



Universidad Estatal Península de Santa Elena

**Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

**“DEGRADABILIDAD RUMINAL EN CAPRINOS
CRIOLLOS ALIMENTADOS CON DIETAS INTEGRALES
CUYA BASE FORRAJERA ES LA MORINGA (*Moringa
oleífera* Lam.)”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Carlos Javier Ramírez Malavé.

La Libertad, 2019



Universidad Estatal Península de Santa Elena

**Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

**“DEGRADABILIDAD RUMINAL EN CAPRINOS
CRIOLLOS ALIMENTADOS CON DIETAS INTEGRALES
CUYA BASE FORRAJERA ES LA MORINGA (*Moringa
oleífera* Lam.)”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Carlos Javier Ramírez Malavé.

Tutora: MVZ Debbie Chávez García, M.Sc.

La Libertad, 2019

TRIBUNAL DE GRADO



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



Ing. Juan Valladolid Ojeda, MSc.
**DOCENTE DELEGADO DEL
DIRECTOR (E).
CARRERA INGENIERÍA
AGROPECUARIA**



Ing. Julio Villacrés Matías, MSc.
PROFESOR DEL ÁREA



MVZ. Debbie Chávez García, MSc.
PROFESOR TUTOR



Abg. Victor Coronel Ortiz, Mgt.
SECRETARIO GENERAL

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado la sabiduría, fortaleza e inteligencia para culminar una etapa más de mi vida.

A mi tío/hermano Luis Enrique Malavé Pozo que me dio todo su apoyo durante toda mi formación profesional.

A mis padres, tíos y hermanas por haber estado en cada etapa de mi vida, por sus consejos y aliento durante la ejecución de este proyecto.

A la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario- AGROCALIDAD, a la Agroveterinaria CG-Cesar González, a la finca “El Agro” del ingeniero Efraín Reyes, y al GAD de Atahualpa por haberme permitido realizar mis prácticas pre-profesionales y vinculación en cada uno de sus departamentos, compartiendo su conocimiento hacia mi persona.

A las familias: Reyes Saltos, González Malavé y Silva Malavé, que aportaron su granito de arena en este proceso formativo.

A Arturo Beltrán, Patricio Tomalá, José Lino, Steven Laínez, al personal administrativo del centro de prácticas Manglaralto y especialmente a Anggy Macías, Michelle Pilay y Oscar Quimí por hacer de esta etapa la mejor de mi vida.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, de la facultad de Ciencias Agrarias y docentes que durante mi periodo académico me impartieron su conocimiento y profesionalismo.

A mi tutora MVZ. Debbie Chávez García por ser quien me brindó su apoyo y sus constantes seguimientos para la culminación de este trabajo.

Al 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.

Carlos Javier Ramírez Malavé

DEDICATORIA

A mi tío/hermano Luis Enrique Malavé Pozo por saberme dar buenos consejos y apoyarme en esta etapa de mi vida.

A mis padres Luis Ramírez Medina, Eugenio Beltrán, Jessenia Malavé Pozo y Estelita Pozo, quienes me brindaron su apoyo incondicional, moral y económico.

A mis hermanas Evelyn Ramírez Malavé y Nataly Ramírez Malavé y a mi sobrina Kiara Anahi Orrala Ramírez.

A Efraín Reyes Saltos que me ha apoyado en las buenas y en las malas como un hermano.

Carlos Javier Ramírez Malavé

**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.**

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el centro de apoyo Manglaralto, ubicado a 55 km del cantón Santa Elena. El objetivo fue determinar la cinética de degradación ruminal en caprinos criollos alimentados con dietas integrales cuya base forrajera es la moringa (*Moringa oleifera* Lam.). Se utilizó un cultivo ya establecido, se dio un corte de igualación y dos cosechas (60 y 75 días de rebrote) las mismas que conformaron las dietas evaluadas, se henificó y se almacenó hasta la utilización. Se utilizaron tres caprinos criollos adultos fistulados de 24-36 meses de edad con un peso promedio de 35 ± 3 kg clínicamente sanos, se adaptó a los animales a las dietas experimentales durante 10 días, Se aplicó la técnica *in situ* usando bolsas de polyseda (10 x 5 cm) con 56μ de porosidad. Los tiempos de incubación fueron 0, 6, 12, 24, 48 y 72 horas de fermentación. Se utilizó el paquete SPSS versión 21. (SPSS, 2012) mediante un modelo general lineal anidado (Lima *et al.*, 2011) e INFOSTAT y para comparación de medias (Tukey, 1949). La cinética de degradación de la MS y PC ($p>0,05$) fueron similares en ambas dietas, la MO fue diferente ($p<0,05$) a pesar de que la estadística muestra que no hay diferencia significativa, los promedios a 75 días de rebrote lograron mejores curvas de degradación en los tiempos estudiados, se concluye que a ambas dietas fácilmente podrían ser utilizadas en alimentación de rumiantes por su alta degradabilidad ruminal. Di Marco (2011), considera dietas excelentes a aquellas que poseen degradabilidad ruminal superiores al 70%.

Palabra clave: Cinética, dietas, rumiantes, forrajera, porosidad, estadística.

ABSTRACT

The present work was carried out in the Manglaralto support center, located 55 km from the Santa Elena canton. The objective was to determine the kinetics of rumen degradation in Creole goats fed with whole diets whose forage base is moringa (*Moringa oleífera* Lam.). An established crop was used, there was an equalization cut and two harvests (60 and 75 days of regrowth) the same that made up the evaluated diets, it was tilled and stored until use. Three fistulated adult Creole goats of 24-36 months of age with an average weight of 35 ± 3 kg clinically healthy were used, the animals were adapted to the experimental diets for 10 days, the technique was applied in situ using polysed bags (10 x 5 cm) with 56 μ porosity. The incubation times were 0, 6, 12, 24, 48 and 72 hours of fermentation. The SPSS version 21 package (SPSS, 2012) was used using a nested general linear model (Lima et al., 2011) and INFOSTAT and for comparison of means (Tukey, 1949). The degradation kinetics of the MS and PC ($p > 0.05$) were similar in both diets, the MO was different ($p < 0.05$) although the statistics show that there is no significant difference, the averages at 75 regrowth days achieved better degradation curves in the times studied, it is concluded that both diets could easily be used in ruminant feeding due to their high ruminal degradability. Di Marco (2011), considers excellent diets to those that have ruminal degradability greater than 70%.

Keyword: Kinetics, diets, ruminants, fodder, porosity, statistics.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCION	1
Objetivo general:.....	2
Objetivos específicos:	2
Hipótesis:.....	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1.- Las cabras: Generalidades y distribución geográfica.....	3
1.2.-Condiciones climáticas de las cabras	3
1.3.- Caprinos criollos.....	3
1.4.- Clasificación taxonómica.....	4
1.5.-Sistema de producción en caprinos	4
1.6.- Hábitos alimenticios y comportamiento de los caprinos	5
1.7.- Sistema digestivo del género caprino.	5
1.7.1.- El estomago	6
1.7.2.- El rumen.....	6
1.7.3.- El retículo	7
1.8.- Requerimiento nutritivo de los rumiantes menores	7
1.9.- Generalidades de la Moringa.	9
1.10.- La Moringa como base de dieta para caprinos.	10
1.11.- Técnicas de degradabilidad ruminal	10
1.12.- Características de la bolsa y de la muestra.	11
1.13.- Cinética de la degradabilidad ruminal.....	12
1.14.- Microorganismos y Fermentación ruminal	12
1.15.1.-Determinación de la materia seca	13
1.15.2.- Determinación de la proteína cruda	13
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
2.1.- Ubicación del experimento.	15
2.2.- Materiales, Equipos e instalaciones	16
2.2.1. Materiales biológicos	16
2.2.1. Materiales y equipos.....	16
2.3.- Diseño experimental	18
2.4.- Tratamientos en estudio	18
2.5.- Dietas experimentales	19

2.6.- Manejo del experimento	19
2.6.1.- Construcción de Jaulas metabólicas individuales en Aprisco	19
2.6.2.- Preparación de las dietas experimentales	20
2.6.3.- Análisis bromatológicos de las dietas	20
2.6.4.- Adquisición de animales	20
2.6.5.- Evaluación clínica	20
2.6.6.- Fistulación de las cabras.	20
2.6.7.- Adaptabilidad de dietas en animales	21
2.6.8.- Prueba de degradabilidad.....	21
2.7.- Variables experimentales.....	22
2.7.1.- Degradabilidad de las dietas experimentales.....	22
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
3.1.- Cinética de degradación de la materia seca	23
3.2.- Cinética de degradación de la materia orgánica	24
3.3.- Cinética de degradación de la proteína cruda.....	26
3.4.- Costo del kilogramo de dietas utilizadas	28
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
Conclusiones	30
Recomendaciones	31
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	32
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Conformación externa de caprinos criollos.	4
Tabla 2: Requerimientos nutricionales del caprino.	9
Tabla 3: Aporte de nutrientes con dietas a base de moringa de dos edades de corte.	19
Tabla 4: Cinética de degradación ruminal de la MS (%) en cabras criollas alimentadas con dietas integrales de moringa como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días).	23
Tabla 5: Cinética de degradación ruminal de la MO (%) en cabras criollas alimentadas con dietas integrales de moringa como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días).	25
Tabla 6: Cinética de degradación de la PC (%) de cabras criollas alimentadas con dietas integrales de moringa como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días).	26
Tabla 7: Costo del kilogramo de ingredientes (\$).	28
Tabla 8: Costo del kilogramo de dieta integral cuya base forrajera fue de moringa a los 60 días de cosecha.	28
Tabla 9: Costo del kilogramo de dieta integral cuya base forrajera fue moringa a los 75 días de cosecha.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del lugar de investigación.....	15
Figura 2: Cinética de degradación de la materia seca (%) en cabras criollas alimentadas con dietas integrales de moringa como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días). 24	24
Figura 3: Cinética de degradación de la materia orgánica (%) de cabras criollas alimentadas con dietas integrales de moringa como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días). 26	26
Figura 4: Cinética de degradación de la proteína cruda (%) de cabras criollas alimentadas con dietas integrales de moringa como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días). 27	27

ÍNDICE DE ANEXOS

Tabla 1A. Datos generales del porcentaje de la degradación ruminal de MS, MO y PC.

Tabla 2A. Cinética de degradación de MS (%).

Tabla 3A. Cinética de degradación de MO (%).

Tabla 4A. Cinética de degradación de PC (%).

Tabla 5A: Análisis de varianza de la degradación de MS (%) a las 0 horas por INFOSTAT.

Tabla 6A: Análisis de varianza de la degradación de MO (%) a las 0 horas por INFOSTAT.

Tabla 7A: Análisis de varianza de la degradación de PC (%) a las 0 horas por INFOSTAT.

Tabla 8A: Análisis de varianza de la degradación de MS (%) a las 6 horas por INFOSTAT.

Tabla 9A: Análisis de varianza de la degradación de MO (%) a las 6 horas por INFOSTAT.

Tabla 10A: Análisis de varianza de la degradación de PC (%) a las 6 horas por INFOSTAT.

Tabla 11A: Análisis de varianza de la degradación de MS (%) a las 12 horas por INFOSTAT.

Tabla 12A: Análisis de varianza de la degradación de MO (%) a las 12 horas por INFOSTAT.

Tabla 13A: Análisis de varianza de la degradación de PC (%) a las 12 horas por INFOSTAT.

Tabla 14A: Análisis de varianza de la degradación de MS (%) a las 24 horas por INFOSTAT.

Tabla 15A: Análisis de varianza de la degradación de MO (%) a las 24 horas por INFOSTAT.

Tabla 16A: Análisis de varianza de la degradación de PC (%) a las 24 horas por INFOSTAT.

