



Universidad Estatal Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agropecuaria

**DIGESTIBILIDAD FECAL EN CAPRINOS CRIOLLOS
ALIMENTADOS CON MORINGA (*Moringa oleifera* Lam),
COMO BASE FORRAJERA DE DIETAS INTEGRALES**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor: Anggy Carolina Macías Muñoz.

La Libertad, 2019



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

**DIGESTIBILIDAD FECAL EN CAPRINOS CRIOLLOS
ALIMENTADOS CON MORINGA (*Moringa oleifera* Lam),
COMO BASE FORRAJERA DE DIETA INTEGRALES**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

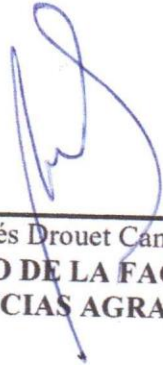
INGENIERA AGROPECUARIA

Autor: Anggy Carolina Macías Muñoz.

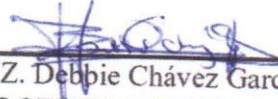
Tutor: Ing. Néstor Acosta Lozano, PhD.

La Libertad, 2019

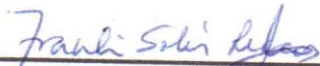
TRIBUNAL DE GRADO



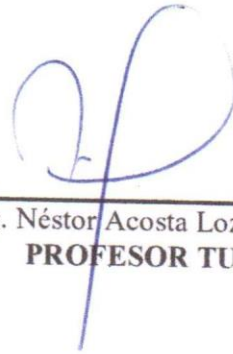
Ing. Andrés Drouet Candell, MSc.
**DECANO DE LA FACULTAD
CIENCIAS AGRARIAS**



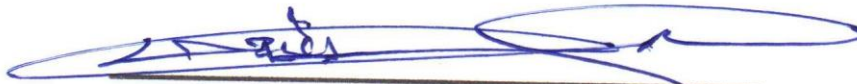
MVZ. Debbie Chávez García, MSc.
**DOCENTE DELEGADA DEL
DIRECTOR (E).
CARRERA INGENIERÍA
AGROPECUARIA**



Ing. Araceli Solís Lucas, Ph.D.
PROFESOR DEL ÁREA



Ing. Néstor Acosta Lozano, Ph.D.
PROFESOR TUTOR



Abg. Víctor Coronel Ortiz, Mgt.
SECRETARIA/O GENERAL

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ayudarme a culminar etapa importante de mi vida, a toda mi familia que supo demostrarme que la vida también se la gana si colocas fe y esfuerzo en todo lo que te propongas.

A mis amigos por hacer de esta etapa la mejor de mi vida, en especial a quienes colocaron su granito de arena en este proceso investigativo.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena y a cada uno de los docentes de la Facultad, en especial a la MVZ Debbie Chávez García por ser quien me brindó su apoyo y me guió para culminar este trabajo.

A mi tutor, Ing. Néstor Acosta Lozano, PhD por otorgarme su confianza para formar parte en su grupo de trabajo investigativo y especialmente por su apoyo en este proceso.

DEDICATORIA

Primero a Dios por guiarme por el buen camino y hacer que esta fuera la mejor decisión tomada para formarme como persona.

A cada uno de quienes conforman mi familia, en especial mis padres (Rosita Vera y Bolívar Muñoz). A mi mamá Jessica Muñoz por haberse convertido en mi consuelo y apoyo en las noches de desvelo y a mi padre Noé Macías por sus grandes consejos y confianza durante toda esta etapa. A mis hermanos Morelia, Maykol y Juleisy Macías Muñoz por sus palabras de aliento y apoyo en todo momento. A mis tíos por ayudarme cada vez que lo necesitaba para poder culminar mis estudios.

A mis buenos amigos y en especial a esa persona que estuvo en todos los momentos desde el inicio de este trabajo, colaborando y viviendo junto conmigo esta gran experiencia.

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el Centro de Apoyo Manglaralto, ubicado a 55 km del cantón Santa Elena. El objetivo del estudio fue determinar la digestibilidad fecal en caprinos criollos alimentados con dietas integrales cuya base forrajera fue la *Moringa oleífera* cosechada a 60 y 75 días. Se utilizó un cultivo ya establecido, se dio un corte de igualación y dos cosechas (60 y 75 días de rebrote), se henificó y se almacenó hasta la utilización. Se utilizaron cinco caprinos criollos adultos enteros de 24-36 meses de edad con un peso vivo aproximado de 35 ± 3 kg. Se utilizó un diseño completamente aleatorio con dos tratamientos y cinco repeticiones, para determinar significancia se aplicó la prueba de Tukey (1949). Los animales se adaptaron por diez días al consumo de las dietas experimentales, seguidos de siete de recolección de muestras (técnica *in vivo*), el consumo consistió en 1kg MS/animal/día garantizando los requerimientos de manutención, se recolectó una alícuota de 25% de heces para su procesamiento y respectivo análisis en laboratorio. Los valores de digestibilidad aparente de MS (72,69 – 73,11%), MO (73,44 – 73,81%), PB (61,56 – 71,30%) y FB (78,64 – 73,27%) para 60 y 75 días respectivamente, no presentaron diferencias significativas a excepción de los valores de PB y FB que fueron diferentes ($P < 0,05$). Cabe resaltar que los valores obtenidos en este experimento se enmarcan en el rango de excelente digestibilidad divulgado por Di Marco (2011).

Palabras clave: dieta, heces, cosecha, forraje.

ABSTRACT

This Project was carried out at Centro de Apoyo Manglaralto, located at 55km from Santa Elena county. The objective of this study was to determine the fecal digestibility on caprinos criollos fed with a diet forage based on *Moringa oleifera* harvested between 60 and 75 days. A pre-established crop was used, an equalization cut and two harvest were made (60 and 75 days of regrowth), haymed and stored until use. Five adult creole goats aged 24 – 36 we used with a weigh of approximately 35±3kg. A randomized design with two treatments and five repetitions to determine significance The Tukey Test (1949) was applied. The animals were adapted for ten days to the consumption of experimental diets, followed by seven collection of sample (live technique); the consumption consisted of 1kg DM/animal/day, guaranteeing the maintenance requirements, a 25% of feces was collected for processing and laboratory analysis. The apparent digestibility values of MS (72,69 – 73,11%), MO (73,44 – 73,81%), PB (61,56 – 71,30%) and FB (78,64 – 73,27%) for 60 y 75 days respectively not show significant differences except for PB and FB that were different (P<0,05). It should be noted that the values obtained in this experiment are within the range of excellent digestibility reported by Di Marco (2011).

Keywords: Diet, feces, harvest y forage.

El contenido del presente trabajo de titulación es de mi responsabilidad, el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la universidad estatal península de Santa Elena.

ÍNDICE

| | |
|--|----------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| Problema Científico..... | 3 |
| Objetivo General..... | 3 |
| Objetivos Específicos | 3 |
| Hipótesis | 3 |
| CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 4 |
| <i>1.1.- Cabras.....</i> | <i>4</i> |
| 1.1.1.- Descripción General | 4 |
| 1.1.2.- Clasificación taxonómica..... | 5 |
| 1.1.3.- Condiciones climáticas para el desarrollo de las cabras..... | 5 |
| 1.1.5.- Manejo Sanitario..... | 5 |
| 1.1.6.- Requerimientos nutricionales..... | 5 |
| <i>1.2.- Rumiantes</i> | <i>6</i> |
| 1.2.1.- Descripción General..... | 6 |
| <i>1.3.- Anatomía digestiva del rumiante</i> | <i>6</i> |
| 1.3.1.- Aparato digestivo | 6 |
| 1.3.2.- Boca..... | 7 |
| 1.3.3.- Dientes | 7 |
| 1.3.4.- Esófago | 7 |
| 1.3.5.- Rumen | 8 |
| <i>1.4.- Fisiología de los rumiantes.....</i> | <i>8</i> |
| 1.4.1.- Procesos digestivos | 8 |
| 1.4.2.- Rumia | 10 |
| 1.4.3.- Proceso de la rumia | 10 |
| 1.4.4.- La saliva | 10 |
| 1.4.5.- Gases del rumen | 11 |
| 1.4.6.- Microorganismo del rumen | 11 |
| 1.4.7.- Ciclo de la úrea..... | 12 |
| 1.4.8.- Digestibilidad de los Carbohidratos | 13 |
| 1.4.9.- Digestibilidad del almidón | 14 |
| 1.4.10.- Digestibilidad de los lípidos o grasas | 14 |

| | |
|---|-----------|
| 1.4.11.- Digestibilidad de la fibra | 15 |
| 1.4.12.- Digestibilidad de las proteínas | 15 |
| 1.5.- Moringa | 16 |
| 1.5.1.- Generalidades | 16 |
| 1.5.2.- Clasificación Taxonómica | 16 |
| 1.5.3.- Característica de suelo | 17 |
| 1.5.4.- Requerimiento de suelo..... | 17 |
| 1.5.5.- Composición química | 17 |
| 1.5.6.- Moringa como alimento animal..... | 18 |
| 1.6.- Determinación de la Digestibilidad de los Alimentos | 19 |
| 1.6.1.- Método <i>in vivo</i> | 19 |
| 1.6.2.- Método de Colección Total de Heces | 20 |
| 1.6.3.- Fases de un ensayo de digestibilidad..... | 20 |
| 1.6.4.- Selección de los animales para ensayo | 20 |
| 1.6.5.- Manejo de los animales para ensayo | 20 |
| 1.7.- Estudios de digestibilidad en Moringa | 21 |
| 1.7.1.- Alimentación de vacas lecheras con <i>Moringa oleifera</i> fresco o ensilado y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche | 21 |
| 1.7.2.- Validación de Moringa como alternativa forrajera para ovinos..... | 22 |
| 1.7.3.- Evaluación de los valores nutritivos y características de degradabilidad <i>in vitro</i> de hojas, semillas y vainas de plantas de <i>Moringa stenopetala</i> | 22 |
| 1.7.4.- Degradabilidad ruminal del follaje de <i>Moringa oleifera</i> Lam a tres diferentes edades de rebrote. | 23 |
| 1.7.5.- Digestibilidad aparente de nutrientes en dietas de forraje de <i>Moringa oleifera</i> para conejos en crecimiento..... | 24 |
| 1.8.- Bromatología de Forrajes | 25 |
| 1.8.1.- Muestreo de forrajes | 25 |
| 1.8.2.- Análisis de materia seca..... | 25 |
| 1.8.3.- Análisis de fibras | 26 |
| 1.8.4.- Análisis de la proteína | 26 |
| 1.8.5.- Análisis de la materia orgánica | 26 |
| CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS | 27 |
| 2.1.- Ubicación del experimento | 27 |
| 2.2.- Materiales, Equipos e instalaciones..... | 28 |
| 2.2.1.- Materiales biológicos | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.2.- Materiales y equipos..... | 28 |
| 2.2.2.- Instalaciones | 28 |
| 2.3.- <i>Diseño experimental</i> | 29 |
| 2.4.- <i>Tratamientos en estudio</i> | 29 |
| 2.5.- <i>Dietas experimentales</i> | 30 |
| 2.6.- <i>Manejo del experimento</i> | 30 |
| 2.6.1.- Construcción de Jaulas metabólicas individuales en Galpón | 30 |
| 2.6.2.- Moringa como alimento | 30 |
| 2.6.3.- Preparación de las dietas experimentales | 30 |
| 2.6.4.- Análisis bromatológicos de las dietas | 31 |
| 2.6.5.- Adquisición de animales | 31 |
| 2.6.6.- Evaluación clínica | 31 |
| 2.6.7.- Adaptabilidad de dietas en animales..... | 31 |
| 2.6.8.- Recolección de Heces..... | 31 |
| 2.6.9.- Prueba de digestibilidad <i>in vivo</i> | 32 |
| 2.6.10.- Variables experimentales | 32 |
| 2.6.10.1.- Digestibilidad de las dietas experimentales | 32 |
| CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 33 |
| 3.1.- <i>Determinación de digestibilidad fecal</i> | 33 |
| 3.1.1.- Promedios de digestibilidad fecal aparente de las dietas (DFA) | 33 |
| Materia seca..... | 34 |
| Materia orgánica | 34 |
| Proteína bruta | 35 |
| Fibra bruta..... | 36 |
| 3.2.- <i>Costo del kilogramo de dietas utilizadas</i> | 38 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 39 |
| Conclusiones | 39 |
| Recomendaciones..... | 40 |

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Requerimientos nutricionales del caprino | 6 |
| Tabla 2. Composición química de <i>Moringa oleifera</i> Lam de seis años..... | 17 |
| Tabla 3. Composición química de <i>Moringa oleifera</i> Lam de 54 días..... | 18 |
| Tabla 4. Consumo y digestibilidad aparente de los tratamientos | 22 |
| Tabla 5. Estimaciones in vitro de ME, DMO y AGCC para hojas, semillas y vainas de <i>Moringa stenopetala</i> (medias y errores estándar)..... | 23 |
| Tabla 6. Digestibilidad fecal aparente de nutrientes en conejos alimentados con harina de forraje de Moringa | 25 |
| Tabla 7. Grados de libertad del experimento | 29 |
| Tabla 8. Dietas experimentales y nutrientes calculados | 30 |
| Tabla 9. Digestibilidad fecal aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína bruta y fibra bruta de cabras criollas alimentadas con dietas integrales de <i>Moringa oleifera</i> Lam como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días) | 33 |
| Tabla 10. Costo de ingredientes de las dietas (kg) | 38 |
| Tabla 11. Costo de dieta integral cuya base forrajera fue <i>Moringa oleifera</i> Lam a 60 días de rebrote (kg) | 38 |
| Tabla 12. Costo de dieta integral cuya base forrajera fue <i>Moringa oleifera</i> Lam a 75 días de rebrote (kg) | 38 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Sistema digestivo..... | 7 |
| Figura 2. Rumia. | 10 |
| Figura 3. El ciclo de la urea. | 13 |
| Figura 4. La Moringa y sus características. | 16 |
| Figura 5. Degradación ruminal de MO del follaje de <i>Moringa oleifera</i> a tres diferentes edades de rebrotes y tiempos de incubación ruminal. | 24 |
| Figura 6. Ubicación del lugar de ensayo..... | 27 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- Tabla 1A. Pesos de muestras por dietas y repeticiones de las heces fecales
- Tabla 2A. Análisis bromatológico de heces fecales de dieta de *Moringa oleifera* Lam a los 60 días
- Tabla 3A. Análisis bromatológico de heces fecales de dieta de *Moringa oleifera* Lam a los 75 días
- Tabla 4A. Promedios de nutrientes ingeridos por animal de las dietas (Moringa 60 y 75 días de corte)
- Tabla 5A. Promedios de nutrientes en las heces por animal de las dietas (Moringa 60 y 75 días de corte)
- Tabla 6A. Bromatología de heces fecales (%)
- Tabla 7A. Digestibilidad Fecal de cada una de los nutrientes (Moringa 60 y 75 días de corte)
- Tabla 8A. Digestibilidad aparente de Materia Seca (%)
- Tabla 9A. Digestibilidad aparente de Proteína Cruda (%)
- Tabla 10A. Digestibilidad aparente de Fibra Cruda (%)
- Tabla 11A. Digestibilidad aparente de Materia Orgánica (%)
- Figura A1. Adquisición de caprinos machos para el experimento
- Figura A2. Jaulas Metabólicas usadas para trabajos de digestibilidad en método *in vivo*
- Figura A3. Proceso de muestras para la evaluación respectiva del valor nutricional de las dietas (*Moringa oleifera* Lam (60 y 75 días de corte), panca de maíz y balanceado comercial)
- Figura A4. Preparación y pesaje de dietas integrales suministradas para lo caprinos criollos
- Figura A5. Colocación de arnés a cada una de las 5 repeticiones para la recolección total de las heces
- Figura A6. Recolección total de heces fecales a caprinos criollos
- Figura A7. Codificación a cada una de las muestras obtenidas por medio del método *in vivo*
- Figura A8. Conservación de muestras hasta su respectivo análisis bromatológico
- Figura A9. Pesaje de heces fecales frescas, elección y mezcla de los días de recolección de cada una de los tratamientos
- Figura A10. Preparación de muestra, obtención de materia seca para su respectivo análisis bromatológico

INTRODUCCIÓN

La especie caprina figura entre las primeras especies domesticadas por el hombre (entre los años 6 000 – 7 000 AC). Lo cual asegura su antigüedad y utilidad como especie de importancia económica en el desarrollo histórico de la humanidad. Las cabras se extienden mayormente en zonas áridas como desiertos y montañas las cuales son de difícil acceso y poca vida vegetal; zonas que generalmente están cubiertas por pastos nativos con bajo valor nutricional y un valor mínimo de disponibilidad de materia seca por unidad de superficie; estas condiciones serían la dificultad de sobrevivencia para las otras especies domesticadas como: porcina y bovina (Cruz, 2006).

