)) y toeplitz (TOEP);

empleando como criterio de bondad de ajuste a la covarianza los cuatro estadísticos: $-2RLL$, criterio de información de Akaike (AIC), AIC corregido para muestras finitas (AICc) y criterio de información bayesiano (BIC), seleccionando la estructura que en conjunto presentara los valores menores.

Las estructuras que describieron mejor los datos fueron: AR (1) para peso vivo (PV) y consumo de materia seca con base en PV; ARH (1) para CMS con base en $PV^{0.75}$; finalmente ARMA (1,1) para GDP y CAL. Para la variable conversión alimenticia (CAL) se transformaron los datos a ARCOSENO $[(1/CAL)^{0.5}]$ para eliminar la información biológicamente incoherente obtenida de aquellas unidades experimentales donde no hubo ganancia de peso, sino pérdida y además, normalizar la distribución de la misma. Las medias de cuadrados mínimos se compararon con una prueba de “t”.

Las variables derivadas del análisis nutritivo de los alimentos se evaluaron siguiendo el mismo procedimiento anterior, utilizando dos estructuras más de covarianza: Huynh-Feldt (HF) y Simetría Compuesta Heterogénea (CSH); siendo las estructuras que mejor describieron los componentes de las dietas ofrecidas y rechazadas respectivamente: ARMA (1,1) y AR (1) para proteína cruda (PC %), ANTE (1) y ARH (1) para fibra en detergente neutro (% FDN), HF y ARMA (1,1) para fibra en detergente ácido (% FDA), ARMA (1,1) y CSH para lignina (% LIG) y, HF y TOEP para energía bruta (EB, kcal/g). Los datos del porcentaje de proteína cruda (PC) se transformaron a ARCOSENO $[PC/100]$, para normalizar los valores de la variable.

Mientras que las estructuras que describieron mejor los consumos por unidad de peso vivo y peso metabólico (g MS/kg PV y $PV^{0.75}$) de las variables anteriores fueron: AR (1) para proteína cruda y fibra en detergente ácido; ARH (1) para fibra en detergente neutro; ARMA (1,1) para lignina y HF para energía (kcal/g MS).

3.4. RESULTADOS

3.4.1. Variables derivadas del cordero

Los efectos del modelo que resultaron estadísticamente significativos ($P \leq 0.05$) fueron: el periodo para la variable peso vivo (PV); el tratamiento para la ganancia diaria de peso (GDP) y

conversión alimenticia (CAL); y el tratamiento y periodo para el consumo de materia seca (CMS) por unidad de peso vivo y peso metabólico (Cuadro 1).

Cuadro 1. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 3 del modelo sobre las diferentes variables de respuesta del cordero.

Efecto	Variable de respuesta ¹				
	PV	CMSPV	CMSPM	GDP	CAL ³
S ²	0.2094	0.2808	0.0657	0.2117	0.7466
T	0.2192	0.0122	0.0013	0.0263	0.0619
P	<.0001	0.0013	0.0004	0.7810	0.5230
S x T	0.9517	0.5314	0.3575	0.1410	0.3020
S x P	0.2834	0.6599	0.5390	0.5850	0.2062
T x P	0.2891	0.6608	0.6146	0.5289	0.3979
S x T x P	0.3305	0.8678	0.8550	0.2226	n. e. ⁴

¹PV = Peso vivo por animal (kg/cordero); CMSPV = Consumo de materia seca por kg de peso vivo por animal (g/kg PV); CMSPM = Consumo de materia seca por kg de peso metabólico por animal (g/kg PV^{0.75}); GDP = Ganancia diaria de peso por animal (kg/cordero/día); CAL = Conversión alimenticia por animal (kg MS/kg PV animal).

²S = Sexo, T = Tratamiento, P = Periodo.

³Datos transformados a $\text{ARCOSENO}[(1/\text{CALANM})^{0.5}]$ para normalizar la distribución de esta variable.

⁴n. e. = no estimable porque se eliminaron datos biológicamente incoherentes ($\text{CAL} < 0$) para Conversión Alimenticia.

3.4.1.1 Peso

El efecto del periodo de medición fue estadísticamente significativo ($P \leq 0.05$) para la variable de respuesta peso, siendo el orden de menor a mayor $P1 < P2 < P3$. Mientras que para el resto de las variables no existió diferencia significativa ($P > 0.05$) (Cuadro 2).

3.4.1.2. Consumo de materia seca

Fue diferente ($P \leq 0.05$) el consumo de materia seca (CMS, g MS/kg PV) para el efecto del tratamiento, siendo superior para el T2 y el T3 con respecto al T1; mientras que para el efecto del periodo fue inferior el consumo en el P1 con respecto al P2 y P3 que no difirieron entre sí ($P > 0.05$).

Mientras que para el CMS con base en el peso metabólico (g MS/kg PV^{0.75}), el efecto del periodo y tratamiento fueron diferentes ($P \leq 0.05$) siguiendo el orden: $P1 < P2 < P3$, y $T1 < T2 < T3$ g MS/kg PV^{0.75} (Cuadro 2).

3.4.1.3. Ganancia diaria de peso

En el Cuadro 2 se muestra que el efecto del tratamiento sobre la ganancia diaria de peso (kg/cordero/día), fue superior ($P \leq 0.05$) con el T3 comparado con el T1 y el T2. El efecto del periodo y sexo no fueron significativos.

3.4.1.4. Conversión alimenticia

La mejor conversión alimenticia fue la del T3 que fue ($P \leq 0.05$) más eficiente por casi dos veces que el T1 y T2 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los efectos principales tratamiento, periodo y sexo del cordero.

Efectos	Variable de respuesta ¹				
	PV (kg)	CMSPV (g MS/kg PV)	CMSPM (g MS/kg PV ^{0.75})	GDP (kg/cordero /día)	CAL (kg MS/kg PV)
Tratamiento²					
T1	24.7	28.1 ^{b3}	62.7 ^c	0.03 ^b	22.8 ^a
T2	25.3	31.0 ^a	69.5 ^b	0.02 ^b	25.5 ^a
T3	26.9	32.8 ^a	74.7 ^a	0.06 ^a	13.5 ^b
Periodo					
1	24.7 ^c	29.3 ^b	65.3 ^c	0.04	17.0
2	25.6 ^b	31.1 ^a	69.9 ^b	0.03	23.2
3	26.6 ^a	31.5 ^a	71.6 ^a	0.04	18.9
Sexo					
Machos	26.3	31.1	70.5	0.04	20.1
Hembras	25.0	30.1	67.4	0.03	18.4
EEM⁴	0.3	0.4	1.1	0.005	31.5

¹ PV = Peso vivo por animal (kg/cordero); CMSPV = Consumo de materia seca por kg de peso vivo por animal (g/kg PV); CMSPM = Consumo de materia seca por kg de peso metabólico por animal (g/kg PV^{0.75}); GDP = Ganancia diaria de peso por animal (kg/cordero/día); CAL = Conversión alimenticia por animal (kg MS/kg PV animal).

² T1 *Brachiaria* sp; T2 *Brachiaria* sp + *Cratylia argentea* + bagazo de cítrico; T3 *Brachiaria* sp + concentrado comercial.

³ Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a $P \leq 0.05$.

⁴ EEM = error estándar de la media.

3.4.2. Composición química y consumo de las dietas

En el Cuadro 3 se muestran que para la mayoría de las variables derivadas del análisis del alimento ofrecido y rechazado fueron diferentes ($P \leq 0.05$) los efectos del periodo, tratamiento y en el caso de la FDA en las dietas rechazadas el efecto del sexo.

Cuadro 3. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 3 del modelo sobre las variables de respuesta derivadas del análisis de las dietas ofrecidas y rechazadas.

Efecto	Variable de respuesta ¹									
	PC		FDN		FDA		LIG		ENERGÍA	
	OFR ²	RCH	OFR	RCH	OFR	RCH	OFR	RCH	OFR	RCH
S³	0.6722	0.1312	0.8455	0.3291	0.4863	0.0020	0.7669	0.1294	0.6050	0.2045
T	0.0021	0.0130	0.0437	0.7511	<.0001	0.0002	0.0175	0.0237	0.0997	0.1179
P	0.0143	0.1973	0.0316	0.0197	0.0212	0.0001	0.0222	0.0337	0.8768	0.0190
S x T	0.5278	0.4913	0.4770	0.3699	0.9777	0.3356	0.4185	0.5282	0.9951	0.0600
S x P	0.0938	0.5225	0.9256	0.6026	0.5493	0.7176	0.5606	0.2428	0.9944	0.0700
T x P	0.4976	0.2470	0.9533	0.5963	0.9997	0.6129	0.5538	0.3914	0.6312	0.2861
SxTxP	0.7791	0.4740	0.7298	0.6224	0.9799	0.0664	0.8751	0.0856	0.9754	0.1821

¹ PC = Proteína cruda (%); FDN = Fibra en detergente neutro (%); FDA = Fibra en detergente ácido (%); LIG = Lignina (%); EB = Energía bruta (kcal/g).

² OFR = dieta ofrecida; RCH = dieta rechazada.

³ S = Sexo, T = Tratamiento; P = Periodo.

En el Cuadro 4 se muestra el (g MS/kg PV y PV^{0.75}) de los diferentes nutrimentos de las dietas, fue diferente ($P \leq 0.05$) el efecto del periodo para: PC, FDN y energía; y el efecto del tratamiento para: PC, FDA y energía (Cuadro 4).

Cuadro 4. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 3 del modelo sobre el consumo de PC, FDN, FDA, LIG y energía (kcal/g) por unidad de peso vivo (g MS/kg PV) y por unidad de peso metabólico (g MS/kg PM).

Efecto	Variable de respuesta ¹									
	CPC		CFDN		CFDA		CLIG		CENE	
	PV ²	PM	PV	PM	PV	PM	PV	PM	PV	PM
S³	0.7964	0.6057	0.6857	0.5784	0.3826	0.1739	0.5950	0.4633	0.1572	0.0179
T	0.0028	0.0017	0.2558	0.2937	0.0172	0.0126	0.0304	0.0243	0.0064	0.0004
P	0.0038	0.0023	0.0081	0.0060	0.4063	0.5807	0.0895	0.1714	0.0048	0.0008
S x T	0.5906	0.5436	0.3415	0.3323	0.7123	0.6180	0.8520	0.8130	0.5755	0.3258
S x P	0.2230	0.2021	0.3995	0.3236	0.6667	0.7203	0.3566	0.3073	0.9048	0.9234
T x P	0.6463	0.6434	0.5847	0.5644	0.9175	0.9357	0.2535	0.2726	0.8601	0.9438
S x T x P	0.7223	0.6995	0.5793	0.5705	0.9853	0.9933	0.8923	0.8812	0.9743	0.9590

¹ CPC = Consumo de proteína cruda (g MS); CFDN= consumo de fibra en detergente neutro (g MS), CFDA= consumo de fibra en detergente ácido (g MS), CLIG = consumo de lignina (g MS); CENE = Consumo energía (kcal/g MS); PV= peso vivo (kg), PM= peso metabólico (kg).

² PV= Peso vivo; PM = Peso metabólico.

³ S = Sexo, T = Tratamiento; P = Periodo.

3.4.2.1. Contenido y consumo de proteína cruda

En las dietas ofrecidas el contenido promedio de PC fue ($P \leq 0.05$) inferior en el T1 con respecto al T2 y T3 que fueron iguales ($P > 0.05$). Mientras que en las rechazadas el % PC fue superior en el T2 con respecto al T1 y T3. Por otro lado el efecto del periodo influyó en el contenido promedio de PC, siendo inferior en las dietas del P1, comparadas con las ofrecidas en P2 y P3, lo cual se reflejó de la misma forma en el consumo del nutrimento (Cuadro 5).

Cuadro 5. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los efectos principales tratamiento, periodo y sexo del cordero, para el contenido de proteína cruda (PC) de las dietas ofrecidas y rechazadas; y el consumo de PC g/kg de peso vivo (PV) y g/kg de peso metabólico (PM = $PV^{0.75}$).

Factor	Proteína Cruda (%) de la dieta		Consumo de PC (g/kg)		
	Ofrecida	Rechazada	PV	PM	
Tratamiento¹					
1	7.8 ^{b2}	5.2 ^b	2.5 ^b	5.6 ^b	
2	10.0 ^a	6.3 ^a	3.4 ^a	7.6 ^a	
3	10.3 ^a	4.7 ^b	3.7 ^a	8.5 ^a	
Periodo					
1	8.5 ^b	5.1	2.8 ^b	6.2 ^b	
2	9.8 ^a	5.4	3.4 ^a	7.7 ^a	
3	9.8 ^a	5.6	3.4 ^a	7.8 ^a	
Sexo					
Machos	9.3	5.1	3.2	7.3	
Hembras	9.4	5.6	3.2	7.1	
EEM³		0.002	0.001	0.119	0.278

¹ T1 *Brachiaria* sp; T2 *Brachiaria* sp + *Cratylia argentea* + bagazo de cítrico; T3 *Brachiaria* sp + concentrado comercial.

² Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a $P \leq 0.05$.

³ EEM = error estándar de la media.

3.4.2.2. Contenido y consumo de fibra en detergente neutro

El promedio del contenido de fibra en detergente neutro (FDN) fue ($P \leq 0.05$) menor en el T3 ofrecido con respecto a los tratamientos 1 y 2 que fueron iguales ($P > 0.05$). El efecto del periodo fue inferior ($P \leq 0.05$) en el P1 con respecto al P2 y P3 que fueron iguales ($P > 0.05$), por ende el consumo (g/kg de PV y g/kg de PM) se comportó de la misma forma. Y en las dietas rechazadas en el P2 fue diferente ($P \leq 0.05$) el % FDN comparado con el P3, pero fue igual al P1 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los efectos principales tratamiento y periodo, para el contenido de fibra en detergente neutro (FDN), de las dietas ofrecidas y rechazadas; y el consumo de FDN en g/kg de peso vivo (PV) y g/kg de peso metabólico (PM = $PV^{0.75}$).

Factor	FDN de la dieta (%)		Consumo de FDN	
	Ofrecida	Rechazada	PV	PM
Tratamiento¹				
1	69.5 ^{a2}	78.5	18.7	41.9
2	66.5 ^a	77.6	19.8	44.5
3	54.6 ^b	80.4	16.2	37.1
Periodo				
1	51.2 ^b	75.4 ^{ab}	13.4 ^b	29.9 ^b
2	69.9 ^a	81.7 ^a	20.8 ^a	46.8 ^a
3	69.4 ^a	79.5 ^b	20.6 ^a	46.8 ^a
EEM³	2.3	1.4	0.9	2.0

¹ T1, *Brachiaria* sp; T2, *Brachiaria* sp + *Cratylia argentea* + bagazo de cítrico; T3, *Brachiara* sp + concentrado comercial.

² Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a $P \leq 0.05$.

³ EEM = error estándar de la media.

3.4.2.3. Contenido y consumo de fibra en detergente ácido

En el Cuadro 7, se muestra que el contenido de FDA (%) fue mayor ($P \leq 0.05$) en el T1 con respecto al T2 y T3, mientras que en las dietas rechazadas el porcentaje en el T3 fue mayor con respecto al T1 y T2.

En las dietas ofrecidas y rechazadas fue superior ($P \leq 0.05$) el contenido de FDA en el último periodo experimental comprado con los dos primeros. Y en las dietas rechazadas de los corderos fue mayor el porcentaje con respecto al residual de las corderas.

El consumo del tratamiento 3 fue menor con respecto a los tratamientos 1 y 2. Sin embargo, el consumo no difirió en el transcurso del estudio (Cuadro 7).

Cuadro 7. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los efectos principales tratamiento, periodo y sexo, para el contenido de fibra en detergente neutro (FDA), de las dietas ofrecidas y rechazadas; y el consumo de FDA en g/kg de peso vivo (PV) y g/kg de peso metabólico (PM = $PV^{0.75}$).

Factor	FDA de la dieta (%)		Consumo de FDA	
	Ofrecida	Rechazada	PV	PMET
Tratamiento¹				
1	44.5 ^{a2}	49.8 ^b	11.9 ^a	26.6 ^a
2	42.3 ^b	49.3 ^b	12.5 ^a	28.0 ^a
3	35.5 ^b	51.2 ^a	10.6 ^b	24.0 ^b
Periodo				
1	42.5 ^a	51.1 ^a	11.8	26.2
2	40.6 ^a	50.4 ^a	11.9	26.7
3	39.2 ^b	48.7 ^b	11.4	25.8
Sexo				
Machos	40.5	50.6 ^a	11.8	26.8
Hembras	41.1	49.5 ^b	11.5	25.7
EEM³	0.8	0.3	0.2	0.4

¹ T1, *Brachiaria* sp; T2, *Brachiaria* sp + *Cratylia argentea* + bagazo de cítrico; T3, *Brachiaria* sp + concentrado comercial.

² Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a $P \leq 0.05$.

³ EEM = error estándar de la media.

3.4.2.4. Contenido y consumo de lignina

El contenido de lignina (LIG %) en las dietas ofrecidas fue el mismo ($P > 0.05$) durante el P1 y el P2, pero superiores ($P \leq 0.05$) con respecto al P3; para las dietas rechazadas fue mayor ($P \leq 0.05$) el promedio durante el P2 comparados con el P1 y P3 que fueron estadísticamente iguales ($P > 0.05$). La dieta 2, tanto ofrecida como rechazada, presentó mayor % de lignina que las dietas 1 y 3 ($P > 0.05$); lo cual se reflejó en el consumo de la misma (Cuadro 8).

Cuadro 8. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los efectos principales tratamiento y periodo, para el contenido de lignina (LIG), de las dietas ofrecidas y rechazadas; y el consumo de LIG en g/kg de peso vivo (PV) y g/kg de peso metabólico (PM = $PV^{0.75}$).

Factor	Lignina de la dieta (%)		Consumo de lignina	
	Ofrecida	Rechazada	PV	PM
Tratamiento¹				
1	9.8 ^{ab2}	10.0 ^b	2.7 ^b	6.0 ^b
2	10.6 ^a	11.2 ^a	3.4 ^a	7.6 ^a
3	8.4 ^b	10.2 ^b	2.5 ^b	5.7 ^b
Periodo				
1	10.1 ^a	10.6 ^b	2.9	6.5
2	9.8 ^a	10.9 ^a	2.9	6.6
3	9.0 ^b	9.9 ^b	2.7	6.2
EEM³	0.2	0.2	0.08	0.2

¹ T1, *Brachiaria* sp; T2, *Brachiaria* sp + *Cratylia argentea* + bagazo de cítrico; T3, *Brachiaria* sp + concentrado comercial.

² Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a $P \leq 0.05$.

³ EEM = error estándar de la media.

3.4.2.5. Contenido de energía bruta y consumo

En las dietas rechazadas el contenido de energía bruta (EB, kcal/g) ($P \leq 0.05$) fue mayor en el P2 en comparación con el P1 y P3. El efecto del periodo y tratamiento fueron significativos ($P \leq 0.05$) para el consumo de kcal por unidad de peso vivo y peso metabólico, siendo inferior en el P1 y T1 comparado con el P2, T2 y P3, T3 que fueron iguales ($P > 0.05$) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los efectos principales tratamiento, periodo y sexo del cordero, para el contenido de energía bruta (EB, kcal/kg) de las dietas ofrecidas y rechazadas, y kcal consumidas por kg de PV y $PV^{0.75}$ (PM).

Factor	Energía bruta (kcal/g) de la dieta		Consumo de kcal/día	
	Ofrecida	Rechazada	PV	PM
Periodo ¹				
1	3.85	3.87 ^{b2}	1.13 ^b	2.51 ^b
2	3.86	3.92 ^a	1.20 ^a	2.69 ^a
3	3.85	3.85 ^b	1.22 ^a	2.76 ^a
Tratamiento				
1	3.85	3.87	1.08 ^b	2.41 ^b
2	3.89	3.87	1.21 ^a	2.72 ^a
3	3.82	3.91	1.24 ^a	2.84 ^a
Sexo				
Machos	3.86	3.89	1.20	2.72
Hembras	3.85	3.87	1.16	2.59
EEM ³	0.011	0.011	0.017	0.041

¹ T1 *Brachiaria* sp; T2 *Brachiaria* sp+ *Cratylia argentea* + bagazo de cítrico; T3 *Brachiaria* sp+ concentrado comercial.

² Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a $P \leq 0.05$.

³ EEM = error estándar de la media.

3.5. DISCUSIÓN

Allison (1985) reportó que la suplementación proteínica favorece la actividad microbiana ruminal, incrementando la digestibilidad, la velocidad de pasaje de la digesta y por ende el consumo. Asimismo, afirma que la adición de carbohidratos de fácil digestión provoca una disminución en el CMS del forraje. En términos generales los glúcidos estructurales constituyen alrededor de 75% de la MS de los forrajes y sus componentes de más importancia son la celulosa (20 a 30%), las hemicelulosas (14 a 17%), pectinas (10%) y lignina (10%). Las pectinas son escasas en los pastos pero abundantes en las leguminosas así como en el bagazo de cítricos (Shimada, 2003; Cruz, 2012).

En términos generales el CMS (g/kg PV), de las dietas con complementación (T2 y T3), fue mayor con respecto a la dieta testigo, en tanto que el CMS con base en peso metabólico (g/kg PV^{0.75}) siguió en orden descendente: T3 > T2 > T1. El mayor consumo del T2 con respecto a T1 coincidió con lo informado por Wilson y Lascano (1997) quienes realizaron un estudio con ovinos en jaulas metabólicas alimentados con *Brachiaria dictioneura* y hojas frescas de *C. argentea* en las proporciones 100:0, 90:10, 80:20 y 60:40, obteniendo consumos de 21.6, 23.5, 24.7 y 25.5 g/kg PV respectivamente, representando un aumento de 18% de CMS al incrementar la leguminosa del 0% a 40% de la dieta. Por otra parte, el presente estudio obtuvo consumos mayores a los encontrados por esos autores, que fueron de 28.1 g/kg PV para T1 y 31 g/kg PV para T2. Tal diferencia probablemente se debió a la adición del bagazo de cítricos y al proceso de molido y secado empleado para conservación de la leguminosa, lo cual coincide con Raaflaub y Lascano (1995), quienes informaron que existió un mayor CMS de *C. argentea* madura y seca, con respecto a la inmadura y fresca, probablemente debido a la presencia de factores antinutricionales en las hojas jóvenes.

También, las propiedades físicas y químicas del forraje, como un elevado contenido de fibras y lignina deprimen el consumo voluntario por la resistencia del forraje a ser degradado por la masticación durante la comida y rumia, así como por el volumen limitado del retículo - rumen, de lo cual dependerá la velocidad de paso así como la absorción de la digesta (Minson, 1990; Allison, 1985). El menor consumo de los T1 y T2 con respecto al T3 se puede explicar por el mayor contenido de fibras producto, en la primera de una dieta exclusiva de gramínea en las

dietas y en la segunda de ingredientes con alto contenido fibroso (leguminosa, bagazo y gramínea), en cambio, en el T3 la inclusión de 30% alimento concentrado, contribuyó a diluir el contenido de fibra.

En los T1 y T2, se encontraron valores mayores de FDN y menores de FDA a lo reportado por Wilson y Lascano (1997) que informaron contenidos decrecientes de 63.7, 60.1, 58.6 y 54.3% de FDN, y 59.0, 53.8, 50.6 y 45.2% de FDA al ir disminuyendo la inclusión de *B. dictioneura*, contrario a los valores de 69.5 y 66.5% de FDN en T1 y T2 respectivamente, así como de 44.5 (T1) y 42.3% (T2) de FDA del presente estudio. Estos mismos autores mencionaron que gran parte de la fibra de cratylia fue responsable de la baja digestibilidad de la dieta, puesto que conforme aumentó el contenido de la leguminosa aumentó la concentración de compuestos indigestibles, lo cual explicaría en parte la baja ganancia de peso de los corderos del presente experimento.

Asimismo, existió un aumento en el CMS (g/kg PV) de las dietas con complementación durante el P2 y P3 con respecto al P1, y el CMS (g/kg PV^{0.75}) se comportó en la misma forma siendo P3 > P2 > P1, esto se puede explicar por el comportamiento y adaptación de los corderos a las dietas a lo largo del estudio. Shimada (2003) reportó que el sabor, aroma y textura tienen un efecto importante, afectando la gustosidad, selectividad y por ende el consumo de los ingredientes, lo cual coincide con lo reportado por Raaflaub y Lascano (1995), que informaron que el proceso de aprendizaje acentuó la preferencia de *C. argentea* seca y existió un mayor consumo voluntario en ovinos con experiencia previa (85%) con respecto a los animales que no habían tenido experiencia a la oferta de la leguminosa (67%). Lo anterior también explica el mayor contenido de FDN, FDA y lignina que presentó el material residual de las dietas con respecto a aquel inicialmente ofrecido, resultado de la selectividad del alimento.

