



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

Proyecto de Investigación previo a la
obtención del título de Ingeniera
Zootecnista.

Título del Proyecto de Investigación:

**“COMPOSICIÓN QUÍMICA, DEGRADABILIDAD Y CINÉTICA RUMINAL *IN SITU*
DEL MATARRATÓN (*Gliricidia sepium*) EN DIFERENTES PERIODOS DE CORTE”**

Autora:

Jennifer Janina Montecé Loor

Auspicio Académico:

MSc. Adolfo Rodolfo Sánchez Laiño

Quevedo – Los Ríos - Ecuador

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Jennifer Janina Montecé Loor**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), puede hacer uso de los derechos correspondientes en este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Jennifer Janina Montecé Loor
C. I. 0926491622

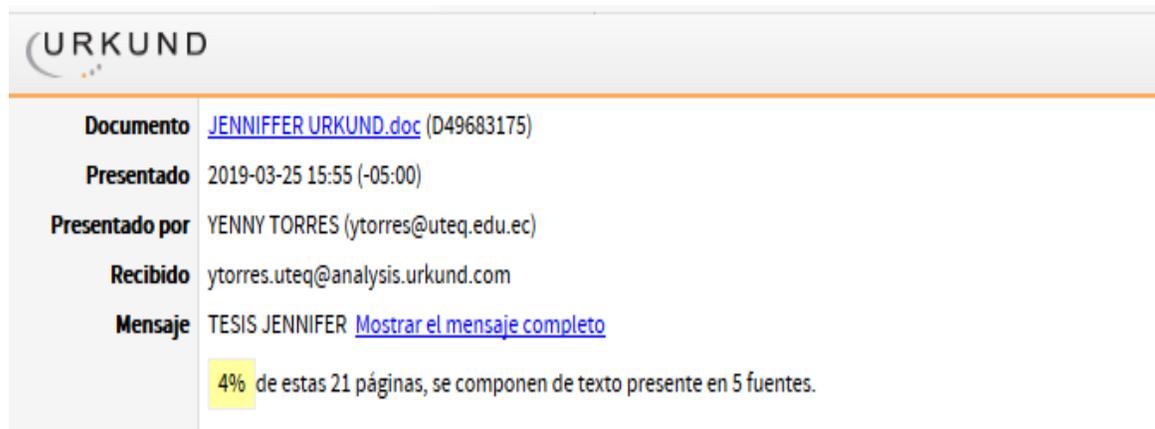
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, M.Sc. Adolfo Rodolfo Sánchez Laiño, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Jenniffer Janina Montecé Loor, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“COMPOSICIÓN QUÍMICA, DEGRADABILIDAD Y CINÉTICA RUMINAL *IN SITU* DEL MATARRATÓN (*Gliricidia sepium*) EN DIFERENTES PERIODOS DE CORTE”** previo a la obtención del título de Ingeniera Zootecnista, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

M.Sc. Adolfo Rodolfo Sánchez Laiño
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.

Dando cumplimiento al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las normativas y directrices establecidas por el SENESCYT, el suscrito M.Sc. Adolfo Rodolfo Sánchez Laiño, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**COMPOSICIÓN QUÍMICA, DEGRADABILIDAD Y CINÉTICA RUMINAL *IN SITU* DEL MATARRATÓN (*Gliricidia sepium*) EN DIFERENTES PERIODOS DE CORTE**” de autoría de la estudiante **JENNIFFER JANINA MONTECÉ LOOR**, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el Sistema URKUND es de 4%, el mismo que es permitido por el mencionado software y los requerimientos académicos establecidos.



| | |
|-----------------------|--|
| Documento | JENNIFFER URKUND.doc (D49683175) |
| Presentado | 2019-03-25 15:55 (-05:00) |
| Presentado por | YENNY TORRES (ytorres@uteq.edu.ec) |
| Recibido | ytorres.uteq@analysis.urkund.com |
| Mensaje | TESIS JENNIFER Mostrar el mensaje completo |

4% de estas 21 páginas, se componen de texto presente en 5 fuentes.

