



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS

MODALIDAD: PROYECTO DE DESARROLLO

Título:

Evaluación de la digestibilidad in vivo de dietas con follaje de *Acacia mearnsii* en ovinos criollos.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magister en
Ciencias Veterinarias

Autor:

Córdova Frías Fredy Santiago

Tutor:

Silva Deley Lucia Monserrath MSc

LATACUNGA –ECUADOR

2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “**Evaluación de la digestibilidad in vivo de dietas con follaje de *Acacia mearnsii* en ovinos criollos**” presentado por Córdova Frías Fredy Santiago, para optar por el título magíster en Ciencias Veterinarias.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, febrero, 6, 2023



.....
MSc. Silva Déley Lucia Monserrath
CC.:0602933673

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “**Evaluación de la digestibilidad in vivo de dietas con follaje de *Acacia mearnsii* en ovinos criollos**”, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de **Magíster en Ciencias Veterinarias**; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa

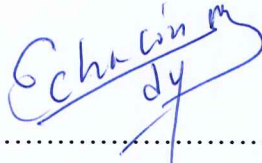
Latacunga, mayo, 11 día, 2023



.....
PhD. Garzón Jarrin Rafael Alfonso

CC: 0501097224

Presidente del tribunal



.....
PhD. Chacón Marcheco Edilberto

CC: 1756985691

Lector 2



.....
MSc. Quishpe Mendoza Xavier Cristóbal

CC. 0501880132

Lector 3

DEDICATORIA

Dedico este trabajo Investigativo de manera especial a Dios por permitirme continuar con vida durante estos duros momentos de pandemia, y así de esta manera poder llegar a culminar una etapa más en mi vida; a mi padre y a mi madre quienes con su apoyo incondicional me han permitido lograr alcanzar mi meta, a mis hijos Monserrat y Matías, a Marci Paredes, quienes los extraño mucho pero gracias a ellos pude continuar y mostrarles que todo en la vida es posible, a mis hermanos que con sus consejos han logrado levantarme (Fredy C.)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida, y ser mi fortaleza en estos momentos de dificultad y debilidad.

Gracias Alexandra y Stefania, quienes estuvieron, guiaron y fueron ese motor tan fundamental en esta nueva etapa de mi vida, sin el apoyo incondicional de ustedes no lo hubiese logrado, gracias los quiero mucho.

Agradezco de corazón a todas las autoridades y docentes del Campus Benjamín Araujo, así como también a todos y cada uno de mis alumnos que con sus consejos me apoyaron y me dieron fuerzas para continuar.

Gracias a la Universidad Técnica de Cotopaxi, quienes me abrieron las puertas para poder alcanzar mi sueño, a mis docentes y de manera especial a la Ing. Lucia Silva quien con sus conocimientos impartidos logramos este anhelado sueño.

FREDY SANTIAGO CÓRDOVA FRÍAS

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, febrero, 1, 2023

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, positioned above a dotted line.

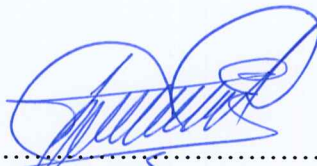
Fredy Santiago Córdova Frías

1803665924

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, febrero, 1, 2023



.....
Fredy Santiago Córdova Frías

1803665924

AVAL DEL VEEDOR

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “**Evaluación de la digestibilidad in vivo de dietas con follaje de *Acacia mearnsii* en ovinos criollos**” contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, mayo, 11 día, 2023



.....
PhD. Garzón Jarrín Rafael Alfonso
CC: 0501097224

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS

Título: Evaluación de la digestibilidad in vivo de dietas con follaje de *Acacia mearnsii* en ovinos criollos

Autor: Fredy Santiago Córdova Frías
Tutor: MSc. Lucia Monserrath Silva Deley

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la digestibilidad in vivo de la composición química de las dietas con follaje de *Acacia mearnsii* alimentados a los ovinos criollos; las hojas de esta planta arbustiva fueron recolectadas del cantón Patate; luego sometidos a un proceso de secado con la finalidad de realizar un alimento peletizado para su fácil administración. Se utilizó cuatro ovinos criollos de un año y medio, los mismos que fueron desparasitados y vitaminizados, estos se colocaron en jaulas metabólicas por un periodo de 68 días; de los cuales fueron 12 días de adaptación y 5 de toma de muestra. Posteriormente se realizaron los respectivos análisis en el laboratorio de Ruminología de la Universidad Técnica de Ambato, en las cuales se determinó la digestibilidad de FDN, FDA, MS y MO; adicional a esto se realizó la producción de gas in vitro. Las variables fueron analizadas mediante una ANOVA de una vía, obteniendo el 59,7 % y 55,0 % de digestibilidad *in vivo* de materia seca, materia orgánica para el T2 ante los demás tratamientos con la inclusión y sin la inclusión de acacia; mientras que, para el mismo T2 la fibra detergente neutro y fibra detergente ácida no afecta la degradación microbiana y reduce la producción de gases incubada y fermentada de los tratamientos evaluados. Concluyendo que el T2 (80% *P. clandestinum* + 20% *A. mearnsii*); y la adición de tanino condensados en un 20% mantiene la digestibilidad reduciendo la producción de gas de efecto invernadero creando una ganadería regenerativa.

PALABRAS CLAVE: Digestibilidad; Acacia; Materia seca; Materia Orgánica; Fibra detergente neutra; Fibra detergente ácida.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
POSGRADUATE DEPARTMENT

Title: EVALUATION OF THE IN VIVO DIGESTIBILITY OF DIETS WITH FOLIAGE OF ACACIA MEARNSSI IN CREOLE SHEEP.

Author: Fredy Santiago Córdova Frías

Tutor: MSc. Lucia Monserrath Silva Deley

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the in vivo digestibility of the chemical composition of diets with *Acacia mearnsii* foliage fed to Creole sheep; the leaves of this shrubby plant were collected from Patate city; then subjected to a drying process to make a pelleted food for easy administration. Four Creole sheep of a year and a half were used, the same ones that were dewormed and vitaminized, they were placed in metabolic cages for a period of 68 days; 12 days of adaptation, and 5 of sampling. Subsequently, the respective analyzes were carried out in the Ruminology laboratory at the Technical University of Ambato, in which were determined the digestibility of FDN, FDA, MS, and MO; in addition, in vitro gas production was performed. The variables were analyzed using a one-way ANOVA, obtaining 59.7 % and 55.0 % of in vivo digestibility of dry matter, organic matter for T2 before the other treatments with and without the inclusion of acacia; while, for the same T2, neutral detergent fiber and acid detergent fiber do not affect microbial degradation and reduce the production of incubated and fermented gases from the evaluated treatments. Concluding that T2 (80% *P. clandestinum* + 20% *A. mearnsii*); and the addition of 20% condensed tannins maintain digestibility, reducing the production of greenhouse gases, and creating regenerative livestock.

KEYWORDS: digestibility; Acacia; Dry material; Organic material; Neutral detergent fiber; Acid detergent fiber.

Maritza de los Ángeles Ortiz Paredes con cédula de identidad número: 1804030235, Licenciada en: Ciencias Humanas Mención Inglés con número de registro de la SENESCYT:1010-10-975855; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: Evaluación de la digestibilidad in vivo de dietas con follaje de *Acacia mearnsii* en ovinos criollos de: Fredy Santiago Córdova Frías aspirante a magister en Ciencias Veterinarias



Latacunga, mayo, 10, 2023.

.....
Maritza de los Ángeles Ortiz Paredes

1804030235

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.Justificación	3
1.2.Planteamiento del problema.....	4
1.3.Hipótesis	6
1.4.Objetivos de la investigación	6
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
2. El ovino criollo.....	7
2.1. Los ovinos en el Ecuador	7
2.2. Cambio climático y la producción ovina	8
2.3. Alojamiento en ovinos.....	8
2.4. Alimentación en ovinos.....	9
2.5. Sistemas de pastoreo en ovinos.....	10
2.6. Digestibilidad de los rumiantes.....	11
2.6.1. Digestibilidad in vitro	13
2.6.2. Digestibilidad in vivo.....	13
2.7. Degradabilidad	14
2.8. Microbiota ruminal	15
2.9. Kykuyo.....	15
2.10. Forrajes arbustivos	16
2.11. Acacia mearnsii	17
2.11.1. Descripción	17
2.11.2. Generalidades.....	17
2.11.3. Taxonomía	18
2.11.4. Bromatología.....	19
2.11.5. Taninos	19
2.12. Fibra Detergente Neutra (FDN)	20

2.13. Fibra Detergente Ácida (FDA).....	20
2.14. Producción de Gas in vitro	21

CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOS22

3.1. Ubicación Geográfica.....	22
3.2. Equipos y Materiales.....	22
3.2.1. Material experimental	22
3.2.2. Materiales de campo	22
3.2.3. Equipos.....	23
3.2.4. Materiales de laboratorio.....	23
3.2.5. Reactivos	23
3.2.6 Factores de estudio.....	24
3.2.7. Tratamiento y diseño experimental	24
3.2.8. Recolección de Acacia	25
3.2.9. Elaboración del concentrado	25
3.2.10. Inicio del trabajo de campo	25
3.2.11. Producción de gas in vitro.....	26
3.2.12. Determinación de la Materia Seca	27
3.2.13. Determinación de la Materia Orgánica y Ceniza	28
3.2.14. Determinación de la Fibra Detergente Neutra (FDN).....	28
3.2.15. Determinación de la Fibra Detergente Ácida (FDA).....	29

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN30

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES34

5.1. Conclusiones	34
5.2. Recomendación	34

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS36

CAPÍTULO VII. ANEXOS.....45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Descripción taxonómica del género Acacia (13)	19
Tabla 3.1 Tratamientos de ensayos de dietas de Acacia mearnsii	24
Tabla 4.1 Composición Química de cada uno de los cocentrados.....	30
Tabla 4.2 Digestibilidad in situ de los nutrientes de dietas para ovinos con niveles crecientes de Acacia mearnsii.....	31
Tabla 4.3 Parámetros de producción de gas (mL gas/0.500g MS) de dietas con niveles crecientes de acacia mearnsii en las dietas de ovinos	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- El estómago de un rumiante (4)	19
--	----

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Una de las pautas de la nutrición animal es determinar los requerimientos que tiene los animales para ser consumidos y transformados en carne, leche o lana (1). Nutrición animal comprende la transformación de todos los compuestos químicos tanto de forrajes y granos en carne, lana y leche, es decir que el carbono, minerales y nitrógeno que aportan los forrajes son transformados a través de los procesos de absorción, digestión y asimilación que se dan en el animal (2).