Tabla 17A: Análisis de varianza de la degradación de MS (%) a las 48 horas por INFOSTAT.

Tabla 18A: Análisis de varianza de la degradación de MO (%) a las 48 horas por INFOSTAT.

Tabla 19A: Análisis de varianza de la degradación de PC (%) a las 48 horas por INFOSTAT.

Tabla 20A: Análisis de varianza de la degradación de MS (%) a las 72 horas por INFOSTAT.

Tabla 21A: Análisis de varianza de la degradación de MO (%) a las 72 horas por INFOSTAT.

Tabla 22A: Análisis de varianza de la degradación de PC (%) a las 72 horas por INFOSTAT.

Figura 1A. Corte de moringa a 60 y 75 días.

Figura 2A. Toma de muestra de hojas de moringa.

Figura 3A. Secado de la moringa.

Figura 4A. Adaptación de los caprinos a las condiciones ambientales de Manglaralto.

Figura 5A. Jaula metabólica artesanal para caprinos.

Figura 6A. Corte del pelaje en el lugar a ubicar la fistula.

Figura 7A. Colocación de ketamina en la zona del ijar.

Figura 8A. Limpieza de la zona de rumen para colocar la fistula.

Figura 9A. Colocación de la fistula desplegándose en el interior del rumen.

Figura 10A. Despliegue del rumen, fijación de sutura de jareta.

Figura 11A. Despliegue del rumen, fijación de sutura de jareta.

Figura 12A. Caprino en recuperación para el comienzo de las dietas integrales.

Figura 13A. Explicación de las dietas a suministrar en caprinos.

Figura 14A. Secado de las dietas en la estufa.

Figura 15A. Dietas integradas clasificadas para ser llevadas al laboratorio.

Figura 16A. Preparación de las bolsas divididas en tiempo de incubación.

Figura 17A. Colocación de las bolsas de 72 h en el interior del rumen.

Figura 18A. Clasificación de las bolsas en dietas integrales y tiempo de incubación.

Figura 19A. Dieta 1 antes de ser colocadas en el rumen.

Figura 20A. Colocación de bolsa de forma descendente en relación a los tiempos de incubación.

Figura 21A. Retiro de las bolsas después de tres días.

Figura 22A. Lavado de las bolsas.

Figura 23A. Colocación de las bolsas del tiempo 0h en baño de María.

Figura 24A. Obtención de agua cristalina después del lavado de las bolsas.

Figura 25A. Bolsas de nylon en la estufa a 65°C.

Figura 26A. Retiro de las bolsas del nylon de la estufa.

INTRODUCCION

La producción de cabras en el Ecuador es una actividad asociada a productores con bajos niveles de ingresos; aprovechan principalmente recursos alimenticios como residuos de cosecha, pastos naturales y especies arbustivas locales, que por lo general no cubren los requerimientos nutricionales diarios de los animales, lo que retrasa el crecimiento y desarrollo eficiente de los caprinos. Sin embargo esta especie animal se ha convertido en una fuente barata de proteína animal, sustento de familias campesinas.

La crianza de caprinos presenta diversos factores que limitan su desarrollo; como por ejemplo, casi la totalidad de animales viven en sistemas extensivos, en un solo grupo y sin controles sanitarios. Además carecen de un programa de mejoramiento genético y de técnicas apropiadas de manejo.

Otro de los factores que limita el desarrollo del sector es la carencia de asistencia técnica y tecnologías apropiadas sumándole a esto los inadecuados canales de comercialización que no tienen una cadena productiva articulada y la baja capacidad de negociación de sus productos. Según MAGAP (2016), en el Ecuador existen 178 367 caprinos, de los cuales el 14,55% se encuentran en la Región Costa. Santa Elena mantiene una población 13 472 cabezas, con deficientes indicadores productivos (Acosta-Lozano y Lima-Orozco, 2016).

La mayoría de las cabezas caprinas en la provincia de Santa Elena se encuentran en las comunas de Manglaralto y Colonche en donde la oferta del caprino es limitada debido a que estos alcanzan el peso adecuado a los 2,5 a 3 años de edad, esto se debe a que el manejo extensivo y la escasa alimentación que existe en la zona no satisface las necesidades nutricionales de dichos rumiantes y esto repercute sobre los parámetros productivos.

Problemática científica

¿Diferirán los días de cosecha de moringa (60 y 75 días), en la curva de degradación ruminal en caprinos criollos?

Objetivo general:

- Determinar la cinética de degradación ruminal en caprinos criollos alimentados con dietas integrales cuya base forrajera es la moringa.

Objetivos específicos:

1. Evaluar la cinética de degradación ruminal de la materia seca, proteína cruda y materia orgánica de dos dietas integrales cuya base forrajera es la moringa en caprinos criollos fistulados.
2. Identificar la dieta integral que presente la mejor curva de degradación ruminal para alimentación de caprinos criollos.
3. Determinar el costo del kilogramo de dietas utilizadas en los experimentos.

Hipótesis:

Los momentos de cosecha de la moringa a los 60 y 75 días no difieren en la curva de degradación ruminal en caprinos criollos.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1.- Las cabras: Generalidades y distribución geográfica

Capra hircus conocido vulgarmente como caprinos o cabras, domesticados por su gran potencial productivo y reproductivo además de ser proveedora de leche, de origen Africano y expandidos por todos los continentes fueron introducidos al continente americano en el siglo XVI por los portugueses (Aréchiga *et al.*, 2008).

FAOSTAT (2015) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) manifiesta que, durante el censo realizado en el 2010-2014 existió más de 1006,79 millones de cabeza caprina las cuales están distribuidas de la siguiente manera: 58,2 % en Asia; el 36,2 % en África; el 3,5 % en América; el 1,7 % en Europa y el 0,4 % en Oceanía.

En el Ecuador existen 178 367 caprinos, distribuidos en: 85,02 % en la Región Sierra; el 14,55 % en la Región Costa; el 0,27 % en la Región Amazónica y el 0,14 % en la Región Insular o Galápagos (MAGAP, 2016).

1.2.-Condiciones climáticas de las cabras

Deza *et al.* (2007) manifiestan, que las cabras criollas como las Anglo nubia, y Saanen son razas que genéticamente son valiosos para los pequeños productores debido a que crecen en lugares desérticos, áridos y semiáridos donde convierte los arbustos y malezas en carne.

1.3.- Caprinos criollos

Las cabras criollas son el resultado de cruces de varias razas, se caracterizan por la variedad de colores del pelaje, orejas erectas o caídas en posición horizontal, de tamaño mediano, rustica adaptable a cualquier zona y con producción de leche baja (Campesinas, 2008).

En Ecuador predominan los caprinos criollos debido a que se adaptan a zonas áridas y semiáridas, tropicales y subtropicales, a su vez encontramos algunos tipos de razas criollas como la Nubia, Boer, Saanen y alpina (Acosta-Lozano, 2016).

Tabla 1: Conformación externa de caprinos criollos.

Región Topográfica	Característica
Cabeza	Con cuernos cubiertos por una vaina de sustancia córnea.
Cuello	En machos presentan buena anchura.
Tronco	Algo cóncavo, se divide en plano dorsal (la cruz, el dorso, el lomo y la cadera) y ventral, extremidades craneal y caudal
Extremidades y Aplomos	Fuertes y finas, permiten movilidad al animal.

Fuente: Moreno M *et al.*, (2013).

Miguel (1997) manifiesta que, las cabras criollas por lo general se adaptan a las condiciones climáticas de la zona, las puras presentan un pelaje de color variable combinados entre café, rojizo, negro, blanco y gris; pelo corto, perfil recto, de cuernos tamaño medianos y curvados hacia atrás, en los machos predomina la barba. Alcanzan un tamaño de 60 cm de altura a la cruz en 1.5 años de edad, mientras que el peso del animal varía de acuerdo al hemisferio; oscila entre 25 a 32 kg y 30 a 55kg, respectivamente.

1.4.- Clasificación taxonómica

La taxonomía de la cabra descrita por Reyes (2015) se clasifica en: Reino: animal; Phylum: Chordata; Familia: Bovidae; Clase: Mammalia; Género: *Capra*; Especie: *Hircus*; Nombre científico: *Capra hircus*.

1.5.-Sistema de producción en caprinos

Los caprinos comúnmente se someten a tres tipos de sistemas, en esta encontramos el sistema extensivo; el animal recorre grandes extensiones de terreno donde pastorean sedentariamente a voluntad, abaratando costos en alimentación obteniendo bajos rendimientos productivos (Aréchiga *et al.*, 2008)

En el sistema intensivo la producción es tabulada en instalaciones, proveyendo concentrados alimenticios proteicos y energético, obteniendo calidad de producción de carne y leche, requiere de mayor costo según Aréchiga *et al.* (2008), mientras que en el sistema semi-intensivo los animales ramonean y pastorean tarde-noche, proporcionando un suplemento alimenticio, brinda mejores rendimiento productivo invirtiendo en instalaciones y alimentos concentrados (Fernandes de Oleivera *et al.*, 2009).

1.6.- Hábitos alimenticios y comportamiento de los caprinos

Comparados con otros rumiantes, los caprinos en pastoreo demuestran ser más selectivos en el alimento y por esto caminan largas distancias (Miñon *et al.*, 1991); la habilidad para consumir mayor variedad y tipos de vegetación que no son consumidas por otros rumiantes y su mayor eficiencia digestiva sobre forrajes de baja calidad favorecen la producción de cabras en zonas donde la disponibilidad de forraje son bajas, aunque la eficiencia digestiva depende de la raza, ubicación geográfica y el nivel de proteína en la dieta (Tarazona *et al.*, 2012).

1.7.- Sistema digestivo del género caprino.

Gordon y Prins (2008) plantean que el método de alimentación y la participación del sistema digestivo son muy fundamental en el comportamiento de consumo de alimentos. Ya que se dedican a esto el mayor tiempo del día, en los rumiantes los microorganismos que se encuentran en el interior del rumen (protozoos, bacterias y hongos) ayudan a degradar los nutrientes que existe en el alimento.

Los caprinos son considerados rumiantes debido a que poseen un sistema digestivo poligástrico, que ingiere pastos, forrajes sean secos o frescos. Empezando en la boca la degradación del alimento lo realizan en dos fases, en la primera fase consumen el alimento masticándolo hasta tragarlo, mientras que en la segunda fase realizan la rumia regurgitando el bolo alimenticio el que fue semi-degradado al momento de tragarlo, donde se deshace masticándolo agregándole saliva (Buntinx y Ángeles-Campos, 2011).

La degradación del alimento empieza en la boca, la primera masticación es un poco ligera acumulando bolos alimenticios en el pre-estómago, para luego volver a masticarlos echándole saliva para que ayude a la degradación, estos animales carecen incisivos superiores (Borroto, 2015).

Debido a que la fenología digestiva en rumiantes es complejo, para un mejor estudio el estómago de estos es dividido en cuatro compartimientos: el rumen, el retículo y el omaso conforman el llamado pre-estómago y el abomaso o también llamado estómago verdadero. En el proceso, intervienen otros órganos como labios, lengua, incisivos inferiores y el cojinete dental, ayudando a sintetizar los alimentos con la ayuda de las glándulas salivales (INATEC, 2016).

Gracias a los microorganismos que se encuentran en el compartimiento ruminal transforman los hidratos de carbono obtenidos de la celulosa, hemicelulosa y pectina de alimentos fibrosos (Alejandro y Guillermo, 2006).

Borroto (2015), manifiesta que el trabajo que realizan los microorganismos como bacteria, protozoarios y hongos en el alimento ingerido que se encuentra en el rumen se llama proceso fermentativo existiendo simbiosis.

