UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA ZOOTECNIA

Unidad de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniera Zootecnista

Título de la unidad de integración curricular:

DEGRADABILIDAD RUMINAL *IN VITRO* DE HOJAS Y TALLO DE *Moringa oleífera* A DIFERENTES EDADES DE CORTE

Autor:

Johanna Ivonne Reyes Chiriguay

Director del proyecto de investigación:

Ing. Juan H. Avellaneda Cevallos; PhD.

Quevedo – Los Ríos- Ecuador

2022

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, **Reyes Chiriguay Johanna Ivonne,** declaro que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo; puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

_____

Reyes Chiriguay Johanna Ivonne

Autor

Certificación de culminación de la Unidad de Integración Curricular

El suscrito, Ing. Juan H. Avellaneda Cevallos, PhD, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifico que la estudiante Reyes Chiriguay Johanna Ivonne realizó la Unidad de Integración Curricular "**DEGRADABILIDAD RUMINAL IN VITRO DE HOJAS Y TALLO DE *Moringa oleífera* A DIFERENTES EDADES DE CORTE",** Previo a la obtención del título de Ingeniera Zootecnista bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

_____

Ing. Juan H. Avellaneda Cevallos, PhD
Director de la Unidad de Integración Curricular

Certificado del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico

La suscrita, Ing. Juan H. Avellaneda Cevallos, PhD, Docente de la Unidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Reyes Chiriguay Johanna Ivonne realizo la Unidad de integración curricular, "**DEGRADABILIDAD RUMINAL IN VITRO DE HOJAS Y TALLO DE *Moringa oleífera* A DIFERENTES EDADES DE CORTE".** Previo a la obtención del título de Ingeniera Zootecnista, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA ZOOTECNIA

UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Título

DEGRADABILIDAD RUMINAL IN VITRO DE HOJAS Y TALLO DE *Moringa oleífera* A DIFERENTES EDADES DE CORTE

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Zootecnista

Aprobado por:

_____
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Dr. Gary Meza

_____
MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Dr. Carlos Meza

_____
MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Dr. Ronald Cabezas

Quevedo -Los Ríos-Ecuador

2022

Agradecimiento

Agradezco a Dios permitirme terminar una de mis metas al culminar mi carrera, lo cual no fue sencillo de lograr, cada nuevo nivel vino con sus respectivos conflictos que pudieron resolverse de manera que hoy por hoy puedo decir que cumplí una de las tantas metas profesionales que me he propuesto. Y a mi amada familia por su paciencia y palabras de aliento cada vez que quería abandonar mis estudios.

Aprovecho también para agradecer a mi tutor el Dr. Juan Avellaneda, por guiarme en el desarrollo de mi proyecto de investigación y compartiéndome todos sus conocimientos profesionales.

Dedicatoria

El éxito solo se alcanza cuando nos rodeamos de personas que quieren lo mejor para nosotros, y, por ello este trabajo investigativo se lo dedico a mis amados padres Martha Chiriguay Robles y Javier Ezequiel Reyes, por demostrarme que cada esfuerzo obtiene su recompensa, a mis queridas hermanas por ser mi columna de apoyo en los momentos en los que he necesitado una voz guía, mi esposo por apoyarme en todas las formas posibles en el trayecto de mi carrera.

Resumen ejecutivo

El cultivo de *Moringa oleífera* muestra rendimientos positivos ante la variabilidad climática en la región tropical. La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional, finca experimental "La María", y tuvo como objetivo evaluar la degradabilidad ruminal *in vitro* de hojas y tallo de *Moringa oleífera* a diferentes edades de cortes. Se aplicó un diseño completamente al azar DCA con 4 edades de corte 40, 55, 70 y 85 días de cosecha como tratamientos y 4 repeticiones. Utilizando intervalos de incubación de 6, 12, 24, 48, 72, y 96 horas; para establecer las diferencias entre las medidas de los tratamientos se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0,05$). Como resultados en la composición química de las hojas el contenido de MS a los 40 días con 20,61 % y 85 días con 30,39 % presentándose con una tendencia lineal positiva, es decir incrementó con la edad de cosecha, sin embargo, el contenido de MO, MI, FDN y FDA no presentaron este comportamiento, más bien, fue errático y no se demuestra una tendencia con el incremento de la edad de cosecha. Sin embargo, en la composición química de los tallos las edades de 40, 55 y 70 días de cosecha presentan similitud estadística en sus promedios en cuanto al contenido de MI y Proteína, lo cual no ocurre para el contenido de FDN y FDA, estas aumentaron en función a la edad de cosecha. Los mayores resultados de digestibilidad *in vitro* de las hojas a las 48, 72 y 96 horas los presentan los 85 días de corte con los valores de 66,39 %; 68,20 % y 68,63 % respectivamente. Los tallos por su parte mostraron que la mayor digestibilidad de la MS se da en las 48, 72 y 96 horas en las edades de 40, 55 y 70 días de cosecha.

Palabras clave: Digestibilidad, *In vitro*, Metabolismo, Proteína, Materia Seca

Abstract

The cultivation of Moringa oleifera shows positive yields in the face of climate variability in the tropical region. The present research was carried out in the Laboratory of Rumiology and Nutritional Metabolism, experimental farm "La María", and aimed to evaluate the rumen degradability in vitro of leaves and stem of Moringa oleifera at different ages of cuts. A completely random DCA design was applied with 4 cutting ages 40, 55, 70 and 85 harvest days as treatments and 4 repetitions. Using incubation intervals of 6, 12, 24, 48, 72, and 96 hours; to establish the differences between the measures of the treatments, the Tukey multiple range test ($P \leq 0.05$) was applied. As a result in the chemical composition of the leaves, the MS content at 40 days with 20.61% and 85 days with 30.39% presenting a positive linear trend, that is, it increased with the harvest age, however, the content of MO, MI, FDN and FDA did not present this behavior, rather, it was erratic and a trend with the increase in the harvest age is not demonstrated. However, in the chemical composition of the stems the ages of 40, 55 and 70 days of harvest present statistical similarity in their averages in terms of MI and Protein content, which does not happen for the FDN and FDA content, these increased depending on the harvest age. The highest results of in vitro digestibility of the leaves at 48, 72 and 96 hours are presented by the 85 days of cutting with the values of 66,39 %: 68,20% and 68.63% respectively. The stems on the other hand showed that the greatest digestibility of MS occurs in the 48, 72 and 96 hours in the ages of 40, 55 and 70 days of harvest.

Keyword: digestibility, in vitro, metabolism, protein, dry matter

Tabla de contenido

Contenido **pág.**

Declaración de autoría y cesión de derechos..... ii

Certificación de culminación de la unidad de integración curricular iii

Certificado del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico..... iv

Agradecimiento..... vi

Dedicatoria vii

Resumen ejecutivo..... viii

Abstract ix

Tabla de contenido.....x

Índice de tablas xii

Código Dublin xiv

Introducción.....15

CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 15

1.1 Problema de la investigación.....18

1.1.1 Planteamiento del problema.....18

1.2. Objetivos.....19

1.2.1. Objetivo general.....19

1.2.2 Objetivos específicos.....19

1.3. Justificación. 20

CAPÍTULO II:FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....21

2.1 Marco conceptual.....22

2.2. Marco referencial. 24

2.2.1. Origen 24

2.2.2. Taxonomía 24
2.2.3. Características agronómicas. 24
2.2.4. Características arbustivas. 25
2.2.5. Características ecológicas. 25
2.2.6. Valor nutricional. 25
2.2.7. Composición química. 26
2.2.8. Producción animal. 27
2.2.9. Moringa olifera en la alimentación animal. 27
2.2.10. Ventajas de una dieta con moringa olifera en bovinos 28
2.2.12. Producción de forraje. 28
2.2.13. Fisiología digestiva de los rumiantes. 29
2.2.14. La digestión del forraje. 29
2.2.15. La digestión en los rumiantes. 29
2.2.16. La rumia 30
2.2.16.1. La digestión fermentativa 30
2.2.17. Degradabilidad *in vitro*. 30
2.2.17.1. Alcances de los métodos de digestibilidad in vitro de producción de gases. 31

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 32
3.1. Localización. 33
3.2. Tipos de investigación. 33
3.3 Método de la investigación. 33
3.4. Fuente de recopilación de información 34
3.5. Diseño experimental 34
3.6. Instrumento de la investigación 35
3.6.1 Metodología 36
3.6.2 Metodología para la recolección y preparación de las muestras 36

3.6.3 Metodología para la medición de degradabilidad 36
3.6.4 Metodología para los análisis de la degradabilidad *in vitro* de la MS 37
3.6.5 Metodología para los análisis de FDN (fibra detergente neutra) y FDA (fibra detergente acida) 41
3.7. Tratamiento de los datos.....41
3.8. Recursos humanos y materiales. 42

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 43
4.1. Resultados.....44

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 49
5.1. Conclusiones. 50
5.2. Recomendaciones.....51

CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA 52
6.1. Bibliografía 53

CAPITULO VII: ANEXOS 58

Índice de tablas

Tabla 1. Taxonomía de la moringa oleífera 24
Tabla 2. Valores nutricionales de la moringa olifera 26
Tabla 3. Composición química de la moringa olifera.....26
Tabla 4. Características meteorológicas del cantón Mocache 33

Tabla 5. Descripción de los tratamientos para valorar la degradabilidad ruminal (*in vitro*) de las hojas y tallos de Moringa oleífera, durante la época seca, cosechado a diferentes edades. 34

Tabla 6. Esquema del análisis de varianza 35

Tabla 7. Descripción de los tratamientos para la degradabilidad (*in vitro*) de las hojas y tallos de Moringa oleífera, cosechada a diferentes edades en época la seca. 42

Tabla 8. Efecto de la edad de cosecha sobre la composición química de *Moringa oleífera* hojas 44

Tabla 9: Efecto de la edad de cosecha sobre la composición química de *Moringa oleífera* tallo 45

Tabla 10: Efecto de la edad de cosecha sobre digestibilidad ruminal in vitro (%) de la materia seca (MS) de las hojas de la Moringa oleífera 46

Tabla 11:Efecto de la edad de cosecha sobre digestibilidad ruminal in vitro (%) de la materia seca (MS) de los tallos de la Moringa oleífera 47