En el país existen alrededor de 104 026 cabezas de ganado caprino, siendo Loja la primera provincia productora con un 73,10 % de la producción nacional, seguida de Santa Elena con 6,19 %, Guayas con 4,17 %, Manabí con 4,13 % y Chimborazo con 3,66 %. Estas son las cinco primeras provincias productoras de cabras (Cruz, 2015).

En Santa Elena el sistema de manejo caprino tradicional es el extensivo, con la utilización de los recursos vegetales naturales como única fuente de alimentación, lo cual ocasiona que los animales traten de buscar alimentos que les proporcione nutrientes, pero para esto recorren grandes extensiones de tierra, a pesar de esto los animales no logran cubrir sus requerimientos nutricionales diarios; esto aumenta la necesidad de contar con alternativas alimenticias de alta calidad nutricional que permitan prevenir estas pérdidas productivas (Ramos, 2010).

El clima de la provincia de Santa Elena tiene una variación entre tropical húmedo y tropical seco, la temperatura media anual oscila entre los 23,5 y 25,2 °C con temperaturas máximas de 32°C; en la estación de garúa las mínimas son de 16 °C, en los meses de julio a septiembre. La lluvia se presenta de enero hasta abril, con precipitaciones anuales inferiores a 500 mm (Alvarado y Malavé, 2010).

Dado las condiciones desérticas de la zona, es necesario que se introduzcan especies forrajeras que sean resistente a estas condiciones climatológicas, una de ellas es *Moringa oleífera* Lam. La Moringa es resistente a la sequía y se cultiva en regiones

áridas y semiáridas de la India, Paquistán, Afganistán, Arabia Saudita y África del Este, donde las precipitaciones alcanzan aproximadamente los 300 mm anuales (Pérez *et al.*, 2010).

La Moringa es un árbol de crecimiento rápido, con copas abiertas y follaje pináceo que forma parte de la familia de las Moringáceas junto a otras 12 variedades típicas de los climas áridos del trópico. Puede crecer fácilmente mediante reproducción asexual por estacas en épocas de sequías y logra alcanzar 4 metros de altura, generando beneficios para los productores y el ecosistema (Canett *et al.*, 2014). Además, la *Moringa oleífera* Lam es un alimento muy nutritivo y beneficioso con características interesantes para establecer este cultivo en poblaciones sostenibles del trópico seco (Olson y Alvarado, 2016). Brinda innumerable cantidad de productos, de excelente calidad que las cAEEomunidades han aprovechado por miles de años. Las vainas verdes, las hojas, las flores y las semillas son muy nutritivas y son consumidas en muchas partes del mundo (Folkard y Sutherlandy, 1996).

El empleo de la Moringa puede ofrecer una posibilidad para compensar la falta de alimentos durante los periodos largos de sequía lo que constituye el mayor reto para la producción animal en muchas regiones del trópico (García *et al.*, 2016).

Dentro de las especies forrajeras arbóreas, la Moringa reúne excelentes características por su versatilidad en cuanto a su uso como alimento ya que es una planta con gran potencial, con gran resistencia a la sequía y de fácil adaptación a diversas condiciones de climas y suelos. Además presenta nueve aminoácidos, altos contenidos proteicos (Perozo, 2013), tanto sus hojas como frutos contienen 28% de proteínas de los cuales al transformarlo en torta proporcionaría el doble de proteína llegando a un 54% (Vanguardia, 2008). Lo antes mencionado la convierte en una gran alternativa de alimento para el ganado caprino de la provincia de Santa Elena.

Problema Científico:

¿Es poco el conocimiento que se tiene en cuanto a la digestibilidad de los caprinos criollos alimentados con especies forrajeras como la *Moringa oleífera* Lam?

Objetivo General:

Determinar la digestibilidad fecal en caprinos criollos alimentados con dietas integrales cuya base forrajera es la *Moringa oleífera* Lam.

Objetivos Específicos:

1. Determinar la digestibilidad fecal en caprinos criollos alimentados con dieta integrales cuya base forrajera es la *Moringa oleífera* Lam cosechada a 60 y 75 días.
2. Determinar el tiempo óptimo de cosecha de *Moringa oleífera* Lam.
3. Determinar el costo del kilogramo de dietas utilizadas en los experimentos.

Hipótesis:

Se conoce la digestibilidad de caprinos criollos alimentados con dietas integrales cuya base forrajera es *Moringa oleífera* Lam cosechada a 60 o 75 días de edad.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1.- Cabras

1.1.1.- Descripción General

Los orígenes de las cabras son muy discutidos por varios autores, no existiendo una filogenia clara de las especies actuales, de acuerdo con la historia desde su domesticación hace alrededor de unos 10 000 años a.C. (Ureña *et al.*, 2011).

Es considerado uno de los rumiantes muy efectivo debido a que se puede adaptar a todo tipo de terrenos. Ingiere todo tipo de plantas especialmente hojas de arbustos y hierbas de temporada. Al macho de la especie se lo conoce generalmente como chivo, a las crías como cabritos y al número total de estos animales como ganado caprino (Ramírez, 2017). Ésta especie se caracteriza por poseer una gran rusticidad y una especial capacidad de pastoreo en zonas arbustivas y de monte bajo, no tiene una clara especialización cárnica esto se debe a su natural morfología amiotrófica. (Ureña *et al.*, 2011).

Las cabras presentan una cabeza pequeña y poseen cuernos tanto machos como hembras, las orejas son de tamaño pequeñas o medianas y en posición horizontal, su piel es fina y tiene pigmentos, patas cortas y fuertes. Las hembras tienen un peso de 35-40 kg a diferencia de los machos que pesan 40-45 kg (Álvarez, 2014).



1.1.2.- Clasificación taxonómica

De acuerdo a Álvarez y Medellín (2005) la taxonomía de la Cabra criolla está dada: Reino: animal, clase: mamífero, subclase: euterios, orden: artiodáctilos, suborden: rumiantes, familia: bóvidos, subfamilia: caprinae, género: capra, especie: c. hircus y nombre común: cabra

1.1.3.- Condiciones climáticas para el desarrollo de las cabras

Viviana (2007) menciona que la diversidad genética que posee la especie caprina, le permite desarrollar genotipos que responden positivamente a los diferentes cambios de condiciones ambientales, adoptando una mayor amplitud de adaptabilidad en cualquier región geográfica, a diferencia de cualquier otro tipo de ganado. Los caprinos poseen rasgos tales como: adaptación a extrema aridez, resistencia de enfermedades, alta fertilidad, etc.

1.1.5.- Manejo Sanitario

El manejo higiénico-sanitario es uno de los elementos más importante en la cría y reproducción de ganado caprino, ya que un mal manejo significaría la aparición de un gran número de enfermedades, lo que ocasionaría grandes pérdidas económicas, Solano (2015) menciona que los tratamientos de vacunación, desparasitación y los procesos de higiene, son la clave para mantener la cabras en un punto de equilibrio estable, tomando en cuenta que las cabras son una especie rústica que se adapta a cualquier ambiente, por lo que es importante poner atención en su alimentación, ya que con un buen manejo se puede economizar los costos de producción.

1.1.6.- Requerimientos nutricionales

El rumiante debe consumir hasta lograr satisfacer sus requerimientos nutricionales, pero el consumo total es tal limitado por dos factores: físicos y fisiológicos del animal y la planta (Mejía, 2006).

Mellado *et al.* (2004), describen en la Tabla 1 los requerimientos nutricionales de los caprinos:

Tabla 1. Requerimientos nutricionales del caprino

| Peso vivo (kg) | Proteína bruta (g) | Energía digestible (MJ) | Calcio (g) | Fósforo (g) |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| 30 | 62 | 8,33 | 2 | 1,4 |
| 40 | 77 | 10,33 | 3 | 2,1 |
| 50 | 91 | 12,22 | 4 | 2,8 |
| 60 | 105 | 14,85 | 4 | 2,8 |

Fuente: Mellado *et al.* (2004).

MJ: megajoule (es la unidad del Sistema Internacional para energía, se define como el trabajo realizado por la fuerza de 1 newton en un desplazamiento de 1 metro).

1.2.- Rumiantes

1.2.1.- Descripción General

Los rumiantes son herbívoros que pueden alimentarse de forrajes y transformar los alimentos en dos formas: masticando e ingiriendo de manera normal y a su vez regurgitando el bolo alimenticio para realizar la rumia y el alimento vuelva a ser ingerido, de esta manera se aprovecha al máximo los nutrientes del alimento. La utilización del alimento se lleva a cabo básicamente bajo procesos fermentativos, lo que lleva el uso de distintos tipos de microorganismos como: hongos, protozoarios y bacterias (Ramírez, 2017).

1.3.- Anatomía digestiva del rumiante

1.3.1.- Aparato digestivo

Tiene la función de transformar los alimentos para que puedan ser usados en la producción de energía, crecimiento y renovación de las células. Para la acción de la digestión, el aparato digestivo está conformado de diferentes órganos que inicia desde la cavidad de la boca hasta la canal anal (Konig y Liebich, 2005).

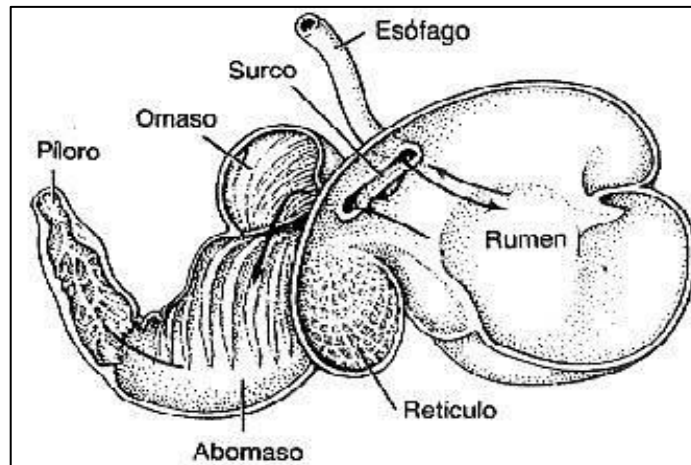


Figura 1. Sistema digestivo.
Fuente: INEA, 2003

1.3.2.- Boca

La boca es una cavidad alargada en el sentido de la cabeza que presenta dos aberturas una anterior por donde penetran los alimentos y una posterior por medio de la cual se comunica con la laringe (INATEC, 2016). Es el primer segmento de la canal alimenticia, en ella se contiene los dientes y la lengua. La particularidad de los rumiantes es que carecen de los incisivos superiores pero poseen una almohadilla dental dura con la que muerden. De manera no rígida se encuentran los incisivos inferiores para no lastimar la almohadilla dental (Ramírez, 2017).

1.3.3.- Dientes

Considerados parte del sistema masticador, la forma y número de los dientes varían de acuerdo al tipo de especies; en los rumiantes podemos encontrarlos de forma simplemente cónicas en los dientes premolares y molares (Konig y Liebich, 2005). De acuerdo a García y Gingis (2001) los incisivos inferiores ayudan a que los rumiantes sujeten el pasto y con movimientos de cabeza logre corta el forraje. Luego de esto lo mastica y repite el proceso hasta acumular una gran cantidad de alimento, a esto se lo considera como bolo alimenticio el cual se forma por medio de la saliva.

1.3.4.- Esófago

Es un órgano que entra en el estómago justo en la unión del rumen con el retículo (Rojo y Gonzales, 2013), su longitud se da desde los 90 - 105 cm con diámetros de cinco hasta siete cm. Posee tres capas las cuales producen ondas que permiten el paso del bolo alimenticio (García y Gingins, 2001).

1.3.5.- Rumen

El rumen es un saco que está formado por una membrana mucosa la cual está cubierta por un epitelio escamoso, estratificado y cronificado. La reddecilla o retículo posee la misma estructura del rumen, pero no la misma mucosidad pues esta mucosa forma pliegues que dan origen a celdas planas. En la porción superior derecha se abre el cardias, que es donde se une el esófago y por donde ingresan los suministros. En esa misma región se halla la gotera esofágica, consistente en un canal formado por dos pliegues que le acceden cerrarse y conducir alimentos líquidos directamente al estómago verdadero o cuajar (Garcia y Gingins, 2001). El rumen actúa en movimientos secuenciales que se clasifican en dos tipos: primarios o también llamado de mezclado y secundarios o de eructación. Cuando el animal está en reposo se producen los movimientos de mezclado. Cada minuto se empieza a movilizar el ruminoretículo el cual va a permitir la mezcla del contenido ruminal y a su vez ayuda a separar las partículas de acuerdo a su tamaño (Contexto ganadero, 2017).

De acuerdo Higuera (2012) el rumen es el mayor de los preestómagos y su interior se encuentra dividido en compartimentos designados sacos, separados entre sí mediante pilares musculares. La mucosa que cubre el interior del rumen forma celdas hexagonales, difiriendo de la superficie ruminal, al igual que la del retículo y omaso está constituida por el tejido epitelial no glandular y forma papilas filiformes de variables tamaños que suponen un aumento de la superficie de absorción del rumen. El retículo se sitúa al extremo superior del rumen, la separación está delimitada por el pliegue retículo ruminal que permite el libre paso de partículas entre ambos.

1.4.- Fisiología de los rumiantes

1.4.1.- Procesos digestivos

La digestión es importante porque permite a los animales usar las proteínas para sus funciones productivas. El sitio principal de digestión es el rumen, donde el alimento es retenido por periodos de tiempo sustanciales y sometido a una extensa fermentación microbiana bajo condiciones anaeróbicas (Silva, 2017). La digestión de la grasa posee lugar en el intestino delgado cuando los lípidos tienen contacto con la bilis del hígado. Las lipasas digieren entonces los lípidos. Los ácidos grasos se absorben a través de la

pared intestinal, y son convertidos en triglicéridos, siendo luego transportados a lo largo del cuerpo (Ramírez, 2013).