Podemos mencionar, que parte del alimento que consumen los ovinos son empleados para la mantención y es necesario para los sistemas vitales de los animales (respiración, actividad cardiaca, cerebral entre otros); preservando a si su vida, mientras que otra parte del alimento consumido lo destina al aspecto productivo, es decir producción de carne, leche y lana (1). Para que esto suceda depende siempre de la cantidad y calidad de los alimentos que disponen, así como también del estado y la edad de los animales (2).

La alimentación comprende entre el 60 a 70 % del costo total de una producción pecuaria, lo que genera un incremento para el pequeño ganadero por lo que se hace necesario buscar alternativas nutricionales existentes en las zonas, que permitan

cubrir las necesidades alimenticias y nutricionales en los diferentes animales; además la valoración de su digestibilidad para determinar el aprovechamiento por parte de él (1).

Los ovinos son rumiantes considerados así por que realizan el proceso de rumia; que es triturar los alimentos en tiempos prolongados, estos pueden ser los alimentos recién ingeridos o a su vez la masticación del alimento regurgitado; dentro del estómago de los rumiantes existe una población microbiana que cumplen la función de desdoblar la celulosa y carbohidratos (3). Todos los rumiantes aprovechan los polisacáridos de los alimentos gracias a las características del sistema digestivo; el mismo que esta dado por la acción de los protozoos, bacterias y hongos que se encuentran en el rumen; y que gracias a la acción anaeróbica generan energía a los animales (4).

El género *Bacteroidetes*, *Ruminococcus* y *Butyrovibrio*, son bacterias anaeróbicas presentes en el rumen la cual rompen enlaces β (1--->4) de los alimentos; los mismos que son fermentados y transformados en ácidos grasos volátiles como el propiónico, acético y butírico, para luego ser absorbidos y transformarlos en energía para el animal (5). La mayoría de las bacterias que se encuentran en el rumen son anaerobias obligadas y pocas son facultativas, estos pueden ser bacilos, cocos y espirilos (4).

Sánchez, menciona que “las Acacias son árboles arbustivos que se encuentran en las zonas tropicales y subtropicales de todo el planeta, pueden crecer entre 5 a 10

metros, las hojas pueden ser perennes o caducas dependiendo del clima donde se encuentran. Las semillas se encuentran en un fruto seco que puede ser aplanado o subcilíndrico” (6). Es originario de Australia, al principio se comercializaba como leña, se encuentran en las zonas tropicales húmedos y cálidos templados secos; puede durar 10 a 15 años es decir es de ciclo corto y fija nitrógeno en el suelo aproximadamente unos 200 kg/ha/año (7).

1.1. Justificación

En un estudio realizado en México nos indica que los follajes tropicales tienen una proteína cruda (PC) de mejor calidad, así como también un contenido de FDN y FDA menor a las gramíneas, el promedio de concentración de taninos es de 18%; con respecto al consumo voluntario de MS, MO, FDN, FDA, fue similar entre el follaje de árboles tropicales vs las gramíneas (8).

Aragadvay R. manifiesta que, la producción de CH₄ y de gas es menor en las plantas arbóreas que contienen altos niveles de tanino, esto porque está en relación con la producción de H₂ en el rumen; mientras que la atenuación de gas y metano está relacionado con el contenido de nutrientes, así como también la digestión de MS, H₂ en el rumen (9).

Chimborazo W. indica que, las plantas arbóreas incrementan los niveles de producción de gas debido a los niveles de taninos condensados y saponinas; esto posiblemente a que las saponinas tienen efecto anti protozoarios metanogénicos el mismo que atribuye a la unión de las saponinas con el colesterol provocando lisis y

muerte celular; mientras que los taninos comprimen la formación del hidrógeno ruminal (9, 10).

Pulluquitín M. menciona que, las leguminosas arbóreas como la *Acacia mearnsii* son alternativas para incluir en las dietas de los rumiantes, esto porque tiene un buen consumo voluntario, mayor contenido de nutrientes y tienen mayor preferencia en comparación con otras leguminosas arbóreas (7).

Con lo anteriormente mencionado, se plantea la siguiente investigación con la finalidad de determinar el consumo voluntario y la digestibilidad de materia seca (MO), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y ceniza, de los ovinos en estudio.

1.2. Planteamiento del problema

La implementación de TC en dietas superiores al 7 % de TC de la MS así como la adición de más del 30% de follaje de plantas arbóreas, reduce la digestibilidad y el consumo voluntario de una ración; pero durante el estudio que realizan Piñeiro-Vázquez M. y otros, al adicionar 30 % de follaje de plantas arbóreas comprueban que no existe efecto sobre consumo de FDN, MS, FDA y MO; considerando que estas proporcionaron menor cantidades de Fibra detergente ácida y Fibra detergente Neutra (8, 13).

Hernández J., en una tesis de grado concluye que, la administración de forrajes arbustivos en la dietas para los rumiantes como son las acacias, son bien aceptadas

por los animales, logrando así mejorar la producción de carne y leche de calidad, reduciendo los costos de producción; además este arbustos se puede llegar a cultivar tanto en las fincas de alto andino como del trópico en sistemas silvopastoriles (11).

Los animales prefieren ciertas especies de plantas debido a sus características como palatabilidad y valor nutritivo; cabe mencionar que los ovinos, aunque consumen hiervas y pastos, también los arbustos y árboles forrajeros lo hacen parte de su dieta diaria, podemos considerar que las hojas de estas plantas son de alta calidad nutritiva (12).

La adición de Acacia en las dietas tiene mejor digestibilidad tanto de MO y MS, mientras que en el pH del rumen no existe ningún cambio; en la producción de gases y CO₂ es menor que otras dietas sin la adición de la Acacia (13).

La producción de gases de efecto invernadero, influyen en la destrucción de la capa de ozono; y se manifiesta que los rumiantes como son los bovinos representan al 87 % de la emisión de estos, mientras que el 7% corresponde a los ovinos. Ante estas circunstancias se pretende hoy en la actualidad tener una ganadería climáticamente inteligente; donde se trate de alimentar a los animales con suplementos que reduzcan estas emisiones de gases, facilitando así la disminución de la producción de metano para evitar la destrucción de la capa de ozono.

1.3. Hipótesis

La *Acacia mearnsii* es una planta arbórea palatable de fácil absorción y digestión que brinda buenos beneficios para mejorar la ganancia de peso y conversión alimenticia logrando alcanzar una buena producción de carne y lana.

Hipótesis nula: La adición de *Acacia mearnsii* como parte de una ración alimenticia para ovinos no afecta la digestibilidad.

Hipótesis alternativa: La adición de *Acacia mearnsii* como parte de una ración alimenticia para ovinos afecta la digestibilidad.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar la digestibilidad in vivo de la composición química de las dietas con follaje de *Acacia mearnsii* utilizados en la alimentación de ovinos criollos.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la composición química de las dietas de *Acacia mearssi* utilizadas en la alimentación de los ovinos criollos.
- Determinar la digestibilidad de la materia orgánica, Fibra detergente neutra (FDN) y la Fibra detergente ácida (FDA), de cada uno de dietas *de Acacia mearssi* utilizadas para la alimentación de los ovinos criollos.

CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2. El ovino criollo

Son especies que se adaptan con facilidad a zonas agroecológicas diferentes; fueron traídos por los españoles en el siglo XVI (14) . El ovino es una animal que se adapta a un manejo y clima extremos, se caracteriza por ser rustico y tener una prolificidad media, un nivel bajo de productividad en carne y lana, los carneros pesan de 20 a 30 kg, y el peso del vellón promedia a 1,5kg; en el país hoy en la actualidad es la raza con mayor población (14, 16) .

La principal producción de lana en el Ecuador es gracias a la explotación ovina que existe en nuestro país (17). Los pequeños rumiantes criollos pesan de 15 a 25 kg las hembras, motivo por el cual el consumo de forraje es menor en comparación con los ovinos de raza. Estos animales son ligeros e idóneos para realizar caminatas más largas en el pastoreo, resisten a enfermedades por ser rústicos y son de mejor valor para los ganaderos que se dedican a la crianza de ovinos (15).