Código Dublin

Título:	DEGRADABILIDAD RUMINAL *IN VITRO* DE HOJAS Y TALLO DE *Moringa oleífera* A DIFERENTES EDADES DE CORTE				
Autor:	**Johanna Ivonne Reyes Chiriguay**				
Palabras clave:	Digestibilidad	*In vitro*	Metabolismo	Proteína	Materia Seca
Fecha de publicación					
Editorial:	Universidad Técnica Estatal de Quevedo				
Resumen:	El cultivo de *Moringa oleífera* muestra rendimientos positivos ante la variabilidad climática en la región tropical. La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional, finca experimental "La María", y tuvo como objetivo evaluar la degradabilidad ruminal *in vitro* de hojas y tallo de *Moringa oleífera* a diferentes edades de cortes. Se aplicó un diseño completamente al azar DCA con 4 edades de corte 40, 55, 70 y 85 días de cosecha como tratamientos y 4 repeticiones. Utilizando intervalos de incubación de 6, 12, 24, 48, 72, y 96 horas; para establecer las diferencias entre las medidas de los tratamientos se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey (P≤0,05). Como resultados en la composición química de las hojas el contenido de MS a los 40 días con 20,61 % y 85 días con 30,39 % presentándose con una tendencia lineal positiva, es decir incrementó con la edad de cosecha, sin embargo, el contenido de MO, MI, FDN y FDA no presentaron este comportamiento, más bien, fue errático y no se demuestra una tendencia con el incremento de la edad de cosecha. Sin embargo, en la composición química de los tallos las edades de 40, 55 y 70 días de cosecha presentan similitud estadística en sus promedios en cuanto al contenido de MI y Proteína, lo cual no ocurre para el contenido de FDN y FDA, estas aumentaron en función a la edad de cosecha. Los mayores resultados de digestibilidad *in vitro* de las hojas a las 48, 72 y 96 horas los presentan los 85 días de corte con los valores de 66,39 %; 68,20 % y 68,63 % respectivamente. Los tallos por su parte mostraron que la mayor digestibilidad de la MS se da en las 48, 72 y 96 horas en las edades de 40, 55 y 70 días de cosecha. **Abstract** : The cultivation of Moringa oleifera shows positive yields in the face of climate variability in the tropical region. The present research was carried out in the Laboratory of Rumiology and Nutritional Metabolism, experimental farm "La María", and aimed to evaluate the rumen degradability in vitro of leaves and stem of Moringa oleifera at different ages of cuts. A completely random DCA design was applied with 4 cutting ages 40, 55, 70 and 85 harvest days as treatments and 4 repetitions. Using incubation intervals of 6, 12, 24, 48, 72, and 96 hours; to establish the differences between the measures of the treatments, the Tukey multiple range test (P≤0.05) was applied. As a result in the chemical composition of the leaves, the MS content at 40 days with 20.61% and 85 days with 30.39% presenting a positive linear trend, that is, it increased with the harvest age, however, the content of MO, MI, FDN and FDA did not present this behavior, rather, it was erratic and a trend with the increase in the harvest age is not demonstrated. However, in the chemical composition of the stems the ages of 40, 55 and 70 days of harvest present statistical similarity in their averages in terms of MI and Protein content, which does not happen for the FDN and FDA content, these increased depending on the harvest age. The highest results of in vitro digestibility of the leaves at 48, 72 and 96 hours are presented by the 85 days of cutting with the values of 66.39 %; 68.20% and 68.63% respectively. The stems on the other hand showed that the greatest digestibility of MS occurs in the 48, 72 and 96 hours in the ages of 40, 55 and 70 days of harvest.				
Descripción	61 hojas: dimensiones, 29x21 cm + **CD - ROM**				
URI:					

Introducción

Moringa oleífera es un árbol que se origina del sur de Himalaya, nordeste de la India, esta especie se la conoce con el nombre común *Marango* perteneciente a la familia *moringaceae* y su nombre científico es *Moringa oleífera* más conocida del género *Moringa*, se encuentra disperso en gran parte del planeta y de América Central este arbusto fue manejado en los años 1920 como planta ornamental y para cercas vivas (1).

En Ecuador de acuerdo con la FAO es el país que poco a poco ha generado iniciativas privadas para el cultivo de *M. olifera,* ya que se ha comprobado que el suelo ecuatoriano es muy favorable para la producción de moringa, esta planta se adapta fácilmente a suelos tropicales según las estadísticas realizadas Ecuador cuenta con alrededor de 400 ha de cultivo en ciertas provincias del Ecuador como Santa Elena, Portoviejo y Salitre estos cultivos son empleados para forrajes en ganaderías del sector (2).

Según un estudio realizado el árbol de *M. olifera* tanto en sus raíces, tallos, hojas, y fruto en los que se resalta su valor nutritivo. Son beneficiosos y pueden ser usados tanto en la alimentación humana como en el animal (3). Esta especie tiene un elevado crecimiento de 10 a 12 metros de altura y 20 a 40 centímetros de diámetros con una madurez de 12 años y se adapta a un extenso rango de suelo (4).

Los árboles y arbustos forrajeros son sumamente importantes para la alimentación de rumiantes durante época seca, estos árboles en época de sequía siguen siendo forrajes manteniendo su color verde y alto nivel de proteína cruda, actualmente se cultivan como silvopastoril, sus hojas y tallos son utilizados como complemento proteico y energético para la alimentación animal (5).

La producción agropecuaria en las regiones tropicales presenta problemas por el límite de producción ganadera por la escasez de alimentos en época de sequía. La progresiva demanda de biomasa forestal ha causado el cultivo de plantaciones forestales de corta rotación obteniendo una mejor rentabilidad de los productores y mayor sustentabilidad de la actividad por su bajo costo de producción (6).

El objetivo de esta investigación es, determinar la degradabilidad de la *Moringa olifera* a diferentes edades de corte en el cual nos va a permitir establecer el mejor estado de madurez para su utilización como forraje

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Problema de la investigación

1.1.1 Planteamiento del problema.

La alimentación es uno de los aspectos que impide el desarrollo de las fincas ganaderas en las zonas secas del Ecuador. Es por ello por lo que para la época crítica y / o de escasez de alimento es importante conocer los recursos con los que se dispone, los materiales de pastos y forrajes que se pueden introducir de acuerdo con las condiciones existentes y el valor nutritivo, la *M. olifera* es un arbusto que ha sido ampliamente estudiada en el área de alimentación.

Las cualidades nutritivas de las hojas de moringa están entre las mejores de los vegetales perennes, pues presenta 27% de proteína cruda y cantidades importantes de calcio, hierro, fósforo, y vitamina A y C. Se sabe que durante el período seco se reduce la proporción de hojas y aumenta la de tallos y material muerto, de tal forma que el aumento del periodo de descanso no sólo impacta el contenido proteico, sino que también aumenta la fibra detergente ácida (FDA), fracción que contiene celulosa y lignina cuando la cantidad de fibra aumenta, la capacidad de consumo, la digestibilidad de la MS y la concentración de energía disminuyen afectando también con ello el consumo de nutrientes y de energía que necesita el animal.

Diagnóstico.

Los productores ganaderos generalmente han manifestado todos los inconvenientes que surgen en cuanto a la alimentación del ganado se refiere en la época seca del año, es por ello por lo que está investigación se la realiza con el fin de determinar la degradabilidad de *Moringa oleífera* para una buena alimentación y nutrición del ganado bovino en época seca.

La *Moringa oleífera* es un arbusto utilizado para la alimentación animal por su bajo costo de producción para el ganado bovino, sin embargo, se desconoce la dinámica ruminal de este arbusto por el cual debe de ser estudiado para poder tener un conocimiento y determinar la calidad de la dieta para la alimentación animal en época seca.

La factibilidad de esta especie en sistemas productivos sostenibles es planteada desde el carácter multifuncional que resulta de la utilidad de todas las partes de la planta, siendo comestible tanto para humanos como para animales, y usos industriales; surgiendo así, una

gran cantidad de estudios tanto relacionados al manejo agronómico, como al aprovechamiento postcosecha

Pronóstico.

La productividad se demuestra hacia la intensificación del sistema, haciéndolo notable como potencial de sostenibilidad; por ende, el cultivo de Moringa en Ecuador muestra rendimientos positivos ante la variabilidad climática en la región tropical, es así como durante la época seca esta especie arbustiva como sistema de producción, proporciona mayor cantidad de forraje fresco en biomasa verde y seco. La calidad del forraje y rendimiento, se da por la combinación con factores productivos y llevan a cabo transformaciones, estos dependen de la etapa fenológica al momento del corte, composición botánica de la población cultivada, fertilidad del suelo, clima y manejo agronómico del cultivo, por otro lado , cuando se desconoce la dinámica ruminal de las dietas suministradas se generan problemas económicos a futuro en la ganadería ya que se ignora la cantidad aprovechada por el animal para su respectivos parámetros corporales y reproductivos, no se podría calcular dietas en el que se podría presentar problemas de baja reproducción, calidad nutricional y salud para el ganado. Con investigaciones como está se busca aprovechar el cultivo de Moringa oleífera en época seca, valorando su producción, así como calidad del forraje y ofrecer al sector ganadero una alternativa de producción para optimizar costos en la producción

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Evaluar la degradabilidad ruminal *in vitro* de hojas y tallo de *Moringa oleífera* a diferentes edades de cortes.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Determinar la composición química de hojas y tallos de *Moringa oleífera* en cuatro edades de corte cosechada durante la época seca.

- Evaluar la degradabilidad ruminal *in vitro* de la materia seca de hojas y tallos de *Moringa oleífera* en cuatro edades de corte cosechada durante la época seca.

1.3. Justificación.

Actualmente para alimentar al ganado bovino los productores pecuarios buscan mejores alternativas forrajeras como arbustos y árboles debido a la falta de forraje y pérdidas económicas en el sector pecuario. La moringa *oleífera* tiene alta calidad nutricional en toda su estructura de la planta ya sea en las hojas y tallo de las cuales presenta una alta producción de biomasa como forraje, en el cual es aprovechado por el animal, Esto convierte a la *M. olifera* en un recurso sumamente importante para el establecimiento de comunidades sostenibles en época seca.

La *M. olifera* se prioriza como un recurso de primer orden con bajo costo de producción para la alimentación animal, en las que se puede suministrar en forma de hojas, brotes y semillas; diversos análisis del valor nutricional y usos alimenticios indican valores que muestran un alto aporte de nutrientes, especialmente proteína (20.5%), grasa (27.2%), carbohidratos, energía (207 kcal), minerales y vitaminas, macro y micronutrientes que la caracterizan como una fuente alimentaria con palatabilidad excelente, las hojas y tallos son ávidamente consumidas por animales como rumiantes.