Los rumiantes se caracterizan por el poder de degradabilidad de hidratos de carbono estructurales encontrados en el forraje, tales como: la celulosa, hemicelulosa y pectina, las cuales son poco digeribles para especies de estómago simple. Esta gran diferencia de degradación del alimento es realizada mayormente por digestión fermentativa con la acción de microorganismos alojados en los divertículos estomacales del rumiante y no por enzimas (Relling y Mattioli, 2003).

El proceso digestivo es un conjunto de fenómenos cuyo objetivo es proporcionar nutrimentos al animal, y está compuesto por el proceso de ingestión de alimento, la secreción de ácido clorhídrico y de enzimas en el tracto gastrointestinal, la hidrólisis de macromoléculas, la absorción de nutrientes y la excreción de productos de desecho. La combinación de los procesos de digestión y absorción es conocida como la digestibilidad de un nutrimento y está íntimamente relacionada con el valor nutritivo de los alimentos (Parra y Gómez, 2008).

El proceso de digestión comprende de diferentes operaciones como:

1. Reducción de tamaño físico de los alimentos, mediante la masticación, la rumiación y las contracciones musculares del estómago.
2. Reducción del tamaño molecular de las partículas alimenticias en el rumen transformándolas en elementos más simples, con el fin de absorberlos como principios nutritivos.
3. Eliminación de las sustancias de desecho no absorbidas, el proceso dura aproximadamente ocho días (Castro, 2002).

La digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento donde intervienen microorganismos anaerobios ruminales. Se define la digestibilidad de un alimento con más exactitud como la proporción del alimento que no es excretado con las heces y que, por lo tanto, ha sido absorbida (Silva, 2017).

1.4.2.- Rumia

La rumia tiene como objetivo reducir el tamaño en que se encuentra el alimento y así favorecer la función microbiana, mediante el proceso de remasticación de lo que contiene el rumen. El tiempo en que se da la remasticación va a depender del tipo de dieta que se le da al animal, teniendo un promedio de duración de 40 a 60 segundos por bolo (Relling y Mattioli, 2003). Para que el animal realice la rumia requiere 26 500 movimientos de su mandíbula diarios, el bolo ya rumiado es deglutido y llega al rumen y es mezclado con lo que ya contiene el rumen.

1.4.3.- Proceso de la rumia

Inicia con una contracción extra del retículo en donde una vez que el bolo alimenticio pasa al esófago, produce contracciones antiperistálticas que lo conducen hacia la boca en donde se comprime entre el paladar y la lengua para destilar el líquido que es deglutido, mientras tanto lo sólido (forraje grosero) persiste en la boca para su nueva remasticación y a su vez insalivación. La remasticación está dada con movimientos lentos, completos y enérgicos del maxilar inferior contra el superior (Relling y Mattioli, 2003).

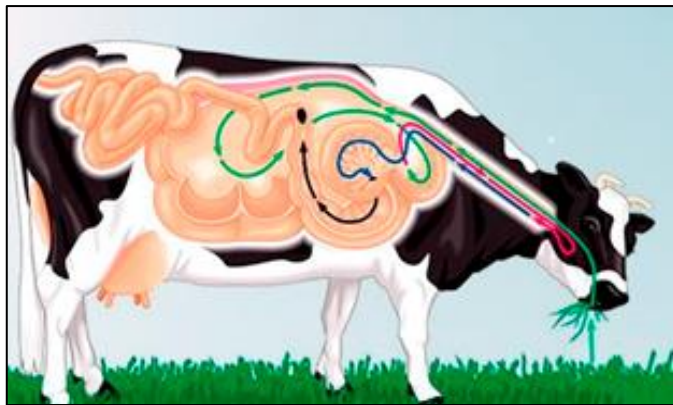


Figura 2. Rumia.
Fuente: Ganasal, 2011.

1.4.4.- La saliva

La saliva de un rumiante posee un pH de 8,1 a 8,3. Las glándulas que producen el mayor volumen de saliva son las parótidas y glándulas morales inferiores. La producción va a depender de las horas de rumia, período en el cual la secreción se va a duplicar. Si la rumia dura por más tiempo, es decir si el animal consume un componente rico en H₂O estructurales va a aumentar la cantidad de saliva. La saliva

es producida por las glándulas salivales que existen alrededor de la cavidad bucal. (Hcard's Dairyman, 2006).

Según Konig y Liebich (2005) la saliva cumple diferentes funciones entre las cuales las principales son:

1. Ayudar en la digestión.
2. Actuar como amortiguador de los alimentos ingeridos.
3. Sirve como vía de excreción de diferentes sustancias.

1.4.5.- Gases del rumen

En el rumen el metano que se produce es generado por el proceso de fermentación del alimento, para que se produzca en el rumen deben de existir bacterias anaeróbicas metanógeas las cuales inciden en la producción del metano. Estas bacterias también producen H₂ y CO₂ los cuales son expulsados por el animal, principalmente el H₂ que producen es usado para la remoción de un factor implicado en la estabilidad del pH del rumen siendo esencial para una buena fermentación (Carmosa *et al.*, 2005).

1.4.6.- Microorganismo del rumen

El ecosistema ruminal está compuesto por más de 200 especies de bacterias arqueas metanogénicas con una concentración media de 10¹⁰ bacterias/mL, en cuanto a los protozoos existentes más de 20 especies con cifras de 10⁶ protozoos/mL y hongos con densidades de 10⁴ zoosporas/mL. Se establecen relaciones entre los microorganismos presentes en el rumen de manera beneficiosa, perjudicial y competitiva. Si las condiciones son adecuadas los microorganismos ruminales logran crecer y desarrollarse. El rumen permite diversos números de ritmos de crecimiento ya que muchos microorganismos se encuentran adjuntos a las partículas de alimento y juegan un papel muy importante en la degradación de los alimentos fibrosos (Higuera, 2012).

Para obtener la energía los microorganismos fermentan glucosa que le permite crecer y producir ácidos grasos volátiles (AGV) como productos de la fermentación. Los ácidos grasos volátiles traspasan las paredes del rumen y sirven como fuentes de energía para el animal (Montalbetti, 2009).

Según Van y Regueiro (2008), la gran Parte de microorganismos que se pueden encontrar en el rumen son anaerobios y facultativos. Entre ellos son principalmente bacterias, hongos y protozoarios. Se encuentran ubicados en tres sitios diferentes del rumen:

1. La flora epimural están adheridos a la pared.
2. Asociados a partículas alimenticias (SAB: solid adherent bacteria).
3. Libres, flotando en el líquido ruminal (LAB: liquid associated bacteria).

En el ecosistema microbiano ruminal ocurren varios tipos de interacciones entre microorganismos, incluyendo predación, parasitismo, simbiosis, competencia, y transferencia de metabolitos. Las bacterias son los organismos que más abundan y a su vez las que llevan la mayor parte de la actividad digestiva y fermentativa. Existen bacterias especializadas en digerir diversos sustratos como la fibra o el almidón. Los protozoos beneficiosos contribuyen a estabilizar el pH, y algunas especies también contribuyen a la digestión de la fibra. Los hongos también ayudan a digerir la fibra (Ungerfeld, 2016).

Gracias a las capacidades fisicoquímicas de los microorganismos en el rumen logran transformar el alimento mediante procesos de fermentación anaerobia. El animal hospedador aprovecha algunos de los productos finales de la fermentación absorbiéndolos a través de la mucosa del rumen y el retículo. El rumiante usa las proteínas no degradadas en el rumen por los microorganismos y la contenida en los mismos, cuando llegan a los tramos posteriores del tracto gastrointestinal, para cubrir sus necesidades (Higuera, 2012).

1.4.7.- Ciclo de la úrea

En los rumiantes existe un contenido de nitrógeno fermentable que aparece como amonio el cual no alcanza a ser utilizado por la flora ruminal y pasa con facilidad al torrente circulatorio; a continuación debe ser transformado en el hígado a úrea y eliminado en la orina. Los aminoácidos producto del catabolismo proteico, sufren un proceso de transaminación para confluír, la mayoría de ellos, en el glutamato a partir de acetoglutarato como cetoácido receptor. En el interior de la mitocondria, en presencia de la glutamato deshidrogenasa es liberado el amonio y éste, en presencia de

la carbamoil fosfato sintetasa, bicarbonato y dos moles de ATP, forma el carbamoil fosfato (CaP), el que más adelante liberará úrea (Correa y Cuellar, 2004).

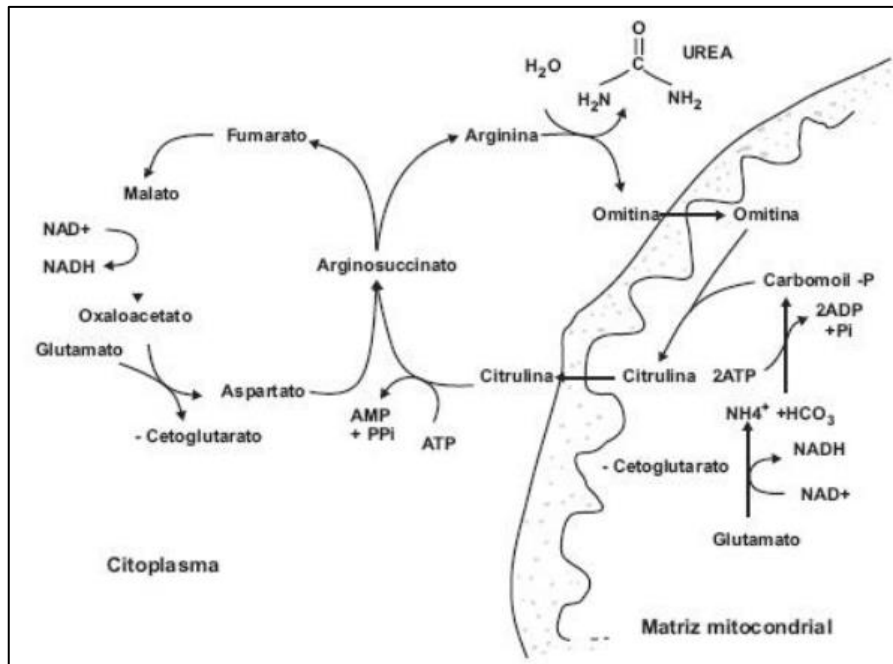


Figura 3. El ciclo de la urea.
Fuente: Correa y Cuellar, 2004.

1.4.8.- Digestibilidad de los Carbohidratos

La digestión de los tejidos vegetales se da de forma progresiva y secuencial. Inicialmente las bacterias penetran estomas, las fracturas creadas por masticación y molienda del alimento. Las colonizaciones de bacterias quedan protegidas por los protozoos (depredadores) y competencia de nutrientes por parte de otras especies bacterianas. Las fibras vegetales son ingeridas por los protozoos y luego las mismas son incluidas en vacuolas digestivas donde serán degradadas por sus propias enzimas celulolíticas. Para comprender el uso de los carbohidratos del alimento en rumiantes es necesario recordar que la célula vegetal posee componentes estructurales más importantes como: celulosa, hemicelulosa, lignina que serán descritos a continuación:

Para la digestibilidad de la celulosa dependerán de varios factores: uno de ellos es el grado de unión a sustancias refractarias a la digestión (lignina, sílice, cutina), las propiedades intrínsecas de la celulosa (grado de cristalinidad, grado de polimerización) y por último el contenido de humedad de la fibra. La hemicelulosa está estructurada por una cadena de xilosas, ramificaciones de arabinosa y ácido glucurónico. Se

encuentra presente en la pared secundaria de los vegetales en conjunto con la lignina y su digestibilidad dependerá del grado de lignificación. En cuanto a la lignina se puede describir como el principal factor limitante de la digestibilidad de los forrajes se la relaciona con la incrustación y el atrapamiento de los nutrientes dentro de la pared lignificada (Pechin, 1999).

1.4.9.- Digestibilidad del almidón

Existen factores que modifican la cantidad de almidón digerido, entre ellos están las características físico-químicas del grano (tipo de grano, procesamiento), características de la flora microbiana (actividad amilolítica, presencia de protozoarios) y las condiciones del ambiente ruminal. También existen efectos del forraje en la digestión ruminal de almidón, que se relacionan con cambios en la rumia y en la secreción de saliva que aumenta la capacidad amortiguadora en el rumen (Mendoza y Ricalde, 2016).

El almidón es hidrolizado a glucosa en el rumen gracias a la acción de amilasas y otras carbohidrasas extracelulares o asociadas a la superficie de las bacterias. Quienes también juegan un papel importante en el catabolismo de los carbohidratos de reserva son los protozoos, ya que fagocitan los gránulos de almidones y los asimilan intracelularmente, por lo que disminuyen su disponibilidad para otras especies microbianas. Por último, los hongos parecen disponer de una escasa actividad amilolítica pero sus hifas pueden jugar un papel importante al producir lesiones en la superficie de los tejidos vegetales que favorecen la colonización bacteriana. El almidón no digerido en el rumen por los microorganismos llega al intestino delgado, donde será hidrolizado por las amilasas pancreáticas a glucosa, y luego al ciego e intestino grueso donde puede ser fermentado por la flora microbiana residente (Rico *et al.*, 2013).

1.4.10.- Digestibilidad de los lípidos o grasas

Martínez *et al.* (2010), plantea que para analizar los lípidos presentes en un alimento, se extrae la fracción llamada extracto etéreo o grasa bruta, el cual no refleja el valor nutricional real de las fracciones lipídicas del alimento. Los forrajes están compuestos por sustancias insaponificables que no aportan ningún valor energético a los animales.

En rumiantes los lípidos más importantes en la alimentación son los que contienen ácidos grasos unidos a glicerol: triglicéridos (se encuentran presentes en materias primas no forrajes), glicolípidos y fosfolípidos (presentes en los forrajes). Si los lípidos de la dieta son accesibles a la microflora del rumen, son hidrolizados rápida y extensamente. Los ácidos grasos logran ser liberados de las partículas por detergencia polar, en donde las sales biliares van a favorecer en la interacción que se da entre los ácidos grasos con los fosfolípidos presentes en la bilis y agua, lo cual conduce a la formación de una fase líquida cristalina que se dispersa para formar solución micelar que simultáneamente libera lisolecitinas desde los fosfolípidos biliares y bacterianos por la acción de las fosfolipasas pancreáticas estimula aún más la solubilización y mejora el paso de los ácidos grasos a través de capa acuosa que recubre las microvellosidades intestinales (Martínez *et al.*, 2010) .

1.4.11.- Digestibilidad de la fibra

La función de la fibra es mantener un correcto funcionamiento ruminal que no comprometa la salud del rumiante. Por ello, los rumiantes deben consumir una cantidad mínima de fibra que estimule la rumia y la salivación. El grado de lignificación de la pared celular es una de las principales limitantes a la digestión ya que la fibra puede ser degradada únicamente en el rumen. La estructura física de la pared celular y la relación de lignina con la celulosa y la hemicelulosa afectan la degradación ruminal de la fibra (Palladino *et al.*, 2006).

1.4.12.- Digestibilidad de las proteínas

Para los rumiantes los requerimientos de proteínas se satisfacen en dos fuentes: la primera es aquella proteína de origen microbiano que se encuentra disponible a nivel postruminal y, en el intestino delgado es digerida la segunda proteína de la dieta que escapa de la digestión ruminal (Villalobos *et al.*, 2000).