2.1. Los ovinos en el Ecuador

Los ovinos en el país han sido considerados como un medio de ingresos y de vida para las personas, ya que hoy en el Ecuador la industria textil ha ido creciendo tanto en la manufactura de telas, vestidos y producción de leche; logrando industrializar

estos productos generados por la crianza de las ovejas (14, 16). Existen a nivel nacional muchas hectáreas de páramos abandonados, lo que la producción de ovinos solucionaría estos problemas, ya que son mal aprovechados estas extensiones de terrenos (16). Podemos además mencionar que la mayor producción de estos pequeños rumiantes están dedicados a la crianza los campesinos, que son el medio de subsistencia de ellos (17). Esto no quiere decir que la crianza de estos es solo para los más pobres, ya que los ovinos producen pieles, leche, abono, lana y carne (16).

2.2. Cambio climático y la producción ovina

El 50 % de la superficie terrestre son ocupadas por las regiones calientes, pudiendo extenderse este porcentaje debido al calentamiento global; esto ha provocado variaciones impredecibles de las épocas, la cantidad de lluvia perdida de cobertura vegetal y aumento de lugares desérticos en el mundo (16). Generando así una disminución en la disponibilidad del pasto y la calidad del mismo (18). Esto podría ser una amenaza para la sustentabilidad y sostenibilidad de la producción de los pequeños rumiantes (19) . Sin embargo, hay que considerar que los ovinos son una especie doméstica que soporta condiciones extremas a diferencia de otras; convirtiendo así en una opción de producción en zonas áridas y semi-áridas con baja disponibilidad de pastos (18).

2.3. Alojamiento en ovinos

Los alojamientos para los ovinos en un sistema intensivo cumplen un factor muy importante para la producción; existiendo así a nivel de suelo o elevado, esto por el

material de cama utilizado, logrando cumplir una de las cinco libertades del bienestar animal (20). Generalmente los alojamientos son usados especialmente en las hembras antes del parto y para las crías hasta su destete (21). Los corrales deben ser elevados y contar con rejillas de metal o plástico que permite o facilita la eliminación de las heces. Tanto los corrales elevados como los que van sobre el suelo son construidos con materiales como madera metal piedra entre otros (20).

Se considera que la nave es el hogar donde viven los ovinos, es por ello que se debe proporcionar una buena condición ambiental que asegure un buen bienestar animal para que de esta forma se alimenten, beban y expresen los comportamientos naturales de ellos (22). Si existe demasiado frío estos deben tener un sistema de calefacción con la finalidad de proteger a los animales (21). Estos deben tener las siguientes características: un número determinado de animales, buenos sistemas de parideras, el rebaño debe ser organizado y separado por lotes los mismos deben tener una buena alimentación (22).

2.4. Alimentación en ovinos

Tanto la proteína, energía y materia seca que el animal consume son importantes para tener un rebaño bien nutrido; logrando así potencializar la producción corrigiendo el desbalance nutricional (23). Los ovinos requieren de alimentos concentrados debido a que la mayoría de estos son criados en lugares donde no existe mucha agua (17). El sistema gastrointestinal de estos es especializado ya que ha evolucionado por la selección de alimento para su supervivencia; es decir

consumen tanto pajas, pastos, leguminosas, arbustos y forrajes con un nivel bajo de nutrientes y de difícil digestión (23).

En el estómago de los ovinos poseen un hábitat ideal que sirve para el desarrollo de microorganismos; la temperatura es constante esta entre 36 a 40 °C, tanto la saliva y el agua generan un ambiente ideal para la actividad y crecimiento microbiano. Para que exista el contacto entre los microorganismos y los alimentos ingeridos es importante la motilidad del estómago; una vez realizados los procesos de fermentación estos son evacuados por eructación y absorción sanguínea, además se puede mencionar que el rumen trabaja como un fermentante en un sistema continuo como se puede apreciar en la figura 1 (4).

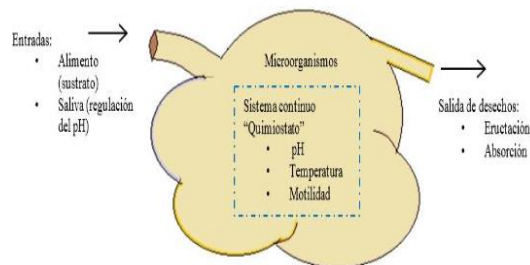


Figura 1 El estómago de un rumiante (4).

2.5. Sistemas de pastoreo en ovinos

Son sistemas alternativos para manejar praderas en pastoreo, con la finalidad de mantener una producción elevada, de calidad y equilibrada de las especies forrajeras sembradas para que la producción sea rentable en la ganadería ovina. Dentro de los más utilizados para los ovinos son (24).:

- Pastoreo continuo: donde el ovino permanece en el mismo potrero por un tiempo prolongado.
- Pastoreo rotativo: las pasturas son divididas por medio de cercos y los animales rotan constantemente.
- Pastoreo diferido: algunos potreros se dejan en reposo por un periodo de tiempo antes de iniciado el verano, para usarlos en ese período de tiempo.
- Pastoreo mixto: aquí se utilizan otros tipos de animales como los bovinos, caprinos y ovinos con la finalidad de aprovechar la producción

2.6. Digestibilidad de los rumiantes

La digestibilidad está dada por fermentación, dentro de los cuales actúan bacterias hongos y protozoos. Gran parte de las bacterias son anaeróbicas estrictas, pero también pueden encontrarse microorganismos facultativos; los hongos desempeñan un papel importante para la digestión de las células vegetales en la pared de estas (25). “Las bacterias cumplen la función de: fermentación de hidratos de carbono, asimilan, sintetizan las proteínas y complejo B. Los protozoos controlan la población bacteriana, ingieren partículas y almacena hidratos de carbono. Los hongos se encargan de la digestión de la pared celular” (26).

La fermentación de los carbohidratos activa el crecimiento de microorganismos en el rumen generando así ácidos grasos volátiles: acético, propiónico y butírico, lo que produce la síntesis de biomasa microbiana (25). La conformación de la pared

celular está relacionada con la degradación de vegetales, es decir que la lignina es una restricción para la fibra (27). Cuando los carbohidratos son combatidos por las enzimas liberan a la glucosa, monosacáridos y polisacáridos de cadena corta, estas enzimas como la amilasa que actúa en los carbohidratos transformando en maltosa e isomaltosa, la maltosa y maltasa fosforilasa convierten la maltosa en glucosa (22, 23).

Las proteínas como están compuestos de carbono son más vulnerables, este compuesto reduce la producción de energía de los microorganismos anaerobios (25). Hay dos proteínas: las verdaderas o pasante y la proteína proveniente de nitrógeno no proteico. Las pasantes escapan de la acción de los microorganismos y en el intestino son aprovechadas por las enzimas (proteasa, amilasa y lipasa) (26).

Las células microbianas utilizan péptidos para formar proteínas propias obteniendo energía de los AGV. Para entrar a las rutas de los AGV los aminoácidos se esparcen para liberar amoníaco (25), el amoníaco es absorbido por la pared ruminal y llega al hígado por vía sanguínea donde se transforma en urea. Ésta llega a las glándulas salivales y se recicla. Otra porción pasa a los capilares sanguíneos y retorna al rumen, siendo estas las proteínas provenientes de nitrógeno no proteico (26).

Los lípidos más importantes en la alimentación de los rumiantes son los que contienen ácidos grasos: triglicéridos, glucolípidos y fosfolípidos. En el rumen son transformados en lipólisis y biohidrogenación; lipólisis es la liberación de ácidos grasos entre los cuales tenemos los triglicéridos, glicolípidos y fosfolípidos.

Mientras que, la biohidrogenación son enlaces dobles existentes en los ácidos grasos liberados (25). Los que salen del rumen son ácidos grasos saturados de origen alimentario y microbiano, que son las porciones que se absorben en el intestino. Los ácidos grasos disponibles para el metabolismo hepático provienen de síntesis de Novo, reservas citoplasmáticas triglicéridos, ácidos grasos no estratificados (28).

2.6.1. Digestibilidad in vitro

Para realizar el proceso de digestibilidad in vitro se lo realiza en laboratorio; es decir que es ahí donde se determina la digestión de alimentos, que quieren ser estudiados para ponerlos a prueba en los animales; para este proceso las muestras de cada una de las dietas en estudio son colocadas en pequeñas bolsas (29), estas son puestas con líquido ruminal en jarras y son mezcladas con solución buffer e incubadas en un tiempo de 1, 2, 3, 9, 24 horas (30). Finalizado el período de incubación se añade 40 ml de HCL y 8 g de pepsina, se coloca en la incubadora por un período de 24 horas para luego secar cada una de las bolsas durante 8 minutos a 105 °C. . Para determinar la digestibilidad in vitro de la materia seca se calcula la diferencia entre el alimento incubado con el residuo sobrante después de la incubación (29).