A pesar de que existió una relación recíproca entre el CMS y el peso vivo de los corderos en el transcurso del experimento (P1 < P2 < P3), las GDP (kg/cordero/día) fueron iguales para los tres periodos, sin embargo fue superior para el T3 (65 g/día) con respecto al T2 (24 g/día) y T1 (32 g/día). Sin embargo, las ganancias de peso se encuentran por debajo a lo reportado por distintos autores. González y colaboradores (2002) reportaron GDP promedio de 88 ± 2 g/día para corderos Blackbelly alimentados con praderas de pasto pangola y alimento concentrado

(14% PC), llegando a un peso final de 22.6 ± 4.4 kg/PV. Otro estudio con ovinos Kathadin x Pelibuey con peso inicial de 17 ± 3 kg PV alimentados con dieta base de caña de azúcar fermentada con 30% de inclusión de grano de maíz, reportó GDP de 61 ± 13 g/día para llegar a un peso final de 24.8 kg (Godínez, 2014). González *et al.* (2011), reportaron ganancias en corderos Pelibuey alimentados con una dieta a base de pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) y complementada: con bloques nutricionales de 80 ± 60 g/día; con alimento con pasta de coco de 60 ± 30 g/día, con chícharo gandul (*Cajanus cajan*) de 30 ± 20 g/día y con pasta de coco de 90 ± 30 g/día.

El NRC (2006) señala que para corderos de 20 kg PV obtengan una GDP de 100 g, necesitan un aporte de 73 g/día de PC. Las dietas del presente estudio aportaron suficiente PC para cubrir los requerimientos. Siendo las dietas 2 y 3 las que aportaron mayor cantidad de PC, lo cual es consecuencia de los ingredientes utilizados en cada tratamiento. Sin embargo, en el T1, a pesar de ser 100% *Brachiaria* spp, se encontró un mayor contenido de PC (7.8 ± 0.002) en comparación con diferentes estudios que informaron: 6.4%, 6.2% PC para *B. arrecta* y 6.9% PC para *B. dictioneura* (Fragoso, 2016; González, 2014; Wilson y Lascano, 1997), lo cual se puede explicar por el uso de la mezcla de pacas de heno nuevo y viejo. A pesar de que el T2 y T3 aportaron la misma cantidad de proteína, y cubrían los requerimientos del cordero, no hubo la GDP esperada, lo cual puede deberse al bajo consumo de la dieta, a una baja digestibilidad de la PC y/o a una falta de energía, lo cual pudo conllevar a un balance negativo de nitrógeno. Wilson y Lascano (1997) reportaron que a medida que aumentaba el consumo de N se observaba una disminución de N bacteriano y aumento de NH_3 en rumen, asociado a una deficiencia de energía a nivel ruminal. Por lo cual, una opción es elevar los niveles de inclusión de cratilia en la dieta en conjunto con el bagazo de cítricos, para mejorar la disponibilidad y digestibilidad de los nutrimentos, y poder obtener resultados favorables en el comportamiento productivo del animal.

En el material rechazado se encontró mayor contenido de PC en el T2 con respecto a los T1 y T3, esto debido a la inclusión de cratilia, de la cual existía más desperdicio en comparación con el alimento concentrado, que fue nulo.

La mejor conversión alimenticia (CAL) se obtuvo con el T3 (13.47 kg MS/kg GDP). Sin embargo, este valor se encuentra por arriba de la conversión esperada en ovinos

complementados con alimento concentrado, lo anterior puede ser explicado por la baja digestibilidad de los nutrientes de las dietas; González y colaboradores (2011), encontraron CAL de 9 y 10 kg MS/kg GDP obtenida con una dieta a base de pasto Taiwán complementado con pasta de coco, ingrediente que aportaba 22.7% PC, casi el mismo aporte promedio (22% PC) del alimento utilizado en el presente experimento; así mismo reporta las siguientes CAL: 14.4, 19.2 y 35.2 kg MS/kg PV, en dietas complementadas: con bloques nutricionales, alimento con pasta de coco y con chícharo gandul respectivamente.

3.6. CONCLUSIÓN

La inclusión al 20% de la leguminosa y 10% de bagazo de cítricos a la dieta básica no produjo resultados favorables sobre los parámetros productivos evaluados: ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, en los corderos Pelibuey en crecimiento.

Hubo mayor consumo de proteína cruda y energía con las dietas complementadas (T2 y T3) con respecto a la dieta básica de heno de *Brachiaria* sp.

La dieta complementada con el alimento comercial tuvo mayor consumo, mejor ganancia de peso y por ende mejor conversión alimenticia con respecto al T1 y T2, en las variables productivas evaluadas de los corderos Pelibuey en crecimiento.

Aunque *C. argentea* es una buena opción como complemento proteico, dada la resistencia a la época de secas, y a lo largo del experimento se observó buena aceptación por parte de los corderos, se sugiere realizar más estudios para conocer su calidad nutricional, a diferentes edades, entre ellos la evaluación de la digestibilidad de sus nutrimentos, para así mejorar el manejo de la planta y la complementación en la dieta de los animales.

3.7. REFERENCIAS

A.O.A.C. Official Methods of Analysis (1984). 13 ed, Association of Analytical Chemists, Inc., Virginia.

Allison, C. (1985). *Factors Affecting Forage Intake by Range Ruminants: A Review*. Journal of Range Management, 38(4), pp.305-311.

Argel, P.J., Giraldo, G., Peters, M., Lascano EC. (2002). *Producción artesanal de semillas de cratylia (Cratylia argentea) accesiones CIAT 18516 y 18668*, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ); Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).

Avellanada, C., Cabezas, G., Quintana, Z., Luna, M., Montañez, V., Espinoza, G., Zambrano, M., Romero, G., Vanegas, R. y Pinargote, M. (2008). *Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de Brachiaria en diferentes edades de cosecha*. Ciencia y Tecnología, [en línea] 1, pp. 87-94. Disponible en: http://uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_articulo_5.pdf [Consultado 6 agosto 2015].

Castillo-Gallegos, E., Estrada-Flores, J., Valles-De la Mora, B., Castelán-Ortega, O., Ocaña-Zavaleta, E. y Jarillo-Rodríguez, J. (2013). *Rendimiento total de materia seca y calidad nutritiva de hojas y tallos jóvenes de cuatro accesiones de Cratylia argentea en el trópico húmedo de Veracruz, México*, Avances en Investigación Agropecuaria, [en línea] 17(1), pp.79-93. Disponible en: <http://www.uco.mx/revaia/portal/pdf/2013/enero/4.pdf> [Consultado 21 agosto 2016].

Cruz, LC (2012). *Estrategias de alimentación y manejo en praderas para una producción eficiente de ovinos en pastoreo*, ponencia presentada en Segundo Foro de ovinos de pelo, pp. 7-22.

Cuéllar, A (2009). *Perspectivas de la producción ovina en México para el año 2010*, Facultad de Estudios Superiores Cuatitlán-UNAM.

Fragoso, IA (2016). *Consumo voluntario y digestibilidad de Brachiaria spp con Cratylia argentea, Gliricidia sepium y Erythrina sp, en bovinos Cebú x Holstein*. Tesis de Maestría en Ciencias en Nutrición y Alimentación Animal. FMVZ-UNAM, México.

González, AMN (2014). *Consumo de Cratylia argentea por bovinos infectados y no infectados con nematodos gastrointestinales en Veracruz, México*. Tesis de Maestría en Ciencias, FMVZ-UNAM, México.

González, GR., Torres, HG., Arece, GJ. (2011). *Ganancia de peso de ovinos alimentados con pasto Taiwán (Pennisetum purpureum) suplementados con diversas fuentes de proteína*, Avances de Investigación Agropecuaria, 15(3), pp. 3-20.

González, GR., Torres, HG., y Castillo, AM (2002). *Crecimiento de corderos Blackbelly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México*, Veterinaria México [en línea] 33 (oct-dic) Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42333408> [Consultado 14 mayo 2016]

Lara, PE., Canche, MC., Manrrofo, NB., Sangines, JR (2007). *Pastoreo restringido de ovejas Pelibuey en bancos de proteína de morera (Morus alba)*, Pastos y Forrajes, [en línea] 30(2), pp. 267-277. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942007000200007&lng=es&nrm=iso [Consultado 19 septiembre 2015]

Minson, D. (1990). *Forage in ruminant nutrition*. San Diego [u.a.]: Acad. Press.

National Research Council. *Requirements of Small Ruminants Sheep, Goats, Cervids, and new world camelids* (2006). The National Academics Press, Washington.

Pirela, FM (2005). *Manual de Ganadería Doble Propósito: Valor nutritivo de los pastos*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, México [en línea]. Disponible en: http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manualganaderia/seccion3/articulo6s3.pdf [Consultado 14 marzo 2016]

Pizarro, EA., Carvalho, MA. y Ramos AKB (2005). *Introducción y evaluación de leguminosas forrajeras arbustivas en el Cerrado brasileño*. En Pizarro, EA., Coradin, L (Eds). *Potencial del género Cratylia como leguminosa forrajera*, Memorias del taller sobre Cratylia, Cali: CIAT, pp. 40-49.

Raaflaub, M., y Lascano CE (1995). *The effect of wilting and drying on intake rate acceptability by sheep of the shrub legume Cratylia argentea*, Tropical Grasslands, [en línea] 29, pp. 97-101, Disponible http://tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_29_1995/Vol_29_02_95_pp97_101.pdf [Consultado 25 enero 2015]

Rubio, EES., Rodríguez, DP., Reyes, LO., y Buenfila GZ (2004). *Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos*, Técnica Pecuaria México, 42(2), pp. 129-144.

SAS/STAT®. (2010). Cary, NC: SAS Institute Inc.

Shimada, MA (2003). *Nutrición animal*, Trillas, México.

Van Soest, PJ., Robertson, JB., y Lewis BA (1991). *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition*, Journal Dairy Science, 74, pp. 3583-3597

Villanueva, AJF., Bonilla, CJA., Rubio, CV., y Bustamante, GJJ (2004). *Agrotecnia y utilización de Clitoria ternatea en sistemas de producción de carne y leche*, Técnica Pecuaria México, 42(1), pp. 79-96.

Wilson, QT. y Lascano, CE (1997). *Cratylia argentea como suplemento de un heno de gramínea de baja calidad utilizado por ovinos*, Pasturas Tropicales, 19(3), pp. 2-8.

CAPÍTULO IV

EXPERIMENTOS II Y III

4.1. Resumen

Digestibilidad *in vivo* e *in situ* de una dieta a base de *Brachiaria* sp., complementada con *Cratylia argentea* y bagazo de cítricos en corderos pelibuey en crecimiento.

La productividad del rumiante depende del consumo de MS y su digestibilidad, que determinan el nivel de nutrientes utilizables, por lo que al comparar dietas, es importante estimar ambas variables. El proyecto se realizó en el Módulo de Producción Ovina *El Cenizotle* del CEIEGT, FMVZ - UNAM. Los tratamientos fueron: T1) heno de *Brachiaria* sp; T2) heno de *Brachiaria* sp + 20 % de heno de *C. argentea* + 10 % bagazo de cítricos; y T3) heno de *Brachiaria* sp + 30 % alimento comercial, con base en MS. Se realizó una prueba de digestibilidad *in vivo* empleando 6 corderos Pelibuey (3 fistulados al rumen y 3 intactos), de 40.17 ± 5.82 kg PV inicial promedio, alojados en jaulas individuales, en un diseño de cuadrado latino 3 x 3, repetido dos veces. Se presentan resultados ($P \leq 0.05$) para T1, T2 y T3 en ese orden, con su correspondiente EEM en paréntesis. Consumo de MS, 13.4, 25.4 y 30.2 (1.3) g/kg PV; digestibilidad, 28.4, 39.7 y 65.5 (2.3) %; y consumo de MS digestible, 2.7, 9.8 y 18.5 (0.96) g/kg PV. Componentes químicos del alimento ofrecido (%) ($P \leq 0.05$): Proteína cruda (PC), 7.3, 7.9, 9.0 (0.3); fibra en detergente neutro (FDN), 74.9, 77.6 y 68.5 (1.6); fibra en detergente ácido (FDA), 42.5, 45.2 y 39.4 (1.0) y lignina (LIG), 8.4, 11.5 y 8.9 (0.4). Para el rechazo los valores ($P \leq 0.05$) fueron (%): PC, 3.9, 9.2 y 5.0 (0.7); FDN, 83.7, 75.2, 82.7 (1.0); y FDA, 51.1, 44.2 y 51.9 (0.9). Las heces presentaron diferentes (%) ($P > 0.05$) en: LIG, 16.0, 18.1 y 14.8 (0.4); y EB, 3.6, 3.9 y 3.7 (0.04) kcal/g. El líquido ruminal presentó ($P \leq 0.05$) 3.1, 4.1 y 14.1 (1.9) mg/dL de N-amoniaco; y diferente concentración del ácido butírico (mM/L), 3.9, 6.9 y 11.9 (1.3), mientras que la proporción ácido acético y propiónico fue 4:1. La digestibilidad aparente de las dietas fue mayor ($P \leq 0.05$) en todos los nutrimentos analizados en el T3 con respecto a T1 y T2.