1.7.1.- El estomago

Borroto (2015) manifiesta que el estómago comenzando del esófago hasta el duodeno en rumiantes se encuentra dividido en cuatro compartimientos: rumen, retículo, omaso y abomaso, también llamados rumen, redecilla, librillo y cuajar respectivamente.

1.7.2.- El rumen

El rumen, especie de saco que ocupa el 80% del estómago, se encuentra formado por una membrana mucosa recubierta de epitelio escamoso que representa papilas y rodeada por una capa muscular que es la que produce las contracciones. En su interior está dividida en cinco partes: saco dorsal, saco anterior, caso ventral, ciego dorsal y ciego ventral, en este compartimiento se hallan los microorganismos (Borroto, 2015).

1.7.3.- El retículo

Este compartimiento se separa del rumen por el pliegue rúmimo-reticular. Estructurada por la misma mucosa que el rumen pero con pliegues de aproximadamente 1 cm de altura originando celdas poligonales en forma de panal. Unida por el esófago en la porción superior derecha donde se abre el cardias y entran los alimentos (Buntinx y Ángeles-Campos , 2011).

La gotera esofágica, que se ubica en el mismo sitio, se forma dos pliegues que le permiten cerrarse y conducir alimentos líquidos directamente al estómago verdadero o cuajar, desemboca en el orificio retículo abomaso. Se manifiesta con fuerza en rumiantes lactantes el cual pierden al ir desarrollando el sistema digestivo (Alejandro y Guillermo, 2006).

El bolo alimenticio entra al retículo donde por contracciones de las capas musculares que rodean el rumen se moverán. Cada contracción producido por ondas se repite cada un minuto, siendo menor en el momento que el animal come y mayor cuando descansa. Se produce primero una contracción incompleta del retículo y luego una segunda contracción más completa que hace pasar al alimento por sobre el pliegue rumino-reticular (INATEC, 2016).

1.8.- Requerimiento nutritivo de los rumiantes menores

Argüello (2011) resalta que para una buena producción de carne o de leche en los caprinos, se necesita que la alimentación a suministrar cubra los requerimientos nutritivos, el recurso socio-económico con el que se cuenta es necesario, además de las condiciones ambientales que cuenta la zona, disposición de agua y una adecuada instalación de corrales.

La alimentación de los caprinos criollos está basado por diferentes sistemas, donde, se alimentan a partir de pastos y forrajes que se encuentran en su alrededor siendo este tipo de alimento escasos en varios meses del año esto trae consigo la baja producción de carne y leche (Chávez-García *et al.*, 2017).

Gioffredo y Petryna (2010), manifiestan que la edad, sexo y el estado fisiológico del animal va ligado con las necesidades nutricionales que estos animales necesitan para una buena producción caprina.

La alimentación está compuesta por dos partes; el agua cubre el 70% del cuerpo y la materia seca (MS) dividida en materia orgánica (MO): hidratos de carbono, lípidos, proteínas, nitrógeno no proteico, vitaminas, ácido nucleico, ácido orgánico, y materia inorgánica: minerales (De la Rosa, 2011).

De la Rosa (2011) señala que la producción de energía se obtiene a partir de la fermentación de nutrientes, gracias a los microorganismos que se encuentran en el rumen, donde, a partir de la celulosa de los alimentos obtienen hidratos de carbono, lípidos, vitaminas y minerales.

Salazar (2008) manifiestan que el exceso de proteína es metabolizada y produce energía estructuradas por aminoácidos, formados por carbono, hidrogeno, nitrógeno y azufre. Conforman tejidos del cuerpo, forma parte del sistema inmunológico de enzima y hormonas.

Chávez-García y Villacres Matías (2018) mencionan que las vitaminas son necesarias en los caprinos es necesario para realizar reacciones vitales del organismo. Estas son sintetizadas por la actividad microbiana alojada en el rumen, las vitaminas necesarias son la vitamina K, el complejo B., y las vitaminas A, D y E, liposolubles, que se encuentran en forrajes verdes.

En la materia inorgánica se encuentran los minerales, estos forman tejidos, huesos, leche, lana y fibras indispensable para la regulación de reacciones químicas del organismo. El fosforo y el magnesio es obtenido de los tejidos vegetales y de sales minerales (Salazar, 2008).

Para Mellado *et al.* (2004), los requerimientos de los caprinos son dependiendo del kilogramo de peso vivo que presenta el caprino y que se detalla en la tabla 2.

Tabla 2: Requerimientos nutricionales del caprino.

Peso vivo	Proteína bruta	Energía digestible	Calcio	Fósforo
(kg)	(g)	(MJ)	(g)	(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 (unidad del Sistema Internacional para energía, se define como el trabajo realizado por la fuerza de 1 newton en un desplazamiento de 1 metro).

1.9.- Generalidades de la Moringa.

La moringa (*Moringa oleifera* Lam.) perteneciente a la familia *Moringaceae* es uno del arbusto forrajero que gracias a la polémica que genera en el mundo por las propiedades curativas y a la fuente de proteína que este puede aportar como alimento para rumiantes (García, 2016).

Originaria de India y denominado por muchos el árbol más asombroso creado por Dios, está constituido de proteínas, vitaminas, minerales, potasio, calcio, fósforo, hierro y ácido fólico cada parte de la planta como el tallo, la raíz, la fruta, las flores y las hojas, además de las semillas (Ramírez, 2016).

Conocido vulgarmente como marango, árbol de esparrago, árbol de perlas, *Moringa*, árbol de rábano picante, árbol de la vida y árbol de los milagros, es de crecimiento rápido, se cultiva en regiones tropicales, subtropicales y zonas semiáridas, susceptible a la escasez del agua, pero con un buen manejo de fertilizante puede aumentar el rendimiento de biomasa (García, 2016).

Las semillas son utilizadas en grandes industrias farmacéuticas debido a las propiedades medicinales, también, es buena para el tratamiento del agua, como alimento y como fertilizante (Martín *et al.*, 2013).

1.10.- La Moringa como base de dieta para caprinos.

Martín *et al.* (2013) manifiesta que la *Moringa oleífera* Lam es excelente, como suplemento alimenticio en bovinos debido a que presenta una alta productividad de materia verde comparada con la alfalfa.

La hoja empleada de manera directa después de la extracción del etanol y la torta prensada de semillas es utilizada como suplemento en la alimentación de animales, la composición de aminoácidos es comparada con la soya. Investigaciones realizadas en Alemania han dado como resultado que el índice de proteína digerible de sus hojas en los intestinos es superior al de varios suplementos proteínicos convencionales (Martín *et al.*, 2013).

Este tipo de hojas posee los altos niveles de proteína cruda y de proteína digestible en el intestino brindando un suplemento proteínico para rumiantes de alta productividad. Además, algunas hojas contienen etanol siendo mejores ingredientes para piensos, no contiene taninos, lectinas, siendo las saponinas los factores anti-nutricionales de bajo contenido (Reyes Sánchez *et al.*, 2006).

1.11.- Técnicas de degradabilidad ruminal

Una de las técnicas para medir la degradabilidad ruminal es la llamada técnica *in situ*, también llamada técnica *in Sacco*, consiste en incubar las bolsas de nylon más el tratamiento en animales fistulados específicamente en el interior del rumen, obteniendo resultados de fermentación mediante intervalos de tiempo de incubación, este método estándar sirve para medir el grado y la tasa de degradabilidad de la materia seca (MS), y la proteína de los alimentos (PC), además de porcentajes de Proteína cruda y materia orgánica (MO) después de llevar al laboratorio (Rosero y Posada, 2017).

La técnica *in situ* mide la pérdida de degradabilidad ruminal de la relación forraje-concentrado en la dieta de materia seca (MS) y de proteína (P) de la bolsa y digestibilidad del alimento. Además mejora el aporte de nitrógeno a los microorganismos que se encuentra en el rumen (Chávez-García *et al.*, 2018).

La técnica denominada bolsa de nylon mide la desaparición de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), el nitrógeno (N) u otros nutrientes presente en la dieta alimentaria y que han estado en el ambiente ruminal. El alimento van la bolsa de nylon para luego ser colocados en el rumen a un tiempo de incubación de 0, 6, 12, 24, 48 y 72h, estos tiempos dependen el estudio. Para realizar este trabajo de investigación se coloca una cánula adherida en el saco dorsal del rumen ubicado en el lado izquierdo del animal (Ceballos *et al.*, 2008).

La técnica *in situ* y la técnica *in vivo* tienen mucha similitud. Este método tiene algunas variedades como es el tamaño del poro de las bolsas, el tamaño de la muestra por unidad de área superficial de la bolsa y el tamaño de las partículas de la muestra referente a su efecto sobre la digestibilidad resultante (Palacios *et al.*, 2009).

La parte del alimento que desaparece las primeras horas de incubación *in situ* corresponde a la parte soluble y a partículas más finas. Esta parte soluble puede representar una proporción considerable de nutrimentos, especialmente de nitrógeno. Por ello, varios investigadores han optado por lavar las bolsas con la muestra, previa fermentación, para eliminar la fracción soluble y, además, simular la salivación (González-García *et al.*, 2015).

1.12.- Características de la bolsa y de la muestra.

La muestra incubada debe ser capaz de moverse libremente dentro de la bolsa. Otro aspecto a considerar en el tamaño de la muestra es la cantidad requerida para su posterior análisis, asimismo, el número de bolsas a emplear en un mismo tiempo dependerá de la especie de animal canulado (González-García *et al.*, 2015).

Es por ello que Nocek y Grant (1987) sugiere, aunque varía con el tipo de alimento, un tamaño de muestra de 10 a 20 mg/cm² de superficie de bolsa, debido a que, por lo general, provee suficiente residuo al finalizar la incubación en el rumen para poder llevar a cabo análisis químicos posteriores.

Los poros de la bolsa deben permitir la entrada del líquido ruminal y los microorganismos, pero deberán ser lo suficientemente pequeños para minimizar las

pérdidas de material sin degradar, permitir una adecuada actividad microbiana y así se eviten obstrucciones (Boccanera, 2017).

La elección de la porosidad de la bolsa repercute en la relación entre la pérdida de partículas de alimento no degradadas y el movimiento de los microorganismos a través de la bolsa. Un tamaño de poro entre 40-60 μm es adoptado como estándar (Ørskov *et al.*, 1992).

1.13.- Cinética de la degradabilidad ruminal

Correa (2008), manifiesta que la cantidad de degradación efectiva que existió durante la cinética de la degradación ruminal es uno de los cálculos de mucha importancia de la cual se puede obtener la cantidad de nutriente que no fue degradada y la degradada en el interior del rumen, esto ayuda a brindar una mejor división de los nutrientes al momento de preparar la dieta del animal.

Para saber con exactitud la cantidad de nutrientes que se degrada en interior del rumen, se utiliza la fórmula propuesta por Orskov & McDonald (1979): $DR_{bt} = b \cdot (1 - e^{-kd \cdot t})$, donde DR_{bt} es la degradabilidad ruminal de la fracción b en el tiempo t , siendo b la fracción potencial degradada en el rumen, e es la base neperiana, kd es una constante y t es el tiempo que los nutrientes permanecen en el rumen. Los resultados que se obtienen son en función del tiempo en el que los nutrientes pasan en el interior de rumen.

Para dar un resultado de la estimación del pasaje ruminal Grovum y Williams (1973), propusieron un modelo que estima el pasaje ruminal (kp), la cual años más tarde iba a ser modificada por Ørskov y McDonald quedando el modelo matemático $DE_b = b \cdot kd / (kd + kp)$. Lo cual hace estima la velocidad de degradación ruminal (kd) y de pasaje (kp) más no a la velocidad (Correa, 2008).