2.6.2. Digestibilidad in vivo

La digestibilidad in vivo consiste en establecer un nivel apropiado entre los nutrientes que ingresan, producto de los alimentos y los que son evacuados por medio de las heces (31). Además es considerado como el método de digestibilidad

aparente y es utilizada para medir la digestión de nutrientes (13). Existen dos métodos el de recolección total; en este se recolecta de una forma cuantitativa las heces evacuadas de uno o varios alimentos. La ventaja de este método es que sirve para evaluar dietas vivas y piensos; mientras que el método con indicador, se utiliza un marcador inherente indigerible (óxido crómico), para prevenir los problemas en la recolección cualitativa. Una de las ventajas es que no se requiere de una recolección total, sino más bien se necesita una sola muestra que contenga el indicador y que sea tomada al azar (31).

2.7. Degradabilidad

Es la capacidad de descomponer los alimentos en componentes menos complejos para que sean absorbidos por los animales (32). La degradabilidad en laboratorio facilita información de los alimentos a las partes solubles y lentamente degradables; tasa de asimilación y degradación viable y efectiva. Para medir los niveles de degradación los alimentos a estudio se colocan en fundas porosas que no son disueltas (33). Es así que, podemos mencionar que para determinar la degradabilidad de los alimentos la AFRC, planteó la técnica de degradación in situ como un modelo para comparar con los que se obtiene in vivo (32).

Una de las técnicas usadas, consiste en el contacto del ambiente ruminal con el alimento en estudio (32). Estos son colocadas en bolsas a las cuales se aplica las diferentes muestras del alimento en estudio; para luego colocarlos en el rumen por tiempos definidos para observar si han desaparecido (33). Este es la mejor forma de

simular, a pesar de que el alimento no está sujeto a todos los procesos digestivos como la rumia y la masticación (32).

2.8. Microbiota ruminal

El estómago de los rumiantes está conformada por una diversa comunidad microbiana cuya dependencia a sus funciones metabólicas son altamente específicas (34). Existen una diversidad y una cantidad excesiva de microorganismos presentes, las mismas que cambian de acuerdo a la alimentación; en el rumen el ambiente es propicio para el desarrollo microbiano gracias a la humedad, pH, temperatura y motilidad (32).

Dentro de los microorganismos que podemos encontrar en el rumen son: protozoos, bacterias, virus, hongos y arqueas metanogénicas; cerca de 10000 millones de bacterias es la población del rumen. Siendo estos en su mayoría cocos o bastones, existen 40 especies de protozoos , 30 especies de hongos y 14 especies de arqueas metanogénicas; estos pueden ser afectados por la edad, la especie y la dieta a los cuales están expuestos los rumiantes (31, 32).

2.9. Kykuyo

Es originaria de las zonas altas del este y centro del África; con precipitaciones entre los 1000 y 1600mm(36), es una especie rizomatosa que tiene ramas erectas, muy fornida y es perenne (37). Se caracteriza por tener un crecimiento agresivo y vertiginoso de los estolones y rizomas que tiene (38). Es una gramínea palatable

para el ganado ovino, posee una fuente de proteína aceptable la misma que depende de la defoliación y su fertilización (37),

De acuerdo con condiciones ambientales y el manejo de las pasturas la morfología del kikuyo se ve afectado (39); existiendo acumulación de la lignina en las paredes celulares, provocando la disminución de la digestibilidad de los carbohidratos y reduciendo la energía fermentable (40). El 60 y 70% de la MS es digestible, mientras que el potasio, fosforo, calcio y magnesio son convenientes en comparación con otras especies (37).

2.10. Forrajes arbustivos

En el mundo se encuentran desarrollando esfuerzos para obtener una fuente de alimento con alto potencial proteico y nutricional, disponibles en cada una de las zonas donde se realiza la crianza de los distintos animales, y dentro de estos podemos mencionar a los arbustos forrajeros (41). Los forrajes tropicales por la calidad de nutrientes que tiene son utilizados como una alternativa de alimento en los animales (42).

Las vainas de las plantas arbóreas nativas de las zonas tropicales como la *Leucaena*, contienen propiedades medicinales las mismas que usan para controlar enfermedades de origen gastrointestinal; así como también estudios indican que es un nematocida por lo que se puede controlar la larva de *Haemonchus Contortus*; siendo este un parásito que afecta a todos los sistemas productivos de pequeños

rumiantes y por el uso indiscriminado de fármacos este nematodo está siendo resistente (41, 43).

El follaje de los árboles tropicales, una vez realizado un análisis bromatológico tienen proteína cruda (PC) de mejor calidad a diferencia de otros alimentos; así como también FDN y FDA menor a lo que encontramos en las gramíneas. Podemos mencionar también, que la cantidad de taninos condensados (TC), es de 130 a 220 g/Kg de MS siendo altas en comparación con otras plantas usadas para la alimentación de rumiantes (8).

2.11. Acacia mearnsii

2.11.1. Descripción

Es un árbol pequeño cuya altura oscila entre 7 a 10 m, tienen una forma cónica y sus ramas pueden llegar al suelo; estas son pubescentes y angulosas, tiene un color oscuro y son ásperas en el tallo principal, su corteza es suave y en las plantas más jóvenes su color es marrón verdoso (13). Tienen muchas flores y su color es pálido amarillo, sus rabillos son dorados los cuales miden de 5 a 8 mm de largo; las vainas miden de 5 a 10 cm, estas son uniformes casi en su totalidad pueden ser de color negro a gris amarronada (44).

2.11.2. Generalidades

Esta planta arbórea, es originaria de Tasmania y del sur este de Australia; posteriormente fue introducida a Sur América, Asia, Norte América, Nueva Zelanda, islas del Pacífico y África. También se encuentran en las zonas lluviosas

de los bosques tropicales (44). Cumplen un rol importante en el ecosistema de su país de origen, porque protegen de la erosión del suelo e incendios forestales que son propensos en este estado. La *Acacia mearnsii* fija al suelo nitrógeno atmosférico; logrando que otras especies usen como hidrógeno biosférico ya que es producto de la asimilación intrínseca de las bacterias que se encuentran en los nódulos de las raíces expansivas, logrando así la regeneración de las malezas posteriores a los incendios (13).

2.11.3. Taxonomía

Existen más de 1000 variedades de *Acacia* por detrás de la familia más grande del género de las *Fabaceae*, *Astragalus* con más de 3000 especies (13). La descripción taxonómica se describe en la tabla **2.1**

Tabla 2.1 Descripción taxonómica del género *Acacia*.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Mimosoidea
Género	<i>Acacia</i>

Fuente: (13).

2.11.4. Bromatología

Según Pulliquitín M., en un estudio realizado sobre el consumo de leguminosas arbóreas manifiesta que, esta especie está compuesta de: Proteína 15,96%, energía 19,08 Kg/g, MS 38,22%, FDA 15,6%, FDN 15,6%, MO 94,73%, TC (taninos condensados) 18,44% y ceniza 5,27% (7). Mientras que, según la FAO la composición nutricional de la *Acacia* en las hojas es: Proteína 13,92%, FDN 47,95%, FDA 18,48, Hemicelulosa 29,47%, Ceniza 9,75%, Energía bruta 4271,25 kcal.kg-1MS, Lignina 5,01% (45).

2.11.5. Taninos

De la *Acacia mearnsii*, pueden ser extraídos los taninos condensados que son compuestos de polímeros y oligómeros (46). Tienen la capacidad de producir complejos de carbohidratos y proteínas logrando reducir la degradación en el rumen

(47). La producción de los taninos en estas plantas arbóreas va a variar dependiendo la densidad de producción (48).

El consumo en rumiantes de taninos condensados (TC), de bajos a moderados, producen menores emisiones de metano; y estos taninos se pueden encontrar en muchas plantas a nivel mundial (49). Estos tienen la facilidad de eliminar algunos metales pesados como el Cu, Cr y el Hg, además, aumenta la actividad cuagulante-floculante que recibe el nombre de Mannich que se da por una modificación química (46).

2.12. Fibra Detergente Neutra (FDN)

Es utilizada con la finalidad de determinar la cantidad de comida que es ingerida por los animales; además, nos permite conocer la calidad de alimento que está consumiendo (50), mediante estos análisis se puede comprobar las sustancias asimilables como es la hemicelulosa, celulosa, lignina y cutina (51).

2.12.1. Fibra Detergente Ácida (FDA)

Esta es utilizada con la finalidad de determinar la cantidad de energía que es ingerida por los animales; la misma que nos ayuda para determinar cuánto de alimento se debe suministrar (50), estos análisis me permiten saber los componentes que se encuentran en la pared celular tales como la celulosa, la lignina y la cutina (51).

2.13. Producción de Gas in vitro

Es una técnica usada para medir los efectos de los alimentos, aditivos y dietas; son usadas desde el siglo XX con la finalidad de ver la fermentación ruminal (52); así como también los efectos secundarios de los compuestos de diferentes alimentos dentro de la microbiota ruminal (53); estos sistemas han sido usadas largamente con la intención de detectar rápidamente 132 sustancias químicas, extractos e ingredientes dietéticos de plantas que producen emisión de CH₄ (54).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación Geográfica

Esta investigación se llevó a cabo en la granja del Instituto Superior Tecnológico “Benjamín Araujo”, ubicado en el cantón Patate provincia de Tungurahua; sector Macaló a unos 8 Km vía a Leito con una altitud de 2254 msnm, cuyas coordenadas son 1°19'14" de latitud Sur y 79°29'50" longitud Oeste. Además, los análisis se realizaron en el laboratorio de Ruminología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato de la Provincia de Tungurahua; ubicada a 1 Km de la vía Quero – Cevallos.