Atentamente

M.Sc. Adolfo Rodolfo Sánchez Laiño
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

Título:

**“COMPOSICIÓN QUÍMICA, DEGRADABILIDAD Y CINÉTICA RUMINAL *IN SITU*
DEL MATARRATÓN (*Gliricidia sepium*) EN DIFERENTES PERIODOS DE CORTE”**

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

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Emma Torres Navarrete

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Alexandra Barrera Álvarez

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Bolívar Montenegro Vivas

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2019

AGRADECIMIENTO

Mi eterna gratitud a Dios.

A mis padres Senén Montecé y Yolanda Loor por ser pilares fundamentales en mi vida y apoyo incondicional.

A la prestigiosa Universidad Técnica Estatal de Quevedo que me acogió durante mi proceso de formación académica.

A la Facultad de Ciencias Pecuarias y sus autoridades.

A mi director el M.Sc. Adolfo Sánchez Laiño quien con su guía y predisposición me motivó a cumplir mi trabajo para acreditar mi profesión.

A mis amigos y compañeros por los momentos compartidos durante todo este periodo educativo.

DEDICATORIA

Con mucho amor a mis padres por creer en mí, que con su infinito amor y sacrificio supieron apoyarme y guiarme de manera incondicional durante todo mi proceso universitario, a mis hermanos por sus consejos y estar conmigo siempre pero en especial a ti Yoryi Montecé que a pesar de que ya no te tengo a mi lado has sido mi motivo de inspiración, te lo dedico con todo mi corazón.

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación se ejecutó en la Finca Experimental “La María” Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Facultad de Ciencias Pecuarias (FCP), ubicada en el km 7^{1/2} vía Quevedo – El Empalme, provincia de Los Ríos, a 01° 06` 30” de latitud Sur y 79° 29` 30” de latitud Oeste y a una altura de 73 msnm. Se evaluó la composición química, degradabilidad y cinética ruminal *in situ* (MS; MO; PC; FDN y FDA) del matarratón (*Gliricidia sepium*) en diferentes periodos de corte (30; 45; 60; 75; 90 y 105 días). Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro repeticiones y para las diferencias entre medias Tukey (P<0,05). La MS; MO y la MI, no se vieron afectadas (P<0,05) por los periodos de corte evaluados. Sin embargo, los mayores porcentajes (P<0,05) de PC y FDN, se registró a los 30 y 60 días de rebrote (23,07 y 52,93%, respectivamente). La mayor (P<0,05) degradabilidad *in situ* de la MS, se la obtuvo a los 75 y 105 días del periodo de corte, a las 6 y 24 horas de incubación (98,12 y 99,46%). La mayor degradabilidad (P<0,05) de la MO se registró a los 30 días del periodo de corte a las 96 horas de incubación (96,23%). Sin embargo, los mayores valores para la degradabilidad *in situ* de la FDN, se registraron en los periodos de corte de 30 y 45 días, a las 96 horas de incubación (87,38 y 93,79%), mientras tanto, la FDA a los 45 días, a las 96 horas de incubación (73,57%). La mayor (P<0,05) Degradabilidad Efectiva (DE: 2; 5 y 8% / hora) de la MS se la obtuvo a los 75 y 105 días. Mientras que para la MO a los 30 días del periodo de corte (93,66; 90,83; 88,18%, respectivamente). Pero los mayores valores para la FDN y FDA se registraron a los 75 días del periodo de corte (78,40; 75,01; 71,91 – 58,44; 55,67; 53,23%, respectivamente).

Palabras clave: Cinética ruminal, forrajeras, rumiantes, nutrición, alimentación.