Parte de las proteínas de la dieta son degradadas en el rumen por medio de hidrolisis y animación de aminoácidos además de amonio y cadenas de carbono. El nitrógeno no proteico consumido más la úrea que se recicla a través de la saliva y de la pared ruminal contribuye al contenido de amonio ruminal. Cuando la concentración de amonio ruminal es baja, existirá deficiencia de nitrógeno para las bacterias ruminales lo cual afecta su crecimiento y a la vez la digestibilidad de la dieta.

La proteína bacteriana que se genera por medio de un proceso de fermentación pasa al intestino delgado, generando un aporte importante de aminoácidos. Pero no toda la proteína es aprovechada, parte es engolfada por los protozoarios ruminales, lo que provoca que se recicle Nitrógeno dentro del rumen.

La resistencia a la degradación ruminal dependerá de las características de cada proteína, existen proteínas de alta degradabilidad ruminal, como las del forraje que en muchos casos supera el 80% pero a su vez de baja degradabilidad como las de origen animal, que no superan el 30% de degradación (Santini, 2014).

1.5.- Moringa

1.5.1.- Generalidades

Es un árbol que tiene poca apariencia, es originaria de la India que crece rápidamente en condiciones secas, conocido desde hace varios años como una excelente fuente de alimento natural y a su vez una fuente de energía con altos niveles de nutrientes, vitaminas, minerales y aminoácidos (Bruhns, 2011). *Moringa oleifera* Lam, es un árbol que crece en todo tipo de suelos desde ácidos hasta suelos alcalinos, su producción de forrajes es de 24 – 99 toneladas de masa seca (MS) por hectárea (Borrero *et al.*, 2018).



Figura 4. La Moringa y sus características.
Fuente: Clubplaneta, 2016.

1.5.2.- Clasificación Taxonómica

Según Gordino (2014) la clasificación taxonómica de la *Moringa oleifera* Lam está dada de la siguiente manera: Reino: plantae, orden: brassicales, familia: moringaceae, género: moringa y especie: *Moringa oleifera* Lam.

1.5.3.- Característica de suelo

Es una especie forrajera arbóreas, que reúne diversas características en cuanto a su uso como reforestación, sombra y control de erosión debido a la fácil adaptación de diversas condiciones climáticas y edafológicas (Perozo, 2013). Tiene la capacidad de crecer en suelos con poca capacidad de retención de humedad y hasta en aquellos que no presentan alta actividad biológica; no obstante, la mejor respuesta en desarrollo y productividad se obtiene en suelos neutros o ligeramente alcalinos, con buen drenados o arenosos y donde el nivel freático permanece prolongado (Sosa *et al.*, 2017).

1.5.4.- Requerimiento de suelo

En cuanto a sus requerimientos nutricionales va de la mano a las características físicas y químicas del suelo en donde se va a establecer el cultivo. Si su producción es intensiva, requiere 280kg de N; 380kg de P; 1.8kg de Ca; 0,5kg de Cu; 1,4kg de Mg; 0,6kg de B y 0,3kg de Zn (Perozo, 2013).

1.5.5.- Composición química

En la Tabla 2 y 3 se muestra la composición química entre un cultivo de seis años de y uno de 54 días de edad. (Garavito, 2008) citado por Pérez *et al.* (2010), manifestaron que se encuentran mayores valores de proteína y energía metabolizable en las hojas de las plantas a edades de 54 días de corte.

Tabla 2. Composición química de *Moringa oleifera* Lam de seis años

| Indicador | Hojas y tallos | |
|------------------------------------|----------------|---------------|
| | Jóvenes | Desarrollados |
| Materia seca (%) | 66,86 | 34,90 |
| Proteína (%) | 21,59 | 26,74 |
| Extracto etéreo (%) | 3,73 | 3,80 |
| Ceniza (%) | 9,83 | 10,63 |
| Energía digestible (Mcal/kg MS) | 2,99 | 2,93 |
| Energía metabolizable (Mcal/kg MS) | 2,45 | 2,39 |

Fuente: Garavito (2008).

Tabla 3. Composición química de *Moringa oleifera* Lam de 54 días

| Indicador | Hojas | Tallos | Hojas y tallos |
|------------------------------------|-------|--------|----------------|
| Materia seca (%) | 89,60 | 88,87 | 89,66 |
| Proteína (%) | 24,99 | 11,22 | 21,00 |
| Extracto etéreo (%) | 4,62 | 2,05 | 4,05 |
| Ceniza (%) | 10,42 | 11,38 | 10,18 |
| Energía digestible (Mcal/kg MS) | 2,81 | 1,99 | 2,43 |
| Energía metabolizable (Mcal/kg MS) | 2,30 | 1,63 | 1,99 |

Fuente: Garavito (2008).

1.5.6.- Moringa como alimento animal

Foild *et al.* (2010), indica que cuando se inicia la alimentación con *Moringa oleifera* Lam se requiere de un periodo de adaptación. A la Moringa se le puede usar con dos propósitos ya sea como sustituto completo o complemento proteico.

Se le da uso como suplemento en dietas de aves, cerdos, peces (carpas, tilapias y otros peces herbívoros) además de otros animales (Medisan, 2012).

Reyes y Mendieta (2017), describen la Moringa en diferentes aspectos:

1. Es una buena fuente de proteína para la alimentación animal contiene 25,1% de proteína bruta en base seca con 47% de la proteína total, y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca es de 79%.
2. Como posee un alto valor de proteína digestible, indica que sus hojas son una buena fuente de proteínas que se pueden suplementar para la dieta de los rumiantes, ya que permite que más aminoácidos logren llegar de manera directa al intestino delgado los cuales serán usados con fines productivos.
3. No se han detectado glucósidos cianogénicos, ni actividad de inhibidores de tripsina, amilasa y lecitinas. El contenido de fitatos de las hojas de Moringa es de 2,5% lo que puede provocar que disminuya la biodisponibilidad de los minerales, principalmente para monogástricos.
4. La composición química y digestibilidad son los componentes que determinan la calidad de la Moringa ya que con esto se puede saber si presenta valores lo suficientemente adecuados para cubrirlos requerimientos de los animales; sin embargo, la mejor expresión del valor nutritivo de un forraje consiste en un alto desempeño productivo de los animales que lo ingieren.

1.6.- Determinación de la Digestibilidad de los Alimentos

1.6.1.- Método *in vivo*

El conocimiento del valor nutritivo de los alimentos es importante para la nutrición del animal, siendo esto no suficiente con los análisis del ámbito químico, se debe considerar los efectos de procesos de digestión, absorción y metabolismo animal (Bondi, 1989). Las pruebas de digestibilidad nos permiten estimar la compensación de nutrientes presentes en una ración que pueden ser o no absorbidos por el aparato digestivo (Lachmann y Araujo, 2000) permaneciendo disponibles para el animal (Bondi, 1989).

Se determina el coeficiente de digestibilidad de raciones completas o de ciertos nutrientes existente en una ración por medio del método *in vivo* o colección total de heces y el cálculo de la digestibilidad con marcadores (Lachmann y Araujo, 2000).

Para el cálculo de la digestibilidad con marcadores de acuerdo a la técnica de las proporciones, se han descrito fórmulas que van en función a la relación de las concentraciones de los nutrientes y el marcador, tanto en la ración como en las heces. En el caso de la digestibilidad de la materia seca y cualquier otro nutriente se ha propuesto la siguiente fórmula (Lascano *et al.*, 1990) citado por (Acosta, 2016):

dMS % = (Concentración del marcador en el forraje/ Concentración del marcador en las heces fecales x 100)

Para determinar la digestibilidad de los nutrientes es normalmente representada por un coeficiente de digestibilidad, expresado en forma porcentual que se calcula mediante la siguiente fórmula (Bondi, 1989):

$$\text{Coeficiente de digestibilidad (\%)} = [(NI - NH) / NI] \times 100$$

Donde:

NI = Nutriente ingerido

NH = Nutriente en heces

1.6.2.- Método de Colección Total de Heces

La CTH (colección total de heces) es el método más confiable para medir la digestibilidad, ya que involucra directamente factores tanto del alimento como del animal. Este método incluye la medición de la deglución de una determinada ración, a cuya composición es conocida y también la recolección total de las excretas fecales que corresponden al alimento consumido. El trabajo operativo del método de colección total de heces, implica la medición diaria de consumo del alimento y la colección de heces una o dos veces al día (García *et al.*, 2009).

1.6.3.- Fases de un ensayo de digestibilidad

1. Adaptación de los animales a la dieta y al ambiente. Duración mínima: paso del alimento a lo largo del tracto gastrointestinal.
2. Recolección de información. Duración mínima: paso del alimento a lo largo del TGI
 - a. Medición del alimento consumido y toma de muestras
 - b. Medición de heces y toma de muestras
3. Análisis de laboratorio

1.6.4.- Selección de los animales para ensayo

Las pruebas de digestibilidad se realizan durante periodos cortos de tiempo, con un control adecuado sobre la dieta a evaluar y sobre el animal, por lo que generalmente es suficiente de cuatro a seis animales por tratamiento con fines estadísticos. Si las pruebas se realizan con animales en aislamiento, en lugar de pastoreo, puede que la cantidad de animales a usar disminuya, manteniendo así el mismo nivel de precisión, concordando con reportes que afirman que al comparar la variabilidad existente entre los coeficientes de digestión obtenidos en animales evaluados en pastoreo y animales en confinamiento, la variabilidad a pastoreo fue 50% mayor (Lachmann y Araujo, 2000). Al utilizar varios animales se obtienen valores promedios que ayudan a reducir las variaciones individuales (Bondi, 1989).

1.6.5.- Manejo de los animales para ensayo

Después de realizar la selección del animal se abre paso al período de acostumbramiento, lo cual tiene como fin limpiar el órgano digestivo de aquellos

residuos de alimento consumidos antes de dar inicio al ensayo; el animal se adapta a la nueva dieta y su vez al manejo diario. El periodo tiene una duración especialmente en rumiantes como mínimo dos semanas. Sin embargo si se va a emplear forrajes de baja calidad, se sugiere un periodo de 30 días para el ajuste.

En el caso de la CTH en jaulas metabólicas el animal debe acostumbrarse a la jaula, al arnés y a la bolsa colectora.

Para este tipo de ensayo, los animales deben ser equipados con arnés y bolsa colectora, siete días previos al inicio del período de colección de heces, manteniendo la bolsa colectora abierta hasta dos o tres días antes de comenzar la colección. En este método las heces colectadas son vaciadas dos veces al día de acuerdo al volumen excretado, durante siete días (Lachmann y Araujo, 2000).

1.7.- Estudios de digestibilidad en Moringa

1.7.1.- Alimentación de vacas lecheras con *Moringa oleifera* fresco o ensilado y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche

En este trabajo se evaluaron tres tratamientos: T1: P.purpureum CT-115+ concentrado comercial, T2: Moringa fresca y T3: Ensilaje de Moringa. En donde las vacas alimentadas con Moringa tuvieron altos consumos de MS, MO, PB, en comparación con la dieta convencional. La digestibilidad aparente de la MS, MO, FDN y FDA, mostró diferencias ($P < 0,05$) entre el control (T1) y los tratamientos de Marango, solamente PB no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre ellos.

Según Rodríguez (2011) los resultados reflejaron que Moringa (*Moringa oleifera*) tanto fresco como ensilado se puede utilizar como dieta única en la alimentación de vacas lecheras sin ningún efecto negativo sobre el consumo, digestibilidad y producción de leche.

En la tabla 4 se muestran los valores de consumo y digestibilidad aparente de los tratamientos para MS, PB, MO y FDA entre el control y los tratamientos de Moringa (fresco y ensilado).

Tabla 4. Consumo y digestibilidad aparente de los tratamientos

| Nutrientes | Tratamientos | | | Error Estándar | Significancia |
|--|---|----------------|---------------------|----------------|---------------|
| | P.purpureum CT-115+ Concentrado comercial | Moringa Fresca | Ensilaje de Moringa | | |
| Consumo de Nutrientes Kg día-1 | | | | | |
| MS | 11,09 | 11,20 | 11,29 | 0,04 | * |
| MO | 9,70 | 10,22 | 10,06 | 0,03 | ** |
| PB | 1,54 | 2,48 | 2,42 | 0,06 | ** |
| FDN | 3,77 | 3,73 | 3,65 | 0,01 | * |
| FDA | 2,18 | 3,36 | 3,40 | 0,02 | ** |
| Lignina | 1,89 | 3,38 | 3,19 | 0,01 | ** |
| EM Mj día-1 | 28,99 | 28,72 | 28,52 | 0,10 | * |
| Coeficiente de Digestibilidad Aparente | | | | | |
| MS | 0,76 | 0,69 | 0,54 | 1,22 | * |
| MO | 0,77 | 0,78 | 0,74 | 0,88 | ** |
| PB | 0,77 | 0,70 | 0,68 | 0,64 | ** |
| FDN | 0,59 | 0,54 | 0,49 | 1,14 | * |
| FDA | 0,64 | 0,60 | 0,56 | 0,94 | * |

Fuente: Rodríguez (2011).

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FDN: fibra digestible neutra; FDA: fibra digestible ácida; EM: energía metabolizable.

1.7.2.- Validación de Moringa como alternativa forrajera para ovinos

El proyecto Producción y validación de *Moringa oleifera* como alternativa forrajera para ovinos demostró la factibilidad técnica y económica del cultivo intensivo de Moringa bajo condiciones de riego por aspersión. Un buen balance de proteínas y otros nutrientes de importancia para la alimentación animal en los valores nutrimentales del forraje de *Moringa oleifera* (Pérez, 2009). De igual forma determinó que el forraje de Moringa y las semillas producidas bajo las condiciones climáticas del centro de Sinaloa son asimilable en ganado ovino: 70,5% de digestibilidad aparente de materia seca, y 65,5% de digestibilidad aparente de proteína.

1.7.3.- Evaluación de los valores nutritivos y características de degradabilidad *in vitro* de hojas, semillas y vainas de plantas de Moringa stenopetala.

En este estudio se evaluó partes del árbol de Moringa mediante el uso de líquido ruminal el cual se recogió antes de la alimentación de la mañana de dos a tres ovejas

rumiadas canuladas. La velocidad de giro del rotor usado se mantuvo a aproximadamente 75 rondas por hora a simular el movimiento del rumen.

Melesse *et al.* (2009), publicaron una tabla en donde indica que las hojas tuvieron valores más altos para EM, DOM y AGCC que las semillas o vainas de semilla, y las semillas tuvieron valores más altos que las vainas de semilla (Tabla 5).

Tabla 5. Estimaciones in vitro de EM, DMO y AGCC para hojas, semillas y vainas de *Moringa stenopetala* (medias y errores estándar)

| Parte del árbol | Parámetros calculados | | |
|---------------------|-----------------------|------------|----------------|
| | EM(MU kg-1 DM) | DMO (%) | AGCC(mmol L-1) |
| Hoja | 10,0 (0,3) | 74,3 (1,9) | 103 (0,05) |
| Semilla | 7,0 (0,1) | 52,3 (0,9) | 37 (0,02) |
| Vaina de la semilla | 5,1 (0,1) | 38,1 (0,8) | 31 (0,02) |

Fuente: Melesse *et al.* (2009).