3.2. Equipos y Materiales

3.2.1. Material experimental

- Heno de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)
- Hojas de Acacia (*Acacia mearnsii*)

3.2.2. Materiales de campo

- Jaulas Metabólicas
- Balanza
- Cooler

- Fundas de sellado fácil

3.2.3. Equipos

- Molino
- Peletizadora
- Mufla
- Balanza analítica
- Estufa
- Analizador de Fibra
- Transductor de precisión

3.2.4. Materiales de laboratorio

- Mortero
- Bolsas para Fibra
- Acetona
- Vaso de precipitación
- Varilla agitadora
- Frascos de color ámbar

3.2.5. Reactivos

- Sulfito de Sodio
- Alpha amilasa
- Detergente neutro
- Ácido Sulfúrico

3.2.6 Factores de estudio

Diferentes dietas de *Acacia mearnsii* en ovinos criollos

- **Tratamientos**

Los animales se distribuyeron en cuatro grupos con los siguientes tratamientos como se aprecia en la tabla 3.1

Tabla 3.1 Tratamientos de ensayos de dietas de *Acacia mearnsii*

T1	Forraje 100%
T2	Forraje 80% <i>Acacia mearnsii</i> 20%
T3	Forraje 60% <i>Acacia mearnsii</i> 40%
T4	Forraje 40% <i>Acacia mearnsii</i> 60%

3.2.7. Tratamiento y diseño experimental

Para esta investigación se manejó en dos etapas, la primera consistía en administrar un concentrado a base de acacia + heno de kikuyo en 3 niveles diferentes más un testigo (Heno 80% acacia 20%; heno 60% acacia 40%; heno 40% acacia 60% y Heno al 100%), y un testigo el cual no se adicionaba nada; la segunda etapa se llevó a cabo en el laboratorio donde se realizó los respectivos análisis de FDN y FDA del alimento y de las heces, así como también la MO y la ceniza. Adicional a esto se realizó producción de gas in vitro.

Se utilizó un diseño de cuadrado latino 4x4 con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Todas las variables se analizaron según el diseño planteado mediante

una ANOVA de una vía usando el PROC GLM de SAS. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 95%.

3.2.8. Recolección de Acacia

El 7 de marzo del 2022, en el sector de Patate de la provincia de Tungurahua se empezó la recolección de las hojas de Acacia (*Acacia mearnsii*), (**anexo 1**), durante un periodo de 4 semanas; estas fueron secadas bajo sombra por un lapso de 5 días para su respectiva adición a cada una de las dietas.

3.2.9. Elaboración del concentrado

En la planta de balanceados de la Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias, se procedió a la molienda de la Acacia y del heno, (**anexos 2 y 3**); luego de realizar los respectivos cálculos se adicionó las cantidades correspondientes a cada uno de los tratamientos, finalmente se procedió al peletizado de cada una de las mezclas en sus respectivas dietas (**anexos 4, 5 y 6**).

3.2.10. Inicio del trabajo de campo

Para el trabajo de campo se usaron 4 ovinos de 1 año $\frac{1}{2}$ de edad, los cuales fueron sometidos a jaulas metabólicas (**anexo 7**); estas tenían un sistema de recolección de heces y un área de 1,80 m de ancho x 2 metros de largo. Los animales fueron desparasitados con Endogard 30, se utilizó una tableta por cada ovino. La alimentación que recibieron era a base de una mezcla forrajera (heno) y la adición de *Acacia mearnsii* (**anexo 8**), el mismo que fue peletizado para facilitar el consumo de las dietas respectivas. Estos animales tenían un periodo de adaptación

de 12 días y 5 de toma de muestra para cada ovino y cada tratamiento, es decir durante un lapso de 68 días, para posteriormente realizar los respectivos análisis en el laboratorio de Ruminología de la Universidad Técnica de Ambato.

3.2.11. Producción de gas in vitro

Para la producción de gas in vitro se extrajo el contenido ruminal (fracción líquida y sólida), de toros (n=6). Este contenido se recolectó antes de la alimentación por la mañana y se almacenó en recipientes de plástico, transportándose al laboratorio para ser procesado dentro de la primera hora de la recolección. La preparación de medios ricos en nitrógeno (saliva artificial), se llevó a cabo tal como lo describen Menke y Steingass.

La producción de gas se estableció utilizando la metodología descrita por Theodorou et al. que consiste en colocar 0,500 g de muestra de cada uno de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 en botellas de vidrio color ámbar de 100 ml de capacidad. Aproximadamente 60 ml del inóculo (70:30 medio; saliva artificial/inóculo; contenido ruminal) se incubaron en las botellas bajo un flujo constante de CO₂.

Los frascos se incubaron entre 39-40 °C, y se tomaron manualmente medidas de presión y volumen de gas en los siguientes tiempos 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 72 y 96 horas después de la incubación con un transductor de presión (DO 9704, Delta OHM, Casella, Italia) y jeringas de plástico (**anexo 15**).

Para cada tratamiento, se usaron 6 botellas y tres botellas adicionales se usaron como blanco. Al final de las 96 h, los datos se ajustaron a la ecuación monobásica $mL \text{ gas} = GV (1 + (B/t)C)^{-1}$ descrita por Groot et al. Adicionalmente, se incubaron seis frascos más por cada tratamiento hasta por 48 horas para estimar la digestibilidad *in vitro* de MS y MO. Los datos de gas se reportaron en mL/0.500 g de MS fermentada.

3.2.12. Determinación de la Materia Seca

La MS tanto del concentrado como de las heces, se lo determinó mediante el método de secado en la estufa; para lo cual se procedió a colocar las fundas de papel en la estufa a 60 °C por un tiempo de 20 minutos, con la finalidad de eliminar el grado de humedad de estas; una vez realizado este proceso se pesó en una balanza de precisión, las fundas se etiquetaron con un código por cada uno de los tratamientos **(anexo 14)**.

A estas fundas fueron adicionadas los respectivos concentrados, así como también las heces para posteriormente colocarlos a la estufa a una temperatura de 60 °C por un lapso de 24 horas; una vez transcurrido este tiempo fueron pesadas. Como no tenían peso estándar fueron ingresadas nuevamente a la estufa hasta obtener el peso deseado. Ya con el peso ideal se procedió al cálculo respectivo para saber el porcentaje de materia seca tanto del concentrado y de las heces de los animales en estudio, así como también el cálculo de la digestibilidad de estos.

3.2.13. Determinación de la Materia Orgánica y Ceniza

Para la determinación de la materia orgánica y la ceniza tanto de las heces como del alimento, se procedió a introducir en la estufa los crisoles a una temperatura de 60 °C por un tiempo de 15 minutos; este proceso tiene como finalidad eliminar la cantidad de humedad de estos recipientes para posteriormente realizar el pesado.

Una vez pesado los crisoles se procede a agregar 30 gr del concentrado y de las heces de los ovinos de cada uno de los tratamientos. Se introdujo los crisoles a la mufla a una temperatura de 600 °C por un tiempo de 4 horas (**anexo 13**), una vez transcurrido este tiempo se procede a retirar de la mufla (**anexo 12**), y se pesa con la finalidad de que los datos obtenidos se procedan a realizar los respectivos cálculos para la determinación de la Ceniza y Materia Orgánica y digestibilidad de estas.

3.2.14. Determinación de la Fibra Detergente Neutra (FDN)

Para este proceso, se colocó las bolsas de filtro de poliéster (FILTER BAGS ANKOM), en la estufa a una temperatura de 60 °C por un tiempo de 20 minutos; transcurrido este tiempo se procedió al pesado y etiquetado de cada una de estas (**anexo 9**), luego de ello adicionar y pesar las heces y el concentrado morterizado en estas bolsas.

Estas son selladas y colocadas en la máquina analizadora de FDN (**anexo 11**), ya ingresado ahí se procede a programar, para dar inicio al llenado del detergente neutro, una vez que llega a una temperatura de 60 °C, se adiciona sulfito de sodio

y Alpha amilasa (**anexo 10**); con la finalidad de permitir que los azúcares y los almidones sean solubles. Se cierra la maquina y se deja que realice el proceso programado, que es en un tiempo de 1 hora 20 minutos; transcurrido el tiempo se retira las bolsitas y se procede a exprimir cada una de estas, para luego pasarla a una solución de acetona y finalizar el proceso de lavado. Retirado de esta solución se procede a exprimir y luego es colocado en la estufa a una temperatura de 106 °C por un tiempo de 2 horas. Se saca de la estufa y se procede a pesarlo, ya con los pesos se realiza los respectivos cálculos para la determinación del FDN y digestibilidad.