ABSTRACT

The research was carried out in the Experimental Farm "La María" Rumiology and Nutritional Metabolism Laboratory (RUMEN) of the State Technical University of Quevedo (UTEQ), Faculty of Animal Sciences (FCP), located at km 7^{1/2} via Quevedo - El Empalme, Province of Los Ríos, at 01° 06` 30 "South latitude and 79° 29` 30" West latitude and at an altitude of 73 masl. The chemical composition, degradability and ruminal kinetics in situ (MS, MO, PC, NDF and FDA) of the marathón (*Gliricidia sepium*) were evaluated in different cutting periods (30, 45, 60, 75, 90 and 105 days). A completely randomized design (DCA) was applied with four repetitions and for the differences between Tukey means ($P < 0,05$). The MS; MO and MI were not affected ($P < 0,05$) by the cut periods evaluated. However, the highest percentages ($P < 0,05$) of PC and NDF were recorded at 30 and 60 days of regrowth (23,07 and 52,93%, respectively). The highest ($P < 0,05$) in situ degradability of MS was obtained at 75 and 105 days of the cut-off period, at 6 and 24 hours of incubation (98,12 and 99,46%). The highest degradability ($P < 0,05$) of MO was recorded at 30 days of the cut-off period at 96 hours of incubation (96,23%). However, the highest values for in situ degradability of the NDF were recorded in the cut-off periods of 30 and 45 days, at 96 hours of incubation (87,38 and 93,79%), meanwhile, the FDA at 45 days, at 96 hours of incubation (73,57%). The highest ($P < 0,05$) Effective Degradability (SD: 2; 5 and 8% / hour) of the MS was obtained at 75 and 105 days. While for the MO at 30 days of the cut-off period (93,66; 90,83; 88,18%, respectively). But the highest values for the NDF and FDA were recorded at 75 days of the cut-off period (78,40; 75,01; 71,91 – 58,47; 55,67; 53,23%, respectively).

Key words: Ruminal kinetics, forages, ruminants, nutrition, feeding.

TABLA DE CONTENIDO

| Capítulo | Página |
|---|--------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS | ii |
| CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | 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 |
| CÓDIGO DUBLÍN..... | xx |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I..... | 3 |
| CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... | 3 |
| 1.1. Problema de la investigación | 4 |
| 1.1.1. Planteamiento del problema..... | 4 |
| 1.1.2. Formulación del problema..... | 4 |
| 1.1.3. Sistematización del problema | 4 |
| 1.2. Objetivos..... | 5 |
| 1.2.1. General..... | 5 |
| 1.2.2. Específicos | 5 |
| 1.3. Justificación | 6 |
| CAPÍTULO II..... | 7 |

| | |
|---|----|
| FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN | 7 |
| 2.1. Marco conceptual | 8 |
| 2.1.1. Matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>)..... | 8 |
| 2.1.2. Composición química | 8 |
| 2.1.3. Degradabilidad efectiva..... | 8 |
| 2.1.4. Degradabilidad <i>in situ</i> | 8 |
| 2.1.6. Fibra detergente neutra (FDN)..... | 9 |
| 2.1.7. Fibra detergente acida (FDA)..... | 9 |
| 2.1.8. Rumiantes..... | 9 |
| 2.2. Marco referencial | 9 |
| 2.2.1. Matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>)..... | 9 |
| 2.2.2. Clasificación taxonómica | 10 |
| 2.2.3. Descripción de la especie | 10 |
| 2.2.4. Origen..... | 12 |
| 2.2.5. Distribución..... | 12 |
| 2.2.6. Ecología | 13 |
| 2.2.7. Usos | 13 |
| 2.2.8. Aspectos agronómicos del cultivo..... | 14 |
| 2.2.8.1. Sistemas de propagación | 15 |
| 2.2.9. Manejo | 15 |
| 2.2.10. Turno y crecimiento | 16 |
| 2.2.11. Cosecha y Forraje | 16 |
| 2.2.12. Producción de biomasa..... | 16 |

| | |
|--|----|
| 2.2.13. Valor alimenticio y palatabilidad | 17 |
| 2.2.15. Características Nutricionales de la <i>G. sepium</i> | 17 |
| 2.2.16. Composición química de la <i>G. sepium</i> | 18 |
| 2.2.17. Digestibilidad de la <i>G. sepium</i> | 18 |
| 2.2.18. Degradabilidad de la <i>G. sepium</i> | 18 |
| 2.2.19. Técnica <i>in situ</i> (in sacco) | 19 |
| 2.2.20. Degradación de la Proteína..... | 19 |
| 2.2.21. Degradabilidad efectiva (DE) | 20 |
| 2.2.22. Análisis proximal de los alimentos (Weende) | 20 |
| 2.2.22.1.Materia seca (MS) | 21 |
| 2.2.22.2.Proteína cruda (PC) | 21 |
| 2.2.23. Análisis de Van Soest..... | 21 |
| 2.2.23.1.Fibra detergente neutra (FDN)..... | 22 |
| 2.2.23.2.Fibra detergente ácida (FDA) | 22 |
| 2.2.24. Cinética Ruminal..... | 22 |
| CAPÍTULO III | 26 |
| MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 26 |
| 3.1. Localización..... | 27 |
| 3.1.1. Mapeo del lugar donde se realizó la investigación | 27 |
| 3.2. Tipo de investigación | 27 |
| 3.3. Métodos de investigación | 27 |
| 3.4. Fuentes de recopilación de información..... | 28 |
| 3.5. Diseño de la investigación | 28 |