EM: energía metabolizable; DMO: digestibilidad de materia orgánica; AGCC: ácidos grasos de cadenas cortas

En donde los valores relativamente altos de EM, DMO y AGCC en la hoja revelaron la capacidad que tiene para cumplir con los requerimientos de energía de los rumiantes. La ausencia de almidón junto con un alto contenido de grasa en la semilla sugiere que se puede utilizar como suplemento de alimentación en lugar de una única fuente de alimentación para rumiantes.

Además recomienda una investigación adicional con *Moringa stenopetala* en experimentos de alimentación con pequeños rumiantes (ensayos de digestibilidad) y en otras especies comunes de *Moringa* con respecto a su valor nutritivo para el ganado tropical.

1.7.4.- Degradabilidad ruminal del follaje de *Moringa oleifera* Lam a tres diferentes edades de rebrote.

El trabajo se realizó para estimar la degradabilidad ruminal de la MS y MO del follaje de *Moringa oleifera* a 30, 45 y 60 días de rebrote y a 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 y 120 horas (tiempos de incubación ruminal) en vacas criollas fistuladas con una cánula ruminal permanente. Para conocer el efecto del tiempo de incubación sobre la tasa de degradabilidad para cada edad de rebrote se realizó análisis de varianza y la prueba Tukey.

Jarquín y Rocha (2013) encontraron diferencia significativa ($p > 0,001$) de la edad de rebrote del follaje de *Moringa* sobre la degradación de la MO (Prueba de Tukey). Los valores de degradación ruminal máximos para materia orgánica se obtuvieron a las 120 horas de incubación con 74,59; 65,10 y 66,24% a los 45, 60, y 75 días de edad de rebrote (Figura 5).

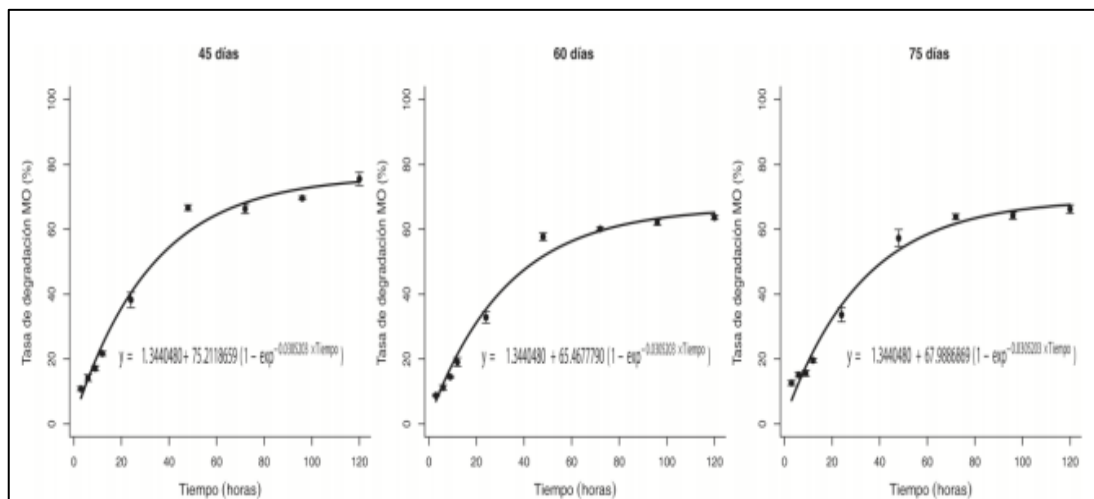


Figura 5. Degradación ruminal de MO del follaje de *Moringa oleifera* a tres diferentes edades de rebrotes y tiempos de incubación ruminal.

Fuente: Jarquín y Rocha, 2013.

1.7.5.- Digestibilidad aparente de nutrientes en dietas de forraje de *Moringa oleifera* para conejos en crecimiento

El siguiente estudio indica la digestibilidad aparente de nutrientes de 24 conejos alimentados con dietas a diferentes niveles 15 y 30% de harina de forraje de *Moringa*. Se empleó el método de colección total de heces para determinar la digestibilidad aparente de la materia seca (DMS), proteína bruta (DPB), fibra detergente neutro (DFDN), fibra detergente acida (DFDA), hemicelulosa (DHEM) y celulosa (DCEL).

En la Tabla 6 se muestran los valores de digestibilidad fecal aparente de la proteína, la FDN, la FDA y la celulosa aumentó con la inclusión de la harina de forraje de *Moringa* obtenida por Caro *et al.* (2018).

Tabla 6. Digestibilidad fecal aparente de nutrientes en conejos alimentados con harina de forraje de Moringa

| Indicadores | Harina de forraje de Moringa % | | | ESM | P |
|--------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|------|---------|
| | 0 | 15 | 30 | | |
| DMS | 74,6 | 77,5 | 78,1 | 3,65 | 0,0589 |
| DPB | 73,0 ^a | 82,8 ^b | 85,3 ^b | 2,74 | <0,0001 |
| DFDN | 45,9 ^a | 48,8 ^b | 50,3 ^b | 1,98 | <0,0001 |
| DFDA | 55,1 ^a | 67,4 ^b | 68,7 ^b | 3,19 | <0,0001 |
| Hemicelulosa | 60,7 | 58,4 | 62,3 | 2,06 | 0,0576 |
| Celulosa | 30,7 ^a | 39,4 ^b | 41,4 ^b | 2,32 | <0,0001 |

Fuente: Caro *et al.* (2018).

DMS: digestibilidad aparente de la materia seca; DPB: digestibilidad de proteína bruta; DFDN: digestibilidad de fibra detergente neutro; DFDA: digestibilidad de fibra detergente acida.

1.8.- Bromatología de Forrajes

1.8.1.- Muestreo de forrajes

La muestra debe ser tomada de acuerdo a lo que el animal consumiría. Luego de esto se coloca el material en bolsas plástica, preferiblemente como mínimo 500g del forraje, y se debe cerrar de una manera que evite la salida o entrada de sustancias que afecten la composición química del forraje. Para conservar la muestra hasta su respectivo análisis en el laboratorio se debe colocar en un refrigerador a 4°C, máximo tres días. Es importante que la muestra esté bien rotulada, con información que le sea necesaria y que evite la confusión con otras muestras tomadas en ese momento (CINA, 2015).

1.8.2.- Análisis de materia seca

Comúnmente los alimentos usados en la alimentación animal para la formulación de raciones poseen ciertos niveles de humedad. El nivel de humedad va a varía dentro de un mismo tipo de material debido a las condiciones donde se obtuvo. En forrajes de acuerdo a su madurez fisiológica existe cierta pérdida de humedad, si el pasto es joven tendrá altos contenidos de humedad y viceversa si son viejos. La pérdida de agua puede variar de acuerdo al método de extracción o secado, al tomar una muestra para analizar su composición es importante que la muestra no sufra deterioro o alteraciones durante el tiempo que permanece en laboratorio para su análisis o mientras se guarde para futuros análisis (De Gracia, 2015).

1.8.3.- Análisis de fibras

La fibra es de diferente valor nutritivo rumiantes que para los no rumiantes, pues la hemicelulosa y celulosa presentes por lo general son digeridas y metabolizadas por la flora ruminal, mientras que para los carnívoros son prácticamente no digeribles, y digeribles en reducida proporción para: conejos, equinos y cerdos. La fibra tiene dos aspectos en la nutrición de rumiantes, que depende de la proporción del alimento, son contradictorios, por un lado es requerida para el buen funcionamiento del rumen, y también salud del animal; pero si la cantidad de fibra es alta provocará el llenado físico y disminución de consumo de MS del animal (CINA, 2015).

1.8.4.- Análisis de la proteína

Una de las pruebas para determinar la proteína es la conocida como Proceso Kjeldahl, en esta prueba el material es digerido con reactivos de alta capacidad los cuales liberan cada uno de los componentes elementales de la muestra, en este caso es nitrógeno el que interesa valorar. Las proteínas están compuestas principalmente por nitrógeno, el cual permite a través de una conversión numérica, obtener el valor de la proteína en los forrajes. A través de un método indirecto de valoración con soluciones que reaccionan al detectar diferencias entre los grados de acidez de las muestras, se determina el porcentaje de nitrógeno contenido, el cual permitirá conocer la composición proteica del pasto al multiplicarse por el factor 6,25 (Mora y Volio, 2012).

1.8.5.- Análisis de la materia orgánica

Los minerales y el agua, son los únicos componentes del alimento que no se oxidan en el organismo para producir energía, por el contrario, la materia orgánica comprende los nutrientes como: proteínas, carbohidratos y lípidos, que se pueden quemar en el organismo para obtener energía, y se calcula como la diferencia entre el contenido en materia seca del alimento y el contenido en cenizas (De Gracia, 2015).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.- Ubicación del experimento

La investigación se realizó en el Centro de apoyo Manglaralto, propiedad de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, en las cuencas de los ríos: Ayampe, Manglaralto y Valdivia a 55km del cantón Santa Elena con una extensión de 497,4 Km².

Las coordenadas geográficas de Manglaralto son: Latitud sur 1° 45' 29.25"; Longitud oeste 80° 45' 20.30"; con características climatológicas de altitud 12 msnm; precipitación anual 600 – 1000mm; temperatura media anual 18 – 24°C. Los suelos son aluviales franco arcilloso de color café oscuro, textura granular, materia orgánica baja, La zona en los meses de enero a abril presenta ligeras lluvias y de junio a noviembre ocasionalmente muestra garúa.



Figura 6. Ubicación del lugar de ensayo.

2.2.- Materiales, Equipos e instalaciones

2.2.1.- Materiales biológicos

Para el ensayo se utilizó un total de cinco caprinos machos de raza criolla, esta raza se caracteriza por presentar una cabeza pequeña y poseen cuernos tanto machos como hembras, las orejas son de tamaño pequeñas o medianas y en posición horizontal, su piel es fina y tiene pigmentos, patas cortas y fuertes. Las hembras tienen un peso de 35 - 40 kg a diferencia de los machos que pesan 40 - 45 kg (Álvarez, 2014).

La base forrajera de las dietas integrales *Moringa oleifera* Lam, es una especie forrajera arbóreas de fácil adaptación a diversas condiciones climáticas y edafológicas (Perozo, 2013).

2.2.2.- Materiales y equipos

- Concentrado comercial
- Heno de Moringa (60 y 75 días de edad)
- Panca de maíz (Rastrojo)
- 5 Arnés de recolección de heces fecales en caprinos
- 1 paquete de 12 fundas de basura capacidad 25 kg
- 3 Marcadores permanentes
- 3 marcadores finos permanentes
- Estufa (GX-125BE)
- Balanzas analíticas (FB223)
- Molino eléctrico (B&P, Quito-Ecuador)
- Impresoras
- Filmadoras
- Cámara fotográfica
- Laptop
- Papel bond
- Libreta de campo
- Pizarra

2.2.2.- Instalaciones

- Galpones

- Comederos
- Bebederos
- Jaulas metabólicas

2.3.- Diseño experimental

Se evaluó la digestibilidad fecal de dos dietas integrales cuya base forrajera fue heno de *Moringa oleífera* a dos edades de corte (60 y 75 días), mediante la técnica *in vivo*.

Se usó un diseño completamente aleatorio con dos tratamientos y cinco repeticiones (Cross Over) donde los mismos animales valoraron las dos dietas (60 y 75 días) en tiempos diferentes, se programaron siete días de recolección de muestras para cada tratamiento. Los resultados de los análisis estadísticos se obtuvieron utilizando los paquetes SPSS versión 21 (SPSS, 2012) e INFOSTAT. Adicionalmente se utilizó la prueba de Tukey para detectar la significancia entre las dietas ($P < 0,05$).

Tabla 7. Grados de libertad del experimento

| Análisis de la varianza | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Fuente de variación | Grados de libertad |
| Tratamiento (t-1) | 1 |
| Error experimental t (r-1) | 8 |
| Total t r -1 | 9 |

2.4.- Tratamientos en estudio

En el trabajo experimental se utilizaron dos tratamientos (dietas experimentales) cuya base forrajera fue heno de *Moringa oleífera* a 60 y 75 días de edad más los ingredientes integrales (Concentrado comercial para caprinos + panca de maíz); Además se utilizaron cinco caprinos criollos adultos enteros en jaulas metabólicas con un peso vivo aproximado de 35 ± 3 kg.

2.5.- Dietas experimentales

En la Tabla 8 se presentan las dietas experimentales y nutrientes calculados.

Tabla 8. Dietas experimentales y nutrientes calculados

| Ingredientes | Dietas experimentales (g/día) | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------|
| | T1 | T2 |
| Moringa | 500 | 450 |
| Concentrado para cabras | 30 | 20 |
| Rastrojo de maíz | 510 | 544 |
| Nutrientes calculados (g/día) | | |
| MS | 585,13 | 620,38 |
| MO | 529,69 | 574,28 |
| PB | 43,94 | 43,93 |
| FB | 206,10 | 221,62 |
| EM (MJ/kg MS) | 4,38 | 4,62 |

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FB: fibra bruta; EM: energía metabolizable; T1: *Moringa oleifera* Lam. 60 días; T2: *Moringa oleifera* Lam. 75 días.

2.6.- Manejo del experimento

2.6.1.- Construcción de Jaulas metabólicas individuales en Galpón

Para mantener a los animales se construyó un galpón con piso entablillado de madera de 70cm de alto que faciliten la limpieza de las heces, las paredes de caña que asegurarán la aireación del lugar y el confort del animal; dentro del mismo se construyeron jaulas metabólicas individuales equipadas con comedero y bebedero con medidas de 0,7m de ancho x 1m de largo x 0,9m de altura. El uso de las jaulas metabólicas necesariamente reduce las actividades sociales y conductuales de los animales, por lo que se deberán someter a un tiempo de adaptación.

2.6.2.- Moringa como alimento

El corte de rebrotes se realizó cada 60 - 75 días. El material se cortó, se picó y henificó para ser ofrecido a los animales.

2.6.3.- Preparación de las dietas experimentales

Las dietas integrales consistieron en la utilización de la *Moringa oleifera* Lam, más un concentrado comercial, más un componente energético, más un componente fibroso,

que mezclados proporcionalmente cubrían los requerimientos nutricionales de los animales.

2.6.4.- Análisis bromatológicos de las dietas

Las dietas integrales se prepararon y se molieron hasta que alcanzaron un tamaño de 3-5mm. Posteriormente, se colocó en una estufa a 65°C por 72h, con lo cual se determinó el contenido de materia seca (MS); esta muestra se envió al laboratorio para realizar los respectivos análisis bromatológicos para su utilización en la evaluación de la digestibilidad fecal.

2.6.5.- Adquisición de animales

Los caprinos usados son de raza criolla adaptados a la zona árida y semiárida de la provincia. Se utilizaron cinco caprinos criollos adultos de 24 a 36 meses con un peso vivo aproximado de 35±3 kg.

2.6.6.- Evaluación clínica

Dentro del período de estudio de los caprinos se evaluó la condición corporal, constantes fisiológicas, signos clínicos o sintomatologías que sugieran alguna patología, dando negativa cualquier posible enfermedad.

2.6.7.- Adaptabilidad de dietas en animales

Se adaptaron por diez días al consumo de las dietas experimentales, seguido de siete días de recolección de heces fecales. El consumo consistió en 1kg MS/animal/día garantizando los requerimientos de manutención de los animales.