3.2.15. Determinación de la Fibra Detergente Ácida (FDA)

Una vez finalizado con el pesaje de las bolsas de filtro de poliéster (FILTER BAGS ANKOM), procedentes del lavado detergente neutro, son colocadas nuevamente en la máquina de determinación de fibra. Puestas ahí se procede a programar para poder determinar la Fibra Detergente Acida (FDA). Se da inicio al análisis una vez que se llena la cámara con el detergente ácido; el mismo que es preparado con ácido sulfúrico. Para su respectivo análisis inicia a una temperatura de 60 °C, se procede a cerrar la cámara y se deja por un tiempo de una hora y veinte minutos; transcurrido este tiempo las bolsas de poliéster son retiradas de la maquina y se procede a exprimirla para posteriormente realizar un lavado con cetona por un tiempo de 5 minutos. Luego de ello estas bolsas son exprimidas y llevados a la estufa a una temperatura de 106 °C por un tiempo de 2 horas para finalmente ser pesadas y proceder a sus respectivos cálculos de determinación de FDA y digestibilidad de la misma.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **tabla 4.1** se puede apreciar la composición química de cada uno de los concentrados administrados a los ovinos en estudio, los mismos que se puede considerar que, para el T1 y T2 se encuentra mayor cantidad de fibra (celulosa, hemicelulosa y lignina), disponible por consecuente una mayor capacidad de síntesis microbiana.

Tabla 4.1 Composición Química de cada uno de los concentrados

TRATAMIENTOS	% MS	%MO	%CENIZA	%FDN	%FDA
T1 H	87,93	92,18	7,82	68,45	38,30
T2 H 80 A 20	88,39	92,66	7,34	60,15	33,56
T3 H 60 A 40	89,22	92,69	7,31	53,48	32,70
T4 H 40 A 60	88,08	94,12	5,88	50,97	31,54

En la **tabla 4.2** se puede apreciar los resultados de la digestibilidad *in vivo* de materia seca, materia orgánica, fibra detergente neutro y fibra detergente ácida, misma que fue mayor ($P < 0.05$) en los tratamientos con 100% *P. clandestinum* (T1) y el 80% *P. clandestinum* + 20% *A. mearnsi* (T2). Mientras que el tratamiento con menor ($P > 0.05$) digestibilidad *in vivo* fue el 40% *P. clandestinum* + 60% *A. mearnsi* (T4), mostrando una diferencia de entre 15% con respecto a los tratamientos con mayor digestibilidad.

Tabla 4.2 Digestibilidad in situ de los nutrientes de dietas para ovinos con niveles crecientes de *Acacia mearnsii*

	Digestibilidad de los nutrientes (%)			
	MS	MO	FDN	FDA
T1	64.4a	58.1 ^a	50.8 ^a	40.2a
T2	59.7a	55.0a	47.5 ^a	37.6a
T3	43.0b	38.3b	32.6b	28.3b
T4	31.3c	29.8c	27.4b	24.2b
EEM	3.40	1.54	2.43	1.20
Valor P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

^{a-c} Medias con diferente letra entre columna difieren significativamente (p<0.05). T1: 100% *P. clandestinum* T2: 80% *P. clandestinum* + 20% *A. mearnsii* T3: 60% *P. clandestinum* + 40% *A. mearnsii* T4: 40% *P. clandestinum* + 60% *A. mearnsii*. EEM: error estándar de la media. MS: materia seca. MO: materia orgánica. FDN: fibra detergente neutro. FDA: fibra detergente ácida

Los taninos condensados (TC), pueden generar efectos positivos o negativos en la digestión y salud de los rumiantes. Esto dependerá del tipo, fuente, dosis, peso molecular, composición química de la dieta y la adaptabilidad de los animales a su consumo (55,56,57). Bajo estas perspectivas, la menor digestibilidad *in situ* de MS, MO, fue el T4 en comparación del T1 con un (33.1%) y (28.4%) para el T2 respectivamente (**Tabla 4.2**); probablemente se deba al aumento de taninos en la dieta. Mientras que para la digestibilidad de FDN y FDA, por la escasa disponibilidad de fibra disponible en el T4 fue menor, a diferencia del T1 con un (23.4%), (16.0%), en respuesta a la creciente incorporación de *A. mearnsii* y su posible efecto sobre bacterias encargadas de la degradación de carbohidratos, proteínas y lípidos (58).

Efecto probablemente atribuido a: **i)** la actividad antimicrobiana de los taninos, en respuesta a cambios estructurales inducidos en la pared celular de las bacterias, atribuido a la interacción del tanino con enzimas extracelulares secretadas, **ii)** alteración de la membrana celular, **iii)** inhibición del metabolismo microbiano, **iv)** déficit de nutrientes para el crecimiento bacteriano y, **v)** reducción de la

disponibilidad de cationes, esenciales para la subsistencia de los microorganismos (59).

La producción total de gas en mL gas/0.500g MS Fermentada fue menor ($p=0.0001$) en el tratamiento con 100% *P. clandestinum* (T1) mostrando una diferencia de aproximadamente 1000 mL gas/0.500g MS Fermentada respecto al tratamiento que produjo más gas (40% *P. clandestinum* + 60% *A. mearnsii*: T4). Y la producción total de gas en mL gas/0.500g MS Incubada fue mayor en el tratamiento de 100% *P. clandestinum* (T1), mostrando una diferencia de aproximadamente 14,8 mLgas/0.500 g MS incubada con el tratamiento 80% *P. clandestinum* + 20% *A. mearnsii* (T2), con respecto al tratamiento de 40% *P. clandestinum* + 60% *A. mearnsii* (T4) que tubo una producción de gas incubada de ($P=0.0001$), (Tabla 4.3).

Tabla 4.3 Parámetros de producción de gas (mL gas/0.500g MS) de dietas con niveles crecientes de acacia mearnsii en las dietas de ovinos

	Producción de gas mL gas/0.500g MS Fermentada			Producción de gas mL gas/0.500g MS Incubada		
	PG	b	C	PG	b	c
T1	585.0d	68.3c	1.106 ^a	262.8a	200.0a	0.714d
T2	989.7c	71.4bc	1.022b	248.0ab	131.0b	0.811c
T3	1038.9bc	130.8ab	0.811c	212.1b	71.2c	1.022b
T4	1572.6a	202.0a	0.714d	215.8b	68.2c	1.106a
EEM	57.582	15.845	0.030	10.159	15.276	0.030
Valor P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

^{a-c} Medias con diferente letra entre columna difieren significativamente ($p<0.05$). T1: 100% *P. clandestinum* T2: 80% *P. clandestinum* + 20% *A. mearnsii* T3: 60% *P. clandestinum* + 40% *A. mearnsii* T4: 40% *P. clandestinum* + 60% *A. mearnsii*. EEM: error estándar de la media. MS: materia seca. PG: producción acumulada de gas. b: asíntota de producción de gas. c: tasa de producción de gas en % por hora

La producción de gas *in vitro* observada en T1 y T2 (**Tabla 4.3**), probablemente se deba a la mayor digestión obtenida (**Tabla 4.2**), y destaca la correlación directa existente entre la composición química del alimento, la digestibilidad de la MS y la MO, y la acumulación de H₂ ruminal y el secuestro para la mayor producción de metano en el T1 (47 mL gas/0.500g MS Incubada) en comparación al T4 (60). Sin embargo, los resultados obtenidos en los tratamientos con mayor proporción de acacia en las dietas, se obtiene una menor digestibilidad y degradación microbiana dando como resultado altas concentraciones de gas total para el T4 (987,6 mL gas/0.500g MS Fermentada) a diferencia del T1 respectivamente.

La mayor proporción de *A. mearnsii* resultó en el mayor contenido de taninos. Además, la mayor producción de gas *in vitro* en T3 y T4 (**Tabla 4.3**), podría estar ligada a la baja digestibilidad de la fibra (**Tabla 4.2**) por efecto directo del tanino (61), lo que probablemente interrumpió la capacidad de unión del microorganismo a la pared celular de la planta, y en consecuencia, inhibió la acción de las enzimas microbianas útiles para la degradación del componente fibroso del sustrato (62, 63). Esto probablemente disminuyó la disponibilidad de proteína fibrolizada, y en consecuencia, redujo la capacidad de sintetizar proteína microbiana (60). Bajo estos antecedentes, Blümel et al. (60) mostró una relación inversamente proporcional entre la síntesis de biomasa microbiana y el volumen de gas producido.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó la composición química de cada una de las dietas en el experimento, de acuerdo a las técnicas y métodos establecidos en la literatura.
- Bajo las condiciones de este estudio, se concluyó que, la utilización de *A. mearnsii*, al 20% mantiene el porcentaje de digestibilidad de los nutrientes, y se incrementa la cantidad de proteína sobre pasante mejorando los rendimientos productivos.
- La utilización de especies arbóreas como la *A. mearnsii* rica en metabolitos secundarios en las dietas de los rumiantes, se puede observar claramente la reducción de los gases de efecto invernadero, creando un sistema de producción amigable en el ecosistema.

5.2. Recomendación

- Se sugiere realizar análisis de biología molecular, que permitan identificar la especificidad del efecto del TC de *A. mearnsii*, sobre los microorganismos ruminales.