| | | |
|--------------------------------------|---|----|
| 3.5.1. | Esquemas del análisis de varianza (ANDEVA)..... | 28 |
| 3.6. | Instrumentos de investigación..... | 29 |
| 3.6.1. | Determinación de la materia seca (MS) | 30 |
| 3.6.2. | Determinación de la materia orgánica (MO) | 31 |
| 3.6.3. | Determinación de la materia inorgánica (MI)..... | 31 |
| 3.6.4. | Determinación de la proteína Cruda (PC) | 31 |
| 3.6.5. | Fibra en de Detergente Neutra (FDN)..... | 32 |
| 3.6.6. | Fibra en detergente acida (FDA)..... | 32 |
| 3.7. | Tratamiento de los datos..... | 33 |
| 3.8. | Recursos humanos y materiales | 33 |
| 3.8.1. | Recursos humanos..... | 33 |
| 3.8.2. | Materiales y equipos..... | 33 |
| 3.8.3. | Reactivos..... | 34 |
| CAPÍTULO IV | | 35 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 35 |
| 4.1. | Composición química del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes periodos de corte ... | 36 |
| 4.2.1. | Degradación y cinética ruminal <i>in situ</i> de la Materia Seca (MS) | 39 |
| 4.2.2. | Degradación y cinética ruminal <i>in situ</i> de la Materia Orgánica (MO)..... | 41 |
| 4.2.3. | Degradación y cinética ruminal <i>in situ</i> de la Fibra Detergente Neutra (FDN)..... | 43 |
| 4.2.4. | Degradación y cinética ruminal <i>in situ</i> de la Fibra Detergente Acida (FDA) | 44 |
| CAPÍTULO V..... | | 46 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 46 |
| 5.1. | Conclusiones | 47 |

| | |
|---|----|
| 5.2. Recomendaciones..... | 47 |
| CAPÍTULO VI | 48 |
| BIBLIOGRAFÍA | 48 |
| CAPÍTULO VII..... | 53 |
| ANEXOS..... | 53 |
| 7.1. Análisis de la varianza de la composición química del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes periodos de corte..... | 54 |
| 7.2. Análisis de la varianza de la degradabilidad <i>in situ</i> del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes periodos de corte..... | 54 |
| 7.3. Análisis de la varianza de la cinética ruminal <i>in situ</i> del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes periodos de corte..... | 56 |

ÍNDICE DE TABLAS

| Tabla | | Página |
|----------------|---|---------------|
| Tabla 1 | Clasificación taxonómica de la <i>Gliricidia sepium</i> | 10 |
| Tabla 2 | Esquema del ANDEVA para la determinación de la composición química | 28 |
| Tabla 3 | Esquema del ANDEVA para la determinación de la Cinética de degradación ruminal | 29 |
| Tabla 4 | Descripción de los tratamientos en estudio | 29 |
| Tabla 5 | Promedios, EE y significación estadística para la MS, MO, PC, FDN, FDA del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes periodos de corte | 37 |
| Tabla 6 | Parámetro de degradación ruminal <i>in situ</i> de la Materia Seca (MS) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 40 |
| Tabla 7 | Parámetro de degradación ruminal <i>in situ</i> de la Materia Orgánica (MO) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 42 |
| Tabla 8 | Parámetro de degradación ruminal <i>in situ</i> de la Fibra Detergente Neutra (FDN) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 43 |
| Tabla 9 | Parámetro de degradación ruminal <i>in situ</i> de la Fibra Detergente Acida (FDA) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 45 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figuras | | Página |
|------------------|---|---------------|
| Figura 1 | Flor del matarratón | 11 |
| Figura 2 | Frutos del matarratón | 11 |
| Figura 3 | Semillas del matarratón | 12 |
| Figura 4 | Distribución de la <i>Gliricidia sepium</i> | 13 |
| Figura 5 | Mapa del sitio experimental | 27 |
| Figura 6 | Porcentaje de Materia Seca (MS) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes periodos de corte | 37 |
| Figura 7 | Porcentaje de Materia Orgánica (MO) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes periodos de corte | 38 |
| Figura 8 | Porcentaje de Materia Inorgánica (MI) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes periodos de corte | 38 |
| Figura 9 | Porcentaje de Proteína Cruda (PC) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes periodos de corte | 38 |
| Figura 10 | Porcentaje de Fibra Detergente Neutra (FDN) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes periodos de corte | 39 |
| Figura 11 | Porcentaje de Fibra Detergente Acida (FDA) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes periodos de corte | 39 |
| Figura 12 | Porcentaje de Materia Seca (MS) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 41 |