1.14.- Microorganismos y Fermentación ruminal

Castillo-González *et al.* (2014) Manifiesta que la degradación ruminal es un proceso anaerobio, realizado por microorganismos que se encuentran en el interior del rumen,

compuesto por protozoos, hongos y bacterias localizándose en simbiosis, añadiendo almohadillas y eliminando ácidos producidos.

El ecosistema que forman estos microorganismos en el interior del rumen convierte los nutrientes como el almidón, la celulosa en dióxido de carbono y metano. Cada uno de estos ácidos al ser absorbidos pasa al sistema circulatorio del animal donde tras el proceso aerobio produce energía. (Castillo-González *et al.*, 2014).

1.15.- Bromatología

1.15.1.-Determinación de la materia seca

Para De La Roza (2002), la determinación de la materia seca se lo realiza diseñando varios procesos que permitan obtener la determinación de la misma, además del análisis en la que se debe de tener otra muestra desecada, estas muestras deben de ser clasificadas por medio de una homogenización manual, secando a 102°C y a 60 °C respectivamente, indistintamente de la temperatura de secado. Dando como mejor opción el segundo proceso de secado después de 24h con aire forzado, lo cual es recomendable utilizar para forrajes verdes, forrajes deshidratados, cereales, a excepción de las hierbas, maíz y dietas en la que esté formada con productos ensilados.

La determinación de la materia seca en alimentos para animales en pastoreo, sean estos leguminosas o gramíneas, forrajes o pastos, es muy importante la estimación de la biomasa y el porcentaje de materia seca que estos contienen (Stritzlers *et al.*, 2004).

Petruzzi *et al.* (2005), manifiestan que el uso de estufa de circulación forzada a 65°C a un tiempo de 24 0 72 h, para determinar la materia seca ha sido el método más usado. Algunos de los factores que afectan la determinación de la materia seca son la correcta estimación del % del mismo ya que al corregir esto se sabrá la variación entre días y los momentos de aplicación de materia seca que se le debe de aplicar al animal (Ferri, 2002).

1.15.2.- Determinación de la proteína cruda

Para llegar al contenido de proteína cruda, el nitrógeno se oxida a sulfato de amoníaco (NH₄)₂SO₄, por ingestión con ácido sulfúrico de hidrógeno concentrado (H₂SO₄), para

luego alcalinizar lo ya digerido con hidróxido de sodio concentrado (NaOH), mientras se destila el amoníaco (NH_3) y se colecta en ácido bórico al 4% (Juaréz y Montero, 2018).

Santiago (2011) manifiesta que Danés Johann investigador en 1883 dio a conocer el método para analizar la proteína por medio de la materia orgánica, la cual consiste en digerir las proteínas y componentes orgánicos de alimentos mezclándose con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. El nitrógeno total es convertido en sulfato de amonio, para luego de ingerirse se neutraliza con una base para posteriormente destilarse, este destilado se almacena en ácido bórico. El ácido bórico en aniones se une con el cloruro de hidrógeno para verificar el contenido de nitrógeno que existe en la muestra.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.- Ubicación del experimento.

El experimento 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 55 km del cantón Santa Elena con una extensión de 497,4 km².

La ubicación presenta las siguientes coordenadas geográficas: latitud sur 01° 50' 36"; latitud oeste 80° 44' 31". Las características climatológicas se describen a continuación: altitud 12 msnm; precipitación anual 600 – 1000 mm; temperatura media anual 24.6 °C. Los suelos son aluviales de textura franco arcilloso de color café oscuro, textura granular, materia orgánica baja, el invierno considerado en los meses de enero a abril y la época de garúa con una precipitación en los periodos de junio a noviembre.



Figura 1: Ubicación del lugar de investigación.

2.2.- Materiales, Equipos e instalaciones

2.2.1. Materiales biológicos

Las dietas integrales se prepararon y se molieron hasta que alcanzaron un tamaño de partículas de 3-5 mm. Posteriormente, se colocó en una estufa a 75°C para determinar el contenido de materia seca (MS); esta muestra se envió al laboratorio para realizar los análisis bromatológicos respectivos.

Se utilizó tres caprinos adultos fistulados en el rumen con peso vivo de 35±3 kg de peso vivo. En la prueba de degradabilidad, se utilizó la técnica *in situ*, para lo cual, se manejaron bolsas de polyseda (10 x 5 cm) con 56 micras de porosidad previamente pesadas y en las cuales se colocaron 5g de cada dieta experimental para cada una de las dietas en estudio.

Los períodos de incubación fueron de 0, 6, 12, 24, 48 y 72 h de fermentación. Las bolsas se extrajeron y se lavaron con agua corriente hasta obtener agua clara, se secaron en la estufa a 65°C por 72h, se pesaron y se determinó la desaparición de la materia seca y orgánica.

Las dietas integrales estaban constituida de rastrojo de maíz, balanceado y la base forraje moringa, cortadas a los 60 y 75 días de edad la cual se adapta a las condiciones climáticas de la zona.

2.2.1. Materiales y equipos

a) Materiales

- Heno de moringa (60 y 75 días de edad)
- Rastrojo de maíz
- Concentrado comercial
- 4 jeringas de 100 ml desechables
- Medicinas para post operatorio de caprinos fistulados
- 15 hojas de bisturí
- 2 paquetes de hilo quirúrgico
- Anestesia

b) Equipos y herramientas

- Baño de maría
- Estufa (BX-125BE))
- Impresoras
- Cámaras fotográficas
- Libreta de campo
- Filmadora
- Fundas de digestibilidad de 10 x 5 cm y 56 micras de porosidad
- Balanzas analíticas (FB223)
- Molino eléctrico (B&P, Quito-Ecuador)
- 3 fístulas
- 1 caja de guantes quirúrgicos
- Implementos de cirugía para fistulación de caprinos
- 10 franelas color blanca
- 6 paquetes de algodón
- 6 paquetes de gaza estéril
- 1 m de cadena de ¼
- 3 baldes de plástico.
- 5 m de manguera de ¼
- 3 paquetes de 12 fundas para basura capacidad 25 g
- 100 m de manguera de jardín
- 100 sacos de yute capacidad 100 kg
- Pizarra
- Fundas de papel
- Caja de guantes

c) Instalaciones

- Galpones
- Comederos
- Jaulas metabólicas
- Bebederos

d) Materiales para investigación

- Computadora
- Software estadístico Spps 4.3 version 21

2.3.- Diseño experimental

Para evaluar la degradabilidad ruminal, se utilizó un diseño completamente aleatorio donde los tiempos de cosecha (60 y 75 días) fueron los tratamientos a los que se le evaluó la degradabilidad *in situ* en diferentes tiempos u horas de incubación 0, 6, 12, 24, 48, 72 horas utilizándose para esto tres cabras fistuladas para cada tratamiento. Todos los animales consumieron las dietas a base de moringa (*Moringa oleífera* Lam.) a edades de 60 y 75 días de cosecha, Cross over de Arnau y Viader (1991). Los resultados de los análisis se procesaron estadísticamente en INFOSTAT y en el SPSS versión 21. (SPSS, 2012) mediante un modelo general lineal anidado (Lima *et al.*, 2011).

$$Y_{ij} = \mu + D_{i=1,2} + D(A)_{j=1\dots3} + \sum_{ij}$$

Donde:

μ = media o intercepto;

D_i = efectos fijo de i-ésima dieta (D1 vs D2) ($i = 1,2$);

$D(A)_j$ = efecto aleatorio del j-ésimo animal dentro de la dieta ($j=1\dots3$);

\sum_{ij} = error experimental asociado a las observaciones normalmente distribuidas.

2.4.- Tratamientos en estudio

El trabajo de experimentación comprende heno de moringa cosechado a los 60 y 75 días de edad que servirán como base forrajera de las dietas integrales.

Las dietas integrales consistieron en la utilización de la moringa, concentrado para cabras y panca de maíz, que mezclados proporcionalmente cubrieron los requerimientos nutricionales. Una vez preparadas las dietas se recogió muestras para realizar los análisis bromatológicos para su utilización en la cinética de degradación

ruminal. Además se utilizó tres caprinos criollos adultos fistulados en jaulas metabólicas con un peso vivo aproximado de 35 ± 3 kg.

2.5.- Dietas experimentales

En la tabla 3 se presenta las dietas experimentas con sus nutrientes calculados.

Tabla 3: Aporte de nutrientes con dietas a base de moringa de dos edades de corte.

Ingredientes	Dietas experimentales (g/día)	
	D1	D2
Moringa	500	450
Concentrado para cabras	30	20
Rastrojo de maíz	510	544
	1040g	1014g
	Nutrientes calculados (g/día)	
MS	585,13	620,38
MO	529,70	574,28
PB	43,94	43,94
FB	206,11	221,62
EM (MJ/kg MS)	4,38	4,63

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FB: fibra bruta; EM: energía metabolizable; T1: moringa a 60 días; T2: moringa a 75 días.

2.6.- Manejo del experimento

2.6.1.- Construcción de Jaulas metabólicas individuales en Aprisco

Para mantener a los animales se construyó un aprisco con piso entablillado de madera de 70cm de alto que faciliten la limpieza de las heces, las paredes de caña que aseguran la aireación del lugar y el confort del animal, dentro del mismo se construyó jaulas metabólicas individuales equipadas con comedero y bebedero con medidas de 0,7 de ancho x 1 de largo x 0,9 de altura.

El uso de las jaulas metabólicas necesariamente reduce las actividades sociales y conductuales de los animales, por lo tanto, este procedimiento no deberá utilizarse únicamente para alojar a los animales, sino que debe reservarse para estudios metabólicos aprobados.

2.6.2.- Preparación de las dietas experimentales

Las dietas integrales consistieron en la utilización de la moringa henificada, concentrado comercial, componente fibroso, que mezclados proporcionalmente cubrieron los requerimientos de mantención de los animales.

2.6.3.- Análisis bromatológicos de las dietas

Una vez que fueron preparadas las dietas se tomaron las muestras respectivas para realizar los análisis bromatológicos y su utilización en la cinética de degradación ruminal. Las dietas integrales se prepararon y molieron hasta que alcanzaron un tamaño de 3-5mm. Posteriormente, se colocó en una estufa a 65°C por 72 horas, con lo cual se determinó el contenido de materia seca (MS); esta muestra se envió al laboratorio para realizar los respectivos análisis bromatológicos.

2.6.4.- Adquisición de animales

Los caprinos usados son de tipo criollo adaptados a las zonas áridas y semiáridas de la provincia. Se utilizó tres caprinos criollos adultos fistulados de 24-36 meses en jaulas metabólicas con un peso vivo aproximado de 35±3 kg.

2.6.5.- 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.

2.6.6.- Fistulación de las cabras.

Los caprinos fueron sometidos a una operación, la apertura del rumen donde se aplicó dos técnicas de fistulación ruminal, en ambas se colocó al animal de cubito lateral izquierdo para incidir en la zona del ijar, superando el plano subcutáneo divulsionando las fibras de los músculos oblicuo abdominal externo, interno y el transversal.

abdominal, peritoneo para luego exponer el rumen e incidir en él y colocar la fistula ruminal fijándola con una sutura de jareta para introducirlo a la cavidad abdominal en ambas técnicas. En la primera se unieron con hilos de sutura superficie del rumen, el peritoneo y los músculos mencionados para posteriormente cierre de la piel. En la segunda técnica solo se dejó que los músculos se desplieguen a su posición inicial finalmente, se hizo acercamiento subcutáneo y sutura de la piel con nylon. A los 7 días postcirugía se determinó que los procesos de cicatrización y adherencia de los músculos y el rumen fueron similares en ambas técnicas.

2.6.7.- Adaptabilidad de dietas en animales

Se suministró diariamente a los animales raciones de pastos que se encuentran comúnmente en la zona, 25g de concentrado comercial el cual es muy apetecible para el animal y consumido en menos minutos que el pasto o cualquier otro alimento y una mezcla homogénea de agua más melaza.