- Se recomienda realizar ensayos *in vivo*, que permitan identificar, los efectos de los TC de *A. mearnsi*, sobre el comportamiento productivo de los animales y su salud.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Escobar-Bahamondes P, Etcheverría T. Alimentación básica de ovinos en la zona de Lonquimay. INIA [Internet] 2020 [citado el 23 de agosto de 2021]; 118(1): 28-35. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/3981>.
2. Romero Y, Bravo M. Alimentación y nutrición en ovinos. INIA [Internet] 2019 [citado el 23 de agosto de 2021]; 245(1): 32-40. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7526>.
3. Pérez J. Digestión simbiótica: los rumiantes. Cuaderno de Cultura Científica. [Internet] 2019 [citado el 23 de agosto de 2021]. 1(1): 2-4. Disponible en: <https://culturacientifica.com/2019/05/20/digestion-simbiotica-los-rumiantes/>
4. Velázquez B, Lucio D, Flores Y, Jurado A, Ayala Martínez M, Hernández Domínguez M, et al. Nutrición Ovina. Ciencias Biológicas de la Salud. [Internet] 2017 [citado el 23 de agosto de 2021]; 45(1): 77-95. Disponible en: https://www.ecorfan.org/proceedings/PCBS_TI/PCBS_7.
5. Tryadd. [Internet] Digestión de Rumiantes. 2020 marzo 15 [citado el 23 de agosto de 2021] Mexico, Querétaro. [Aprox. 2 pantallas] Disponible en: <https://tryadd.mx/blog/digestión-de-rumiantes>.
6. Sánchez M. ¿Cuáles son las características del árbol de acacia?. Jardineria On. [Internet] 2021 [citado el 23 de agosto de 2021]; 5(1): 3-5. Disponible en: <https://www.jardineriaon.com/cuales-son-las-caracteristicas-del-arbol-de-acacia.html>.
7. Pulluquitín M. Evaluación de la preferencia de consumo de leguminosas arbóreas con potencial forrajero en rumiantes menores. [Tesis de grado en Medicina Veterinaria y Zootecnia]. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2018.

8. Piñeiro-Vázquez M, Trinidad A, Canul-Solis N, Rodolfo J, Casanova-Lugo J, Chay-Canul F;, et al. Emisión de metano en ovinos alimentados con *Pennisetum purpureum* y árboles que contienen taninos condensados. *Rev Mex Ciencias Pecu* [Internet]. 2017 [citado el 23 de agosto de 2021]; 8(2): 9–11. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22319/4401>
9. Aragadvay R. Consumo voluntario de forrajes ricos en compuestos secundarios : efecto sobre la producción de metano entérico , fermentación ruminal y síntesis de proteína microbina en ovinos. [Tesis de grado para Doctor en Medicina Veterinaria] Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid; 2019.
10. Chimborazo W. Efecto de leguminosas arbóreas sobre la preferencia de consumo en ovinos. [Tesis de grado en Medicina Veterinaria y Zootecnia]. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2018.
11. Gerardo J, Hernández P. La acacia negra (*Acacia decurrens*) como alternativa forrajera en el trópico alto andino Colombiano. [Tesis de especialidad en Nutrición Animal Sostenible]. Chiquinquirá, Boyacá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD; 2017.
12. Wentzel H, Alonso M. Factores que influyen en la utilización de especies leñosas por bovinos y ovinos en sistemas pastoriles. *Agro Sur* [Internet] 2020 [citado el 25 de agosto de 2021]; 48(1):1–9. Disponible en: <https://doi.org/10.4206/agrosur.2020.v48n1-01>.
13. Varas JR. Inclusión de acacia (*Acacia mearnsii*), en dietas y efecto en la función ruminal y producción de CH₄ y CO₂. [Tesis de maestria en zootecnia mención Producción Animal]. Calcetas, Manabí: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí; 2020
14. Changoluiza D. Caracterización del Sistema de tenencia y morfología del ovino criollo Ecuatoriano en la provincia de Cotoxi. [Tesis de grado Médico Veterinario y Zootecnista]. Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi; 2018.
15. Stemmer A, Galarza Á, Fuentes R, Torrez O. Importancia en la crianza familiar de ovinos criollos en Cochabamba, Bolivia. *LEISA*. [Internet]. 2021 [citado el 25 de agosto 2021]. 26 (1): 2. Disponible en: <https://www.leisa->

al.org/web/index.php/volumen-26-numero-1/1749-importancia-en-la-crianza-familiar-de-ovinos-criollos-en-cochabamba-bolivia

16. ANCO [Internet]. Quito-Ecuador: La Ovejería del Ecuador [Internet]. ANCO. 2019 [citado el 25 de agosto de 2021]. Disponible en: <http://www.geocities.ws/ancoec/ovejeria.html>
17. Oliveros S. Comportamiento productivo de ovinos alimentados con dietas a base de fruta de pan (*Artocarpus altilis*). [Tesis de grado en Ingeniería Agropecuaria]. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2017.
18. Pérez R, Cruz U, Reyes L, Correa-Calderón A, López M, Lara A. Impacto del estrés por calor en la producción de ovinos de pelo. Rev Mex Ciencias Pecuarias [Internet]. 2020 [citado el 25 de agosto de 2021]; 11(1): 1-5 Disponible en: <https://docplayer.es/183290405-Impacto-del-estres-por-calor-en-la-produccion-de-ovinos-de-pelo-revision.html>
19. Pardo G, Prado A. El ovino y el caprino han de tener un importante papel en la adaptación y mitigación al cambio climático. PortalVeterinaria [Internet] 2020 [citado el 27 agosto 2021]; 1 (193): 1-3. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.10626>.
20. Muñoz-Osorio G. El desempeño productivo de corderos de engorda en corrales elevados en Yucatán. Bioagrobiencias [Internet] 2021 [citado el 27 agosto 2021]; 14 (1): 63-69. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/352711668>.
21. Celso G, Sebastian V. Instalaciones para Ovinos. [Internet]. El productor. 28 de noviembre 2018. [citado el 27 de agosto del 2021]. Disponible en: <https://elproductor.com/2018/02/instalaciones-para-ovinos/>
22. Sebasrtian R. La importancia del alojamiento en pequeños rumiantes. [Internet]. Agroportal. junio de 2021. [Citado el 25 de agosto 2021]. Disponible en: http://www.agropalsc.com/servicios_noticias_d.shtml?idboletin=891&idarticulo=144210&idseccion=4430
23. Rodríguez V, Navarro C. Alimentación de ovinos en regiones del trópico en Colombia, Rev Sist Prod Agroeco. [Internet]. 2020 [citado el 25 de agosto 2021]; 2:11. Disponible en:

<https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/view/471/808>

24. Gonzales M, Tpia M. Manual de manejo ovino, INIA [Internet]. 2017 [citado el 25 de agosto 2021]; 368: 156p. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6668>.
25. Bardley G. Fisiología Veterinaria. 5ª ed. España: Elsevier; 2014.
26. Chávez D, Villacrés J, Ramirez L. Principios de Fisiología Animal con enfoques de Producción. 1ª ed. Ecuador: UPSE; 2019.
27. Castro-Hernández H, Domínguez-Vara I, Morales-Almaráz E, Huerta-Bravo M. Composición química, contenido mineral y digestibilidad in vitro de raigrás (*Lolium perenne*) según intervalo de corte y época de crecimiento. Rev Mex Cienc Pecu [Internet]. 2017 [citado el 26 de agosto 2021]; 8(2): 201–10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4445>.
28. Martínez A, Pérez M, Gómez G. Digestión de los lípidos en los Ruminates. Interciencia. 2010; 35(4): 240-246.
29. Zambrano J, Barreto-Cruz O, Castañeda-Serrano R, Gallego A. Digestibilidad y degradabilidad in vitro de dietas con torta de sachá inchi en rumiantes. Rev Investig Vet del Perú [Internet]. 2020 [citado el 26 de agosto 2021]; 31(4): 17637. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172020000400037&lng=es&nrm=iso&tlng=es
30. Mayorga A, Ramírez-Mella M, Mayo-Hernández R, Crosby-Galván M, ed a. In vitro evaluation of the antimethanogenic potential of tropical foliage as a feed strategy for ruminants. Agroproductividad [Internet]. 2019 [Citado 27 agosto 2021]; 12(2):61–5. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20203133014>
31. Castro E, Avila L. Aminoácidos esenciales. Rol y determinación de la lisina, metionina y cistina. [Internet]. 2017 [citado el 26 de agosto 2021]; 20 (2): 5 Disponible en: <http://www.fao.org/3/ab482s/AB482S08.htm>
32. Contreras P, Matos Z, Felipe C, Cordero F, Ramos Y. Degradabilidad ruminal de forrajes y residuos de cosecha en bovinos Brown Swiss. Rev Investig Vet del Perú [Internet]. 2019 [citado el 26 de agosto 2021]; 30 (3):

- 1117–28. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172019000300015&lng=es&nrm=iso&tlng=es
33. Cordero A, Contreras J, Curasma J, Tunque M, Enríquez D. Degradabilidad y estimación del consumo de forrajes y concentrados en alpacas (Vicugna pacos). Rev Investig Vet del Perú [Internet]. 2018 [citado el 26 de agosto 2021]; 29 (2) :429–37. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172018000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=pt
34. Nutri N. Factores nutricionales que influyen en la microbiota en rumiantes. Nutrindex [Internet]. 2017 [citado el 26 de agosto de 2021]. 15 (1): 3-4. Disponible en: <https://nutricionanimal.info/factores-nutricionales-influyen-la-microbiota-rumiantes/>
35. Garcia D. Aspectos generales sobre el rumen y su fisiología. Ganadería [Internet]. 2016 [citado el 26 de agosto de 2021]. 1(2): 12. Disponible en: <https://www.ganaderia.com/destacado/Aspectos-generales-sobre-el-rumen-y-su-fisiologia>
36. Mears P. Kikuyo - Pennisetum clandestinum as a Pasture Grass. Tropical Grasslands. [Internet]. 1970 [citado el 26 de agosto 2021]; 4(2): 139-150. Disponible en: <https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Fertilisation>.
37. Vallejo A, Zapata F. Kikuyo - Pennisetum clandestinum Hochst. ex Chiov. - Forestal Maderero. [Internet]. Forestal Maderero. 2020 [citado el 22 de enero 2023]. Disponible en: <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/kikuyo-pennisetum-clandestinum-hochst-ex-chiov.html>
38. Gaviria A, Naranjo F, López A, Correa G, Echeverría J. Variación de caracteres morfológicos del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en el trópico alto de Antioquia. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2017; 12(1): 44-52.
39. Avellaneda Y, Muñoz E, Martínez de J. Effect of regrowth period on morphological development and chemical composition of kikuyu grass