4.2. INTRODUCCIÓN

La composición química de un alimento es solamente indicativa de su contenido de nutrientes, mas no de su disponibilidad para el animal (Shimada, 2003). La capacidad de los distintos alimentos para soportar las funciones de mantenimiento y de producción de los animales es sumamente variable y depende de su capacidad para suministrar energía y nutrientes esenciales a los animales que los consumen (Church, 1993). Dado que el potencial productivo de un animal sólo puede expresarse en la medida que sus necesidades de mantenimiento estén cubiertas y quede un excedente disponible para ser transformado en producto (Lachman *et al.*, 2001), es necesario apoyarse de pruebas de digestibilidad para estimar la proporción de nutrientes presentes en la ración que pueden ser absorbidos por el aparato digestivo (Church y Pond, 2010), quedando disponibles para el animal y ser utilizados para su transformación en producto.

Es así como existen diferentes pruebas para determinar la degradabilidad de los alimentos, entre ellas la prueba de digestibilidad *in vivo* que históricamente ha sido utilizada para determinar la degradabilidad aparente de los alimentos, sin embargo, esta técnica no permite cuantificar qué fracción del alimento ha sido degradada en el rumen y qué fracción ha sido degradada en el sistema digestivo posterior. Para ello existe la técnica *in situ* ofrece la posibilidad de estudiar la degradabilidad ruminal de los alimentos a través de la utilización de bolsas de nylon o poliéster suspendidos en el rumen (Huntington y Givens, 1995).

De esta forma se complementó el experimento de comportamiento productivo descrito en el Capítulo III, midiendo los efectos del consumo y digestibilidad de la materia seca y proteína cruda de la dieta base *Brachiaria* sp., complementada con *C. argentea* y bagazo de cítricos, así como el balance de nitrógeno y energía de corderos Pelibuey estabulados.

4.3. MATERIALES Y MÉTODOS

4.3.1. Animales experimentales e instalaciones

Se utilizaron 6 ovinos de raza Pelibuey de 40.17 ± 5.82 kg PV inicial promedio, que se desparasitaron y vacunaron previo al inicio del experimento. Tres de estos animales se encontraban fistulados al rumen y los restantes intactos.

Los corderos se alojaron en jaulas metabólicas individuales, de material estructural de fierro, con piso de madera, bebedero automático y saladero; por la parte inferior de la jaula se ajustaba una rejilla, seguida de una charola del mismo material de la jaula. Las jaulas se situaron dentro de una galera y protegieron lateralmente por lonas de plástico (Figura 4).



Figura 4. Instalaciones para prueba de digestibilidad in vivo.

4.3.2. Dietas experimentales

Los ingredientes y dietas experimentales fueron las mismas utilizadas en el experimento anterior. Las dietas se ofrecieron a razón del 4% del peso vivo (PV, kg) de los animales y se ajustaron al término de cada periodo experimental.

Los ingredientes correspondientes a cada tratamiento se pesaron, mezclaron y homogenizaron diariamente, se ofrecieron 2 veces al día (8 y 17 horas), con el fin de estimular el consumo por los animales y evitar el desperdicio del alimento. Los animales tuvieron libre acceso a agua y a una pre mezcla de sales minerales a razón de 12 g/animal/día.

4.3.3. Periodo experimental

La prueba de digestibilidad *in vivo* tuvo una duración de 42 días (9 julio al 19 agosto de 2015), dividido en tres periodos de 14 días cada uno, los primeros 9 días fueron de adaptación a la dieta y los subsecuentes 5 fueron de medición. Previo al inicio del experimento tuvieron tres semanas de adaptación a las condiciones de alojamiento y manejo.

Finalizado el estudio anterior, se prosiguió con la prueba de digestibilidad *in situ*, utilizando los corderos fistulados, se realizó en 30 días, del 19 agosto al 17 de septiembre de 2015, divididos en 3 periodos de 10 días cada uno, los primeros 7 días de adaptación a la dieta y en los restantes tres se prosiguió con la incubación ruminal.

4.3.4. Mediciones

4.3.4.1. Digestibilidad *in vivo*

Diariamente se pesaron las dietas ofrecidas y rechazadas de cada cordero, por medio de la diferencia de éstas se midió el consumo voluntario de los 5 últimos días de cada periodo de adaptación. Con la información obtenida en los 9 días de adaptación, se restringió la dieta a 90% del consumo total para el periodo de muestreo.

Se tomaron muestras representativas de cada uno de los ingredientes, dietas ofrecidas mezcladas y homogenizadas y del residual de las mismas, lo anterior para estimar la calidad nutritiva. Asimismo, se realizó la colecta total de heces de los 6 animales, mediante el uso de bolsas de lona plastificada sujetadas al cuerpo del animal mediante arneses (Figura 5). En los animales fistulados al rumen se realizó el muestreo de líquido ruminal el último día de cada periodo a las 4 horas post- alimentación, se midió el pH con un potenciómetro, después se mezclaron: 40 ml líquido ruminal más 10 ml de ácido metafosfórico al 25% y 49 ml de líquido ruminal con 1 ml de HCl; posteriormente se mantuvieron en congelación hasta su análisis de ácidos grasos volátiles (AGV's) por cromatografía de gases con un cromatógrafo marca Perkin Elmer Instruments Auto System XL y nitrógeno amoniacal por el método de Kjeldahl (AOAC, 1980) respectivamente.



Figura 5. Colecta de heces mediante el uso de bolsa de lona plastificada.

Las muestras de ingredientes, dietas (ofrecidas y rechazadas) y heces se secaron en una estufa de aire forzado a 60°C por 72 h, para obtener inicialmente el porcentaje de materia seca (MS); posteriormente se procesaron en un molino Wiley modelo 4 con criba de dos mm; de cada muestra diaria se obtuvo una alícuota de 20%, las cuales se mezclaron y almacenaron en bolsas de plástico para su posterior análisis de materia orgánica (MO, %), cenizas (CEN, %), proteína cruda (PC = [N] x 6.25,%) por el método de Kjeldahl (AOAC, 1980), energía bruta (EB, Mcal/kg MS) con una bomba calorimétrica de Parr, fibra por detergente neutro (FDN,%), fibra por detergente ácido (FDA, %) y lignina – H₂SO₄ (LIG, %) (Van Soest *et al.*, 1991) utilizando un analizador de fibras ANKOM 200®.

Al finalizar cada periodo los ovinos se pesaron previo ayuno de alimento y agua por 14 a 16 h, con la finalidad de estimar el peso vivo de cada animal (PV, kg/cordero).

Con los datos generados en el pesaje, y el análisis de MS de las muestras se calculó por diferencia entre lo ofrecido y rechazado el CMS del animal expresado como: kg/PV/día y

kg/PV^{0.75}/día. Mientras que la digestibilidad de la ración y los nutrimentos de las dietas, se calculó de la forma siguiente:

$$\text{Digestibilidad (\%)} = \frac{\text{consumido (g MS/día)} - \text{excretado(g MS/día)}}{\text{consumido (g MS/día)}} * 100$$

4.3.4.2. Digestibilidad *in situ*

Utilizando las alícuotas generadas del muestreo de los ingredientes de la prueba de digestibilidad *in vivo*, se realizó la prueba de digestibilidad *in situ* en seis tiempos: 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas (Ørskov y McDonald, 1979); se pesó 0.8 g de cada ingrediente (16 mg/cm² de área de bolsa) y se colocaron dentro de bolsas de nylon de 10 cm x 5 cm (Mehrez y Ørskov, 1977), para posteriormente ser incubadas en el rumen a los diferentes tiempos (Figura 6).

Pasadas las 72 horas se retiraron del rumen y llevaron al laboratorio para su procesamiento: enjuague y posterior secado en una estufa de aire forzado a una temperatura 60°C por 72 h. Se estimó la pérdida de materia seca de la forma siguiente:

$$\text{Materia seca desaparecida (MS, \%)} = \frac{\text{MS inicial} - \text{MS final}}{\text{MS inicial}} * 100$$

Para calcular después el coeficiente de digestibilidad *in situ* (Ørskov y McDonald 1979).



Figura 6. Prueba de digestibilidad *in situ*.

4.3.5. Diseño experimental y análisis de datos

4.3.5.1. Digestibilidad *in vivo*

Los animales se distribuyeron en un diseño de cuadrado latino (CL) repetido dos veces, siendo el CL1 los animales fistulados al rumen, y el CL2 los ovinos intactos.

Las variables de respuesta fueron: Peso (PV, kg), consumo de materia seca (CMS, g MS/kg de peso vivo (PV) y por kg de peso metabólico ($PV^{0.75}$)) y producción de heces (g/día) expresadas por animal. Dichas variables y las derivadas del análisis nutritivo del alimento se evaluaron con el siguiente modelo lineal y aditivo:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_l + A(S)_{i(l)} + T_j + P_k + (T \times P)_{jk} + \xi_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} : Es la variable de respuesta medida en el i-ésimo animal, que recibió el j-ésimo tratamiento ($j = T1, T2, T3$) en el k-ésimo periodo ($k = P1, P2, P3$) en la l-ésima secuencia de tratamientos ($l = 11, 12, 13$).

μ : Es la media general común a todas las observaciones.

S_l : Es el efecto fijo de la l-ésima secuencia de tratamientos.

T_j : Es el efecto fijo del j-ésimo tratamiento.

P_k : Es el efecto fijo del k-ésimo periodo.

$A(S)_{i(l)}$: Es el efecto aleatorio del i-ésimo animal dentro de la l-ésima secuencia.

$(T \times P)_{jk}$: Es el efecto combinado (interacción) del tratamiento y el periodo.

ξ_{ijkl} : Error experimental común a todas las observaciones, supuesto independiente, normalmente distribuido, con media cero y varianza unitaria ($N, I; \mu = 0, \sigma = 1$).

El análisis estadístico se realizó con el programa PROC MIXED (SAS, 2010; V 9.22) y las medias de cuadrados mínimos se compararon mediante una prueba de “t”.

4.3.5.2. Digestibilidad *in situ*

Se utilizó el modelo exponencial de Ørskov y McDonald (1979):

$$Y_t = a + b (1 - e^{-c \cdot t})$$

Donde:

- Y Es la materia seca degradada al tiempo 't'.
- a Es la ordenada al origen. Representa la fracción altamente soluble o completamente degradable de la MS.
- b Es la diferencia entre 'a' y la asíntota. Representa la fracción insoluble, pero potencialmente degradable de la MS.
- c Es la tasa fraccional constante de degradación de 'b'.
- t Es el tiempo de incubación.

Los datos se analizaron mediante el Software PadPrism V 6.0[®]

4.4. RESULTADOS

4.4.1. Digestibilidad *in vivo* y consumo de materia seca digestible

El Cuadro 10 muestra que las únicas variables para las cuales los efectos directos y residuales de los tratamientos no resultaron diferentes ($P \leq 0.05$) fueron el peso vivo y la producción de heces.

Cuadro 10. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 2 del modelo sobre las diferentes variables de respuesta derivadas del cordero.

Efecto	Variable de respuesta ¹						
	PV	CMS PV	CMS PM	HEC	DIG VIVO	CMSD PV	CMSD PM
Periodo	0.5470	0.6242	0.5337	0.1919	0.3499	0.5491	0.5382
Tratamiento	0.0713	0.0014	0.0045	0.8200	0.0024	0.0024	0.0031
Residual	0.1452	0.0292	0.0805	0.4611	0.0214	0.0272	0.0331

¹ PV = Peso vivo; CMSPV = Consumo de materia seca; CMSPM = Consumo de materia seca peso metabólico; HEC = Producción de heces; DIGVIVO = Digestibilidad *in vivo* de la dieta; CMSDPV = Consumo de materia seca digestible por unidad de peso vivo; CMSDPM = Consumo de materia seca digestible por unidad de peso metabólico.

En el Cuadro 10 y 11 se muestra que el efecto directo del tratamiento fue diferente ($P \leq 0.05$) para el consumo de materia seca expresado tanto en PV como PV^{0.75}, siendo significativamente menor la media de T1 con respecto a las medias de T2 y T3, las cuales fueron similares ($P > 0.05$) entre sí. Por otro lado, la media de digestibilidad (%) del T3 fue mayor ($P \leq 0.05$) a las medias de T1 y T2, que no difirieron entre sí, lo cual llevó a que el consumo de materia seca digestible fuera significativamente ($P \leq 0.05$) distinto entre los tres tratamientos, siendo el orden de mayor a menor, T3 > T2 > T1.

El efecto residual de los tratamientos no fue diferente ($P > 0.05$) para las variables peso vivo, consumo de MS (PV y PV^{0.75}) y producción de heces. Por el contrario, los corderos que recibieron previamente el T3 incrementaron significativamente ($P \leq 0.05$) su digestibilidad en comparación con los que recibieron previamente el T2, en tanto que T1 presentó un efecto residual significativamente igual ($P > 0.05$) a T2 y T3. En cuanto al consumo de MS, el efecto

residual fue significativamente distinto ($P \leq 0.05$) para los tres tratamientos, siguiendo el orden $T3 > T2 > T1$ (Cuadro 11).