Esta investigación se basó en el estudio de la *M. olifera* de hojas y tallo para la alimentación de ganado bovino en la época seca tiene lugar entre junio y noviembre, el objetivo de este trabajo es, determinar la degradabilidad *in vitro* para conocer la edad y madurez óptima del forraje en función de la degradación efectiva en un intervalo de tiempo de 6,12,24,48,72 horas, se realizará un estudio de digestibilidad *in vitro* en un tiempo de 48 horas y edad de corte, (40,55,70,85 días). Para obtener un conocimiento de, a qué edad de corte el animal va a aprovechar mejor los nutrientes de este arbusto, con implicancia directa en mejorar las ganancias económicas para el sector pecuario.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Marco conceptual

Digestibilidad. - Es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento es decir la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición animal (7).

Degradación ruminal. - Es la degradación ruminal del indicador evaluado en el tiempo "t" de permanencia en el rumen (%) (8).

In vitro. - Es una técnica que se la genera fuera del organismo, dentro de un tubo de ensayo, en medio de cultivos o en cualquier otro ambiente artificial (7)

Arbustos forrajeros. - Los árboles forrajeros se desarrollan de manera natural en los cultivos, y potreros estos arbustos son utilizados para en ganaderías para obtener sombra y son usados como forraje para alimentación del ganado bovino (9)

Nutrición. - Es el proceso que permite nuestro organismo utilice los nutrientes que contiene los alimentos para realizar sus respectivas funciones (10)

Abono verde: Se llama así a las plantas que se cortan y entierran en el mismo sitio de cultivo, para aportar nutrientes y optimizar las condiciones físicas del suelo, manteniendo o aumentando el contenido de humus (11).

Cerca viva: Son árboles y/o arbustos sembrados de forma continua para dar soporte al alambre de púas o liso, delimitando una propiedad o marcando los linderos entre predios (12)

Energía metabolizable: Representa la energía digestible menos la energía que se pierde por la orina y, en el caso de los rumiantes, por los gases de digestión (metano en particular) que se producen en el rumen y en el intestino grueso (10).

Fermentación ruminal: Es un proceso metabólico realizado por microorganismos ruminales (13).

Fibra detergente ácida: Es un material que no se deja disolver ni diluir en una mezcla detergente ácida, conformada por lignina, celulosa y otros elementos en menor proporción como minerales y/o nitrógeno. La fibra detergente neutra y fibra detergente ácida difieren en el contenido de hemicelulosa (4).

Fibra detergente neutra: Es un Material que no se deja disolver, ni diluir en una mezcla detergente neutra, conformada por lignina, celulosa, hemicelulosa y otros elementos en menor proporción como residuos de cenizas, almidón y nitrógeno (4).

Forraje: Alimentos herbáceos o arbustivos que son utilizables para pastoreo o pueden ser cosechados y/o conservados para la alimentación animal. Partes comestibles de plantas, con la exclusión de los granos cosechados, que pueden proveer alimento para los animales en pastoreo o que pueden ser cosechadas para ser utilizados en la alimentación (9).

Materia seca: Residuo luego de la remoción de la humedad del forraje, por secado hasta peso constante, en su defecto durante 24 horas, a una temperatura mayor al punto de ebullición para el agua (13)

Palatabilidad: El término palatabilidad tiene distintas acepciones. Para algunos autores, un alimento palatable es aquel placentero a los sentidos del gusto, olfato y tacto. Para otros, la palatabilidad comprende todas aquellas características de una planta que pueden modificar su aceptabilidad por parte de los herbívoros. En estas interpretaciones, el término palatabilidad fue considerado como una característica independiente de las consecuencias postingestivas causadas por una comida en el tracto gastrointestinal (14).

Rumiante: Mamíferos herbívoros que tienen un estómago complejo, compuesto de cuatro cavidades digestivas (rumen, redecilla, omaso, abomaso) y realizan rumia (13).

Silvopastoreo: Es la integración en los sistemas de producción con rumiantes de árboles (maderables, forrajeros o nativos), forrajes (gramíneas o leguminosas) y animales, donde ocurre una simbiosis entre animales y flora con mínimo impacto ambiental (9).

2.2. Marco referencial.

2.2.1. Origen

Moringa *oleífera* es un arbusto originario del norte de la india que actualmente se encuentra en todo el trópico, en algunos lugares se lo conoce como "palo de tambor" debido a las formas de su vaina que son uno de los principales alimenticios utilizadas en la India y África este arbusto se lo conoce con otros nombres comunes como palo jeringa, ben acacia y Jazmín francés es un árbol de 9 cm de altura las hojas son compuestas y están dispuestas en grupos foliolos, con cinco pares de estos acomodos sobre el peciolo principal y un foliolo en la parte terminal las hojas son alternas tripinnadas con una longitud de 30- 70cmm (1).

2.2.2. Taxonomía

Según la clasificación más actualizada (tabla 1) se basa en criterios filogenéticos, la situación taxonómica de la moringa es:

Tabla 1. **Taxonomía de la moringa oleífera**

Reino	**Plantae**
División	*Magnoliophyta*
Clase	*Eudicotyledoneae*
Subclase	*Rosidae*
Orden	*Brassicales*
Familia	*moringaceae*
Genero	*Moringa*
Especie	*Moringa olifera*

Fuente: (15)**.**

2.2.3. Características agronómicas.

Se trata de un árbol no longevo, algunos con periodos de vida anuales y de rápido crecimiento. Mejora el suelo por sus nutrientes, protegiéndolo de la erosión, la desecación. Muchos agricultores conocen que la Moringa, *oleífera* es resistente a la sequía y prefiere

suelos neutros o ligeramente ácidos, es por ello que gran parte del suelo tropical del mundo es ideal para su siembra (1).

2.2.4. Características arbustivas.

Árboles de hasta 12m se altura. Perrnifolios-caducifolios en zonas áridas. Entomófilos. Raíces gruesas y profundas, axonomórficas. Cambium suberógeno secretor de gomas, blanco, con células mirosínicas, gucosinolatos e isotiocianatos (15).

Tallos. - Ramificados, corteza, lisa o rugosa; xilema con tráqueas cúbicas o romboidales, con perforaciones lenticuliformes, a veces diminutas; fibras del xilema cilíndricas o fusiformes, generalmente asimétricas; floema con plastos tipo S (16).

Hojas. - De 25-60 cm, compuestas tripinnadas, pecioladas, alternas, con 4-6 pares de foliolos opuestos, con pelos glandulares en la base del peciolo; foliolos 1-2cm, débilmente peciolados, enteros, ovados, elípticos u oblongos, 1-2 x 0, 5-2 cm, puberulentos cuando jóvenes, de adultos glabros. Inflorescencias de 10-30cm en panícula axilar (16).

Flores. - Zigomorfas, hermafroditas, pentámeras, homoclamídeas, pecioladas, bracteadas, blancas o color crema (17).

2.2.5. Características ecológicas.

Se puede considerar que la *M. oleífera* es una especie de gran plasticidad ecológica, ya que se encuentra localizada en diferentes condiciones de suelo, precipitación, temperatura y altitud. es una leguminosa que se puede cultivar en todos los países tropicales de clima cálido. Generalmente, crece mejor a menos de 500 msnm y no es muy productiva a altitudes superiores a 1 500 msnm (18).

2.2.6. Valor nutricional.

La importancia del uso como forraje se debe a sus buenas características nutricionales y a su alto rendimiento en producción de biomasa fresca. Sus hojas y tallos presentan un 23% y 9% de proteína cruda, respectivamente mientras que la digestibilidad es de 79% y 57%,

respectivamente, Las hojas tiernas y las flores también se consumen, crudas o cocidas, ya que son ricas en proteínas, minerales, betacarotenos, rivoflavinas y vitamina C. La fruta verde (no madura), flores y hojas contienen del 5- 10% de proteína La semilla contiene de 31-47% de aceite (19). En la Tabla 2 se encuentran los valores nutricionales de la moringa.

Tabla 2. Valores nutricionales de la moringa *olifera*

Análisis proximal	Hojas	Vainas	Semillas
Humedad %	79,72	75,80	47,20
Proteína%	5,52	7,10	17,50
Grasas %	1,46	1,80	15,10
Cenizas %	2,12	1,10	2,10
Carbohidratos %	11,14	14,30	18,10
Energía kcal/100g	207,42	226,00	439,00
Calcio mg/100g	22,32	2,10	3,40
Potasio mg/100g	11,48	12,80	18,30
Hierro mg/100g	24,26	1,60	7,10
Carotenos ug/100g	3 911,50	3 327,70	114,40
Vitamina c mg/100g	109,30	0,10	0,10

Fuente: (19).

2.2.7. Composición química.

La estructura química varía según la parte de la planta, dicha información se encuentra descrita en la Tabla 3.

Tabla 3. **Composición química de la moringa *olifera***

Componente	PC (%)	MO (%)	FDN (%)	CEN (%)
Hojas	18,1	87,8	32,0	7,5
Tallos	4,6	89,2	66,7	6,3
Raíz	4,6	88,9	39,4	7,9

PC, Proteína cruda (Nitrógeno total x 6.25); MO, materia orgánica; FDN, fibra detergente neutro; CEN, Cenizas

Fuente: (19).

2.2.8. Producción animal.

Los componentes individuales que define la calidad de *M. olifera* (composición química, digestibilidad) presentan valores adecuados para el respectivo requerimiento de los animales, sin embargo, la mejor expresión del valor nutritivo de un forraje consiste en un elevado desarrollo para los animales que lo consumen, así como una alta calidad de los productos obtenidos (16).

2.2.9. Moringa olifera en la alimentación animal.

Las particularidades nutricionales de la *M. olifera* son excelentes, por lo que es usada como forraje en varios países africanos, en Nicaragua presenta una producción elevada de un millón de materia verde por hectárea en comparación con otros pastos. Sus hojas pueden ser utilizadas en formulación de raciones para alimentación animal (1).

Ante la presencia de escasez de pasturas de buena calidad para alimentación y nutrición de ganado vacuno, porcino y equino, ya sea en explotaciones extensivas como intensivas en suelos preferiblemente por debajo de los 1.000 msnm, se presenta una nueva, económica y excelente solución ampliamente conocida mundialmente, con el cultivo de M, *oleífera*, arbustiva originaria de la India y tradicionalmente utilizada en países asiáticos y africanos como alimento humano, alimento animal (20). Los altos niveles de proteína cruda y de PDI hacen de las hojas de moringa un buen suplemento proteínico para el ganado vacuno de alta productividad. Por su parte, las hojas extraídas con etanol son aún mejores ingredientes para piensos; pues, además de su alto contenido de proteínas, no contienen taninos, lactinas, inhibidores de tripsina ni factores de flatulencia, y sus niveles de saponinas y fitatos son bajos (21).