El consumo consistió en 1 kg de MS/animal por días garantizando los requerimientos de manutención de los animales.

Para dar inicio a la adaptación de las dietas ya antes calculadas se le suministro a los animales la Dieta1 (Moringa 60 días de corte) que consistía en 510g rastrojo de maíz; 500g moringa; 30g concentrado comercial por 17 días siendo 10 de adaptabilidad más 3 días de estudio fermentación (colocación y extracción de las bolsas). A su vez seguido de esta se suministró la Dieta 2 (Moringa 75 días de corte) que consistía en 544g rastrojo de maíz; 450g moringa; 20g concentrado comercial por 17 días siendo 10 de adaptabilidad más 3 días de estudio fermentación.

2.6.8.- Prueba de degradabilidad.

En la prueba de degradabilidad, se utilizó la técnica *in situ*, para lo cual, se manejaron bolsas de polyseda (10 x 5 cm) con 56 micras de porosidad previamente pesadas y en las cuales se colocarán 5g de cada dieta experimental para cada una de las dietas en estudio. Los períodos de incubación fueron de 0, 6, 12, 24, 48 y 72 horas de fermentación. Las bolsas de digestibilidad se extrajeron y se lavaron con agua corriente hasta obtener agua clara, se secaron en la estufa a 65°C por 72h, se pesaron y se determinó la desaparición de la materia seca y orgánica, proteína bruta.

2.7.- Variables experimentales

2.7.1.- Degradabilidad de las dietas experimentales

- Cinética de degradación de la materia seca.
- Cinética de degradación de la materia orgánica.
- Cinética de degradación de la proteína cruda.

Para obtener los valores de la cinética de la degradación se aplicó la siguiente formula:

$$D = a + b (1 - \exp^{-kf \cdot t})$$

Donde:

D = Porcentaje (%) de degradación acumulada en un tiempo dado;

t = es el tiempo de incubación en horas (h);

a = representa el sustrato o nutrientes solubles que se degrada rápidamente (%);

b = representa la fracción del sustrato insoluble pero potencialmente degradable (%);

exp = base de los logaritmos naturales;

kf = tasa fraccional o velocidad de degradación (%/h).

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.- Cinética de degradación de la materia seca

En el tabla 4 se puede apreciar la degradación de la materia seca de dietas integrales de cuya base forrajera es la moringa a 60 y 75 días de rebrote a diferentes tiempos de incubación.

Tabla 4: Cinética de degradación ruminal de la MS (%) en cabras criollas alimentadas con dietas integrales de moringa como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días).

Cinética de degradación de MS (%)					
T(h)	Momentos de cosecha		EE±	p-valor	CV (%)
	T1 (60 Días)	T2 (75 Días)			
0	45,12 ^a	45,3 ^a	0,14	>0,05	0,54
6	57,01 ^a	57,48 ^a	0,13	>0,05	0,39
12	68,68 ^a	69,17 ^a	0,19	>0,05	0,47
24	84,21 ^a	84,56 ^a	0,21	>0,05	0,42
48	96,37 ^a	96,7 ^a	0,21	>0,05	0,37
72	99,33 ^a	99,44 ^a	0,25	>0,05	0,44

T (h): Tiempo de Incubación en horas; EE±: Error Estándar; p-valor: letras iguales no difieren estadísticamente ($P>0,05$). T1: Moringa a 60 días de cosecha. T2: Moringa a 75 días de cosecha.

Los resultados obtenidos en la cinética de la degradabilidad ruminal de la MS, no presentan diferencias ($p > 0,05$) en los tiempos de incubación (0, 6, 12, 24, 48, 72 h), aunque es importante resaltar que a las 24, 48 y 72h el porcentaje de degradabilidad aumenta, es decir, que a mayor tiempo de incubación existe mayor degradabilidad (Acosta-Lozano, 2016). Los resultados de degradación ruminal de MS a 48h de incubación en las dietas de 60 y 75 días (96,37 y 96,7%) fueron superiores a los obtenidos por Jarquín-Almada, *et al* (2013) en un estudio realizado sobre degradabilidad ruminal de forraje de moringa a tres edades diferentes de rebrote donde obtuvo 73,3 y 78,7%, y Gutierrez, *et al.* (2015) que obtuvo promedios de degradabilidad ruminal de MS usando moringa ensilada a las 72h fue de 71,21% siendo este inferior a los alcanzados en este trabajo. esta diferencia pudo estar influenciada por el consumo de alimento, composición química de las dietas, tamaño de partícula utilizada, pH del rumen y temperatura ruminal causada por el ecosistema

microbiano, y los tiempos de permanencia y pasaje ruminal, que son factores preponderantes para que un alimento se digiera eficazmente en el tracto gastrointestinal (Acosta-Lozano, N y Lima-Orozco, R. 2016). En la Figura 2 se muestra la cinética de degradación ruminal de la materia seca (%) de cabras criollas alimentadas con dietas integrales de moringa como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días).

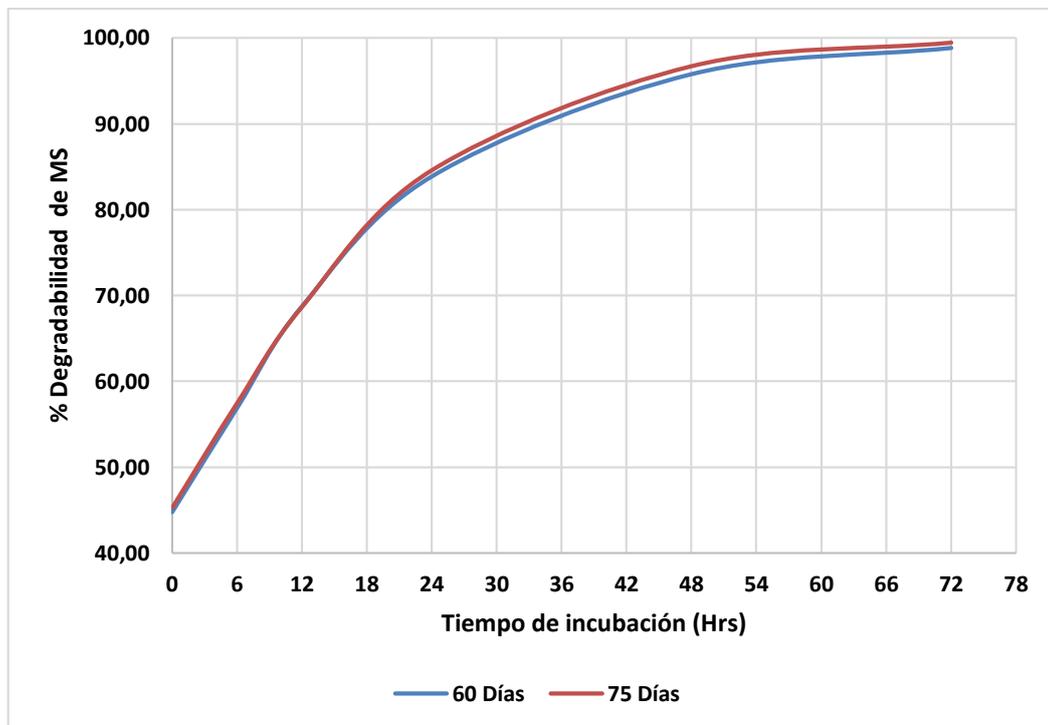


Figura 2: Cinética de degradación de la materia seca (%) en cabras criollas alimentadas con dietas integrales de moringa como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días).

La curva de la Figura 3, describe la degradación ruminal de la materia orgánica, donde a medida que pasa el tiempo aumenta la degradación, característica que demuestra la cinética con que los microorganismos ruminales consumen los alimentos. La dietas con moringa cosechada a 60 y 75 días fueron eficientes en su degradación.

3.2.- Cinética de degradación de la materia orgánica

La tabla 5 detalla los valores obtenidos en la cinética de degradación de MO (%) de las dietas integrales de 60 y 75 días cuya base forrajera es la moringa con los diferentes tiempos de incubación de 0, 6, 12, 24, 48, 72 horas.

Tabla 5: Cinética de degradación ruminal de la MO (%) en cabras criollas alimentadas con dietas integrales de moringa como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días).

Cinética de degradación de MO (%)					
T(h)	Momentos de cosecha		EE±	p-valor	CV
	T1 (60 días)	T2 (75 días)			
0	42,22 ^a	47,56 ^b	0,16	<0,05	0,63
6	52,95 ^a	59,48 ^b	0,13	<0,05	0,41
12	71,51 ^a	73,23 ^b	0,39	<0,05	0,92
24	79,18 ^a	80,15 ^b	0,35	>0,05	0,76
48	89,30 ^a	91,35 ^b	0,36	<0,05	0,69
72	96,33 ^a	96,48 ^a	0,27	>0,05	0,48

T (h): Tiempo de Incubación en horas; EE±: Error Estándar; p-valor: letras diferentes difieren estadísticamente (P<0,05). T1: Moringa a los 60 días de cosecha. T2: Moringa oleifera a los 75 días de cosecha.

Los resultados obtenidos en la cinética de la degradabilidad ruminal de la MO, fueron diferentes (p<0,05) a tiempo 0 (42,22 - 47,56%) y 6h (52,95 – 59,48%) para 60 y 75 días respectivamente; los tiempos restantes de incubación fueron iguales (p>0,05), es importante resaltar que a medida que avanza el tiempo de incubación (12, 24, 48 y 72h) el porcentaje de degradabilidad aumenta, es decir, que a mayor tiempo de incubación existe mayor degradabilidad (Acosta-Lozano, 2016). En un estudio de degradabilidad ruminal utilizando forraje de moringa a tres edades diferentes de rebrote (45, 60 y 75 días) realizado por Almada *et al.*, (2013) encontró promedios inferiores a los de esta investigación en los tiempos de incubación 6, 12, 24 y 48h. Esta diferencia pudo estar influenciada por la composición química de las dietas, tamaño de partícula utilizada, pH del rumen y los tiempos de permanencia y pasaje ruminal, que son factores preponderantes para que los microorganismos del rumen degraden la MO y sea utilizada eficientemente en el tracto gastrointestinal (Acosta-Lozano, N y Lima-Orozco, R. 2016). En un estudio sobre cinética de degradación y digestibilidad del forraje verde hidropónico de maíz (*Zea maíz*), Rosales (2015) utilizando los mismos tiempos de incubación ruminal, obtuvo promedios de degradación ruminal similares a este experimento. En la Figura 3 se muestra la cinética de degradación ruminal de la materia orgánica (%) de cabras criollas alimentadas con dietas integrales de moringa como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días).