Cuadro 11. Comparación de medias con la prueba de 't', para efectos directos y residuales de los tratamientos.

Factor	Variable de respuesta ¹						
	PV	CMS PV	CMS PM	PHEC	DIG	CMSD PV	CMSD PM
Tratamiento²	Efectos directos						
1	42.2	13.4 ^{b3}	34.1 ^b	0.37	28.4 ^b	2.7 ^c	6.8 ^c
2	39.1	25.4 ^a	62.6 ^a	0.38	39.7 ^b	9.8 ^b	24.1 ^b
3	37.4	30.2 ^a	74.6 ^a	0.35	65.1 ^a	18.5 ^a	46.2 ^a
	Efectos residuales						
1	39.8	23.4	58.8	0.37	43.4 ^{ab}	10.7 ^{ab}	26.9 ^{ab}
2	42.1	16.8	42.1	0.39	28.9 ^b	3.9 ^b	9.2 ^b
3	36.8	28.8	70.4	0.33	60.8 ^a	16.5 ^a	40.9 ^a
EEM	1.5	1.3	3.0	0.01	2.3	0.96	2.4

¹ PV = Peso vivo por animal (kg/cordero); CMSPV = Consumo de materia seca por kg de peso vivo por animal (g/kg PV); CMSPM = Consumo de materia seca por kg de peso metabólico por animal (g/kg PV^{0.75}); PHEC = Producción de heces g/animal/día; CMSDPV = Consumo de materia seca digestible por kg de peso vivo por animal (g/kg PV); CMSDPM = Consumo de materia seca digestible por kg de peso metabólico por animal (g/kg PV^{0.75}); DIG = Digestibilidad de la dieta (%).

² T1 *Brachiaria* sp; T2 *Brachiaria* sp + *Cratylia argentea* + bagazo de cítrico; T3 *Brachiaria* sp + concentrado comercial.

³ Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a $P \leq 0.05$.

⁴ EEM = error estándar de la media.

4.4.2. Composición química y consumo de los tratamientos experimentales

El Cuadro 12 muestra que el efecto directo del tratamiento influyó ($P \leq 0.05$) sobre los porcentajes de proteína cruda, fibra en detergente neutro y ácido así como en lignina, en las dietas ofrecidas y rechazadas. El efecto residual del tratamiento solo resultó significativo ($P \leq 0.05$) para el contenido de FDA en las dietas ofrecidas. Y en el contenido de energía bruta (kcal/g) no hubo diferencias ($P > 0.05$) para los efectos directos y residuales.

Cuadro 12. Significancia (P > F) de efectos tipo 2 del modelo sobre las diferentes variables de respuesta derivadas del análisis nutritivo de las dietas ofrecidas y rechazadas.

Efecto	Variable de respuesta ¹									
	PC		FDN		FDA		LIG		EB	
	OFR	RCH	OFR	RCH	OFR	RCH	OFR	RCH	OFR	RCH
Periodo	0.0023	0.0052	0.1951	0.3880	0.5892	0.7786	0.0025	0.5262	0.6654	0.9315
Tratamiento	0.0599	0.0012	0.0794	0.0219	0.0609	0.0171	0.0007	0.1885	0.0923	0.8776
Residual	0.0621	0.3307	0.0695	0.8577	0.0460	0.8033	0.0019	0.2932	0.2256	0.1252

¹PC = Proteína cruda; FDN = Fibra en detergente neutro; FDA= Fibra en detergente ácido; LIG= Lignina; EB= Energía bruta; RCH= Rechazado; OFR= Ofrecido.

El cuadro 13 muestra que los efectos del tratamiento y residual fueron diferentes ($P \leq 0.05$) sobre los consumos de todos los nutrimentos de los tratamientos experimentales; mientras que el efecto del periodo solo influyó en el consumo de proteína cruda.

Cuadro 13. Significancia (P > F) de efectos tipo 2 del modelo sobre las diferentes variables de respuesta derivadas del consumo de los nutrientes.

Efecto	Variable de respuesta ¹									
	CPC		CFDN		CFDA		CLIG		CENER	
	PV	PM	PV	PM	PV	PM	PV	PM	PV	PM
Periodo	0.0011	0.0004	0.2401	0.2280	0.2540	0.2487	0.0800	0.0758	0.1377	0.1229
Tratamiento	0.0002	<.0001	0.0116	0.0137	0.0133	0.0162	0.0108	0.0116	0.0049	0.0051
Residual	0.0151	0.0052	0.0129	0.0145	0.0134	0.0156	0.0150	0.0157	0.0188	0.0190

¹CPC = Consumo proteína cruda; CFDN = Consumo fibra en detergente neutro; CFDA= Consumo fibra en detergente ácido; CLIG= Consumo lignina; CENER= Consumo energía; por unidad de PV = Peso vivo y PM = Peso metabólico.

4.4.2.1. Proteína cruda

En las dietas ofrecidas, en el periodo dos se presentó un mayor ($P \leq 0.05$) contenido de proteína cruda (PC, %) con respecto al P1 y P3 que fueron iguales ($P > 0.05$) y en las rechazadas fue superior en el P1 y P2 con respecto al P3. Mientras que en tratamientos ofrecidos y rechazados, el porcentaje de PC fue superior ($P \leq 0.05$) en las dietas 2 y 3 con respecto a la dieta testigo, y el efecto residual de las dietas fue superior ($P \leq 0.05$) para el T2 con respecto al T1 y T3 que fueron iguales ($P > 0.05$) entre sí (Cuadro 14).

El consumo de PC (g/kg) por unidad de peso vivo y peso metabólico, fue diferente durante el experimento, siendo $P_2 > P_3 > P_1$. Y fue mayor para el T3 con respecto al T1 y T2 que fueron estadísticamente iguales ($P > 0.05$) (Cuadro 15).

4.4.2.2. Fibra en detergente neutro y ácido

El contenido (%) de fibra en detergente neutro y ácido fue mayor ($P \leq 0.05$) con el T2 con respecto al T3, y el T1 fue igual al T2 y T3; en cuanto al residual el T1 y T3 fueron significativamente mayores ($P \leq 0.05$) con respecto al T2 (Cuadro 14). Mientras que el consumo (g/kg) por unidad de peso vivo (PV) y por metabólico ($PV^{0.75}$) fue superior ($P \leq 0.05$) con el T2 y T3 con respecto al T1 (Cuadro 14).

4.4.2.3. Lignina

En el segundo periodo existió un mayor porcentaje ($P \leq 0.05$) de lignina en las dietas con respecto al primer y tercer periodo, mientras que el contenido de LIG en los tratamientos se comportó de la misma forma que el contenido de las fibras, siendo superior ($P \leq 0.05$) la media en el tratamiento dos con respecto a la dieta testigo y al complementado con alimento concentrado (Cuadro 14).

En el Cuadro 15 se muestra que el consumo (g MS/kg) por unidad de peso vivo (PV) y por metabólico ($PV^{0.75}$), del T1 fue menor ($P \leq 0.05$) con respecto al T2 y T3 que fueron iguales ($P > 0.05$) entre sí.

4.4.2.4. Energía

No hubo diferencia ($P > 0.05$) de contenido energético de los tratamientos (Cuadro 14), pero el consumo de energía (kcal/g por kg de PV y PV^{0.75}) fue superior ($P \leq 0.05$) con la dieta 3 en comparación con las dieta 1 y 2 (Cuadro 15).

Cuadro 14. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para efectos directos y residuales del tratamiento y del periodo para la composición química de las dietas ofrecidas y rechazadas.

Factor	Variable de respuesta ¹									
	PC (%)		FDN (%)		FDA (%)		LIG (%)		EB (kcal/g)	
	OFR	RCH	OFR	RCH	OFR	RCH	OFR	RCH	OFR	RCH
Periodo										
1	7.6 ^{b3}	6.6 ^a	77.6	80.4	43.4	48.5	8.8 ^b	12.1	3.8	4.0
2	9.0 ^a	6.7 ^a	71.6	79.8	41.7	49.1	10.5 ^a	11.4	3.8	3.9
3	7.5 ^b	4.9 ^b	71.8	81.4	42.1	49.6	9.5 ^b	11.0	3.8	3.9
Tratamiento²										
Efectos directos										
1	7.3 ^b	3.9 ^b	74.9 ^{ab}	83.7 ^a	42.5 ^{ab}	51.1 ^a	8.4 ^b	10.4	3.7	3.8
2	7.9 ^a	9.2 ^a	77.6 ^a	75.2 ^b	45.2 ^a	44.2 ^b	11.5 ^a	12.9	3.8	4.0
3	9.0 ^a	5.0 ^b	68.5 ^b	82.7 ^a	39.4 ^b	51.9 ^a	8.9 ^b	11.2	3.8	3.9
Efectos residuales										
1	8.7 ^a	5.9	70.0 ^b	80.8	41.0 ^b	49.8	9.4 ^b	10.8	3.8	3.8
2	8.7 ^a	5.3	69.9 ^b	81.2	39.1 ^b	48.0	7.9 ^c	10.7	3.7	3.9
3	6.7 ^b	7.0	81.2 ^a	79.5	47.1 ^a	49.4	11.5 ^a	13.2	3.8	4.0
EEM⁴	0.3	0.7	1.6	1.0	1.0	0.9	0.4	0.2	0.01	0.02

¹ PC = Proteína cruda; FDN = Fibra en detergente ácido; FDA = Fibra en detergente neutra; LIG = lignina; EB = Energía bruta; OFR = Ofrecida; RCH = rechazada.

² T1 *Brachiaria* sp; T2 *Brachiaria* sp + *Cratylia argentea* + bagazo de cítrico; T3 *Brachiaria* sp+ concentrado comercial.

³ Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a $P \leq 0.05$.

⁴ EEM = error estándar de la media.

Cuadro 15. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para efectos del periodo y efectos fijos y residuales del tratamiento para el consumo en g/kg de peso vivo (PV) y g/kg de peso metabólico (PM = PV^{0.75}) de los diferentes componentes de las dietas.

Factor	Variable de respuesta ¹									
	CPC		CFDN		CFDA		CLIG		CE (kcal/g kg)	
	PV	PM	PV	PM	PV	PM	PV	PM	PV	PM
Periodo¹										
1	1.4 ^{c3}	3.5 ^c	14.0	34.6	7.3	18.1	1.3	3.3	0.7	1.6
2	2.6 ^a	6.6 ^a	18.2	45.4	10.4	25.9	2.5	6.3	1.0	2.5
3	2.0 ^b	4.9 ^b	15.0	37.2	8.7	21.4	1.9	4.8	0.9	2.1
Tratamiento²										
Efectos directos										
1	1.1 ^b	2.8 ^b	6.2 ^b	16.2 ^b	2.9 ^b	7.7 ^b	1.2 ^b	2.2 ^b	0.3 ^b	0.9 ^b
2	1.5 ^b	3.6 ^b	16.6 ^a	40.7 ^a	9.6 ^a	23.6 ^a	2.2 ^a	5.5 ^a	0.8 ^b	1.9 ^b
3	3.5 ^a	8.6 ^a	24.5 ^a	60.3 ^a	13.9 ^a	34.2 ^a	3.3 ^a	8.1 ^a	1.4 ^a	3.4 ^a
Efectos residuales										
1	2.7 ^a	6.7 ^a	17.6 ^a	44.1 ^a	10.1 ^a	25.4 ^a	2.1 ^a	5.3 ^a	1.0 ^a	2.6 ^a
2	1.2 ^b	3.0 ^b	2.9 ^b	7.6 ^b	0.8 ^b	2.3 ^b	1.4 ^b	1.8 ^b	0.2 ^b	0.6 ^b
3	2.1 ^a	5.3 ^a	26.8 ^a	65.6 ^a	15.4 ^a	37.8 ^a	4.1 ^a	10.0 ^a	1.2 ^a	3.0 ^a
EEM⁴	0.2	0.5	1.1	2.7	0.7	1.7	1.1	1.1	0.1	0.1

¹ CPC = Consumo de proteína cruda; CFDN = Consumo de fibra en detergente ácido; CFDA = Consumo de fibra en detergente neutro; CLIG = Consumo de lignina; CE = Consumo de energía.

² T1 *Brachiaria* sp; T2 *Brachiaria* sp + *Cratylia argentea* + bagazo de cítrico; T3 *Brachiaria* sp + concentrado comercial.

³ Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a P ≤ 0.05.

⁴ EEM = error estándar de la media.

4.4.3. Composición química de heces

En el Cuadro 16 se muestra que no hubo diferencias ($P > 0.05$) estadísticamente significativas para el contenido (%) de proteína cruda, sin embargo para las fibras y lignina el efecto del periodo fue significativo ($P \leq 0.05$), y el efecto directo del tratamiento para el contenido de energía bruta (kcal/g) de las heces.