Los niveles de proteínas y vitaminas colocan a *M. olifera* como un suplemento de importancia en la dieta de ganadería de leche y de ceba, así como en la dieta de aves, peces, cerdos, etc., siempre y cuando haya un balanceo nutricional, con las siguientes contraindicaciones o problemas que deben resolverse previamente cuando se utiliza forraje fresco como alimento directo (22).

2.2.10. Ventajas de una dieta con moringa olifera en bovinos

- Sabor peculiar de *M. olifera* en la leche si no se dejan transcurrir por lo menos 3 horas entre la ingesta y el ordeño.
- En vacas de parto, exagerado crecimiento del ternero en el vientre materno, por lo que debe provocarse un parto anticipado.
- Alto porcentaje de agua en el forraje fresco y baja presencia de fibra, por lo que se hace necesario deshidratar, y balancear con fibra tomada de cualquier pasto o tamo de cosechas. Se evitan de esta manera las deposiciones acuosas (22).

2.2.11. Uso de la moringa para cercas vivas.

La *M. olifera* es una planta muy diseminada en zonas con escasas precipitaciones y poca agua. Se usa como cortina rompe vientos**,** para evitar la erosión o el daño a cultivos y como cerca viva para proveer forraje y dividir potreros. Esta planta se puede sembrar intercalada con otros cultivos porque tiene pocas raíces laterales y aporta poca cobertura, permitiendo el paso de la luz solar, la *M. olifera* es una opción para masificar el uso de cercas vivas en los sistemas de producción con rumiantes, reduciendo los costos para obtener postes, dividir los potreros y optimizar el uso de forrajes (23).

2.2.12. Producción de forraje.

La *M. olifera* se puede emplear en programas para la producción de forraje por su nivel de nutrientes. Pruebas en Centroamérica han determinado una densidad mínima de 500 plantas/ ha, para producir 210.000 kg de forraje/ha/año con propiedades antihelmínticas, sinergismo de suma o de potenciación con medicamentos, acondicionador metabólico contra enfermedades permanentes o endémicas, buena fuente de proteínas y micronutrientes (24).

Considera la densidad de 100 plantas/m^2, óptima para producir forraje de buena calidad, a bajo costo y buen control de malezas, en condiciones óptimas de suelo y lluvias. Una densidad mayor (más de 100 plantas/m^2), desencadena una interacción entre las plantas por la luz (fototropismo) afectando entre el 20% y 30% de plántulas por corte, afecta el grosor de los tallos y nuevas ramas, disminuyendo la producción de forraje por área, aun así, se pueden obtener buenas cantidades de forraje verde (25).

2.2.13. Fisiología digestiva de los rumiantes.

Los rumiantes tienen la capacidad de alimentarse de gramíneas y leguminosas. Esta cualidad se fundamenta en la capacidad de digerir (hidratos de carbono estructurales) celulosa, hemicelulosa y pectina, muy poco digeribles para las especies no-rumiantes. Como consecuencia de esta cualidad, la fisiología digestiva del rumiante es diferente de los no rumiantes (mono gástricos) (26).

2.2.14. La digestión del forraje.

Este se realiza principalmente por procesos fermentativos y no por la acción enzimática. Estos procesos fermentativos son realizados por microorganismos que normalmente se encuentran en sus divertículos estomacales (DE), retículo (red o redecilla), rumen (panza), omaso (librillo) y abomaso (cuajar). Es muy importante entender que, para alimentar un rumiante, es primordial alimentar los microorganismos rúmiales, y para que los microrganismos cumplan con su función deben estar en un medio ruminal propicio para su desarrollo, generando así una asociación entre los microorganismos y el rumiante para beneficiarse mutuamente (14).

Este proceso fermentativo, le permite al rumiante degradar carbohidratos, pero procesa de igual forma todos los componentes de la dieta, convirtiéndose en una desventaja para aprovechar el alimento al 100% En un bovino adulto el 75 % de la cavidad abdominal está ocupada por el estómago y constituye el 30 % del peso vivo del animal, incluido su contenido. El estómago está conformado por cuatro compartimientos: 1) retículo, 2) rumen, 3) omaso y 4) abomaso. Solo el abomaso es glandular y funciona como el estómago de los monogastricos, los otros 3 compartimientos están recubiertos por epitelio queratinizado y no posee glándulas (27).

2.2.15. La digestión en los rumiantes.

Está condicionada, a un medio propicio para los microorganismos que realizan el proceso fermentativo. El rumiante debe mantener un medio ideal para el crecimiento y multiplicación de microorganismos a nivel del retículo y rumen, que se define como un gran medio de cultivo. Las características que deben tener el retículo y rumen para proporcionar el medio

propicio a los microorganismos son: fácil acceso al alimento, aporte de nutrientes, eliminación de desechos del sistema, temperatura, pH, anaerobiosis, presión osmótica (28).

2.2.16. La rumia

Es el proceso de masticar por segunda vez el contenido del rumen para hacer más pequeñas las porciones de alimento y facilitar la acción de los microorganismos. El proceso de rumia es estimulado por las características del alimento, el contenido de fibra en el alimento es muy importante. Otros estimulantes para el proceso de rumia son la oscuridad, el tiempo de descanso o sueño y los períodos de lactancia. El tiempo de rumia puede ir de 0 hasta 10 horas por día, variando según el porcentaje de fibra presente en el forraje (29).

2.2.16.1. La digestión fermentativa

Es realizada por protozoos, bacterias y hongos. Las bacterias son los microorganismos ruminales esenciales para el rumiante. Sin importar el nivel proteico del forraje, la mayor cantidad de proteína que se encuentra a nivel intestinal es de origen bacteriano. El nivel de proteína de origen bacteriano que alcanza el intestino está condicionado al nivel de energía de la dieta y del equilibrio con el aporte nitrogenado (30).

2.2.17. Degradabilidad *in vitro.*

Los métodos de digestibilidad de forrajes in vitro aparecen en la década de los sesenta con las investigaciones y ensayos de Tilley, quien, usando el licor ruminal de bovinos fistulados, realizó la degradabilidad in vitro de 146 forrajes (31). Este tipo de prueba proporciona información sobre la desaparición de la materia seca mediante la simulación de digestiones sucesivas. Sin embargo, para estos primeros ensayos, el método no aportó información adicional, ya que el concepto de relación entre la cantidad de gas emitido y la digestibilidad del pienso no aparecerá hasta finales de siglo. Se realizaron modificaciones a estas pruebas que mejoraron el método de lecturas con jeringas y transductores de presión (32).

Entre los métodos in vitro, el método más utilizado es el de Tilly y Terry (1963), que fue modificado por Goering y Van Sost (1970) para evaluar la verdadera digestibilidad de la materia seca. Otro método in vitro consiste en utilizar enzimas en lugar de microorganismos,

cuya principal ventaja es que no requiere animales como donantes de inóculo; También se utiliza la producción de gas in vitro, lo que permite determinar la cinética de degradación y degradación de los alimentos por el volumen de gas generado durante la fermentación (33).

2.2.17.1. Alcances de los métodos de digestibilidad in vitro de producción de gases.

La técnica in vitro de producción de gases ofrece la capacidad de predecir la tasa de digestión de las diferentes fracciones de carbohidratos; es útil para determinar y cuantificar diferencias nutricionales atribuidas a los métodos de preservación de especies forrajeras y estado de madurez de la planta (34), comparando el desempeño de gramíneas y leguminosas en diferentes estados de madurez y de ensilajes de estas mismas.

Los resultados de esta técnica mostraron que las utilizaciones de los porcentajes de fibra subestiman los valores de energía líquida de los ensilajes, pues, aunque ellos tuviesen los mismos porcentajes de fibra detergente ácida (FDA) que el material original, presentaron menor producción de gas. Estas diferencias son atribuidas a la pérdida de carbohidratos solubles durante el proceso fermentativo de los ensilajes. Igualmente, los ácidos grasos volátiles (AGV) presentes en los ensilajes no representan una importante fuente de energía para los microorganismos ruminales, como sí lo son los carbohidratos solubles en el material original (34).

Este tipo de ensayos nos permite evaluar la calidad de los alimentos, para detectar diferencias entre los sustratos generados por su madurez, condiciones de crecimiento, especie o cultivo y métodos de preservación (35). Con respecto a la digestibilidad de la FDN, se ha demostrado quela producción de gases está relacionada con la desaparición de la FDN. Por otra parte, experimentos realizados con granos de cereales demuestran una alta correlación entre la producción de gas *in vitro* y la disponibilidad del almidón en dichos granos (34). Otros estudiosencontraron que la producción de gas acumulada en 24 horas estaba correlacionada con la digestibilidad de la MO determinada *in vivo*. Esta técnica permite estudiar la degradación de cada uno de los constituyentes del alimento o fracciones alimenticias (monosacáridos, pectinas, almidón, celulosa y hemicelulosa) y así se puede diferenciar qué elementos inhiben y qué otros aumentan la actividad microbiana (33).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

El presente estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional, finca experimental "La María", ubicada en el km 7.5 vía Quevedo, EL Empalme, en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos. Ubicada a 73 msnm, a 79°29" de longitud oeste, 01°06 le latitud sur. Se desarrolló en el periodo de junio a septiembre del año 2022. El sitio que se llevará a cabo la investigación presenta las siguientes condiciones meteorológicas descritas en la Tabla 4.

Tabla 4. Características meteorológicas del cantón Mocache

Parámetros	**Promedios**
Temperatura °C	25.80
Humedad relativa %	85.84
Precipitación, anual, Mn	2223.78
Heliofania, horas/luz/año	898.77
Evaporación, promedio anual (%)	78.30
Zona ecológica	BH -T
Topografía	Ligeramente ondulada

Fuente: (36)

3.2. Tipos de investigación.

La investigación es de tipo experimental y exploratoria

Por el propósito : aplicada

Por el lugar : de campo y laboratorio

Por el nivel de profundidad : exploratoria y explicativa

Por el tratamiento de las variables : experimental

3.3 Método de la investigación.

Se aplico el **método explicativo**, para responder las causas de los eventos físicos o sociales, debido al uso del arbusto que será utilizados en sustitución del pasto como fuente de alimentación en época de escases para rumiantes.