2.6.8.- Recolección de Heces

Luego de 10 días de adaptación a las dietas (60 y 75 días) se inició con la recolección de heces durante siete días por medio de un arnés ajustable para cada animal y se colocaron bolsas recolectoras para impedir la contaminación de las heces con el piso. Las heces se recolectaron a las 8h00 y 16h00 antes del nuevo suministro de alimento. Del total recolectado se almacenó una alícuota de 25%, las mismas que fueron pesadas y llevadas al laboratorio para determinar materia seca.

2.6.9.- Prueba de digestibilidad *in vivo*

La prueba de digestibilidad se la realizó mediante la técnica *in vivo* de recolección total de heces fecales. Se recolectaron las heces durante siete días, tomando un alícuota de 25% para su procesamiento.

Las heces se secaron en una estufa de aire forzado a 65°C por 72h, y luego de ser molidas a 1mm (molino B&P, Quito-Ecuador) se almacenaron en bolsas herméticas a temperatura ambiente (25 ± 2°C) hasta su análisis bromatológico final.

2.6.10.- Variables experimentales

2.6.10.1.- Digestibilidad de las dietas experimentales

Bondi (1989), presenta la fórmula para determinar la digestibilidad aparente de los nutrientes y consiste en:

Formula:

$$\text{Coeficiente de digestibilidad (\%)} = [(\text{NI} - \text{NH}) / \text{NI}] \times 100$$

Donde:

NI = Nutriente ingerido

NH = Nutriente en heces

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.- Determinación de digestibilidad fecal

3.1.1.- Promedios de digestibilidad fecal aparente de las dietas (DFA)

De acuerdo a García *et al.* (2009), no todo el alimento consumido por el animal es asimilado por su organismo debido a que parte de él, es expulsado por las heces fecales. En la Tabla 9, se presenta la digestibilidad fecal aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína bruta y fibra bruta de cabras criollas alimentadas con dietas integrales de *Moringa oleifera* Lam.

Los valores obtenidos en este experimento se enmarcan en el rango de excelente digestibilidad divulgado por Di Marco (2011), el cual considera que un forraje es de alta calidad nutricional cuando sus componentes que lo conforman superan o igualan el 70% digestibilidad a diferencia de los de baja calidad que se ubican alrededor del 45%.

Tabla 9. Digestibilidad fecal aparente de la materia seca, materia orgánica, proteína bruta y fibra bruta de cabras criollas alimentadas con dietas integrales de *Moringa oleifera* Lam como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días)

| Parámetros | Dietas integrales | | EE± | CV | P-valor |
|--|--------------------|--------------------|------|------|----------|
| | T1 (60 días) | T2 (75 días) | | | |
| | Media | Media | | | |
| <i>Digestibilidad fecal aparente (%)</i> | | | | | |
| Materia seca | 72,69 ^a | 73,11 ^a | 1,43 | 7,6 | p > 0,05 |
| Materia orgánica | 73,44 ^a | 73,81 ^a | 0,45 | 2,37 | p > 0,05 |
| Proteína bruta | 61,56 ^b | 71,30 ^a | 0,92 | 5,34 | p < 0,05 |
| Fibra bruta | 78,64 ^a | 73,27 ^b | 0,48 | 2,42 | p < 0,05 |

EE±: Error estándar. CV: Coeficiente de variación. P-valor: Letras diferentes difieren estadísticamente (p<0,05). T1: *Moringa* a los 60 días de corte. T2: *Moringa oleifera* a los 75 días de corte.

En la tabla anterior se muestra los promedios de digestibilidad aparente de MS, MO, PB y FB para 60 y 75 días los mismos que no presentaron diferencias a excepción de proteína bruta y fibra bruta.

Materia seca

La digestibilidad aparente de la materia seca a los 60 y 75 días de edad no presentan diferencia estadística y la que más se destaca es la dieta de *Moringa oleifera* Lam a los 75 días de cosecha (73,11%) este valor se asemeja al obtenido por Pérez (2009) en un estudio de validación de moringa como alternativa forrajera para ovinos con 70,5% de digestibilidad aparente de materia seca a 63 días.

Así mismo, Valdez (2012) menciona en su estudio “*Moringa oleifera* en alimentación animal” que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (79%). Jarquín y Rocha (2013) determinaron 83,99 y 95,05% a los 60 y 75 días en la publicación de degradación ruminal de la materia seca y materia orgánica del follaje de Marango (*Moringa oleifera*) a diferentes edades de corte en vacas Reyna, bajo temperaturas anuales promedios de 26,9°C condición climática similar a las del estudio.

No obstante, Fadiyimu *et al.* (2010), al estudiar la digestibilidad de nutrientes en ovejas alimentadas con inclusiones dietéticas de *Moringa* y *panicum maximum*, obtuvieron resultados en la dieta de moringa al 25% con 70,80% de materia seca digestible valor similar al obtenido en este trabajo.

Los valores altos de digestibilidad obtenidos en esta investigación posiblemente se deba a que la *Moringa oleifera* (60 y 75 días de rebrote) poseía bajos contenidos de pared celular, en este sentido Maynard *et al.* (1989), explicaron que la digestibilidad puede ser limitada por falta de tiempo para realizar la acción digestiva completa en sustancias que son de lenta digestión, o bien, por falta de absorción completa; tal efecto aumenta por el rápido tránsito del alimento a través del tracto digestivo.

Materia orgánica

El promedio de digestibilidad aparente de la materia orgánica más alto lo obtuvo la dieta con moringa cosechada a 75 días con 73,81% estos son similares a los reportados en un estudio de evaluación de los valores nutritivos y características de degradabilidad *in vitro* de hojas, semillas y vainas de plantas de *Moringa oleifera* por Melesse *et al.* (2009), que reportaron la media de materia orgánica digestible de 74,30% en hojas utilizando líquido ruminal de tres ovejas canuladas.

Jarquín y Rocha (2013), también obtuvieron resultados similares a los encontrados en esta investigación al evaluar la moringa en 60 y 75 días de rebrote en vacas criollas fistuladas, los promedios de digestibilidad de materia orgánica fueron de 65,10 y 66,24% a 120 horas de incubación. Un resultado similar, lo obtuvieron García y Macías (2014), quienes reportaron digestibilidades de materia orgánica de 79,70%, en un estudio de digestibilidad fecal y balance de nitrógeno en cerdos alimentados con diferentes niveles de harina de moringa incluida en la dieta.

Los resultados obtenidos pudieron estar influenciados por la capacidad de síntesis de los microorganismos presentes en el rumen, el eficiente uso de los nutrientes alimenticios degradados requiere que la MO alimentaria se fermente a un ritmo que corresponda con las capacidades de los microorganismos ruminales (Stern y Hoover, 1979); otra acción podría ser que la ingesta de materia orgánica digerible dependa de la correlación de la cantidad de nitrógeno bacteriano que llega al duodeno (Clark, 1992).

Proteína bruta

La digestibilidad aparente de proteína bruta a los 60 y 75 días de edad son diferentes ($p < 0,05$) destacándose la dieta de *Moringa oleifera* Lam a los 75 días con 71,30%, valores parecidos a los encontrados en un estudio sobre alimentación de vacas lecheras con moringa fresca o ensilada y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche realizado por Rodríguez (2011), quien obtuvo una digestibilidad de 78% utilizando moringa fresca y 74% en la ensilada.

En un proyecto de producción y validación de Moringa como alternativa forrajera para ovinos realizado por Pérez (2009) se concluyó que la digestibilidad aparente de la proteína asimilada por ovinos es de 65,5%, similar al obtenido con la dieta con moringa cosechada a 60 días. Gutiérrez (2012) utilizó la técnica *in sacco* en vacas alimentadas con follaje de moringa y el resultado fue 79,92% de digestibilidad aparente de la proteína. Así también Kholif *et al.* (2015), obtuvieron porcentajes más elevados al evaluar harina de Moringa al 20% en cabras de raza anglo-nubias obteniendo un resultado de 83,8% de digestibilidad aparente de proteína bruta.

Estos promedios podrían deberse a que la degradación ruminal de la proteína alimentaria depende del tiempo, y la tasa de la degradación que va en relación con la tasa de paso, esta última es la dinámica crucial que afecta a la cantidad de proteína que escapa del rumen sin haber sido degradada por éste (Herrera *et al.*, 1990). También puede darse a que los principales factores que influyen en la síntesis de proteína microbiana ruminal encierran: la disponibilidad de carbohidrato alimentario, proteína degradable en el rumen, grasa alimentaria, pH ruminal y la ingesta (Fernando *et al.*, 2010).

Por otro lado, es conocido que el objetivo de la nutrición proteica es proveer cantidades adecuadas de proteína degradable en el rumen para garantizar la eficiencia ruminal óptima y obtener la productividad animal deseada con el suministro mínimo de proteína evitando la oferta excesiva (Elizondo, 2002). En tal sentido, se destaca que la proteína microbiana es de excelente calidad porque tiene un equilibrio de aminoácidos esenciales y aporta gran parte de la proteína verdadera que llega al intestino de los rumiantes (Carvalho *et al.*, 2012). Sin embargo, no todas las necesidades de aminoácidos esenciales pueden cubrirse a partir de la proteína microbiana pues algunos aminoácidos esenciales deben proveerse en la ración y una proporción suficiente de esta fuente proteica se escapa a la degradación ruminal (Chay *et al.*, 2009; Galina *et al.*, 2009).

Fibra bruta

La digestibilidad aparente de la fibra bruta donde la dieta con Moringa cosechada a 60 días obtuvo 78,64%, que comparada al obtenido por Rodríguez (2011), quien determinó la digestibilidad aparente de fibra detergente neutra (FDN) y ácida (FDA) en ganado bovino mediante un estudio de alimentación con *Moringa oleifera* fresca o ensilada y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche, el promedio alcanzado en FDN fue 54 - 60% y FDA 49 - 56% en *Moringa oleifera* fresca y ensilada respectivamente, así mismo en un estudio de digestibilidad aparente de nutrientes en dietas con moringa al 15 y 30% como base forrajera para conejos en crecimiento, Caro *et al.* (2018), obtuvieron valores de digestibilidad aparente de FDN 48,80 – 50,30% y FDA 67,40 – 68,70% respectivamente.

En un artículo sobre digestibilidad en ovejas enanas africanas alimentadas con niveles de *Moringa oleifera* (25 y 50% de inclusión) y *panicum maximum* como suplemento dietético Fadiyimu *et al.* (2010), obtuvieron promedios de digestibilidad aparente de FB de 76,93 y 76,14% respectivamente, semejantes a los obtenidos en esta investigación. Existe la posibilidad de que los porcentajes obtenidos se deba al pH y la relación con la función de las bacterias, ya que las bacterias que digieren la fibra son más sensibles al pH ruminal bajo que las bacterias que digieren el almidón (Fernando *et al.*, 2010).

Cuando existen valores menores es posible que se deba a que los ácidos grasos insaturados son tóxicos para las bacterias ruminales, especialmente para aquellas que digieren la fibra, esta toxicidad podría deberse a un impedimento de la digestión de los nutrientes debido a que los ácidos grasos se fijan a la pared celular (Huws, 2014).

3.2.- Costo del kilogramo de dietas utilizadas

Los costos de las dietas integrales detallados en las Tablas 11 y 12, se obtuvieron a partir de los precios por kilogramo de cada ingrediente (Moringa, panca o rastrojo de maíz, concentrado comercial para caprinos, Tabla 10).

Tabla 10. Costo de ingredientes de las dietas (kg)

| Materia prima | Unidad | Cantidad | Valor unitario (\$) |
|-------------------------|--------|----------|---------------------|
| Moringa | kg | 1 | 0,12 |
| Concentrado para cabras | kg | 1 | 0,73 |
| Rastrojo de maíz | kg | 1 | 0,02 |

En las Tablas 11 y 12 se indica que los costos por kg de cada dieta fueron \$ 0,09 (60 días) y \$ 0,08 (75 días de rebrote) estos valores son considerablemente bajos y garantizan una alternativa que además de económica cumple con los requerimientos nutricionales de mantenimiento para los caprinos estudiados, a diferencia del costo del kilogramo de concentrado comercial (\$ 0,73), que superaría cualquier posibilidad de utilización en explotaciones campesinas.

Tabla 11. Costo de dieta integral cuya base forrajera fue *Moringa oleifera* Lam a 60 días de rebrote (kg)

| | Ingredientes | Total (kg) | Costo/kg (\$) |
|-------------------|-------------------------|------------|---------------|
| T1 | Moringa | 0,500 | 0,06 |
| | Concentrado para cabras | 0,030 | 0,02 |
| | Rastrojo de maíz | 0,510 | 0,01 |
| Total (\$) | | | 0,09 |

Tabla 12. Costo de dieta integral cuya base forrajera fue *Moringa oleifera* Lam a 75 días de rebrote (kg)

| | Ingredientes | Total (kg) | Costo/kg (\$) |
|-------------------|-------------------------|------------|---------------|
| T2 | Moringa | 0,450 | 0,05 |
| | Concentrado para cabras | 0,020 | 0,02 |
| | Rastrojo de maíz | 0,544 | 0,01 |
| Total (\$) | | | 0,08 |

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La digestibilidad fecal de MS, MO, PB y FB en caprinos criollos alimentados con dietas integrales cuya base forrajera fue *Moringa oleífera* Lam cosechada a los 60 y 75 días de rebrote proyectaron promedios considerados excelentes.

Ambas dietas están en el rango de excelente (Di Marco, 2011), ya que todos sus componentes nutricionales sobrepasan digestibilidades que superan los rangos exigidos por las normas internacionales de digestibilidad para rumiantes.

Los costos por kg de cada dieta fueron \$ 0,09 (60 días) y \$ 0,08 (75 días) son bajos y garantizan una alternativa económica que cumple con los requerimientos nutricionales del caprino.

Con los resultados obtenidos en la investigación se acepta la hipótesis planteada “Se conoce la digestibilidad de caprinos criollos alimentados con dietas integrales cuya base forrajera es *Moringa oleífera* Lam cosechada a 60 o 75 días de edad”.

Recomendaciones

- Realizar estudios utilizando niveles de inclusión y otros tiempos de cosecha de *Moringa oleifera* Lam en combinación con otras gramíneas o leguminosas existentes en la provincia de Santa Elena.
- Implementar nuevas alternativas de alimentación animal usando dietas integrales con moringa, no solo para rumiantes sino también para otras especies monogástricas.
- Ejecutar experimentos utilizando *Moringa oleifera* Lam evaluando conversión alimenticia y ganancias diarias de peso en diferentes especies zootécnicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, Lozano, Néstor Vicente. *Evaluación de la biomasa hidropónica de maíz como alimento para caprinos criollos en crecimiento-ceba*, Editorial Universitaria, 2016.

ProQuest

Ebook

Central,

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/upsesp/detail.action?docID=5045605>.

Alvarado, V. y Malavé, J. (2010) *Comportamiento agronómico de seis variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) en San Vicente de Colonche, cantón Santa Elena*. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Álvarez, J. (2014) *Fundesyram Características morfológicas de la cabra criolla*. Disponible en: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=2547>. Consultado: 12/04/2018.