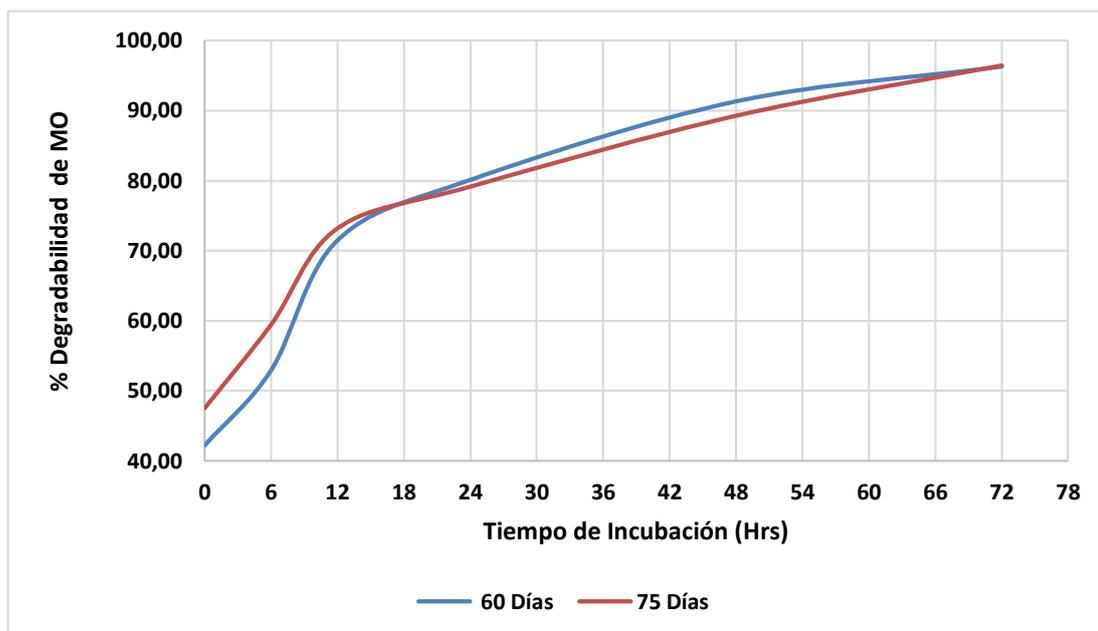


Figura 3: Cinética de degradación de la materia orgánica (%) de cabras criollas alimentadas con dietas integrales de moringa como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días).

La curva de la Figura 3, describe la degradación ruminal de la materia orgánica, donde a medida que pasa el tiempo aumenta la degradación, característica que demuestra la cinética con que los microorganismos ruminales consumen los alimentos. La dietas con moringa cosechada a 60 y 75 días fueron eficientes en su degradación.

3.3.- Cinética de degradación de la proteína cruda.

Tabla 6: Cinética de degradación de la PC (%) de cabras criollas alimentadas con dietas integrales de moringa como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días).

Cinética de degradación de PC (%)					
T(h)	Momentos de cosecha		EE±	p-valor	CV
	T1 (60 días)	T2 (75 días)			
0	85,18 ^a	86,23 ^a	0,35	>0,05	0,71
6	91,28 ^a	91,61 ^a	0,26	>0,05	0,5
12	94,41 ^a	94,87 ^a	0,39	>0,05	0,72
24	97,15 ^a	97,85 ^a	0,57	>0,05	1,02
48	99,35 ^a	99,63 ^a	0,21	>0,05	0,37
72	99,77 ^a	99,93 ^b	0,04	>0,05	0,07

T (h): Tiempo de Incubación en horas; **Momentos de cosecha:** 60 días y 75 días; **EE±:** Error Estándar; **P-valor:** letras diferentes difieren estadísticamente ($P < 0,05$). **T1:** Moringa a los 60 días de cosecha. **T2:** Moringa a los 75 días de cosecha.

Mientras mayor sea la edad del forraje menor será el porcentaje de proteína cruda, esto se demuestra con el estudio realizado por Herrera E. *et al*, (2010), quienes en su investigación efecto del tiempo de cosecha sobre el valor proteico y energético del forraje verde hidropónico de trigo lograron promedios de 80,5; 79,0 y 76% a 96h de fermentación ruminal. En la Figura 4 se muestra la cinética de degradación ruminal de la proteína cruda (%) de cabras criollas alimentadas con dietas integrales de moringa como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días).

La curva de la Figura 4, describe la degradación ruminal de la proteína cruda, donde se puede observar que la degradación ruminal es directamente proporcional al tiempo de incubación, es decir la curva es progresiva, a medida que pasa el tiempo aumenta la degradación, característica que demuestra la cinética con que los microorganismos ruminales consumen los alimentos. Esto pudo suceder probablemente debido al balance proteína-energía de las dietas que intercedieron ante la micro flora y fauna ruminal para que actúen degradando la proteína y así favoreciendo el incremento de proteína de origen microbiano para beneficio de los animales (Acosta-Lozano y Lima-Orozco, 2016).

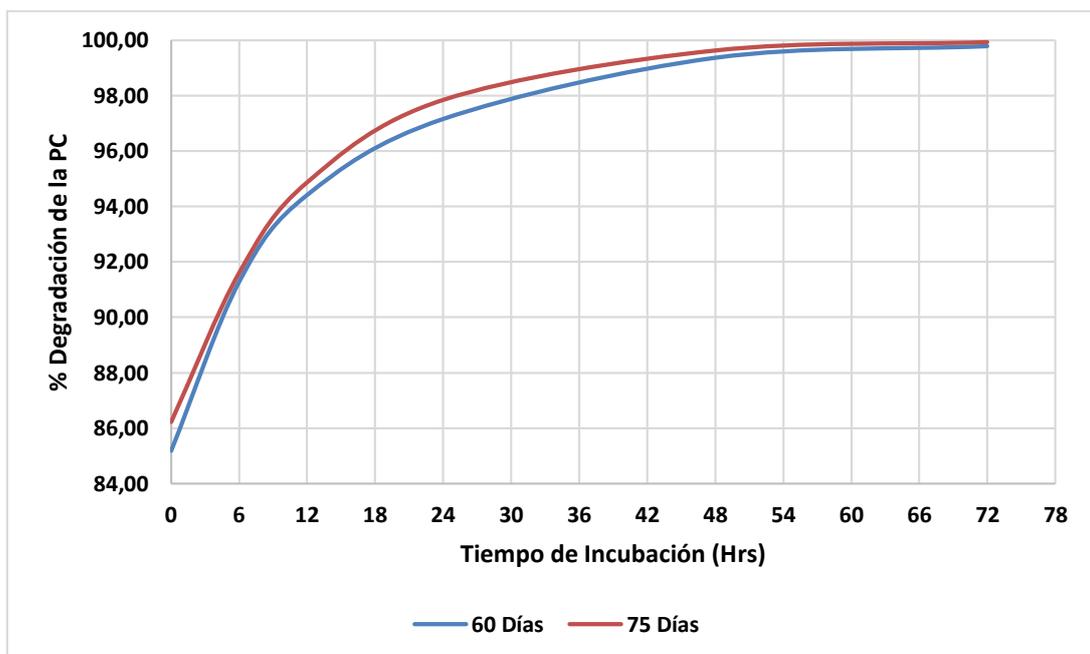


Figura 4: Cinética de degradación de la proteína cruda (%) de cabras criollas alimentadas con dietas integrales de moringa como base forrajera en dos momentos de cosecha (60 y 75 días).

3.4.- Costo del kilogramo de dietas utilizadas

El costo de las dietas se llevó a cabo a partir del precio del kilogramo (kg) de cada ingrediente, multiplicado por la cantidad de la fórmula calculada. En la Tabla 7 se presenta el costo del kilogramo de moringa calculado a partir del manejo agronómico en las condiciones ambientales de Manglaralto, mientras que el concentrado comercial y panca de maíz utilizadas como ingredientes de las dietas experimentales. En las Tablas 8 y 9 se presentan los costos de las dietas experimentales.

Tabla 7: Costo del kilogramo de ingredientes (\$)

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
Total (\$)			0.87

Tabla 8: Costo de kilogramo de dieta integral cuya base forrajera fue de moringa a los 60 días de cosecha.

	Ingredientes	Total de kg/experimento	Precio (\$)/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 9: Costo del kilogramo de dieta integral cuya base forrajera fue moringa a los 75 días de cosecha.

	Ingredientes	Total de g/experimento	Precio (\$)/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

Al evaluar la cinética de degradación de la MS y PC, estas no presentaron diferencia ($p>0,05$) en ambas dietas estudiadas a diferencia de la MO que fue diferente ($p<0,05$). Los promedios obtenidos con moringa a 75 días de rebrote lograron mejores curvas de degradación en los tiempos de incubación 0, 6, 12, 24 y 48h que las obtenidas con moringa a 60 días de rebrote, mientras que a 72h los tratamientos fueron diferentes ($p<0,05$) logrando promedios de 96,33 y 99,48% respectivamente.

Se concluye que a pesar de mantener una ligera superioridad numérica la dieta con moringa a 75 días de rebrote los análisis estadísticos permiten afirmar que la mayoría de los tiempos de incubación estudiados no tienen diferencias ($p>0,05$), por lo tanto ambas dietas fácilmente podrían ser utilizadas en alimentación de rumiantes por su alta degradabilidad ruminal. Di Marco (2011), considera dietas excelentes a aquellas que poseen degradabilidad ruminal superiores al 70%.

Los costos por kg de cada dieta fueron \$ 0.09 (60 días) y \$ 0.08 (75 días) estos valores son considerablemente bajos y garantizan una alternativa que además de económica cumple con los requerimientos nutricionales del caprino, a diferencia del costo del kilogramo de concentrado comercial (\$ 0.73), que superaría cualquier posibilidad de utilización en explotaciones campesinas.

Con los resultados obtenidos en la investigación se acepta la hipótesis planteada “Los momentos de cosecha de la moringa a los 60 y 75 días no difieren en la curva de degradación ruminal en caprinos criollos”.

Recomendaciones

- Realizar investigaciones utilizando diferentes niveles de inclusión y distintos tiempos de cosecha de moringa en combinación con otras especies forrajeras del medio.
- Utilizar alternativas de alimentación animal usando moringa y otras arbóreas en especies de rumiantes y monogástricos.
- Realizar experimentos utilizando moringa en el consumo de alimento, conversión alimenticia y ganancia de peso en diferentes especies animales.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Acosta-Lozano, N. V., 2016. *Evaluación de la biomasa hidropónica de maíz como alimento para caprinos criollos en crecimiento-ceba*, Santa Clara: UNIVERSIDAD CENTRAL MARTA ABREU DE LAS VILLAS .

Alejandro, R. y Guillermo, M., 2006. *FISIOLOGIA DIGESTIVA Y METABOLICA DE LOS RUMIANTES*, La Plata, Buenos Aires, Argentina: Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata..

Aréchiga, C. A. J. y otros, 2008. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, pp. 1-14.

Argüello, A., 2011. Tendencia en la investigación caprina. *Revista de investigación animal aplicada*, 39(4), pp. 429-434.

Boccanera , M., 2017. *Utilización de Forraje Verde Hidropónico en dietas para caprinos* , s.l.: s.n.

Borroto, G., 2015. La fisiología digestiva del rumiante.. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49(2), pp. 179-186.

Buntinx, S. & Ángeles Campos , S., 2011. Anatomía y fisiología Digestiva de la Cabra. *Cabras* , p. 5.

Campesinas, F. h. j., 2008. *Desarrollo endogeno agropecuario, Cabras..* s.l.: Nueva biblioteca de campo.

Castillo-González, A., Burrola-Barraza, M., Domínguez-Viveros, J. & Chávez-Martínez, A., 2014. Rumen microorganisms and fermentation. *Arch Med Vet.*, 46(1), pp. 349-361.

Ceballos, A., Noguera, R. R., Bolívar, D. M. & Posada, S. L., 2008. *Comparación de las técnicas in situ de los sacos de nylon e in vitro (DaisyII) para estimar la cinética de degradación de alimentos para rumiantes*, Colombia, medellin: Universidad de

Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias – Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias GRICA.

Chávez García , D. y otros, 2018. Técnicas quirúrgicas para ruminotomía con fistulación rumial en cabras. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 5(2), pp. 89-94.

Chávez-García, D. & Villacres Matías, J., 2018. Estimación de gasto energético de los caprinos en la península de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 5(1), pp. 70-76.

Chávez-García, D., Villacres Matías, J. & Ortega Maldonado, L., 2017. Caracterización de los sistemas de producción de caprinos, en la provincia de Santa Elena. *Revista científica y tecnológica UPSE*, 4(2), pp. 9-19.