Se utilizó el **método analítico deductivo** porque se tomaron material forrajero (hojas y tallos) de la plata arbustivas (*Moringa Olifera*) con edades de 40, 55, 70, 85 días henificada

proveniente del banco forrajero de la UTEQ. Los resultados obtenidos se refutarán la misma y posteriormente de deducirá conclusiones.

Se utilizó el método Exploratorio, porque el estudio permite examinar el problema de investigación poco abordado en el sector.

3.4. Fuente de recopilación de información

La información presentada en el marco conceptual y referencial se tomó de diversas fuentes secundaria como:

- Artículos científicos
- Revistas científicas
- Tesis de pre y post grado
- Información de instituciones de investigación científica
- Libros

3.5. Diseño experimental

Se aplicó un diseño completo al azar (DCA) con 4 repeticiones en la época seca, para evaluar los cambios en las variables de degradabilidad ruminal (*in vitro*). Se realizó el análisis de varianza, aplicando la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). Se utilizó el programa estadístico SAS (1990). En las tablas 5 y 6, se detalla el esquema del experimento y del ANDEVA.

Tabla 5. **Descripción de los tratamientos para valorar la degradabilidad ruminal (*in vitro*) de las hojas y tallos de Moringa oleífera, durante la época seca, cosechado a diferentes edades.**

Combinaciones	**Rept**	**TUE**	**B/T**
T1 *Moringa oleífera* - EC 40 días, en la época seca	4	6	24
T2 *Moringa oleífera* - EC 55 días, en la época seca	4	6	24
T3 *Moringa oleífera* - EC 70 días, en la época seca	4	6	24
T4 *Moringa oleífera* - EC 85 días, en la época seca	4	6	24
Total			**96**

TUE= Tamaño de la unidad experimental, **Rept=** Repeticiones, B/**T=** Bolas/tratamiento

Tabla 6. **Esquema del análisis de varianza**

Fuente de Variación	**Grados de libertad**	
Tratamientos	t-1	3
Error experimental	t (r-1)	12
Total	t.r-1	15

Se aplicó un Diseño Completamente al Azar, cuyo modelo es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij}= Variable dependiente (observación)

μ= Promedio de media

T_i= Efecto de los tratamientos

Ei_j= Error experimental

Fuente: (37)**.**

3.6. Instrumento de la investigación

Material biológico:

1.- Vacas Fistuladas

2.- Muestras Forrajera (Moringa Oleífera)

Materiales que se utilizaran en laboratorio son:

1.- Muestras forrajeras de hojas y tallos de diferentes edades (Moringa oleífera)

2.- Liquido ruminal de bovino

3.- Fundas Ankom f57

4.- Maquina Daisy

5.- Maquina analizadora de fibra Ankom

6.- Estufa

7.- Mufla

8.- Probeta

9.- Balanza analítica

10.- Crisoles

11.- Termómetro

12.- desecador

3.6.1 Metodología

La ficha de recolección de datos permitirá tener de forma precisa todos los hallazgos que se encuentren en los y análisis bromatológicos.

3.6.2 Metodología para la recolección y preparación de las muestras

Las muestras recolectadas de la moringa *oleífera* (hojas y tallos) se pesaron utilizando las fundas Ankom F57 aproximadamente 300 mg, luego fueron selladas y colocadas en la estufa a 65°C durante 48 horas.

3.6.3 Metodología para la medición de degradabilidad

Se definió a los rumiantes (bovinos) como la población objetivo, 2) el proceso a evaluar fue el efecto en la dinámica ruminal, 3) los resultados medidos en los estudios fueron el efecto de *M. oleífera* sobre degradabilidad en época seca en tiempos de incubación de (0, 6, 12, 24, 48, 72, 96) en cuatro edades de corte (40, 55, 70, 85), de la materia seca.

Para la degradabilidad *in vitro* (DIV) se utilizó la técnica de Tilley y Terry (1963), mezclando saliva de McDougall (1948) y líquido ruminal (relación 4:1). Con una bomba de vacío se tomó 1 L de líquido ruminal de cada bovino, se mezcló, se filtró con cuatro capas de gasa y se depositó en un termo (39 ºC) para ser gasead con CO_2. El medio (40 mL saliva de

McDougall y 10 mL de líquido ruminal) se depositó en tubos de propileno (100 mL) con 500 mg de las muestras de las especies forrajeras arbustivas y herbáceas molido (malla de 1 mm) y secado a 65 ºC durante 24 horas.

3.6.4 Metodología para los análisis de la degradabilidad *in vitro* de la MS

Este se calculó mediante la recuperación de la fracción no degradada al finalizar la incubación cada una de las muestras fueron puestas en crisoles de vidrio que fueron colocados en la estufa por 24 h para finalmente ponerlas en desecador por 15 min y pesarla y obtener el resultado

Se calculó la DIVMS mediante la siguiente ecuación:

$$\textbf{DIVMS}\ (\%)\ = \frac{\mathrm{W1} - [\mathrm{WR} - \mathrm{WB}]}{(\mathrm{W1})}\ X\ 100$$

DIVMS (%) = digestibilidad in vitro de la materia seca en porcentaje;
W1 = peso de la MS de la muestra en gramos
WR = peso de la MS del residuo en gramos
WB = peso de la MS del blanco en gramos

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 con su madurez fisiológica existe cierta pérdida de humedad (38)

Para la obtención de la Materia seca

Se determinó el porcentaje de materia seca a cada tratamiento después de la incubación sometiendo a las muestras al secado en estufa de aire forzado a 65º C por 48 horas, el porcentajese calculó con la siguiente formula (39):

$$\%\text{MS} = \frac{\text{M. inicial} - \text{M. final}}{\text{M. inicial}} X\ 100$$

Donde:

%MS: Porcentaje de Materia Seca.

MInicial: Muestra inicial antes del secado.

MFinal: Muestra final posterior al secado

Materia orgánica

Se procedió a secar los crisoles a 65°C por 48 horas, se registró el peso de los crisoles, luego fueron puestas las respetivas muestras en los crisoles y llevados a la mufla por 3 horas a 600°C para finalmente obtener la MO (ceniza). El porcentaje de Materia orgánica se determinó con la siguiente fórmula (39):

$$\text{MO}\ \% = 100 - \text{MI}$$

Donde:

%MO: Porcentaje de Materia Orgánica

%***MI:*** Porcentaje de materia Inorgánica

Materia Inorgánica

Cenizas. - Se realizó de acuerdo con los métodos descritos por la AOAC por el método de incineración en seco en mufla hasta 600° C. El porcentaje se determinó empleando la siguiente formula (39):

$$\%\ \text{Cenizas} = \frac{\text{W} - \text{Wo}}{S} X\ 100$$

Donde:

%MI: Porcentaje de Materia Inorgánica

Wmcal: Peso del crisol más muestra calcinada

Wvacío: Peso crisol vacío

Mseca: Muestra seca

Proteína

Este procedimiento se realizó mediante la técnica de Kjedahl en el que la materia orgánica se convierte en dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O), mientras que el oxígeno sereduce a amonio $(NH_4)_2SO_4$ (39) .

$$\text{Nt (\%bs)} = 100 \text{ x} \frac{(\text{T1} - \text{Tbco.}) \text{x } 1{,}4 \text{ x NSO4H2}}{MH1x\ MS}$$

$$\text{PB (\%bs)} = \text{Nt(\%bs)x } 6.25$$

Donde:

T1 (ml): Titulación con $H_2 SO_4$ de la muestra

Tbco. (ml): Titulación con $H_2 SO_4$ del blanco

$H_2 SO_4$ (N): Normalidad del $H_2 SO_4$ de titulación

MH1 (g): Peso de la muestra

MS (g/g): Coeficiente de materia seca

****6.25:*** El valor asume que todo el nitrógeno del alimento se encuentra en forma de proteína y que está presente en ella en un 16%

Fibra detergente neutra (FDN)

La determinación de FDN se realizó en digestor ANKON 200/220 FIBER ANALYZER, porun tiempo de 60 minutos a una temperatura de 90 – 100 °C (80) y se la obtuvo mediante la siguiente formula (40):

$$\text{FDN}(\%\text{bs}) = 100\,\text{x}\frac{\{(\text{T} + \text{FDN}) - \text{T1x}\,(^{\text{Tbco2}})]\}}{MH1x\ MS}$$

Donde:

%bs: Porcentaje sobre base seca.

MH1: Peso de la muestra.

MS: Coeficiente de materia seca.

T+FDN: Peso de la bolsa+muestra post digestión.

T1: Peso de la bolsa vacía.

Tbco1: Peso de bolsa blanco predigestión.

Tbco2: Peso de bolsa blanco post digestión

Fibra detergente Ácida (FDA)

La determinación de FDA se llevó a cabo mediante el digestor ANKON 200/220 FIBER ANALYZER, por un tiempo determinado de 60 minutos a una temperatura promedio de 90 –100 °C (80) y se la obtuvo mediante la siguiente formula (39):

$$\text{FDA}(\%\text{bs}) = 100\,\text{x}\frac{\{(\text{T} + \text{FDA}) - \text{T1x}\,(^{\text{Tbco2}})]\}}{MH1x\ MS}$$

Donde:

%bs: Porcentaje sobre base seca.

MH1: Peso de la muestra.

MS: Coeficiente de materia seca.

T+FDA: Peso de la bolsa + muestra post digestión.

T1: Peso de la bolsa vacía.

Tbco1: Peso de bolsa blanco predigestión.

Tbco2: Peso de bolsa blanco post digestión

3.6.5 Metodología para los análisis de FDN (fibra detergente neutra) y FDA (fibra detergente acida)

Para el analís de FDN se realizó con el método de Van Soest a través de la técnica de digestión reformada de ANKOM^{200}, dicho proceso es el residuo de la digestión en solución detergente neutro, se procedió a ubicar las muestras en la analizadora de fibra, agregándole 70 gr de sulfito de sodio y 4cc de Alf amilasa por un tiempo de 1 h, se retira y se lleva a la solución de acetona por 15 minutos para finalmente secar en la estufa las muestras y pesar para obtener los resultados (40).

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 (38).

3.7. Tratamiento de los datos

Se utilizó la Moringa *oleífera* de las hojas y tallos cosechada a diferentes edades durante la época seca. A continuación, se detallan los tratamientos bajo estudio, Tabla 7.