Cuadro 16. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 2 del modelo sobre las diferentes variables de respuesta derivado del análisis de heces.

Efecto	Variable de respuesta ¹				
	PC	FDN	FDA	LIG	EB
Periodo	0.5457	0.0011	0.0192	0.0027	0.1912
Tratamiento	0.2555	0.5720	0.3047	0.0317	0.0378
Residual	0.4193	0.2854	0.7063	0.8107	0.3728

¹ PC = Proteína cruda; FDN = Fibra en detergente neutro; FDA= Fibra en detergente ácido; LIG= Lignina; EB= Energía bruta.

4.4.3.1. Fibra en detergente neutro y ácido

Durante el tercer periodo fue menor ($P \leq 0.05$) el contenido (%) de FDN y FDA en las heces con respecto a los periodos uno y dos que fueron estadísticamente iguales ($P > 0.05$) entre sí (Cuadro 17).

4.4.3.2. Lignina

El periodo 2 presentó mayor ($P \leq 0.05$) contenido de lignina (%) en heces con respecto al periodo tres, mientras que en el primer periodo existió la misma cantidad que los últimos dos periodos ($P > 0.05$). Asimismo el tratamiento dos presentó mayor cantidad de LIG comparados con al tratamiento tres, y el contenido del tratamiento uno fue igual a los tratamientos dos y tres ($P > 0.05$) (Cuadro 17).

4.4.3.3. Energía bruta

El contenido (kcal/g) del T2 fue superior ($P \leq 0.05$) con respecto al T1 y T3 que fueron iguales ($P > 0.05$) entre sí (Cuadro 17).

Cuadro 17. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para efectos del periodo y del tratamiento para la composición química de las heces (%).

Factor	Variable de respuesta ¹				
	PC	FDN	FDA	LIG	EB
Periodo					
1	8.0	86.2 ^{a3}	44.1 ^a	16.6 ^{ab}	3.8
2	8.7	80.2 ^a	43.1 ^a	17.4 ^a	3.7
3	8.5	65.2 ^b	39.4 ^b	14.9 ^b	3.7
Tratamiento²					
1	7.8	76.1	42.4	16.0 ^{ab}	3.6 ^b
2	9.1	81.0	44.0	18.1 ^a	3.9 ^a
3	8.3	76.1	40.2	14.8 ^b	3.7 ^b
EEM⁴	0.04	0.06	0.6	0.4	0.04

¹ PC = Proteína cruda (%); FDN = Fibra en detergente ácido (%); FDA = Fibra en detergente neutra (%); LIG = lignina (%); EB = Energía bruta (kcal/g).

² T1 *Brachiaria* sp; T2 *Brachiaria* sp+ *Cratylia argentea* + bagazo de cítrico; T3 *Brachiaria* sp + concentrado comercial.

³ Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a $P \leq 0.05$.

⁴ EEM = error estándar de la media.

4.4.4. Digestibilidad aparente de los nutrientes

En el Cuadro 18 se muestra que hubo diferencia ($P \leq 0.05$) para el efecto del tratamiento en todos los nutrientes evaluados de las dietas; siendo superior la digestibilidad aparente (%) de la materia seca, proteína cruda, fibras así como la energía digestible (Mcal/kg MS) para la dieta complementada con alimento concentrado con respecto a la dieta testigo y la complementada con *C. argentea* y bagazo de cítricos. (Cuadro 19).

Cuadro 18. Significancia (P > F) de efectos tipo 2 del modelo sobre las diferentes variables de respuesta derivado del análisis de digestibilidad aparente de los nutrimentos de las dietas experimentales.

Efecto	Variable de respuesta ¹					
	MS	MO	PC	FDN	FDA	ED
Periodo	0.3411	0.5869	0.1124	0.2112	0.8869	0.5296
Tratamiento	0.0028	0.0037	0.0033	0.0230	0.0042	0.0015
Residual	0.0249	0.0383	0.1292	0.0605	0.0082	0.0159

¹ MS = Materia seca; MO = Materia orgánica; PC = Proteína cruda; FDN = Fibra en detergente neutro; FDA= Fibra en detergente ácido; ED= Energía digestible.

Cuadro 19. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para efectos del tratamiento y residual para la digestibilidad aparente (%) de los nutrimentos de las dietas experimentales.

Factor	Variable de respuesta ¹					
	MS	MO	PC	FDN	FDA	ED
Tratamiento²						
1	28.7 ^{b₃}	34.9 ^b	23.2 ^b	27.4 ^b	28.6 ^b	1.15 ^b
2	40.4 ^b	42.5 ^b	34.6 ^b	37.6 ^b	41.6 ^b	1.47 ^b
3	65.4 ^a	67.3 ^a	67.3 ^a	61.1 ^a	64.9 ^a	2.56 ^a
Residual						
1	43.7 ^{ab}	48.9 ^b	39.4 ^a	42.9 ^{ab}	44.4 ^b	1.81 ^a
2	29.6 ^b	34.3 ^b	30.3 ^a	23.4 ^b	23.8 ^b	1.08 ^b
3	61.3 ^a	61.5 ^a	55.3 ^b	59.8 ^a	66.9 ^a	2.29 ^a
EEM⁴	2.3	2.1	3.8	2.2	2.0	0.087

¹ MS = Materia seca; MO = Materia orgánica; PC = Proteína cruda (%); FDN = Fibra en detergente ácido (%); FDA = Fibra en detergente neutro (%); ED = Energía Digestible (Mkcal/kg)

² T1 *Brachiaria* sp; T2 *Brachiaria* sp + *Cratylia argentea* + bagazo de cítrico; T3 *Brachiaria* sp + concentrado comercial.

³ Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a P ≤ 0.05.

⁴ EEM = error estándar de la media.

4.4.5. Digestibilidad *in situ*

El Cuadro 20 muestra que no existió diferencia (P > 0.05) para las medias de los parámetros del modelo de Ørskov y McDonald (1970). Las curvas de degradabilidad de las dietas se aprecian en la Figura 7, y fueron muy similares para los tres tratamientos. La degradabilidad

efectiva a diferentes tasas de pasaje fue igual para las tres dietas, pero al aumentar la tasa de pasaje disminuyó la degradabilidad efectiva.

Cuadro 20. Medias de los parámetros de la ecuación exponencial de Ørskov, grado de ajuste y degradación efectiva a tres tasas de pasaje (2.0, 2.5 y 3.0 %/h).

Dieta	Parámetros			Ajuste de la ecuación		Degradación efectiva (%/ h)		
	a (%)	b (%)	c (%/h)	R ²	Sy.x (%)	2.0	2.5	3.0
1	8.0	49.9	0.05	0.98	2.20	43.7	41.4	39.3
2	10.4	48.1	0.05	0.98	2.28	45.0	42.8	40.8
3	10.1	49.5	0.05	0.99	1.78	44.0	41.5	39.4
EEM	3.0	3.2	0.01	0.005	0.36	4.8	4.8	4.8

No hubo diferencias estadísticas significativas (P>0.05) entre dietas para ninguna de las variables.

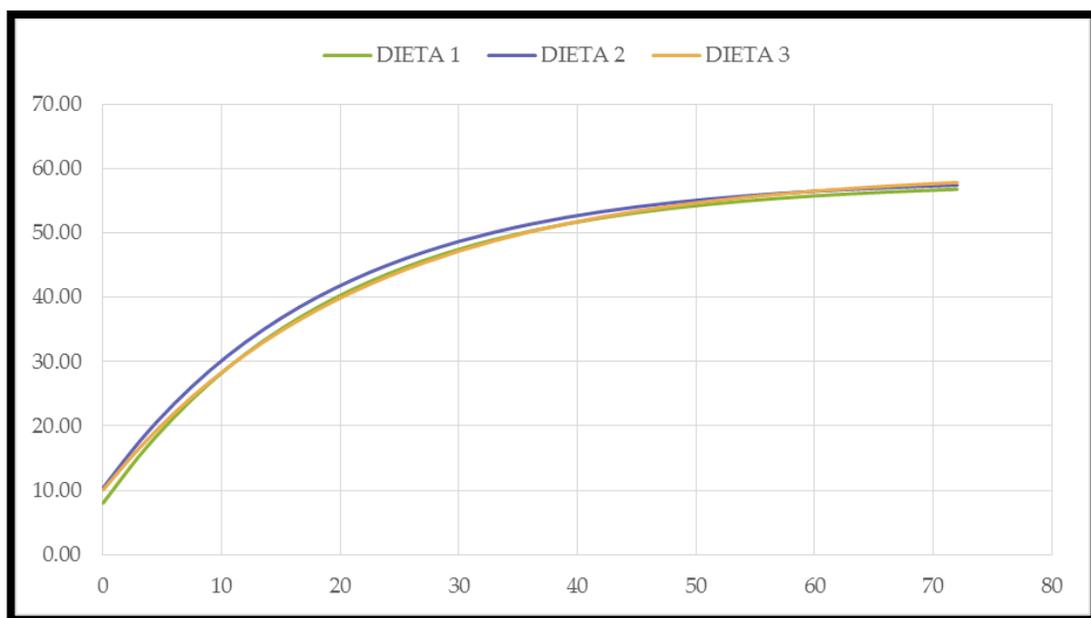


Figura 7. Degradabilidad de los tratamientos experimentales.

En el Cuadro 21 y la Figura 8, se puede apreciar que la fracción rápidamente degradable ('a') resultó superior ($P \leq 0.05$) para el alimento concentrado con respecto al bagazo de cítricos, que fue igual ($P > 0.05$) a la leguminosa, pero ambos superiores a *Brachiaria* sp. La fracción lentamente degradable ('b') del porcentaje bagazo de cítricos fue superior ($P \leq 0.05$) a la de

Brachiaria sp y el concentrado, siendo estos últimos estadísticamente iguales ($P > 0.05$) pero superiores ($P \leq 0.05$) a *Cratylia*. Mientras, la degradación efectiva fue estadísticamente similar ($P > 0.05$) para los tres tratamientos, indistintamente de la tasa de pasaje utilizada.

Cuadro 21. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los parámetros de la ecuación exponencial de Ørskov, grado de ajuste y degradación efectiva a tres tasas de pasaje (2.0, 2.5 y 3.0 %/h) de los ingredientes utilizados en las dietas.

Ingr ²	Parámetros			Ajuste		Degradación efectiva (%/h)		
	a (%)	b (%)	c (%/h)	R ²	Sy.x (%)	2.0	2.5	3.0
BAG	22.5 ^{b1}	76.3 ^a	0.14 ^a	0.96	4.4 ^a	88.4 ^a	86.3 ^a	84.3 ^a
BCH	9.5 ^c	49.2 ^b	0.05 ^b	0.98	2.1 ^c	44.2 ^c	41.9 ^c	39.9 ^c
CON	41.1 ^a	51.5 ^b	0.06 ^{ab}	0.97	2.9 ^b	80.1 ^b	77.9 ^b	76.0 ^b
CRA	20.0 ^b	34.1 ^c	0.02 ^b	0.99	1.0 ^d	38.7 ^d	36.7 ^d	35.2 ^d
EEM³	3.0	3.2	0.01	0.01	0.36	4.8	4.8	4.8

1Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a $P \leq 0.05$.

2Ingr = Ingrediente; BAG = bagazo de cítricos; BCH = *Brachiaria* sp; CON = concentrado; CRA = *Cratylia argentea*.

3 EEM = error estándar de la media.

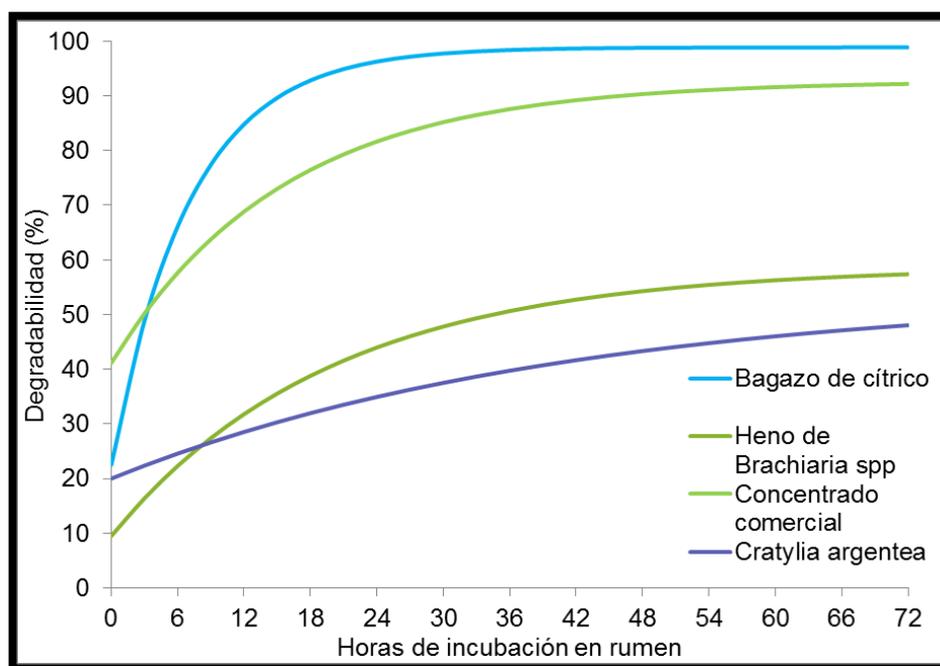


Figura 8. Degradabilidad de los ingredientes utilizados en las dietas experimentales.