Álvarez, J. y Medellín, R. (2005) *Capra hircus (doméstica). Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales*. Tesis. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Bondi, A., 1989. *Nutrición Animal*. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España, pp. 546.

Borrero, A. Negrín, A. Peña, P. y Vega, D. (2018) 'Use of moringa (*Moringa oleifera*) for growing sheep, as an alternative food environmentally friendly', *Revista de Ciencia*, 7(3), pp. 78-90.

Bruhns, E. (2011) '*Moringa oleifera*: el árbol del maravilloso del ajurveda'. *Salud natural para su vida*, pp. 64.

Canett, R., Arvayo, K. y Ruvalcaba, N., 2014. Aspectos tóxicos más relevantes de *Moringa oleifera*'. *Biotecnia*, 12(2), pp. 36.

Carmona, J., Bolívar, D. y Guiraldo, L. (2005) 'El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo', *Scielo*, 18(1), pp. 47-49.

Caro, Y., Bustamante, D., Dihigo, L. y Ly, L., 2018. 'Digestibilidad aparente de nutrientes en dietas de forraje de Moringa oleifera para conejos en crecimiento'. 30(1), pp. 10-28

Carvalho, B., Ávila, C., Pinto, J., Pereira, M. y Schwan, R. (2012) 'Effects of propionic acid and Lactobacillus buchneri (UFLA SIL 72) addition on fermentative and microbiological characteristics of sugar cane silage treated with and without calcium oxide'. *Grass and Forage Science*, pp. 462-471.

Castro, A. (2002) '*Ganadería de la leche*'. 1 ed. Costa Rica: EULAC.

Chay, C., Ayala, B., Kú, V. y Magaña, M. (2009) 'Efecto del tamaño de la partícula sobre, consumo, digestibilidad y balance de nitrógeno en ovinos pelibuey alimentados con dietas basadas en frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) y grano de maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*', pp. 383 – 392.

Clark, J., Klusmeyer, T. y Cameron, M. 1992 'Microbial protein synthesis and flows of nitrogenous fractions to the duodenum of dairy cows'. *J Dairy Sci*, pp. 2304-2323.

Contexto ganadero. (2017) *El proceso de la rumia: Tránsito y absorción ruminal. Ganadería sostenible*. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/el-proceso-de-la-rumia-transito-y-absorcion-ruminal>. Consultado: 10/01/2019.

Correa, H. and Cuéllar, A. (2004) 'Aspectos clave del ciclo de la úrea con relación al metabolismo energético y proteico en vacas lactantes', 17(1), pp. 29-38.

Cruz, D. (2006) 'Sistema de producción animal'. *Revista producción*, 1(1), pp. 24-26.

Cruz, O. (2015) *Estudio socioeconómico de la ganadería caprina (capra hircus) en siete comunas de la parroquia Chanduy, Cantón Santa Elena*. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Di Marco, O. (2011) 'Estimación de calidad de los forrajes'. *Producir XXI, Bs. As.*, 20(240), pp. 24-30.

De Gracia, P. (2015) *Guía para el Análisis Bromatológico de Muestras de Forrajes Laboratorio de Nutrición Animal*. Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.

Elizondo, J. (2002) 'Estimación lineal de los requerimientos nutricionales del NRC para cabras. *Agronomía Mesoamericana*'. 13 (2), pp. 159-163.

Fadiyimu, A., Alakan, J. y Fajemisin, A. (2010) 'Digestibilidad, balance de nitrógeno en oveja enanas africanas alimentadas con niveles de *moringa oleifera* y *panicum maximum* como suplemento dietético'. 6(10), pp. 634 - 641.

Fernando, S., Purvis, H., Najar, F., Sukharnikov, L., Krehbiel, C., Nagaraja, T., Roe, B. y Desilva, U. (2010) 'Rumen microbial population dynamics during adaptation to a high-grain diet. *Appl Environ Microbiol*', pp.7482–7490.

Foild, N., Mayorga, L. y Vasquez, W. (2010) *Utilización del Marango (Moringa oleifera) como forraje fresco para ganado*. FAO.

Folkard, G. y Sutherland, J. (1996) 'Moringa oleifera un árbol con enormes potencialidades'. *Agroforesteria en las americas*, 8(3), pp. 5-8.

Galina, M., Delgado, M., Ortiz, M., Pineda, L. y Puga, D. (2009) 'Cinética ruminal y crecimiento de cabritos suplementados con un probiótico de bacterias ácido-lácticas. *Pastos y Forrajes*', pp. 1-12.

García, I., Mora, J., Estrada, J. y Piñero, R. (2016) '¿Cuál es el Efecto de la Moringa oleifera sobre la Dinámica? '. *Scielo*, 28(1), pp. 43.

Garcia, J. y Gingins, M., 2001. *Anatomía y Fisiología del aparato Digestivo de los rumiantes*, Argentina: Sitio argentino produccion animal.

García, D., García, P., Gatica, F., Gatica, M. y Gornall, V. (2009) *Digestibilidad por el Método del Indicador en Rumiantes*. Disponible en: https://www.u-cursos.cl/veterinaria/2009/1/PG062/1/material_docente/bajar?id. Consultado: 20/ 08/ 2018.

García, J. y Macías, M. (2014) 'Digestibilidad fecal y balance de nitrógeno en cerdos alimentados con diferentes niveles de harina de *Moringa oleifera* incluida en la dieta'. *Scielo*, 18(2).

Gordino, M. (2014) 'Estudio de las posibles zonas de introducción de la moringa oleifera lam. en la península ibérica, islas baleares e islas canarias'. *Madrid: s.n.*

Gutiérrez, P. (2012) *Determinación de la tasa de degradación ruminal del follaje de Marango (Moringa oleifera) usando la técnica in sacco en vacas reyna, Finca Santa Rosa, Managua, Nicaragua*. Tesis. Facultad Agraria, Universidad Nacional Agraria.

Hcard's Dairyman. (2006) 'Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes'. *Argentino de Producción Animal*, 1(2), pp. 72.

Herrera, A., Depablos, L., López, R., Benezra, M. y Ríos de Álvarez, L. (2007) 'Degradabilidad y digestibilidad de la materia seca del forraje Hidropónico de Maíz (Zea Mays). Respuesta animal en términos de consumo y ganancia de peso'. *Scielo*, 17(4).

Herrera, R., Gómez, R. y Torabi, H. (1990) 'Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis'. *J Dairy Sci*, pp. 142-148.

Higuera, C. (2012) *Estructura de las comunidades microbianas ruminales de ovejas alimentadas con diferentes dietas*. Disponible en: https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/2207/tesis_67dd62.PDF?sequence=1. Consultado: 20/ 11/ 2018.

Huws, S., Kim, E., Cameron, S., Girdwood, S., Davies, L. y Tweed, J. (2014) 'Characterization of the rumen lipidome and microbiome of steers fed a diet supplemented with flax and echium oil'. *Microbial Biotechnol*, pp. 331-341.

INEA. (2003) *Anatomía del aparato digestivo de un rumiante*. Disponible en: http://lan.inea.org:8010/web/zootecnia/Zootecnia/Anatomia_dig_rum.htm.

Consultado: 10/02/2019.

Instituto Nacional Tecnológico INATEC. (2016) 'Nutrición y alimentación en rumiantes y equinos'. *Manual del protagonista nutrición animal*.

Jarquín, J., y Rocha, J. (2013) 'Degradabilidad ruminal de la materia seca y materia orgánica del follaje de moringa oleifera a diferentes edades de corte en vacas Reyna'. 13(21), pp. 76-81.

Kholif, A., Gouda, G., Salem, A., López, S. y Kholif, A. (2015) 'Moringa oleifera leaf meal as a protein source in lactating goat's diets: Feed intake, digestibility, ruminal fermentation, milk yield and composition, and its fatty acids profile'. pp. 129-137.

Konig, H. y Liebich, H. (2005) *Anatomía de los animales Domésticos*. Tomo 2. Edición 2.

Lachmann, M. y Araujo, O. (2000) *La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes*. Maestría. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia.

Martínez, A., Pérez, M., Pérez, L. y Gómez, G. (2010) 'Digestión de los lípidos en los rumiantes: una revisión'. 35(4), pp. 240-244.

Maynard, L., Loosli, J., Hintz, H. y Warner, R. (1989) *Procesos digestivos en diferentes especies animales*. Capítulo 3. Edición 4.

Medisan. (2012) 'Moringa oleifera: a healthy option for the well-being'. *Scielo*, 16(10), pp. 140- 159.

Mejía, Haro, José. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo, Red Acta Universitaria, 2006. ProQuest Ebook Central, <http://ebookcentral.proquest.com/lib/upsesp/detail.action?docID=3164367>.

Melesse, A., Bulangb, M. y Kluthb, H. (2008). 'Evaluating the nutritive values and *in vitro* degradability characteristics of leaves, sedes and seedpods from *Moringa stenopetala*'. *Scielo*, pp 281–287.

Mellado, M., Rodríguez, A., Olvera, A., Villarreal, J.A. y Lopez, R. (2004) 'Age and body condition score and diets of grazing goats'. *Journal of Range Management*, pp. 517-523.

Mendoza, G. y Ricalde, R., 2016. 'ALIMENTACIÓN DE GANADO BOVINO CON DIETAS ALTAS EN GRANO'. *Serie textos CBS* 8, pp 25-28.

Montalbetti, Andrea. *Microbiología del Rumen*, El Cid Editor | apuntes, 2009. ProQuest Ebook Central, <http://ebookcentral.proquest.com/lib/upsesp/detail.action?docID=3180693>

Mora, D. y Volio, A. (2012) *¿De qué manera se analizan los pastos de su finca en el laboratorio?* Disponible en: <http://www.cina.ucr.ac.cr/index.php/2015-10-28-20-54-43/laboratorio-de-bromatologia>. Consultado: 10/02/2019.

Olson, M. y Alvarado, L. (2016) '¿Dónde cultivar el árbol milagro, Moringa oleifera, en México? Un análisis de su distribución potencial'. *Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), pp. 1089-1102.

Palladino, A., Wawrzkievicz, M. y Bargo F. (2006) 'Fisiología digestiva y manejo del alimento, La fibra'. *Departamento de Producción Animal*, pp. 82-84.

Parra, J. y Gomez, A. (2008) 'Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina'. *Departamento de Producción Animal*, 1(1), pp. 1- 4.

Pechin, G., 1999. 'Metabolismo ruminal de los hidratos de carbono y los lípidos'. Scielo, pp. 180-185.

Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N. y Reyes, F. (2010) 'Characteristics and potential of Moringa oleifera, Lamark. An alternative for animal feeding. Pastos y Forrajes', 33(4).

Pérez, R. (2009) *Avanza validación de moringa como alternativa forrajera para ovinos*.

Perozo, A. (2013) 'Manejo de pastos y forrajes tropicales', Cuadernos científicos del Girarz. 13 edition. Maracaibo, Venezuela, pp. 220-280.

Ramirez, M. (2013) *Aparato digestivo de los rumiantes*. Disponible en: <http://magyerin.blogspot.com/2013/04/aparato-digestivo-de-los-rumiantes.html>.

Consultado: 12 /05/ 2018.

Ramírez, R. (2017) Principios de Nutrición de Rumiantes. Caprinos, bovinos, ovinos y cérvidos. pp. 186.

Ramos, O. (2010) *Proyecto de factibilidad: faenamiento y comercialización de la producción de carne de cabra en la comuna Zapotal, Cantón Santa Elena*. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Relling, A. y Mattioli, G. (2003) *Fisiología digestiva y Metabólica de los rumiantes*. Catedra Fisiología. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de la Plata.

Reyes N y Mendieta B. (2017) *Guía para el establecimiento y cultivo de Marango (Moringa oleifera)*. Proyecto Marango (PROMARANGO). Managua- Nicaragua. Guía Técnica N°20.

Rico, J., García, P. y Jimeno, V. (2013) 'Utilización de copos de maíz en la alimentación de vacas lecheras'. *Frisona española*, 148(1).

Rojo, C. y Gonzales, M. (2013) 'Estómago de los rumiantes. Anatomías externa e interna. Surco gástrico'. *Reduca*, 5(2), pp. 28-42.

Rodríguez, R. (2011) *Alimentación de vacas lecheras con Moringa oleifera fresco o ensilado y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche*. Trabajo de Graduación. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria

Santini, J. (2014) *Nutrición animal aplicada. Conceptos básicos de la nutrición de rumiantes*. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_curso_nutricin_animal_aplicada_2014.pdf. Consultado: 23/08/2018.

Solano, M. (2015) *Caracterización de los sistemas de producción caprina en la parroquia Santa Elena, La Libertad*. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Sosa, A., Ledea, J., Estrada, W. y Molinet, D. (2017) 'Efecto de la distancia de siembra en variables morfoagronómicas de moringa (*Moringa oleifera*)'. *Scielo*.

Silva, J. (2017) 'Fermentación ruminal in vitro y cinética de degradación ruminal in situ de dietas a base de fruta de pan (*Artocarpus altilis*)'. *Scielo*.

Stern, M. y Hoover, W. (1979) 'Methods for determining and factors affecting rumen microbial protein synthesis', pp. 1590-1603

Ungerfeld, E. (2016) *La simbiótica relación entre rumiante y microorganismos*. Disponible en: <http://www.fedeleche.cl/ww4/index.php/noticias/todas-las-noticias/2164-la-simbiotica-relacion-entre-rumiante-y-microorganismos>. Consultado: 2 /01/ 2019.

Ureña, I., Arsuaga, J., Galindo, M., Götherström, A. y Valdiosera, C., 2011. *Phylogeny and local evolution of The Iberian Wild Goat (Capra pyrenaica) in the Quaternary site of Chaves (Huesca, Spain)*.

Van, E. y Regueiro, M., 2008. *Digestion en reticulo-rumen, curso de anatomia y fisiologia animal.*, Montevideo

Vanguardia. (2008) *Moringa: la dieta alternativa de los pollos*. Disponible en: <http://www.vanguardia.com/historico/8570-morin-ga-la-dieta-alternativa-de-los-pollos>. Consultado: 23/ 09/ 2018.

Valdez, J. (2012) *Moringa oleifera en alimentación animal*. Disponible en: <http://zoovaldez.blogspot.com/2012/07/moringa-oleifera-en-alimentacion-animal.html>. Consultado: 12/09/2018.

Villalobos, C., Gonzáles, E. y Ortega, J. (2000) 'Técnicas para estimar la degradación de proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo'. 38(2), pp. 119-134.

Viviana, M. (2007) *Caracterización del caprino Criollo del Noroeste de Córdoba mediante el uso de caracteres morfoestructurales y polimorfismos proteínicos. Su relación con aptitud productiva*. Maestría. Instituto de genética, Universidad Nacional de Córdoba.

Vera, J. (2019) *Efecto de la boldenona sobre el rendimiento productivo de cuyes, en Manglaralto provincia de Santa Elena*. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Peninsula de Santa Elena.