Tabla 7. **Descripción de los tratamientos para la degradabilidad (*in vitro*) de las hojas y tallos de *Moringa oleífera*, cosechada a diferentes edades en época la seca.**

Tratamiento	Edad de cosecha
T_1	*Moringa oleífera hojas y tallos* - EC 40 días, en la época seca
T_2	*Moringa oleífera hojas y tallos* - EC 55 días, en la época seca
T_3	*Moringa oleífera hojas y tallos* - EC 70 días, en la época seca
T_4	*Moringa oleífera hojas y tallos* - EC 85 días, en la época seca

3.8. Recursos humanos y materiales.

Se contó con la ayuda del docente tutor el Dr. Juan Avellaneda Cevallos dedicado a investigación vinculadas a la unidad de interrogación curricular con el objetivo de facilitar el desarrollo de este proyecto de investigación científica.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados.

Con base en los resultados experimentales, se puede indicar que existe diferencias ($p<0,05$) en las variables de composición química de hojas de la *Moringa oleífera* por efecto de la edad. Es evidente que, el contenido de MS presentó cambios con una tendencia lineal positiva, es decir incrementó con la edad de cosecha, sin embargo, el contenido de MO, MI, FDN y FDA no presentaron este comportamiento, más bien, fue errático al no presentarse de manera lineal en los menores o mayores días de cortes, si no a los 55 días, y, no se demuestra una tendencia con el incremento de la edad de cosecha.

Tabla 8. Efecto de la edad de cosecha sobre la composición química de *Moringa oleífera* hojas

Composición Química (%)	Edad de cosecha				EEM	Probabilidad
	40	55	70	85		
MS	20,61 z	25,49 y	27,20 x	30,39 w	0,246	<0,0001
MO	90,88 w	87,71 y	90,73 w	88,63 x	0,11	<0,0001
MI	9,12 y	12,29 w	9,97 y	11,37 y	0,11	<0,0001
Prot	25,77 z	26,88 y	28,83 wx	29,92 w	0,0198	<0,0001
FDN	31,56 x	48,55 w	31,05 x	29,44 x	1,02	<0,0001
FDA	14,53 x	19,42 w	12,45 x	14,20 x	0,80	<0,0003

w,x,y,z Promedios con idéntico literal, son iguales estadísticamente según Tukey ($P<0,05$)
MS: Materia seca, MO: materia orgánica, MI: Materia inorgánica, P: Proteína, FDN: Fibra detergente neutra, FDA: Fibra detergente neutra

Los valores correspondientes a la composición química encontrados en las hojas muestran que el contenido proteico presenta un porcentaje menor a los 40 días de corte con un valor de 25,77 %, coincidiendo con lo mencionado por Tiñan, (19) él cual indica que las hojas de moringa presentan un promedio superior al 25, 00 % de proteínas. Asimismo, Cerdas-Ramírez, (41), demostró que a los 49 días de corte y sometida a una dosis de nitrógeno 133,4 kg N/ ha^{-1}/ año, la moringa logró alcanzar una producción de proteína bruta por hectárea de 2202 kg PC/ ha^{-1}.

Los valores encontrados para MS y contenido proteico en las hojas muestran un comportamiento no relacionado tal como lo explica Cerdas-Ramírez, (41), al mencionar que el rendimiento de materia seca y el contenido de proteína son las dos variables que están negativamente correlacionadas. Miguilena, y otros, (42) mencionan que el contenido de PB no está sujeto a diferentes edades reproductivas de los pastos, esto puede explicarse porque

el contenido de nitrógeno presente en las hojas y tallos por lo general no disminuye significativamente cuando la edad de la planta incrementa aún en rangos de edades cortas.

Pilay (43), también hace mención que al evaluar la calidad nutricional de *Moringa oleifera* a los 75 días de corte, las muestras de prueba de planta entera y hojas fueron iguales, con diferencias en el tallo; al igual que Pérez y otros (1), evaluaron la frecuencia de cosecha de *Moringa oleifera* a los 45 y 60 días, y la PC de hojas alcanzó 26,3 % y 24,9 %, la PC de tallos fue de 12,2 % y 11,3 %, respectivamente.

Tabla 9. Efecto de la edad de cosecha sobre la composición química de *Moringa oleífera* tallo

Composición Química (%)	Edad de cosecha				EEM	Probabilidad
	40	55	70	85		
MS	22,45 z	26,16 y	29,34 x	32,19 w	0,335	<0,0001
MO	87,71 x	90,36 x	90,79 x	92,28 w	0,28	<0,0002
MI	10,29 w	9,64 w	9,21 w	7,72 x	0,28	<0,0002
Prot	10,58 w	9,75 w	8,04 wx	6,26 x	0,085	<0,0043
FDN	64,88 y	70,75 x	70,41 x	75,99 w	0,74	<0,0001
FDA	44,43 x	48,52 wx	50,68 wx	56,35 w	1,91	<0,0065

w,x,y,z Promedios con idéntico literal, son iguales estadísticamente según Tukey (P<0.05)
MS: Materia seca, **MO:** materia orgánica, **MI:** Materia inorgánica, **P:** Proteína, **FDN:** Fibra detergente neutra, **FDA:** Fibra detergente acida.

Los resultados obtenidos para la composición química de los tallos de *Moringa oleífera a* diferentes edades de corte detallados en la Tabla 9, nos muestran que las edades de 40, 55 y 70 días de cosecha presentan similitud estadística en sus promedios en cuanto al contenido de Materia Inorgánica y Proteína, lo cual no ocurre para el contenido de Fibra Detergente Neutra, está aumentó en función a la edad de cosecha, por ello los tallos analizados a los 85 días son los que presentan el mayor porcentaje , por otra parte la variable de Fibra Detergente Acida presentan similitud estadísticas a la edad de 55, 70 y 85 días, siendo sus valores 48,52 %; 50,68 % y 56,35 % respectivamente.

Makkar y Becker, (44) mencionan que el contenido de NDF, FDA y ceniza tiende aumentar ligeramente cuando se la edad de rebrote se incrementa y es que los tallos jóvenes son generalmente de alta calidad, no obstante, dicha calidad disminuye más rápidamente que las hojas porque la pared celular y el contenido de lignina aumentan con la edad de rebrote. Los contenidos de FDN y FDA a diferentes edades de regeneración obtenidos en este estudio estuvieron en el rango de 219-564 g kg^{-1} MS. Siendo consistente por lo mencionado por Benítez, y otros (6) los cuales hacen referencia que la edad del árbol de moringa en su etapa

juvenil, los valores de composición química de la corteza son elevados, siendo como detalle que se compone por un 48,2 % de carbohidratos totales, un 19,6 % de lignina total, un 16,9 % de extractos totales y un 10,4 % de cenizas.

Tabla 10. Efecto de la edad de cosecha sobre digestibilidad ruminal in vitro (%) de la materia seca (MS) de las hojas de la *Moringa oleífera*

Hora de incubación	Edad de cosecha									
	40		55		70		85		EEM	Probabilidad
6	39,99	w	40,96	w	37,68	wx	36,19	x	0,85	0,0076
12	44,46	y	44,6	x	47,46	w	48,08	w	1,39	0,0016
24	5 4,02	x	55,21	x	57,84	w	58,75	w	1,19	0,0001
48	61,78	y	62,79	y	64,66	x	66,39	w	0,80	0,0001
72	63,42	z	64,57	y	66,07	x	68,20	w	0,90	0,0001
96	63,77	z	64,99	y	66,37	x	68,63	w	0,95	0,0001
Parámetros de Degradabilidad										
a	17,26	z	22,54	y	24,44	x	25,87	w	2,06	0,3076
b	46,6	w	42,58	x	42,01	x	42,9	x	1,42	0,0001
c	36,14	w	34,88	x	33,55	y	31,23	z	0,86	0,0001
DP	63,86	z	65,12	y	66,45	x	68,77	w	0,86	0,0001
Kd	0,06	w	0,06	w	0,07	w	0,06	w	1,6	0,0001
DE 2%	52,87	z	54,57	y	56,68	x	58,12	w	0,64	0,0001
DE 5%	43,57	z	45,90	y	48,36	x	49,39	w	0,84	0,0001
DE 8%	38,13	y	40,93	x	43,45	w	44,38	w	0,89	0,0009

w, x, y, z Promedios con idéntico literal, son iguales estadísticamente según Tukey (P<0.05)
a: Fracción soluble; **b:** Fracción insoluble pero potencialmente degradable; **c:** Fracción indegradable; **DP:** DegradabilidadPotencial; **kd:** Tasa de degradabilidad; **DE:** Degradabilidad efectiva.

En relación con las horas de incubación la digestibilidad *in vitro* las tres primeras edades de cosechan presentan similitud estadística a las 6 horas de incubación, ya para las 12 y 24 horas encontramos los mayores promedios de digestibilidad los presentan los 70 y 85 días de cosecha. Los mayores resultados de digestibilidad a las 48, 72 y 96 horas los presentan los 85 días de corte con los valores de 66,39; 68,20 y 68,63 respectivamente.

En cuanto a los parámetros de digestibilidad la variable de Fracción soluble no alcanza la diferencia estadística siendo la edad de 85 días de cosecha la que presenta el mayor promedio, ya para la variable de Fracción soluble pero potencialmente degradable y Fracción indegradable es la edad de 40 días la que presenta los mayores promedios. Considerando que

las partículas deben cumplir ciertos criterios para lograr salir del rumen como son la reducción del tamaño y flotabilidad y el aumento de la gravedad específica considerando que las posibilidades de abandonar el rumen aumentan con el trascurso del tiempo que dicha partícula resida en el rumen (45).

En la variable de la Tasa de degradabilidad, presenta significancia estadística ($p<0,05$), en la cual todas las edades presentaron similitud estadística en sus medias, ya para la Degradabilidad efectiva al 2 y 5 % , son los 85 días de corte los que presentan mayor promedio en relación a las otras edades evaluadas, finalmente la Degradabilidad al 8 % no alanza la significancia estadística ($p> 0,05$) siendo las edades de 70 y 85 días superiores a los 55 y 40 días, con 43,93 y 44,38 respectivamente.

Benítez, y otros (6) explican que en los tallos de *Moringa oleífera* tienen mayor contenido extractivo, y, de cenizas, lo que sugiere el contenido de lignina presente en el tallo del arbusto de moringa, es similar al de las maderas duras, y es que el alto contenido de extractivos y cenizas determina un bajo contenido de glucanos y hemicelulosas (46).