Correa-Cardona, H. J., 2008. *Estimación de la degradación en el rumen mediante métodos numéricoa*, Colombia: s.n.

de la Rosa , S., 2011. *MANUAL DE PRODUCCIÓN CAPRINA*. [En línea] Available at: <https://ppryc.files.wordpress.com/2011/04/capitulo-3.pdf>

Deza, C. y otros, 2007. *Caracterización del caprino criollo del noroeste de la provincia de Córdoba*, Cusco-Perú : Sitio Argentino de Producción Animal .

Elizondo Salazar, J. A., 2008. Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. II. Proteína metabolizable. *Agronomía Mesoamericana*, 19(2), pp. 303-308.

Elizondo Salazar, J. A., 2008. Requerimientos nutricionales en cabras lecheras. III. Minerales y Vitaminas.. *Agronomía Mesoamericana*, 19(1), pp. 123-130.

Fernandes de Oleivera, D. y otros, 2009. desarrollo ponderal y características de crecimiento e carpino de la raza anglonubia creados en sistema semi-intensivos.. *Salud y producción animal*, 10(2).

Ferri , C., 2002. *Implicancias del diferimiento de la utilización de Panicum coloratum L. sobre el consumo de ovinos en pastoreo.*, Balcarce, Buenos Aires, Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar de Plata.

García , A; Acero, R; Perera, J; Tapia, M; Romero, M; D, Valerino;, 2010. Caracterización estructural del sistema ovino-caprino de las región noroeste de ña republica dominicana.. *Scielo*, 59(227).

Garcia Quinteno, I. I., 2016. *Desempeño productivo de Moringa Oleífera (Lam) y su efecto sobre la dinámica ruminal en ovinos de pelo*, Manizales : Universidad de Caldas.

Gioffredo, J. & Petryna, A., 2010. *CÁTEDRA DE PRODUCCIÓN OVINA Y CAPRINA*, Rio Cuarto-Argentina: Universidad Nacional de Rio Cuarto Facultad de Agronomía y Veterinaria. Departamento de producción animal.

González García, H. y otros, 2015. *Degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos. Efecto de la relación*, Ciudad Juárez, Chihuahua, México: Universidad Autónoma de ciudad Juárez.

Gordon , I. & Prins , H., 2008. *La ecología de la navegación y el pastoreo*, Berling: Los pastores y navegadores en un mundo cambiante.

Grovum , W. & Williams, V., 1973. Tasa de paso de la digesta en ovino 4. Paso de marcador a traves del tracto alimentario y el biológico. Relevancia de las constantes de velocidad derivadas de cambios en concentración de marcador en las heces. *Diario británico de nutrición* , 30(2), pp. 313-329.

Gutierrez , D. y otros, 2015. *Evaluación de la composición química y degradabilidad ruminal in situ de ensilaje mixto con Pennisetum purpureum cv Cuba CT-169: Moringa oleifera*, San Jose de las Lajas, La Habana,Cuba.: Instituto de Ciencias animal.

INATEC, 2016. *Manual del protagonista NUTRICION ANIMAL*, s.l.: INSTITUTO NACIONAL TECNOLÓGICO direccion general de formación profesional .

Jarquín-Almada, J. A., Rocha-Espinoza, J. D., Reyes-Sánchez, N. y Mendieta-Araica, B., 2013. Degradabilidad ruminal del follaje de Moringa oleifera a tres diferentes edades de rebrote. *La calera*, 13(21), pp. 76-81.

Juaréz Lagunes, F. I. & Montero Lagunes, M., 2018. *Manual de laboratorio de nutrición animal*, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

Martín , C. y otros, 2013. *Potenciales aplicaciones de Moringa oleifera. Una revisión crítica*. [Último acceso: 25 05 2019].

Mellado, M., Rodríguez, A., Villarreal, A. & Lopez, J., 2004. Age and body condition score and diets of grazing goats. *J. Range Manage*, 57(1), pp. 517-523.

Miñon, D., Fumagalli, A. E. y Auslender, A., 1991. Hábitos alimentarios de vacunos y caprinos en un bosque de la región caqueña semiárida. *Revista argentina de Producción Animal*, 11(3), pp. 275-283.

Mirabá Rosales, C. C., 2015. *Cinética de degradación y digestibilidad del forraje verde hidropónico de maíz (Zea maíz) en cabras criollas en Santa Elena, Ecuador*. [En línea] Available at: <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2214> [Último acceso: 15 03 2019].

Moreno M, J. y otros, 2013. Caracterización faneróptica y morfológica de la hembra ovina de pelo criollo (camura) Colombiana, en la subregión sabanas y golfo de morrosquillo departamento de sucre. *Colombiana cienc. Anim.*, 5(1), pp. 104-115,.

Orskov, E. R. & McDonald, I., 1979. La estimación de la degradabilidad de la proteína en el rumen desde la incubación. medidas ponderadas de acuerdo a la tasa de paso. *Revista de Ciencias de Agricultura* , 92(2), pp. 492-503.

Palacios, J., Echeverry, J. & Parra , J., 2009. Evaluación de la técnica de bolsa móvil de nylon para determinar la digestibilidad de proteína cruda en cerdos.. *Revista Lasallista de investigación*, 6(2), pp. 24-30.

Petruzzi, H. y otros, 2005. Determinación de materia seca por métodos indirectos: utilización del horno a microondas.. *Facultad Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa*, 88(1), pp. 8-11.

Ramírez Martínez, F., 2016. *Efecto de la Fermentación orgánica y mineral en el cultivo de la Moringa (Moringa oleifera Lam)*.. Santa Clara, s.n.

Reyes Quimi, G. E., 2015. “*Caracterización de los sistemas de producción caprina de la parroquia Manglaralto, provincia Santa Elena*.. Available at: <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2251>
[Último acceso: 25 05 2019].

Reyes Sánchez , N., 2016. Efecto de la suplementación con Moringa Oleífera sobremcel comportamineto productivo de ovinos alimentados con una dieta basal de pasto Guinea (*Panicum maxcimun jack*). *La Calera*.

Reyes Sánchez, N., Ledin , S. & Ledin , I., 2006. Biomass Production and Chemical Composition of Moringa oleifera under Different Management Regimes in Nicaragua. *Agroforestry Systems*, 66(3), p. 231.

Romero , L., 2013. *Determinación de la degradabilidad ruminal in situ del pasto maralfalfa (pennisetum sp.) En dos edades de corte en vacas lecheras. majes-2013*, Perú: s.n.

Rosero, R. & Posada, S., 2017. Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiante. *Colombiana de Ciencias Pecuarias* , Volumen 20, pp. 174-182.

Santiago, F., 2011. *Determinación de proteínas por el metodo KJELDAHL*, Abrera, Barcelona, España: J P SELECTA S.A..

Tarazona, A., Ceballos, M., Naranjo , J. & Cuartas, C., 2012. *Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes*, Medellín, Colombia.: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.

Tukey J. W. (1949) Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. *Biometrics*, 5, 99-114.

ANEXOS

Tabla 1A. Datos generales del porcentaje de la degradación ruminal de MS, MO y PC.

Cabras	T. Incubación	Dietas	D. E. MS (%)	D. E. MO (%)	D. E. PB (%)
1	0	60	44,93	41,93	84,93
2	0	60	45,07	42,27	85,27
3	0	60	45,35	42,45	85,35
1	6	60	56,84	52,84	90,84
2	6	60	57,05	52,85	91,85
3	6	60	57,15	53,15	91,15
1	12	60	68,69	70,89	93,79
2	12	60	69,26	71,66	94,56
3	12	60	69,57	71,97	94,87
1	24	60	83,78	79,78	96,78
2	24	60	84,25	80,25	97,25
3	24	60	84,61	80,41	97,41
1	48	60	95,88	90,84	98,84
2	48	60	96,43	91,43	99,43
3	48	60	96,79	91,79	99,79
1	72	60	98,91	95,91	99,71
2	72	60	99,36	96,36	99,88
3	72	60	99,73	96,73	99,73
1	0	75	45,08	47,28	85,28
2	0	75	45,23	47,53	86,53
3	0	75	45,6	47,87	86,87
1	6	75	57,18	59,18	91,18
2	6	75	57,54	59,54	91,94
3	6	75	57,71	59,71	91,71
1	12	75	68,72	72,35	94,19
2	12	75	68,59	73,59	94,69
3	12	75	68,74	73,74	95,74
1	24	75	84,28	78,28	96,28
2	24	75	84,64	79,52	98,52
3	24	75	84,84	79,74	98,74
1	48	75	96,46	88,46	99,46
2	48	75	96,77	89,57	99,57
3	48	75	96,86	89,86	99,86
1	72	75	99,03	95,93	99,93
2	72	75	99,37	96,57	99,9
3	72	75	99,93	96,93	99,96

Tabla 2A. Cinética de degradación de MS (%).

CABRAS	T. INCUBACIÓN	60 DIAS	75 DIAS
1	0	44,93	45,08
2	0	45,07	45,23
3	0	45,35	45,6
1	6	56,84	57,18
2	6	57,05	57,54
3	6	57,15	57,71
1	12	68,69	68,72
2	12	69,26	68,59
3	12	69,57	68,74
1	24	83,78	84,28
2	24	84,25	84,64
3	24	84,61	84,84
1	48	95,88	96,46
2	48	96,43	96,77
3	48	96,79	96,86
1	72	98,91	99,03
2	72	99,36	99,37
3	72	99,73	99,93

Tabla 3A. Cinética de degradación de M0 (%)

CABRAS	T. INCUBACIÓN	60 DIAS	75 DIAS
1	0	41,93	47,28
2	0	42,27	47,53
3	0	42,45	47,87
1	6	52,84	59,18
2	6	52,85	59,54
3	6	53,15	59,71
1	12	70,89	72,35
2	12	71,66	73,59
3	12	71,97	73,74
1	24	79,78	78,28
2	24	80,25	79,52
3	24	80,41	79,74
1	48	90,84	88,46
2	48	91,43	89,57
3	48	91,79	89,86
1	72	95,91	95,93
2	72	96,36	96,57
3	72	96,73	96,93

Tabla 4A. Cinética de degradación de PC (%).

CABRAS	T. INCUBACIÓN	60 DIAS	75 DIAS
1	0	84,93	85,28
2	0	85,27	86,53
3	0	85,35	86,87
1	6	90,84	91,18
2	6	91,85	91,94
3	6	91,15	91,71
1	12	93,79	94,19
2	12	94,56	94,69
3	12	94,87	95,74
1	24	96,78	96,28
2	24	97,25	98,52
3	24	97,41	98,74
1	48	98,84	99,46
2	48	99,43	99,57
3	48	99,79	99,86
1	72	99,71	99,93
2	72	99,88	99,9
3	72	99,73	99,96

Tabla 5A: Análisis de varianza de la degradación de MS (%) a las 0 horas por INFOSTAT.

D. MS (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
0.0	D. MS (%)	6	0.18	0.00	0.54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.05	1	0.05	0.89	0.3987
Dietas	0.05	1	0.05	0.89	0.3987
Error	0.23	4	0.06		
Total	0.29	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.54916

Error: 0.0587 gl: 4

Dietas Medias n E.E.

60.0 45.12 3 0.14 A

75.0 45.30 3 0.14 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 6A: Análisis de varianza de la degradación de MO (%) a las 0 horas por INFOSTAT.

D. MO (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
0.0	D. MO (%)	6	0.99	0.99	0.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	42.83	1	42.83	544.06	<0.0001
Dietas	42.83	1	42.83	544.06	<0.0001
Error	0.31	4	0.08		
Total	43.14	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.63603

Error: 0.0787 gl: 4

Dietas Medias n E.E.

60.0 42.22 3 0.16 A

75.0 47.56 3 0.16 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 7A: Análisis de varianza de la degradación de PC (%) a las 0 horas por INFOSTAT.