4.4.5.1. Degradabilidad *in situ* de la proteína cruda de los ingredientes

En la Figura 9 se pueden apreciar que las curvas de degradación de la proteína cruda fueron diferentes para el bagazo de cítricos la leguminosa y la gramínea. Mismas que son explicadas a detalle en el Cuadro 22.

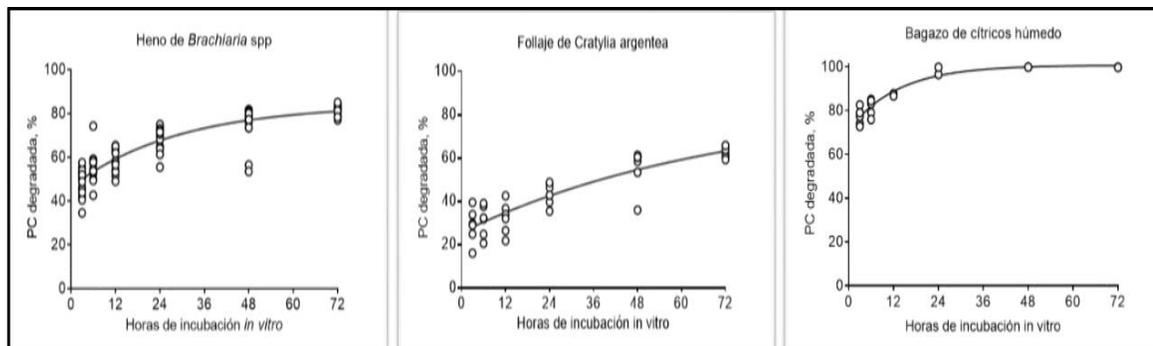


Figura 9. Degradabilidad de la proteína cruda de *Brachiaria* sp., *Cratylia argentea* y bagazo de cítricos.

Cuadro 22. Parámetros de la ecuación exponencial de Ørskov y grado de ajuste para la digestibilidad *in situ* de la proteína cruda de los ingredientes: *Brachiaria* sp., *Cratylia argentea* y bagazo de cítricos.

Ingr ¹	Parámetros			Ajuste de la ecuación	
	a (%)	b (%)	c (%/h)	R ²	Sy.x (%)
BAG	71.0	29.6	0.1	0.91	3.0
BCH	46.3	37.7	0.03	0.80	5.8
CRA	25.8	59.0	0.03	0.79	6.9

¹ Ingr = Ingrediente; BCH = *Brachiaria* sp; CRA = *Cratylia argentea*; BAG = bagazo de cítricos.

4.4.5.2. Efecto de las dietas sobre la digestibilidad de la MS de *Brachiaria* sp.

En los Cuadros 23 y 24 se aprecia que no existió diferencia estadísticamente significativa para los efectos del periodo y tratamiento sobre la digestibilidad de la gramínea utilizada en el presente experimento.

Cuadro 23. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 3 del modelo sobre las diferentes parámetros de Ørskov de la digestibilidad *in situ* de *Brachiaria* sp., en los tres tratamientos experimentales.

Efecto	Parámetros			Ajuste de la ecuación	
	a (%)	b (%)	c (%/h)	R ²	Sy.x
Periodo	0.8326	0.7447	0.8306	0.6187	0.6213
Tratamiento	0.8277	0.8826	0.9426	0.8741	0.9090

Cuadro 24. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para los parámetros de la ecuación exponencial de Ørskov, grado de ajuste del efecto de la dieta sobre la digestibilidad de la materia seca de *Brachiaria* sp.

Factor	Parámetros			Ajuste de la ecuación	
	a (%)	b (%)	c (%/h)	R ²	Sy.x (%)
Tratamiento					
1	8.0	49.9	0.05	0.98	2.2
2	10.4	48.1	0.05	0.98	2.3
3	10.1	49.5	0.05	0.99	1.8
EEM	1.0	1.0	0.005	0.005	0.3

No hubo diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre dietas para ninguna de las variables.

4.4.6. Líquido ruminal y orina

En el Cuadro 25, se muestran las variables analizadas en el líquido ruminal, siendo significativo ($P \leq 0.05$) el efecto del tratamiento para la concentración de nitrógeno amoniacal y ácido butírico. No existieron diferencias ($P > 0.05$) para el pH, concentración ácidos: acético y propiónico, así como en la concentración de nitrógeno en orina.

Cuadro 25. Significancia ($P > F$) de efectos tipo 3 del modelo sobre las diferentes variables de respuesta derivadas del análisis de líquido ruminal y orina.

Efecto	Variable de respuesta ¹					
	NH ₃	Acético	Butírico	Propiónico	pH	N ORINA
Periodo	0.4647	0.4959	0.5024	0.3894	0.0865	0.0874
Tratamiento	0.0476	0.2069	0.0355	0.1398	0.5160	0.1298

¹ NNH³ = Nitrógeno amoniacal; N = Nitrógeno; pH = Potencial hidrógeno.

En el Cuadro 26, se muestra que el efecto directo del tratamiento fue significativo ($P \leq 0.05$) siendo superior el NH₃ (mg/dL) por casi 4 veces en el tratamiento tres con respecto a los tratamientos uno y dos. Por otro lado de los tres ácidos grasos volátiles (acético, butírico, propiónico) analizados, solo la concentración (mM/L) de ácido butírico fue diferente ($P \leq 0.05$), siendo mayor en el T3 con respecto al T1 y T2. La proporción de ácido acético y propiónico fue de 4:1. Mientras tanto, el valor de pH fue el mismo ($P > 0.05$) en los tres tratamientos experimentales.

Cuadro 26. Medias de cuadrados mínimos y su comparación mediante la prueba de “t”, para efectos del tratamiento para las variables de respuesta medidas en el líquido ruminal: nitrógeno amoniacal (N-NH₃, (mg/dL), ácidos grasos volátiles (AGV's, mM/L) y pH.

Factor	Variable de respuesta ¹					
	NH ₃	Ácidos grasos volátiles			pH	N orina
		Acético	Butírico	Propiónico		
Tratamiento²						
1	3.1 ^b	42.3 ^a	3.9 ^b	10.3 ^a	6.3 ^a	59.1 ^a
2	4.1 ^b	80.0 ^a	6.9 ^b	17.5 ^a	6.5 ^a	49.3 ^a
3	14.1 ^a	76.5 ^a	11.9 ^a	18.4 ^a	6.5 ^a	77.8 ^a
EEM⁴	1.9	8.3	1.3	1.7	0.1	8.5

¹ NH₃ = Nitrógeno amoniacal; AGV's = Ácidos grasos volátiles; pH = Potencial hidrógeno.

² T1 *Brachiaria* sp; T2 *Brachiaria* sp + *Cratylia argentea*+ bagazo de cítrico; T3 *Brachiaria* sp + concentrado comercial.

³ Medias seguidas de distinta letra son estadísticamente diferentes a $P \leq 0.05$.

⁴ EEM = error estándar de la media.

4.5. DISCUSIÓN

El consumo (g/kg PV y $PV^{0.75}$) del T1 < T2 = T3, lo cual se debió al volumen ocupado en el rumen, tasa de pasaje y baja digestibilidad *in vivo* de la materia seca (DIVMS) del mismo, limitando así un, probable, mayor consumo de la dieta, esto debido a la inclusión del ingrediente de origen vegetal en T1 y T2, lo cual podría explicar el menor consumo de MS digestible (CMSD) para el T1 < T2 < T3, puesto que la dieta control (T1) fue realizada con 100% *Brachiaria* sp., material que presentó también menor digestibilidad *in situ* e *in vivo* de la materia seca (DISMS, DIVMS) con respecto al resto de los tratamientos. Asimismo la complementación con ingredientes de mayor calidad pueden resultar en un aumento del consumo de los animales (Barahona y Sánchez, 2005), lo cual se vio reflejado en el mayor CMSD del T3.

También, comparando el consumo voluntario del experimento 1 (Capítulo III) con respecto al experimento 2, se observó que fue mayor, lo cual hace notar que no solamente influyen características anatómicas del rumiante, sino también medio ambientales y de comportamiento, influyendo el hecho que estuvieran estabulados en grupos o individualmente. Lo anterior coincide por lo citado por Shimada y Rentería (2010) quienes informan que la formación de grupos de grupos de animales pueden crear una mayor competencia entre ellos, resultando en un aumento del apetito y por ende el consumo del alimento.

Evaluada la DISMS de los ingredientes que conformaron las dietas, se encontró que *C. argentea* tuvo menor digestibilidad en comparación con la gramínea, bagazo y alimento concentrado, Wilson y Lascano (1997) realizaron un estudio con diferentes niveles de inclusión de *C. argentea*, utilizando cuatro tratamientos diferentes, utilizando heno de *B. dictioneura* de baja calidad con la leguminosa, siendo: 100, 90:10, 80:20, 60:40 donde concluyeron que la DIVMS de las dietas experimentales disminuyó al incrementar el porcentaje de inclusión de la leguminosa, por lo cual se le atribuyó a la misma la baja digestibilidad por su alto contenido de lignina y fibras, componentes que también resultaron mayores en el T2 con respecto al T1 y T3 del presente estudio.

La DISMS (48 h) de *Brachiaria* spp. fue igual a la reportada por González (2014) para *B. arrecta* de 53.2%, pero menor por 4% a la encontrada por Fragoso (2016) para *B. brizantha* (57.3%) y mayor a la evaluada por Wilson y Lascano (1997) de 41% digestibilidad *in vitro* (DIVMS); en el caso de *Cratylia argentea* los autores anteriores encontraron DISMS de 56.8%, 54.1% y DIVMS de 45% respectivamente, mientras que Correa y Niño-Mariño (2010) reportaron valores de DIVMS de 49.6% mayores a los encontrada en el presente estudio; de igual forma es menor a las digestibilidades reportadas por González y Cáceres (2002) para otras leguminosas como *Leucaena*, *Gliricidia*, *Erythrina* las cuales oscilan entre 45 – 57% digestibilidad. Sin embargo los valores para las fracciones a, b y c de: 20.0, 34.1 y 0.02% respectivamente ($1.0 R^2$) de la veranera resultan similares a los obtenidos por Valles-De la Mora *et al.* (2014) de: 25.0, 37.8 y 0.07 para dichas fracciones ($0.94 R^2$) en época de lluvias a las 15 semanas de edad, mismas variables para la leguminosa utilizada en el presente estudio. Éstas últimas pueden justificar el menor porcentaje de DISMS al encontrado por Fragoso (2016), González (2014) y Correa y Niño-Mariño (2010).

Belmont (2017) evaluó la digestibilidad *in vivo* de dietas base *Brachiaria arrecta* y diferentes niveles de inclusión de *C. argentea* (0, 15, 30 y 45), donde obtuvo digestibilidades mayores al 50% a partir de incluir la leguminosa en la dieta de los ovinos, lo cual se encuentra por arriba de los resultados obtenidos en el presente experimento. Asimismo la calidad del heno de *Brachiaria* sp., base de las dietas experimentales del presente, fue mala, ya que fueron digestibilidades de nutrimentos menores al 30%, resultados inferiores comparados con *B. arrecta*, la cual tuvo digestibilidad de la materia seca superior al 70% y de sus nutrimentos mayores al 50%. Comparando el T2 del presente experimento (20% de inclusión de *C. argentea*) con las dietas experimentales de dicha autora (inclusión del 15 y 30% de la leguminosa) la digestibilidad de PC, FDN y FDA fue menor, con una diferencia de casi 10%, mientras que la DIGMS fue 28% menor a la obtenida por dicha autora (68%). También todos los nutrimentos evaluados del T1 y T2 tuvieron digestibilidades aparentes menores al 40%, mientras que los del T3 fueron mayores al 60%, lo anterior comprueba porque no se obtuvieron los resultados deseables en el consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia de los animales del experimento 1 y 2 (Capítulo III).