Tabla 11. Efecto de la edad de cosecha sobre digestibilidad ruminal in vitro (%) de la materia seca (MS) de los tallos de la *Moringa oleífera*

Hora de incubación	Edad de cosecha								EEM	Probabilidad
	40		55		70		85			
6	24,96	w	18,95	x	21,50	wx	18,19	x	0,98	0,0016
12	37,99	w	29,74	x	33,04	wx	27,34	x	1,49	0,0017
24	49,87	w	42,45	xy	45,08	wx	37,84	y	1,54	0,0011
48	55,21	w	52,06	w	52,04	w	45,24	x	0,97	0,0001
72	55,82	w	54,75	w	53,23	w	47,07	x	0,82	0,0001
96	55,89	w	55,60	w	53,45	w	47,58	x	0,85	0,0001
Parámetros de Degradabilidad										
a	2,38	w	3,24	w	3,35	w	4,68	w	0,75	0,2384
b	53,52	w	52,82	w	50,15	w	43,12	x	1,07	0,0001
c	44,10	x	43,95	x	46,51	x	47,80	w	0,91	0,0001
DP	55,90	w	56,06	w	53,49	w	67,95	x	0,91	0,0001
Kd	0,09	w	0,06	x	0,08	wx	0,06	x	0,01	0,0264
DE 2%	46,27	w	42,20	x	42,88	wx	37,14	y	0,86	0,0001
DE 5%	36,94	w	31,42	xy	33,37	wx	28,47	y	1,01	0,0006
DE 8%	30,90	w	25,37	xy	27,56	wx	23,49	y	0,96	0,0009

w, x, y, z Promedios con idéntico literal, son iguales estadísticamente según Tukey ($P<0.05$)
a: Fracción soluble; **b:** Fracción insoluble pero potencialmente degradable; **c:** Fracción indegradable; **DP:** Degradabilidad Potencial; **kd:** Tasa de degradabilidad; **DE:** Degradabilidad efectiva.

En cuanto a la digestibilidad de la materia seca presente en los tallos, la mayor digestibilidad de la MS se da en las 48, 72 y 96 horas p= 0,0001 (p<0,05) en las edades de 40, 55 y 70 días de cosecha. Por otro lado, Jarquín, y otros (47) encontraron que después de 48 horas de incubación ruminal, la degradabilidad ruminal de la MS y la MO disminuyó de 81,48 % a 73,27 % y de 58,87 % a 52,28 %, respectivamente (p<0,001), lo que ocurrió a la edad de rebrote de las hojas de Moringa de 45 a 75 días. Es decir, las hojas de Moringa con una edad de rebrote de 45 días e incubación ruminal de 48 horas exhibieron la mejor (p<0,001) degradabilidad ruminal de MS y MO, 81,46% y 58,87%, respectivamente del cual difiere significativamente (p<0,050) degradabilidad del follaje a los 60 y 75 días que fue de 73,3 y 78,7 %.

Los parámetros de degradabilidad, la Fracción soluble (p>0,05) nos muestra que todas las edades de corte presentan similitud estadísticas en sus promedios y variable de Fracción insoluble pero potencialmente degradable (p<0,05) indica que las edades de 40 , 55 y 70 presentan porcentajes similares, ya en la variable de Fracción indegradable (p<0,05) es únicamente la edad de 85 días la que presenta el mayor resultado con 47,80 % ; para la Tasa de degradabilidad cuyas medias no alcanzaron la significancia estadística (p>0,05) son los 40 y 70 días de corte los que presentan similitud estadística, lo mismo ocurre para las variables de Degradabilidad al 2 % (p<0,05), al 05 % (p>0,05) y al 8 % (p>0,05).

Oliver-Bever, (48) , indica que la importancia de su uso como forraje de la Moringa radica en sus buenas propiedades nutricionales y alto rendimiento en la producción de biomasa fresca, sus hojas y tallos contienen el 23 % de proteína bruta aproximada y 9 % respectivamente, mientras que la digestibilidad encontrada fue de 79 % y 57 %, respectivamente.

El las hojas y tallos de la moringa evaluados en esta investigación se encuentra dentro de los rangos de alta calidad, tal como lo indica Montecé, y otros (49) en la evaluación de la distancia de siembra (20 x 10, 20 x 20, 20 x 50 cm) y frecuencia de corte (40, 55 y 70 días) de la *Moringa oleífera* la digestibilidad *in vitro* de la MS fue alrededor del 70 %, menos de 50 % de fibra detergente neutra (FDN) y más 15 % de proteína bruta (PB); sin embargo, estos autores mencionan que es necesario considerar que la distancia de siembra , frecuencia de corte y estación del año afecta la calidad forraje.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

En relación con los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- En la determinación de la composición química presente en las hojas la edad de 85 días mostro el mayor porcentaje de MS y proteína con 30,39 y 29,92 % respectivamente, para las variables de FDN y FDA fue la edad de 55 días de cosecha la que alcanzó los mayores resultados en comparación a las otras edades, esto se debe a que los niveles que presenten la fibra están influenciados de manera directa por la cantidad de componentes minoritarios como el nitrógeno, residuos de almidón y cenizas presentes en las hojas a dicha edad. Por otra parte, los tallos de *Moringa oleífera* los más altos porcentajes de MS se encontraron a los 85 días con 32,19 %, la variable de proteína indica que las edades de 40, 55 y 70 días presentan promedios que oscila entre 10,58 % y 8,04 %, la edad de 85 días presentó el mayor promedio de FDN con 75,99 % y FDA con 56,35 % conforme aumenta la edad de los tallos, mayor serán sus contenidos de lignina y hemicelulosa.

- La evaluación de la degradabilidad ruminal *in vitro* de la materia seca nos indica que conforme aumentan las horas de incubación el porcentaje de digestibilidad aumenta en las hojas de 85 días de cosecha, al igual que el mayor valor para la fracción soluble, degradabilidad potencial y la degradabilidad efectiva al 2, 5 y 8 % alcanza los mayores porcentajes la edad antes mencionada, y es que los componentes del material vegetal presente en hojas u tallos son los que les permiten tener una baja digestibilidad y promover la rumia y el equilibrio homeostático ruminal. En los tallos se da un efecto contrario, los mayores resultados para la digestibilidad de la materia seca se da en los tallos de las edades más jóvenes 40, 55 y 70 días; lo mismo ocurre para los parámetros de degradabilidad, los cuales indican que todas las edades presentan fracciones solubles, y, que 40, 55 y 70 días presentan fracciones potencialmente degradables, dándose finalmente el efecto que los 40 y 70 días alcanzan los más altos valores para la tasa de degradabilidad y la degradabilidad efectiva al 2, 5 y 8 %.

5.2. Recomendaciones.

En relación con los valores obtenidos se recomienda lo siguiente:

- Investigar la palatabilidad y consumo voluntario de las hojas y tallos de las edades de cosecha evaluadas de la *Moringa oleífera.*

- Realizar otras investigaciones en relación con la edad de corte; pero en época lluviosa para demostrar la relación que existe entre la época del año y la edad de corte, y como influyen en el valor nutricional de la *Moringa oleífera.*

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

1. Pérez A, Sanchez T, Armengol N, Reyes F. Caracteristicas y potencialidades de moringa olifera, Lamark. una alternativa para alimentacion animal. Pastos y Forrejes. 2010 diciembre; 33(4): p. 1-2.

2. Jiménez ACR. Moringa oleifera un árbol con enormes potencialidades. Agroforesteria en las Americas. 1996; 8(3): p. 5-8.

3. Márquez I, Bastidas T, Fernández G, Campo M, Jaramillo C, Rojas L. Estudio farmacognóstico preliminar de tallo y raíz de la especie Moringa Oleífera lam cosechada en Machala. Cubana de Plantas Medicinales. 2017; 22(1): p. 3.

4. Velasquez M, Peon I, Cepeda R, Jimenes M. Moringa uso potencial en la agricultura. Chapingo. 2016; 22(2): p. 96.

5. Adonis J, Rocha D, Rocha L, Reyes N, Mendieta B. Degradabilidad ruminal del follaje de moringa olifera a tres diferente edades de rebote. La calera. 2013; 13(21): p. 76-81.

6. Benitez J, Vallejos M, Areas M, Fernando F. Caraterización química y morfológica de la moringa olífera. RIADICYP. 2014; 26(28): p. 390.

7. Gojon B, Siqueiros DA, Hernández H. Digestibilidad ruminal y degradabilidad in situ de macrocystis pyrifera y sargassum spp. en ganado. Ciencias Marinas. 1998; 24(4): p. 463-481.

8. Ledea J, Ray J, Leon O, Reyes J. Degradabilidad ruminal de la materia orgánica de variedades de Cenchrus purpureus tolerantes a sequía. scielo. 2018; 29(2): p. 375-387.

9. Cabrera A, Martínes C, Rojas R, Lammoglia M, Velasquez S. Arboles y arbustos forrajeros utilizado en la alimentacion animal. Scielo. 2019; 9(2): p. 2-3.

10. Mendoza-Martínez , Plata-Pérez F, Espinosa-Cervantes , Lara-Bueno.. Manejo nutricional para mejorar la eficiencia de utilización de la energía en bovinos México; 2008.

11. Garcia M, Treto E, Alvarez M. Los abonos verdes una alternativa para la economia. Cultivos Tropicales. 2000; 21(1): p. 5-11.

12. Cabrera A, Villagomez M, Alarcon S, Martinez C. Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz. Abanico. 2019; 9(1): p. 1-5.

13. Ferri C, Sáenz A, Varinia V. Términos de uso frecuente en utilizacion y uso de pasturas. Semiarida. 2015; 25(1): p. 41-61.

14. Borroto J, Gutiérrez O. La fisiologia digestiva del rumiantes. Ciencias Agrícola. 2015; 49(2): p. 179-188.

15. Tobias LF. Moringa oleifera el árbol de la nutrición. Ciencia Y Salud Virtual. 2010; 2(1): p. 130-138.

16. Reyes NC. Marango cultivo y utilizacion en la alimentacion animal Nicaragua: Agraria Universidad Nacional; 2004.

17. Anwar F, Rashid U. Characterizacion of Moringa oleifera. Grasas y aceites. 2006; 57(2): p. 160-168.

18. Olson ME, Fahey JW. Moringa oleifera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. scielo. 2011; 82(4): p. 1071-1082.