D. PC (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
0.0	D. PC (%)	6	0.52	0.40	0.71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.63	1	1.63	4.35	0.1054
Dietas	1.63	1	1.63	4.35	0.1054
Error	1.50	4	0.38		
Total	3.13	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.38894

Error: 0.3754 gl: 4

Dietas	Medias	n	E.E.
60.0	85.18	3	0.35 A
75.0	86.23	3	0.35 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 8A: Análisis de varianza de la degradación de MS (%) a las 6 horas por INFOSTAT.

D. MS (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6.0	D. MS (%)	6	0.62	0.53	0.39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.32	1	0.32	6.55	0.0626
Dietas	0.32	1	0.32	6.55	0.0626
Error	0.20	4	0.05		
Total	0.52	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.50250

Error: 0.0491 gl: 4

Dietas	Medias	n	E.E.
60.0	57.01	3	0.13 A
75.0	57.48	3	0.13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 9A: Análisis de varianza de la degradación de MO (%) a las 6 horas por INFOSTAT.

D. MO (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6.0	D. MO (%)	6	1.00	1.00	0.41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	63.96	1	63.96	1226.88	<0.0001
Dietas	63.96	1	63.96	1226.88	<0.0001
Error	0.21	4	0.05		
Total	64.17	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.51761

Error: 0.0521 gl: 4

Dietas	Medias	n	E.E.	
60.0	52.95	3	0.13	A
75.0	59.48	3	0.13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 10A: Análisis de varianza de la degradación de PC (%) a las 6 horas por INFOSTAT.

D. PC (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
6.0	D. PC (%)	6	0.16	0.00	0.50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.16	1	0.16	0.78	0.4274
Dietas	0.16	1	0.16	0.78	0.4274
Error	0.84	4	0.21		
Total	1.00	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.03836

Error: 0.2098 gl: 4

Dietas	Medias	n	E.E.	
60.0	91.28	3	0.26	A
75.0	91.61	3	0.26	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 11A: Análisis de varianza de la degradación de MS (%) a las 12 horas por INFOSTAT.

D. MS (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
12.0	D. MS (%)	6	0.47	0.33	0.47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.36	1	0.36	3.50	0.1347
Dietas	0.36	1	0.36	3.50	0.1347
Error	0.41	4	0.10		
Total	0.77	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.72732

Error: 0.1029 gl: 4

Dietas Medias n E.E.

75.0 68.68 3 0.19 A

60.0 69.17 3 0.19 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 12A: Análisis de varianza de la degradación de MO (%) a las 12 horas por INFOSTAT.

D. MO (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
12.0	D. MO (%)	6	0.71	0.64	0.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.44	1	4.44	9.96	0.0343
Dietas	4.44	1	4.44	9.96	0.0343
Error	1.78	4	0.45		
Total	6.22	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.51333

Error: 0.4456 gl: 4

Dietas Medias n E.E.

60.0 71.51 3 0.39 A

75.0 73.23 3 0.39 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 13A: Análisis de varianza de la degradación de PC (%) a las 12 horas por INFOSTAT.

D. PC (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
12.0	D. PC (%)	6	0.15	0.00	0.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.33	1	0.33	0.70	0.4502
Dietas	0.33	1	0.33	0.70	0.4502
Error	1.87	4	0.47		
Total	2.20	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.55007

Error: 0.4675 gl: 4

Dietas	Medias	n	E.E.
60.0	94.41	3	0.39 A
75.0	94.87	3	0.39 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 14A: Análisis de varianza de la degradación de MS (%) a las 24 horas por INFOSTAT.

D. MS (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24.0	D. MS (%)	6	0.29	0.11	0.42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.21	1	0.21	1.65	0.2686
Dietas	0.21	1	0.21	1.65	0.2686
Error	0.51	4	0.13		
Total	0.72	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.80751

Error: 0.1269 gl: 4

Dietas	Medias	n	E.E.
60.0	84.21	3	0.21 A
75.0	84.59	3	0.21 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 15A: Análisis de varianza de la degradación de MO (%) a las 24 horas por INFOSTAT.

D. MO (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24.0	D. MO (%)	6	0.49	0.36	0.76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.40	1	1.40	3.86	0.1210
Dietas	1.40	1	1.40	3.86	0.1210
Error	1.45	4	0.36		
Total	2.86	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.36662

Error: 0.3634 gl: 4

Dietas	Medias	n	E.E.
75.0	79.18	3	0.35 A
60.0	80.15	3	0.35 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 16A: Análisis de varianza de la degradación de PC (%) a las 24 horas por INFOSTAT.

D. PC (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24.0	D. PC (%)	6	0.16	0.00	1.02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.73	1	0.73	0.75	0.4353
Dietas	0.73	1	0.73	0.75	0.4353
Error	3.92	4	0.98		
Total	4.66	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.24428

Error: 0.9801 gl: 4

Dietas	Medias	n	E.E.
60.0	97.15	3	0.57 A
75.0	97.85	3	0.57 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 17A: Análisis de varianza de la degradación de MS (%) a las 48 horas por INFOSTAT.

D. MS (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
48.0	D. MS (%)	6	0.24	0.05	0.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.16	1	0.16	1.29	0.3202
Dietas	0.16	1	0.16	1.29	0.3202
Error	0.51	4	0.13		
Total	0.67	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.80799

Error: 0.1270 gl: 4

Dietas	Medias	n	E.E.
60.0	96.37	3	0.21 A
75.0	96.70	3	0.21 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 18A: Análisis de varianza de la degradación de MO (%) a las 48 horas por INFOSTAT.

D. MO (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
48.0	D. MO (%)	6	0.80	0.75	0.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.34	1	6.34	16.35	0.0156
Dietas	6.34	1	6.34	16.35	0.0156
Error	1.55	4	0.39		
Total	7.90	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.41215

Error: 0.3880 gl: 4

Dietas	Medias	n	E.E.
75.0	89.30	3	0.36 A
60.0	91.35	3	0.36 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 19A: Análisis de varianza de la degradación de PC (%) a las 48 horas por INFOSTAT.

D. PC (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
48.0	D. PC (%)	6	0.17	0.00	0.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.11	1	0.11	0.84	0.4108
Dietas	0.11	1	0.11	0.84	0.4108
Error	0.55	4	0.14		
Total	0.66	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.83714

Error: 0.1364 gl: 4

Dietas	Medias	n	E.E.
60.0	99.35	3	0.21 A
75.0	99.63	3	0.21 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 20A: Análisis de varianza de la degradación de MS (%) a las 72 horas por INFOSTAT.

D. MS (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
72.0	D. MS (%)	6	0.02	0.00	0.44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.02	1	0.02	0.10	0.7713
Dietas	0.02	1	0.02	0.10	0.7713
Error	0.75	4	0.19		
Total	0.77	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.98184

Error: 0.1876 gl: 4

Dietas	Medias	n	E.E.
60.0	99.33	3	0.25 A
75.0	99.44	3	0.25 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 21A: Análisis de varianza de la degradación de MO (%) a las 72 horas por INFOSTAT.

D. MO (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
72.0	D. MO (%)	6	0.03	0.00	0.48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	1	0.03	0.14	0.7228
Dietas	0.03	1	0.03	0.14	0.7228
Error	0.85	4	0.21		
Total	0.88	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.04523

Error: 0.2126 gl: 4

Dietas	Medias	n	E.E.
60.0	96.33	3	0.27 A
75.0	96.48	3	0.27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Tabla 22A: Análisis de varianza de la degradación de PC (%) a las 72 horas por INFOSTAT.

D. PC (%)

Tiempo de incubación	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
72.0	D. PC (%)	6	0.66	0.57	0.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.04	1	0.04	7.72	0.0499
Dietas	0.04	1	0.04	7.72	0.0499
Error	0.02	4	4.8E-03		
Total	0.06	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.15651

Error: 0.0048 gl: 4

Dietas	Medias	n	E.E.
60.0	99.77	3	0.04 A
75.0	99.93	3	0.04 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)



Figura 1A. Corte de moringa a 60 y 75 días.



Figura 2A. Toma de muestra de hojas de moringa.



Figura 3A. Secado de la moringa.



Figura 4A. Adaptación de los caprinos a las condiciones ambientales de Manglaralto.



Figura 5A. Jaula metabólica artesanal para caprinos.



Figura 6A. Corte del pelaje en el lugar a ubicar la fistula.



Figura 7A. Colocación de ketamina en la zona del ijar.



Figura 8A. Limpieza de la zona de rumen para colocar la fistula.



Figura 9A. Colocación de la fistula desplegándose en el interior del rumen.



Figura 10A. Despliegue del rumen, fijación de sutura de jareta.



Figura 11A. Caprino adaptándose después de la operación.



Figura 12A. Caprino en recuperación para el comienzo de las dietas integrales.



Figura 13A. Explicación de las dietas a suministrar en caprinos.



Figura 14A. Secado de las dietas en la estufa.



Figura 15A. Dietas integradas clasificadas para ser llevadas al laboratorio.



Figura 16A. Preparación de las bolsas divididas en tiempo de incubación.



Figura 17A. Colocación de las bolsas de 72 h en el interior del rumen.



Figura 18A. Clasificación de las bolsas en dietas integrales y tiempo de incubación.



Figura 19A. Dieta 1 antes de ser colocadas en el rumen.

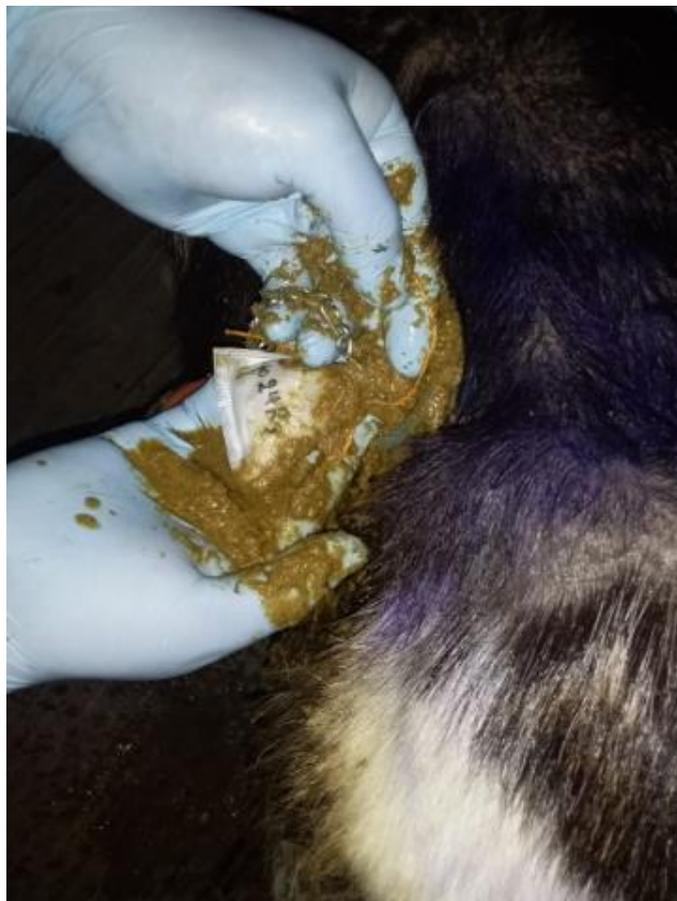


Figura 20A. Colocación de bolsa de forma descendente en relación a los tiempos de incubación.



Figura 21A. Retiro de las bolsas después de tres días.



Figura 22A. Lavado de las bolsas.



Figura 23A. Colocación de las bolsas del tiempo 0h en baño de María.



Figura 24A. Obtención de agua cristalina después del lavado de las bolsas.



Figura 25A. Bolsas de nylon en la estufa a 65°C.



Figura 26A. Retiro de las bolsas del nylon de la estufa.