- (*Cenchrus clandestinus*) in Colombian's highlands. CES Med Zootec [Internet]. 2020 [Citado el 22 de enero 2023]; 15(2): 23–37. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21615/>
40. Jaimes-Cruz M, Mendoza-Orellana E, Montoya-Almendarez E, Giraldo-Mejía A, Correa-Cardona H. Extrusión húmeda del pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst ex Chiov)). Rev MVZ Córdoba [Internet]. 2021 [citado el 22 de enero 2022]; 26(1): 2-7. Disponible en: <https://doi.org/10.21897/rmvz.1964>
 41. Sánchez A, Torres E, Espinoza I, Sánchez J, Sánchez V, Torres B. Forrajeras arbustivas tropicales en el engorde de cuyes (*Cavia porcellus Linnaeus*). Rev Amaz Cienc y Tecnol [Internet] 2017 [citado el 26 de agosto 2021]; 6(3): 244-249. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6413710&info=resumen&idioma=ENG>
 42. Valencia-Trujillo L, Restrepo-Paredes J, Cerón-Hernández E, Herrera-García W. Determinación de la digestibilidad in vivo en ovinos utilizando dietas a base de forrajes tropicales. Rev Investig Agrar y Ambient. 2010. 1(1): 25–9.
 43. Rivero-Perez N, Jaramillo A, Peláez-Acero A, Rivas-Jacobo M, Ballesteros-Rodea G, Zaragoza-Bastida A. Actividad antihelmíntica de la vaina de *Leucaena leucocephala* sobre nematodos gastrointestinales de ovinos (in vitro). Abanico Vet [Internet]. 2019 [citado el 21 de agosto 2021]; 9(1): 1-7. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322019000100102
 44. Zepeda M. Acacia Negra Australiana (*Acacia mearnsii*). [Internet]. NaturaLista. 2021 [citado el 27 de agosto 2021]. Aprox. 2 pantallas. Disponible en: <https://www.naturalista.mx/taxa/75250-Acacia-mearnsii>
 45. Jaramillo B, Alvaro H. Evaluación de dos especies arbóreas: Sauco (*Sambucus nigra*) y Acacia negra (*Acacia decurrens*) en la alimentación animal. Sena [Internet]. 2019 [citado el 27 de enero 2022]. 553(1) 53. Disponible en: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.

46. Palacios L. Evaluación de la toxicidad del tanino modificado (*Acacia mearnsii*). [Tesis de grado en Microbiología Industrial] Bogota, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana Colombia; 2018.
47. Tiago O, Pozo C, Mezzomo M, Kozloski G. *Acacia mearnsii* tannin extract as a feed additive: impact on feed intake, digestibility and nitrogen excretion by sheep fed a tropical grass-based diet. *Ciência Rural St Maria*. 2020; 50(9): 2-6.
48. Correa M, Toloza R, Pereyra L, Silva F, Resultaos iniciales de un ensayo de acacia negra. *Linta*. 2008; 4(2): 1-6.
49. Gurbuz Y. Efectos del contenido de taninos condensados de algunas especies de leguminosas en la emisión de gas metano. *Rev. Cubana de Ciencias Agrícolas*. 2009; 43(3): 265-272.
50. Carpenter M. Diferencias entre una fibra detergente ácida y una fibra detergente neutra. [Internet]. eHOW en Español. noviembre 2021 [citado el 24 de noviembre 2022]. Disponible en: https://www.ehowenespanol.com/leche-causar-estrenimiento-ninos-pequenos-sobre_122107/
51. FEDNA. [Internet]. España: FEDNA; 2021 [citado 24 de agosto de 2022]. Sección 1; aprox. 1 pantalla. Disponible en: http://www.fundacionfedna.org/tecnicas_de_analisis/fibra-neutro-detergente-ácido-detergente-y-lignina-fndfadlad-secuenciales
52. Crosby-Galván M, Ramírez-Mella M. Técnica de producción de gas in vitro para estimar la producción de metano. [Internet]. 2018 [citado el 21 de junio 2023] 11(2): 64-75. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/121/104>
53. Villegas-Castañeda M, Meneses-Mayo M, Miranda-Romero L, Loera-Corral O. Producción de gas in vitro y desaparición de la materia seca del cultivo sólido con hongos ligniolíticos. *Agrociencia* [Internet] 2010 [citado el 21 de junio de 2022]; 44(8): 1-7. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952010000800005.
54. Yáñez-Ruiz D, Bannink A, Dijkstra J, Kebreab E, Morgavi D, Kiely P, et al.

- Design, implementation and interpretation of in vitro batch culture experiments to assess enteric methane mitigation in ruminants – a review. *Animal Feed Science and Technology*. [Internet] 2016 [citado el 21 de junio de 2002]; 216(1): 1-18. Disponible en: <https://research.wur.nl/en/publications/design-implementation-and-interpretation-of-in-vitro-batch-cultur>.
55. Aboagye I, Beauchemin K. Potential of Molecular Weight and Structure of Tannins to Reduce Methane Emissions from Ruminants: A Review. *Animals* [Internet]. 2019 [citado el 21 de junio de 2022]; 9(11): 2–18. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6912696/>.
 56. Espinoza-Velasco B, Ramírez M. Vegetable Tannins, Ruminant Microbiota and Ruminant Metabolism Interaction. *Trop Subtrop Agroecosystems*. [Internet] 2022 [citado el 24 de junio 2022]; 25(1): 1-8. Disponible en: <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3969>.
 57. Mueller-Harvey I. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health [Internet]. *Science of Food and Agriculture*. 2006 [Citado el 22 de junio 2022]; 86(13): 1-18. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.2577>.
 58. Soltan Y, Patra A. Ruminant Microbiome Manipulation to Improve Fermentation Efficiency in Ruminants. *Anim Feed Sci Nutr* [Internet]. 2022 [citado el 22 de enero de 2023]; 4(2): 4-20. Disponible en: <https://cdn.intechopen.com/pdfs/79866.pdf>.
 59. Patra K, Saxena J. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *J Sci Food Agric*. [Internet] 2011 [Citado el 15 de enero 2023]; 91(1):24–37. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20815041/>.
 60. Blümmel M, Makkar HPS, Becker K. In vitro gas production: a technique revisited. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* [Internet]. 1997 [citado 22 de enero 2023]; 77(1):24–34. Disponible en: <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/451451>.
 61. Goel G, Makkar HPS. Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. *Trop Anim Health Prod* [Internet]. 2012 [citado el 22 de enero de

- 2023]; 44(4):29–39. Disponible en: doi: 10.1007/s11250-011-9966-2.
62. Gonzalez R, Chay-Canul A, Juárez U, Grazia M, Ku-Vera J, Jiménez-Ocampo R, et al. Role of Secondary Plant Metabolites on Enteric Methane Mitigation in Ruminants. *Front Vet Sci* [Internet]. 2020 [citado el 24 de enero de 2023]; 7(1): 5-8. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2020.00584/full>.
63. Vasta V, Daghighi M, Cappucci A, Buccioni A, Serra A, Viti C, et al. Plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: Experimental evidence and methodological approaches. *J Dairy Sci* [Internet]. 2019 [Citado el 24 de enero de 2023]; 102(5): 3781–804. Disponible en: doi: 10.3168/jds.2018-14985.

CAPÍTULO VII. ANEXOS

ANEXO 1

Recolección de acacia



ANEXO 2

Acacia molida



ANEXO 3

Heno molido



ANEXO 4

Proceso de pelletizado de cada tratamiento



ANEXO 5

Pelletizado de heno



ANEXO 6

Peletizado de heno más acacia



ANEXO 7

Animales sometidos al estudio



ANEXO 8

Pesado de porciones a suministrar



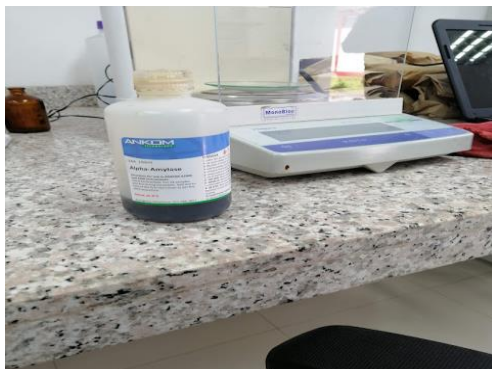
ANEXO 9

Pesado de muestra para análisis de laboratorio



ANEXO 10

Alpha amilasa



ANEXO 11

Determinación de FDN y FDA



ANEXO 12

Determinación de ceniza



ANEXO 143

Muestras en estufa



ANEXO 14

Pesaje de muestras



ANEXO 15

Determinación de gas