El NRC (2006) presenta requerimientos de: 80 g/día de proteína cruda (PC), y 1.91 kcal/kg en la dieta para corderos en mantenimiento de 40kg y de: 149g PC/día y 2.87 kcal/kg en la dieta para corderos de 40 kg PV con ganancias de peso de 250g/día. En el presente estudio los corderos tuvieron consumos de PC 1.4, 1.5 y 3.5 g/kg PV/día con el T1, T2 y T3 respectivamente y dietas con un aporte de 3.7 -3.8 kcal/g, cubriendo los requerimientos de PC con el T3 y los de energía con las tres dietas. A pesar de que el T3 satisface los requerimientos no se obtuvieron resultados deseables, mientras que los tratamientos 1 y 2 no cubrieron las necesidades de los corderos debido a los bajos consumos de los mismos, los cuales son deficientes por 1kg y 0.5kg respectivamente, aunado a la baja digestibilidad de las dietas y al elevado contenido de fibras y lignina (mayor en el T2 con respecto a T1 y T3) pudiendo limitar el aprovechamiento de los nutrientes disponibles del alimento al encontrarse ligados a carbohidratos estructurales y lignina. Esto coincide con Correa y Niño-Mariño (2010), quienes realizaron una evaluación de diferentes métodos de conservación (fresco, ensilaje, heno y harina) de *C. argentea*, donde encontraron que la proteína ligada a FDN y FDA aumentó en un 19 y 31.9 % en el heno con respecto a su tratamiento control; lo cual se debió a la reacción de Maillard.

Wilson y Lascano (1997) encontraron que a medida que aumentó el nivel de inclusión de la leguminosa en sus dietas experimentales, se incrementó el consumo de N g/día, así como el flujo total del mismo al duodeno y su concentración en heces. Sin embargo, el N bacteriano y la concentración de NH₃ en rumen aumentaban; esto último coincide el presente estudio: a medida que aumentó el consumo de PC, incrementó la concentración de NH₃ en rumen, lo cual sugiere la baja eficiencia en la utilización de N amoniacal asociado a una deficiencia o disponibilidad de energía (Wilson y Lascano 1997; Church 1993). A pesar de tener el bagazo de cítricos una alta digestibilidad no coincidió con la curva de digestibilidad de la proteína que llegase a estar disponible de la leguminosa y gramínea.

A su vez lo anterior explicaría la alta concentración de N encontrado en la orina y mayor porcentaje de PC en heces con respecto a los tratamientos experimentales, Church (1993) citó que la proporción de materiales de origen dietético en relación con los de origen metabólico y endógeno será máxima cuando las dietas contengan cantidades importantes de alimentos

difíciles de digerir. Comprendiendo por material endógeno en heces: membranas celulares no digeridas de las bacterias del rumen, células microbianas y células epiteliales procedentes del ciego e intestino grueso, residuos sustancias endógenas incluyendo: enzimas digestivas, mucus y otras secreciones; y en orina compuestos nitrogenados como: bilirrubina, alantoína, ácido hipúrico y algunos aminoácidos, representando la urea y NH_3 del 5-10% del N urinario endógeno.

El pH del rumen suele ser mínimo entre $\frac{1}{2}$ y 4 horas después de ingerir una toma de pienso, reflejando el equilibrio entre: las tasas de producción de ácidos, la llegada de tampones procedentes de la saliva y la presencia o liberación de tampones o bases del pienso (Church, 1993). En el presente estudio no existieron fluctuaciones del mismo, siendo de 6.3 a 6.5, misma tendencia que siguió el trabajo de Fragoso (2016) utilizando diferentes leguminosas en una dieta base de *B. arrecta* (30:70) en bovinos, obteniendo valores de 6.7 a 6.8; mientras que Belmont (2017) reportó valores de 6.8 a 6.9 entre las 3 y 6 h pos alimentación para las dietas a base de *B. arrecta* y de *B. arrecta* 75: 15 *C. argentea*. Piquer *et al.* (2009) encontraron valores de pH de 6.53 y 5.69 de NH_3 en una dieta con 13% de inclusión de cáscara de cítricos, lo cual se asemeja al T2 del presente trabajo (10% de inclusión bagazo de cítricos) con un pH de 6.5, mientras que la concentración de N amoniacal se encuentra por arriba al valor de 4.1 mg/dL, lo cual puede variar por el resto de los ingredientes que componen la dieta experimental correspondiente a cada estudio.

Las proporciones molares de los AGV's (acético: propiónico: butírico) tienden a mantenerse estables a pesar de las oscilaciones en la microbiota ruminal y diferencias en el consumo de alimentos. Estas se relacionan con el pH ruminal, existiendo mayor concentración de acetato y propionato cuando el pH se acerca a 6.9 y 5.5 respectivamente (Church 1993; Relling *et al.*, 2003) lo cual coincide con los resultados del experimento, existiendo mayor concentración de ácido acético en los tres tratamientos con respecto al propiónico y butírico, siguiendo la misma tendencia el estudio realizado por Piquer *et al.*, (2009) 0.642 acético: 0.175 propiónico: 0.010 butírico (mmol/mmol) a un pH de 6.53.

4.6. CONCLUSIÓN

La digestibilidad aparente de la materia seca y de los nutrimentos de las dietas experimentales base *Brachiaria* sp y la complementada con *C. argentea* y bagazo de cítricos fue muy baja. Lo cual es reflejo de la calidad de los ingredientes utilizados en las mismas, específicamente el heno de la gramínea, la cual presentó baja digestibilidad de sus nutrimentos, no cubriendo los requerimientos de los corderos Pelibuey en crecimiento.

La inclusión del 20% *C. argentea* y 10% bagazo de cítricos no contribuyó a obtener una mayor digestibilidad de la dieta, conllevando a no obtener resultados favorables en las variables productivas evaluadas. Sin embargo la inclusión del 30% de alimento comercial en la dieta base heno *Brachiaria* sp. mejoró la digestibilidad de la materia seca y nutrimentos de la dieta, beneficiando el consumo, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia de los corderos Pelibuey en crecimiento.

Se conoce que *Cratylia argentea* es una buena opción como ingrediente proteínico por su alto valor, adaptación y rendimiento en la época de secas; sin embargo se sugiere realizar más estudios que complementen la información obtenida en el presente experimento, como la evaluación de su calidad nutrimental a diferentes edades de corte.

Asimismo, tener un mejor manejo de la misma supondría, acorde a previos estudios, una mayor digestibilidad de sus nutrientes, siendo opciones para futuros estudios: evaluar la aceptabilidad de cratilia fresca por los ovinos, cosechar a menor edad al corte, analizar las fracciones de proteína de la leguminosa y probar diferentes niveles de inclusión (fresca o seca) en conjunto con la fuente energética, realizando un balance adecuado entre los mismos para que sinérgicamente actúen y se obtenga una mejor, mayor disponibilidad y aprovechamiento de los nutrientes de la dieta.

4.7. REFERENCIAS

- A.O.A.C. *Official Methods of Analysis* (1984). 13 ed, Association of Analytical Chemists, Inc., Virginia.
- Allison, C. (1985). *Factors Affecting Forage Intake by Range Ruminants: A Review*. *Journal of Range Management*, 38(4), pp.305-311.
- Argel, P.J., Giraldo, G., Peters, M., Lascano, EC (2002). *Producción artesanal de semillas de cratylia (Cratylia argentea) accesiones CLAT 18516 y 18668*, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) ; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- Avellanada, C., Cabezas, G., Quintana, Z., Luna, M., Montañez, V., Espinoza, G., Zambrano, M., Romero, G., Vanegas, R. y Pinargote, M. (2008). *Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de Brachiaria en diferentes edades de cosecha*, *Ciencia y Tecnología*, [en línea] 1, pp. 87-94. Disponible en: http://uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_articulo_5.pdf [Consultado 6 agosto 2015].
- Belmont, FA (2017). *Inclusión de Cratylia argentea sobre la digestibilidad in vivo de ovinos Pelibuey con una dieta a base de Brachiaria arrecta*. Tesis de Maestría en Ciencias, FMVZ-UNAM, México.
- Castillo-Gallegos, E., Estrada-Flores, J., Valles-De la Mora, B., Castelán-Ortega, O., Ocaña-Zavaleta, E. y Jarillo-Rodríguez, J. (2013). *Rendimiento total de materia seca y calidad nutritiva de hojas y tallos jóvenes de cuatro accesiones de Cratylia argentea en el trópico húmedo de Veracruz, México*, *Avances en Investigación Agropecuaria*, [en línea] 17(1), pp.79-93. Disponible en: <http://www.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2013/enero/4.pdf> [Consultado 21 agosto 2016].
- Cruz, LC (2012). *Estrategias de alimentación y manejo en praderas para una producción eficiente de ovinos en pastoreo*, ponencia presentada en Segundo Foro de ovinos de pelo, pp. 7-22.
- Cuéllar, A (2009). *Perspectivas de la producción ovina en México para el año 2010*, Facultad de Estudios Superiores Cuatitlán-UNAM.
- Fragoso, IA (2016). *Consumo voluntario y digestibilidad de Brachiaria spp con Cratylia argentea, Gliricidia sepium y Erythrina sp, en bovinos Cebú x Holstein*. Tesis de Maestría en Ciencias en Nutrición y Alimentación Animal. FMVZ-UNAM, México.
- González, AMN (2014). *Consumo de Cratylia argentea por bovinos infectados y no infectados con nematodos gastrointestinales en Veracruz, México*. Tesis de Maestría en Ciencias, FMVZ-UNAM, México.
- González, GR., Torres, HG., Arece, GJ. (2011). *Ganancia de peso de ovinos alimentados con pasto Taiwán (Pennisetum purpureum) suplementados con diversas fuentes de proteína*, *Avances de Investigación Agropecuaria*, 15(3), pp. 3-20.

González, GR; Torres, HG; Castillo, AM (2002). *Crecimiento de corderos Blackbelly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México*. Veterinaria México [en línea] 33 (octubre-diciembre): [Fecha de consulta: 29 de febrero de 2016] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42333408>

Huntington, JA., y Givens, ID (1995). *The in situ Technique for Study the Rumenn Degradation of Fedds: A Review of the Procedure*, Nutrition Abstracts and Reviews (Series B), 65(2), pp. 63-82

Lara, PE., Canche, MC., Manrufo, NB., Sangines, JR (2007). *Pastoreo restringido de ovejas Pelibuey en bancos de proteína de morera (Morus alba)*, Pastos y Forrajes, [en línea] 30(2), pp. 267-277. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942007000200007&lng=es&nrm=iso [Consultado 19 septiembre 2015]

Mehrez, AR., y Ørskov, ER. (1977). *A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen*, Journal of Agricultural Science Cambridge, 88, pp. 645-650

Minson, D. (1990). *Forage in ruminant nutrition*. San Diego [u.a.]: Acad. Press.

National Research Council. *Requirements of Small Ruminants Sheep, Goats, Cervids, and new world camelids* (2006). The National Academics Press, Washington.

Pirela, FM (2005). *Manual de Ganadería Doble Propósito: Valor nutritivo de los pastos*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, México [en línea]. Disponible en: http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manualganaderia/seccion3/articulo6s3.pdf [Consultado 14 marzo 2016]

Pizarro, EA., Carvalho, MA., y Ramos AKB (2005). *Introducción y evaluación de leguminosas forrajeras arbustivas en el Cerrado brasileño*. En Pizarro, EA., Coradin, L (Eds). Potencial del género *Cratylia* como leguminosa forrajera, Memorias del taller sobre *Cratylia*, Cali: CIAT, pp. 40-49.

Raaflaub, M., y Lascano CE (1995). *The effect of wilting and drying on intake rate acceptability by sheep of the shrub legume Cratylia argentea*, Tropical Grasslands, [en línea] 29, pp. 97-101, Disponible http://tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_29_1995/Vol_29_02_95_pp97_101.pdf [Consultado 25 enero 2015]

Rubio, EES., Rodríguez, DP., Reyes, LO., y Buenfila GZ (2004). *Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos*, Técnica Pecuaria México, 42(2), pp. 129-144.

SAS/STAT®. (2010). Cary, NC: SAS Institute Inc.

Shimada, MA (2003). *Nutrición animal*, Trillas, México.

Shimada, MA., y Rentería FJ. (2010). Mecanismos que regulan el consumo voluntario de alimento y agua. En: *Fisiología Veterinaria e Introducción a la fisiología de los procesos productivos*, FMVZ-UNAM, México DF., pp.563-568.

Van Soest, PJ., Robertson, JB., y Lewis BA (1991). *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non- starch polysaccharides in relation to animal nutrition*, Journal Dairy Science, 74, pp. 3583-3597

Villanueva, AJF., Bonilla, CJA., Rubio, CV., y Bustamante, GJJ (2004). *Agrotecnia y utilización de Clitoria ternatea en sistemas de producción de carne y leche*, Técnica Pecuaria México, 42(1), pp. 79-96.

Wilson, QT., y Lascano, CE (1997). *Cratylia argentea como suplemento de un heno de gramínea de baja calidad utilizado por ovinos*, Pasturas Tropicales, 19(3), pp. 2-8.