19. Liñan T. Moringa oleifera el árbol de la nutrición. Ciencia y Salud. 2010; 2(1): p. 130-138.

20. Garavito U. Moringa Oleífera, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel. Ergormix. 2008; 26(6): p. 1-2.

21. Martin C, Garcia A, Fernandez T, Hernandez E, Plus J. Potential applications of Moringa oleifera. A critical review. Scielo. 2013; 36(2): p. 137-149.

22. Casanova H, Cetzal W, Díaz VF, Canul A. Moringa oleifera Lam. (Moringaceae): Exotic tree wiht greant potential for ecological livestock production in the tropics. Tecnológico Nacional de Mexico. 2018; 11(2): p. 100-105.

23. García DE, Medina MG, Cova LJ, Clavero T. ntegral evaluation of fodder resources for ruminants in Trujillo state, Venezuela. Scielo. 2009; 26(4): p. 1-2.

24. Ledea R, Rosell A, Guillermo B, Ramón A. Estructura y rendimiento forrajero de Moringa oleifera cv Nicaragua. Scielo. 2018; 30(3): p. 13-21.

25. Padilla C, Valenciaga. N, Crespo D, Rodríguez. I. Requerimientos agronómicos de Moringa oleifera (Lam.) en sistemas ganaderos. Published. 2017; 29(11): p. 1-2.

26. Ramos G, Giraldez J, Mantecon A. Los compuestos secundarios de la planta en la nutricion de hervivoros. CSIC. 1998; 47(6): p. 597-620.

27. Borroto G. La fisiología digestiva del rumiante. Ciencia Agrícola. 2015; 49(2): p. 179-188.

28. Alonso M, Pereyra L, Maximino F, José G. Anatomía, fisiología, manipulación y aplicaciones veterinarias del rumiante. Rev Mex Cienc Pecu. 2019; 10(3): p. 729-755.

29. Genovez C, Ayala J, Sandoval A, Rubén G, Reyes R. Efecto del tamaño de partícula de la fibra en la dieta sobre la conducta ingestiva, digestión de nutrientes y suministro de proteína microbial al duodeno de bovinos. Scielo. 2018; 18(2): p. 1-3.

30. Galindo A, Muñoz E, Marrero Y, González N. Ruminal activators, general features and their advantages for feeding ruminants. Scielo. 2017; 51: p. 12-15.

31. Tilley J, Terry R. A two stage technique for the in vitro of forage crops. Journal of the British Grassland Society. 1963;(18).

32. Menke K, Raab L, Salewksi A, Steingas H, Fritz D, Schneider W. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. Journal of Agricultural Science. 1973;(93).

33. Posada L, Noguera R. Técnica in vitro de producción de gases: una herramienta para la evaluación de alimentos en rumiantes. Livestock Research for rural Development. 2005; 17(36).

34. Pell A, Doane P, Schofiled P. In vitro digestibility and gas production. Simpósio sobre Tópicos Especiais em Zootecnia, In. Lavra; 1997.

35. Williams B. Cumulative gas-production techniques or forage evaluation. In Givens DI, Owen E, Omed HM, Axford RFE. Wallingford (uk) cab International; 2000.

36. INIAP. caracteristicas meteorologicas del canton Mochache. QUEVEDO:; 2017.

37. Lara PAM. Diseño Estadístico de Experimentos. Mexico:; 2000.

38. Chapman HD, Pratt PF, Contín A. Metodo de analisis para suelos, plantas y aguas México: Chetumal; 1979.

39. AOAC. Official Methods of Analysis (18th Ed). USA: Association of official analytical chemist, Arlington, VA; 2007.

40. Van Soest P, Mertens D, Deinum B. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. J Anim Sci. 1978; 47: p. 712-720.

41. Cerdas-Ramírez R. Extracción de nutrientes y productividad de moringa (moringa oleifera) con varias dosis de fertilización nitrogenada. InterSedes. 2017; 38: p. 145-163.

42. Miquilena E, Ferrer O, Clavero T. Efecto de tres frecuencias de corte y tres densidades de siembra sobre las fracciones. Rev. Fac. Agron. 1995; 12(1): p. 193-207.

43. Pilay MM. Calidad nutricional de la moringa (Moringa oleifera Lam) en las condiciones ambientales de la parroquia Manglaralto. Tesis de pregrado. La Libertad: Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agrarias; 2019.

44. Makkar H, Becker K. Nutrients and quality factors in different morphological parts of the Moringa oleifera tree. Journal of Agricultural Science. 1997; 128: p. 311-332.

45. Araujo F, Vergara L. Propiedades físicas y químicas del rumen. Producción Animal. 2007; 15: p. 133-140.

46. Benitez J, Vallejos M, Areas M, Fernando F. Caraterización química y morfológica de la moringa olífera. RIADICYP. 2014; 26(28): p. 390.

47. Jarquín AJA, Rocha EJD, Rocha L, Reyes-Sánchez N, Mendieta-Araica B. DEGRADABILIDAD RUMINAL DEL FOLLAJE DE Moringa oleifera A TRES DIFERENTES EDADES DE REBROTE. Revista Científica La Calera. 2013 diciembre; 13(2): p. p. 76-81.

48. Oliver-Bever B. Medicinal plants in tropical West Africa. III. Anti-infection therapy with higher plants. J Ethnopharmacol. 1983 Noviembre; 1(83).

49. Montecé LMK, Peláez MFR, Godoy EVH, Vásconez MFdC. Sistema de producción y calidad del forraje de Moringa en Ecuador. Revista de Ciencias Sociales. 2021; 27(No. Especial 3): p. 459-470.

50. Jimenes Leyva J, Romo Rubio L, Flores Aguirre B, Lopez O, Barajas Cruz R. Edad de corte en la composicion quimica de ensilado de maiz blanco asgrow-7573. Abanico veterinario. 2016; 6(3): p. 13-23.

51. Fernandez M, Andres J. El banano en el mercado Quevedo: DF; 2012.

52. Bonilla A, Cárdenasa C. Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. Revisión. Scielo. 2012; 3(2): p. 215-246.

53. Mendoza G, Plata F, Espinosa R, Lara A. Manejo nutricional para mejorar la eficiencia y energia de los bovinos. Scielo. 2008; 24(1): p. 75-87.

54. Gutierrez P, Rocha L, Reyes N, Paredes V, Mendieta B. Tasa de degradación ruminal de follaje de Moringa oleifera en vacas reyna usando la técnica in sacco. La calera. 2012; 12(18).

55. Arana SD. “degradabilidad ruminal in-situ del pasto (Pennisetum purpureum king grass fertilizado con cuatro niveles de nitrógeno cosechado a los sesenta días”. Tesis de pregrado. Quevedo: Carrera de Ingeniería Zootecnia , Facultad de Ciencias Pecuarias; 2018.

CAPITULO VII

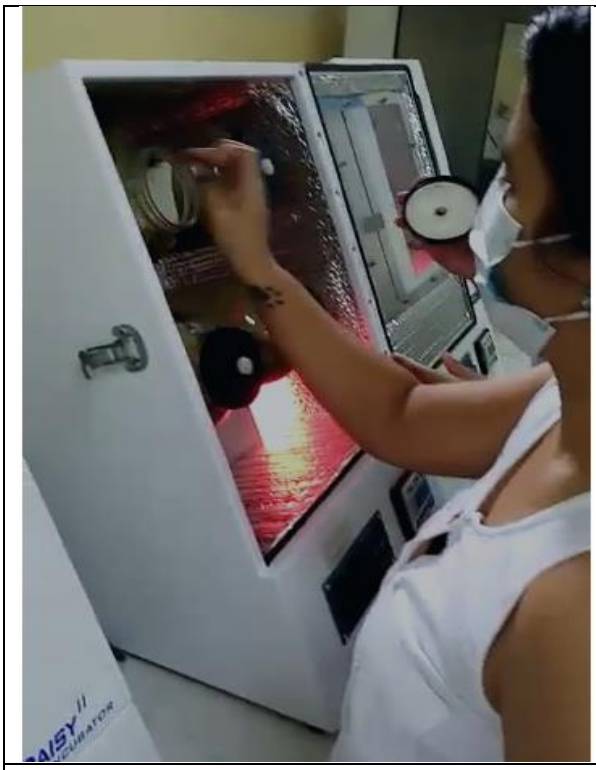
ANEXOS

Anexo 1.- Preparación de titulación en los matraces

Anexo 2.- Agitar el material líquido.

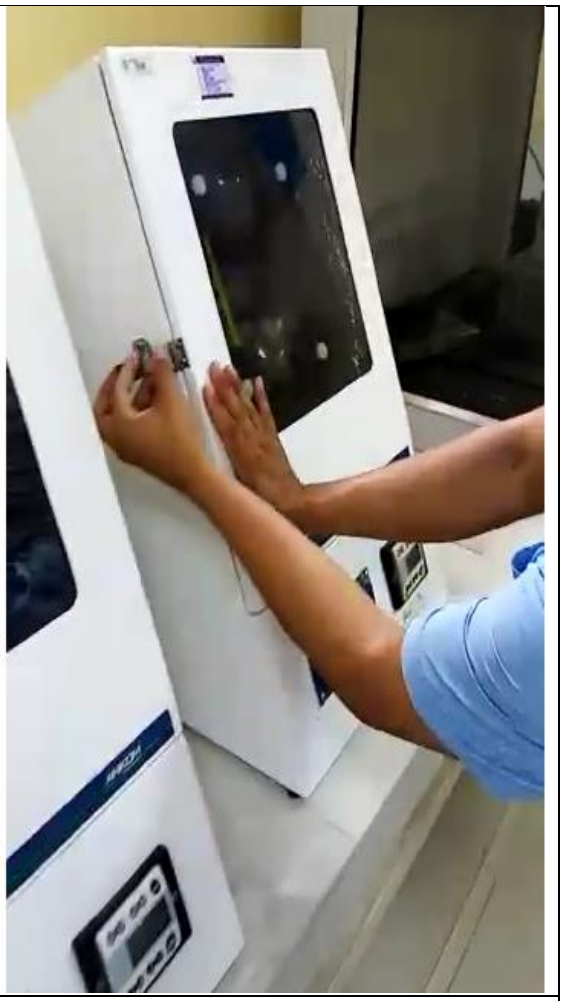
Anexo 3.- Pesado de bolistas vacías.

Anexo 4.- Llenado de recipientes con liquido ruminal.



Anexo 5.- Colocar bolsitas en los recipientes

Anexo 6.- Cerrado de recipientes dentro de la incubadora.



Anexo 7.- Configurar las horas de incubación *in vitro*