ANEXOS

Tabla 1A. Pesos de muestras por dietas y repeticiones de las heces fecales

| (g) | | | | | |
|-----|----|-----------|-----------|-----------|----------|
| T | R | muestra 1 | muestra 2 | muestra 3 | Promedio |
| T1 | C1 | 41.73 | 57.62 | 54.56 | 51.30 |
| | C2 | 41.61 | 45.27 | 49.37 | 45.42 |
| | C3 | 40.41 | 30.72 | 33.95 | 35.03 |
| | C4 | 35.46 | 40.19 | 34.37 | 36.67 |
| | C5 | 61.90 | 49.93 | 48.48 | 53.44 |
| T2 | C1 | 34.40 | 40.53 | 35.85 | 36.93 |
| | C2 | 38.45 | 41.02 | 32.83 | 37.43 |
| | C3 | 35.24 | 36.97 | 35.29 | 35.83 |
| | C4 | 44.12 | 46.94 | 46.02 | 45.69 |
| | C5 | 38.69 | 47.67 | 44.19 | 43.52 |

Tabla 2A. Análisis bromatológico de heces fecales de dieta de *Moringa oleifera* Lam a los 60 días

| % | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------|----------------|-----------------|
| Código | Días | Humedad | Mat. Seca | Proteína | Ext. Ete | Ceniza | Fibra | E.L.N.N | Mat. Org |
| T1C1-1 | | 7.05 | 92.95 | 9.93 | 8.80 | 10.60 | 27.90 | 42.77 | 89.40 |
| T1C1-2 | | 6.41 | 93.59 | 9.75 | 8.36 | 10.80 | 28.10 | 42.99 | 89.20 |
| T1C1-3 | | 7.49 | 92.51 | 9.25 | 8.06 | 10.00 | 27.10 | 45.59 | 90.00 |
| T1C2-1 | | 5.58 | 94.42 | 11.37 | 9.02 | 13.89 | 27.80 | 37.92 | 86.11 |
| T1C2-2 | | 6.22 | 93.78 | 10.06 | 8.48 | 12.00 | 26.90 | 42.56 | 88.00 |
| T1C2-3 | | 7.09 | 92.91 | 10.36 | 9.31 | 12.20 | 27.70 | 40.43 | 87.80 |
| T1C3-1 | | 7.21 | 92.79 | 11.25 | 11.26 | 12.19 | 27.50 | 37.90 | 87.81 |
| T1C3-2 | 60 | 7.18 | 92.82 | 11.81 | 9.48 | 12.30 | 26.30 | 39.91 | 87.70 |
| T1C3-3 | | 7.11 | 92.89 | 11.75 | 10.33 | 12.30 | 27.20 | 38.42 | 87.70 |
| T1C4-1 | | 6.09 | 93.91 | 10.31 | 10.02 | 11.01 | 27.20 | 41.46 | 88.99 |
| T1C4-2 | | 8.69 | 91.31 | 10.00 | 12.28 | 10.90 | 28.20 | 38.62 | 89.10 |
| T1C4-3 | | 7.52 | 92.48 | 9.75 | 11.53 | 11.20 | 27.70 | 39.82 | 88.80 |
| T1C5-1 | | 5.08 | 94.92 | 11.38 | 11.97 | 12.40 | 27.30 | 36.96 | 87.60 |
| T1C5-2 | | 7.39 | 92.61 | 10.06 | 11.70 | 12.60 | 28.10 | 37.54 | 87.40 |
| T1C5-3 | | 7.58 | 92.42 | 11.68 | 11.36 | 12.80 | 28.60 | 35.56 | 87.20 |

Tabla 3A. Análisis bromatológico de heces fecales de dieta de *Moringa oleifera* Lam a los 75 días

| % | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------|----------------|-----------------|
| Código | Días | Humedad | Mat. Seca | Proteína | Ext. Ete | Ceniza | Fibra | E.L.N.N | Mat. Org |
| T1C1-1 | | 7.69 | 92.31 | 8.16 | 10.71 | 11.96 | 39.30 | 29.87 | 88.04 |
| T1C1-2 | | 9.66 | 90.34 | 7.50 | 10.52 | 11.39 | 36.30 | 34.29 | 88.61 |
| T1C1-3 | | 7.46 | 92.54 | 7.56 | 10.96 | 12.06 | 32.60 | 36.82 | 87.94 |
| T1C2-1 | | 7.58 | 92.42 | 7.69 | 11.94 | 12.22 | 35.50 | 32.65 | 87.78 |
| T1C2-2 | | 7.87 | 92.13 | 6.87 | 11.15 | 11.65 | 35.42 | 34.91 | 88.35 |
| T1C2-3 | | 8.10 | 91.9 | 7.50 | 12.02 | 12.80 | 33.20 | 34.48 | 87.20 |
| T1C3-1 | | 9.86 | 90.14 | 7.68 | 11.42 | 11.92 | 34.10 | 34.88 | 88.08 |
| T1C3-2 | 75 | 8.82 | 91.18 | 7.93 | 11.28 | 12.09 | 33.10 | 35.63 | 87.91 |
| T1C3-3 | | 8.03 | 91.97 | 7.25 | 10.57 | 11.55 | 36.80 | 33.73 | 88.45 |
| T1C4-1 | | 8.57 | 91.43 | 7.00 | 12.22 | 10.75 | 34.40 | 35.63 | 89.25 |
| T1C4-2 | | 8.5 | 91.50 | 6.56 | 12.63 | 10.76 | 34.20 | 35.85 | 89.24 |
| T1C4-3 | | 9.57 | 90.43 | 6.32 | 12.48 | 10.73 | 35.90 | 34.57 | 89.27 |
| T1C5-1 | | 8.37 | 91.63 | 7.68 | 11.25 | 11.63 | 34.40 | 34.94 | 88.37 |
| T1C5-2 | | 8.44 | 91.56 | 7.93 | 12.29 | 12.36 | 33.40 | 34.02 | 87.64 |
| T1C5-3 | | 9.43 | 90.57 | 7.56 | 12.03 | 11.33 | 33.60 | 35.48 | 88.67 |

Tabla 4A. Promedios de nutrientes ingeridos por animal de las dietas (Moringa 60 y 75 días de corte).

| Nutrientes Ingeridos (NI) | | | | | |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Tratamientos | Repetición | Consumo MS | Consumo PC | Consumo FC | Consumo MO |
| 60 DÍAS | 1 | 675.71 | 28.54 | 133.91 | 378.22 |
| | 2 | 704.29 | 29.75 | 139.57 | 396.25 |
| | 3 | 668.57 | 28.24 | 132.49 | 376.15 |
| | 4 | 632.86 | 26.73 | 125.42 | 356.06 |
| | 5 | 590.00 | 24.92 | 116.92 | 331.94 |
| 75 DÍAS | 1 | 614.00 | 26.60 | 134.19 | 375.65 |
| | 2 | 564.00 | 26.74 | 123.26 | 345.06 |
| | 3 | 671.14 | 25.53 | 146.68 | 410.61 |
| | 4 | 585.43 | 25.36 | 127.95 | 358.17 |
| | 5 | 556.86 | 24.13 | 121.70 | 340.69 |

Tabla 5A. Promedios de nutrientes en las heces por animal de las dietas (Moringa 60 y 75 días de corte).

| Nutrientes En Heces (NH) | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Tratamientos | Repetición | MS Excretada | PC Excretada | FC Excretada | MO Excretada |
| 60 DÍAS | 1 | 205.21 | 9.64 | 27.70 | 89.53 |
| | 2 | 181.67 | 10.60 | 27.47 | 87.30 |
| | 3 | 140.11 | 11.60 | 27.00 | 87.74 |
| | 4 | 146.69 | 10.02 | 27.70 | 88.96 |
| | 5 | 213.75 | 11.04 | 28.00 | 87.40 |
| 75 DÍAS | 1 | 147.71 | 7.74 | 36.07 | 88.20 |
| | 2 | 149.73 | 7.35 | 34.71 | 87.78 |
| | 3 | 143.33 | 7.62 | 34.67 | 88.15 |
| | 4 | 182.77 | 6.63 | 34.83 | 89.25 |
| | 5 | 174.07 | 7.72 | 33.80 | 88.23 |

Tabla 6A. Bromatología de heces fecales (%)

| | | % | | | |
|----------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| R | T | MS | PB | MO | FB |
| C1 | 60 Días | 93.02 ^c | 9.64 ^e | 89.53 ^a | 27.70 ^b |
| C2 | | 93.70 ^a | 10.60 ^c | 87.30 ^e | 27.47 ^d |
| C3 | | 92.83 ^d | 11.60 ^a | 87.74 ^c | 27.00 ^e |
| C4 | | 92.57 ^e | 10.02 ^d | 88.96 ^b | 27.70 ^c |
| C5 | | 93.32 ^b | 11.04 ^b | 87.40 ^d | 28.00 ^a |
| CV | | 1.02 | 5.20 | 0.58 | 5.20 |
| SIG | | * | * | * | * |
| C1 | 75 Días | 91.73 ^b | 7.74 ^a | 88.20 ^c | 36.07 ^a |
| C2 | | 92.15 ^a | 7.35 ^d | 87.78 ^e | 34.71 ^c |
| C3 | | 91.10 ^e | 7.62 ^c | 88.15 ^d | 34.67 ^d |
| C4 | | 91.12 ^d | 6.63 ^e | 89.25 ^a | 34.83 ^b |
| C5 | | 91.25 ^c | 7.72 ^b | 88.23 ^b | 33.80 ^e |
| CV | | 0.86 | 4.64 | 0.46 | 5.42 |
| SIG | | * | * | * | * |

Tabla 7A. Digestibilidad Fecal de cada una de los nutrientes (Moringa 60 y 75 días de corte)

| Tratamientos | Repetición | Digestibilidad Aparente (%) | | | |
|--------------|------------|-----------------------------|-------|-------|-------|
| | | MS | PC | FC | MO |
| 60 DÍAS | 1 | 69.63 | 66.22 | 79.31 | 76.33 |
| | 2 | 74.21 | 64.37 | 80.32 | 77.97 |
| | 3 | 79.04 | 58.92 | 79.62 | 76.67 |
| | 4 | 76.82 | 62.51 | 77.91 | 75.02 |
| | 5 | 63.77 | 55.70 | 76.05 | 73.67 |
| 75 DÍAS | 1 | 75.94 | 70.90 | 73.12 | 76.52 |
| | 2 | 73.45 | 72.51 | 71.84 | 74.56 |
| | 3 | 78.64 | 70.15 | 76.36 | 78.53 |
| | 4 | 68.78 | 73.86 | 72.78 | 75.08 |
| | 5 | 68.74 | 68.01 | 72.23 | 74.10 |

Tabla 8A. Digestibilidad aparente de Materia Seca (%)

| T1 (60 días) | | | |
|---------------------|--------------------|------------|----------------|
| Cabras | Medias | EE± | p-valor |
| 3 | 79.04 ^a | 2.12 | p < 0.05 |
| 4 | 76.82 ^b | 2.12 | p < 0.05 |
| 2 | 74.21 ^c | 2.12 | p < 0.05 |
| 1 | 69.63 ^d | 2.12 | p < 0.05 |
| 5 | 63.77 ^e | 2.12 | p < 0.05 |

| T2 (75 días) | | | |
|---------------------|--------------------|------------|----------------|
| Cabras | Medias | EE± | p-valor |
| 3 | 78.65 ^a | 1.29 | p < 0.05 |
| 1 | 75.94 ^b | 1.29 | p < 0.05 |
| 2 | 73.45 ^c | 1.29 | p < 0.05 |
| 4 | 68.78 ^d | 1.29 | p < 0.05 |
| 5 | 68.74 ^e | 1.29 | p < 0.05 |

Tabla 9A. Digestibilidad aparente de Proteína Cruda (%)

| T1 (60 días) | | | |
|---------------------|--------------------|------------|----------------|
| Cabras | Medias | EE± | p-valor |
| 1 | 66.22 ^a | 1.19 | p < 0.05 |
| 2 | 64.39 ^b | 1.19 | p < 0.05 |
| 4 | 62.53 ^c | 1.19 | p < 0.05 |
| 3 | 58.93 ^d | 1.19 | p < 0.05 |
| 5 | 55.72 ^e | 1.19 | p < 0.05 |

| T2 (75 días) | | | |
|---------------------|--------------------|------------|----------------|
| Cabras | Medias | EE± | p-valor |
| 4 | 73.88 ^a | 0.77 | p < 0.05 |
| 3 | 73.80 ^b | 0.77 | p < 0.05 |
| 1 | 70.91 ^c | 0.77 | p < 0.05 |
| 2 | 69.91 ^d | 0.77 | p < 0.05 |
| 5 | 68.00 ^e | 0.77 | p < 0.05 |

Tabla 10A. Digestibilidad aparente de Fibra Cruda (%)

| T1 (60 días) | | | |
|---------------------|--------------------|------------|----------------|
| Cabras | Medias | EE± | p-valor |
| 2 | 80.32 ^a | 0.25 | p < 0.05 |
| 3 | 79.62 ^b | 0.25 | p < 0.05 |
| 1 | 79.32 ^c | 0.25 | p < 0.05 |
| 4 | 77.91 ^d | 0.25 | p < 0.05 |
| 5 | 76.05 ^e | 0.25 | p < 0.05 |

| T2 (75 días) | | | |
|---------------------|--------------------|------------|----------------|
| Cabras | Medias | EE± | p-valor |
| 3 | 76.37 ^a | 0.81 | p < 0.05 |
| 1 | 73.12 ^b | 0.81 | p < 0.05 |
| 4 | 72.78 ^c | 0.81 | p < 0.05 |
| 5 | 72.23 ^d | 0.81 | p < 0.05 |
| 2 | 71.85 ^e | 0.81 | p < 0.05 |

Tabla 11A. Digestibilidad aparente de Materia Orgánica (%)

| T1 (60 días) | | | |
|---------------------|--------------------|------------|----------------|
| Cabras | Medias | EE± | p-valor |
| 2 | 75.66 ^a | 0.08 | p < 0.05 |
| 3 | 74.24 ^b | 0.08 | p < 0.05 |
| 1 | 73.98 ^c | 0.08 | p < 0.05 |
| 4 | 72.40 ^d | 0.08 | p < 0.05 |
| 5 | 70.92 ^e | 0.08 | p < 0.05 |

| T2 (75 días) | | | |
|---------------------|--------------------|------------|----------------|
| Cabras | Medias | EE± | p-valor |
| 3 | 76.81 ^a | 0.07 | p < 0.05 |
| 1 | 74.64 ^b | 0.07 | p < 0.05 |
| 4 | 73.08 ^c | 0.07 | p < 0.05 |
| 2 | 72.52 ^d | 0.07 | p < 0.05 |
| 5 | 72.02 ^e | 0.07 | p < 0.05 |



Figura A1. Adquisición de caprinos machos para el experimento



Figura A2. Jaulas Metabólicas usadas para trabajos de digestibilidad en método *in vivo*



Figura A3. Proceso de muestras para la evaluación respectiva del valor nutricional de las dietas (*Moringa oleifera* Lam (60 y 75 días de corte), panca de maíz y balanceado comercial).



Figura A4. Preparación y pesaje de dietas integrales suministradas para lo caprinos criollos.



Figura A5. Colocación de arnés a cada una de las 5 repeticiones para la recolección total de las heces.



Figura A6. Recolección total de heces fecales a caprinos criollos



Figura A7. Codificación a cada una de las muestras obtenidas por medio del método *in vivo*.



Figura A8. Conservación de muestras hasta su respectivo análisis bromatológico



Figura A9. Pesaje de heces fecales frescas, elección y mezcla de los días de recolección de cada una de los tratamientos.



Figura A10. Preparación de muestra, obtención de materia seca para su respectivo análisis bromatológico.