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 13 | Porcentaje de Materia Orgánica (MO) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 42 |
| Figura 14 | Porcentaje de Fibra Detergente Neutra (FDN) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 44 |
| Figura 15 | Porcentaje de Fibra Detergente Acida (FDA) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 45 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| Anexos | | Página |
|----------------|--|---------------|
| Anexo 1 | Cuadrado medio y significación estadística para la composición química de la MS; MO; MI; PC; FDN; y FDA del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes periodos de corte | 54 |
| Anexo 2 | Cuadrado medio y significación estadística para la degradabilidad de la Materia Seca (MS) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 54 |
| Anexo 3 | Cuadrado medio y significación estadística para la degradabilidad de la Materia Orgánica (MO) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 55 |
| Anexo 4 | Cuadrado medio y significación estadística para la degradabilidad de la Fibra Detergente Neutra (FDN) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 55 |
| Anexo 5 | Cuadrado medio y significación estadística para la degradabilidad de la Fibra Detergente Acida (FDA) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 55 |
| Anexo 6 | Cuadrado medio y significación estadística para la cinética ruminal <i>in situ</i> de la Materia Seca (MS) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 56 |
| Anexo 7 | Cuadrado medio y significación estadística para la cinética ruminal <i>in situ</i> de la Materia Orgánica (MO) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 56 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| Anexo 8 | Cuadrado medio y significación estadística para la cinética ruminal <i>in situ</i> de la Fibra Detergente Neutra (FDN) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 57 |
| Anexo 9 | Cuadrado medio y significación estadística para la cinética ruminal <i>in situ</i> de la Fibra Detergente Acida (FDA) del matarratón (<i>G. sepium</i>) en diferentes tiempos de incubación | 57 |
| Anexo 10 | Tamizado de las muestras | 58 |
| Anexo 11 | Análisis bromatológicos (MS-MI) | 58 |
| Anexo 12 | Análisis bromatológicos (PC) | 60 |
| Anexo 13 | Análisis bromatológicos (FDN-FDA) | 60 |
| Anexo 14 | Preparación de muestras para determinación de degradabilidad <i>in situ</i> . | 61 |
| Anexo 15 | Ingreso de muestras en bovinos fistulados | 62 |
| Anexo 16 | Secado de bolsas con muestras | 62 |
| Anexo 17 | Procesos para análisis de degradabilidad de las muestras | 63 |

CÓDIGO DUBLÍN

| | | | | | |
|-----------------------|--|------------|-----------|-----------|--------------|
| Título: | “COMPOSICIÓN QUÍMICA, DEGRADABILIDAD Y CINÉTICA RUMINAL <i>IN SITU</i> DEL MATARRATON (<i>Gliricidia sepium</i>) EN DIFERENTES PERIODOS DE CORTE” | | | | |
| Autor: | Montecé Loor Jenniffer Janina | | | | |
| Palabras clave: | Cinética ruminal | Forrajeras | Rumiantes | Nutrición | Alimentación |
| Fecha de publicación: | | | | | |
| Editorial: | | | | | |
| Resumen: | <p>La investigación se ejecutó en la Finca Experimental “La María” Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Facultad de Ciencias Pecuarias (FCP), ubicada en el km 7^{1/2} vía Quevedo – El Empalme, provincia de Los Ríos, a 01° 06` 30” de latitud Sur y 79° 29` 30” de latitud Oeste y a una altura de 73 msnm. Se evaluó la composición química, degradabilidad y cinética ruminal <i>in situ</i> (MS; MO; PC; FDN y FDA) del matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>) en diferentes periodos de corte (30; 45; 60; 75; 90 y 105 días). Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro repeticiones y para las diferencias entre medias Tukey (P<0,05). La MS; MO y la MI, no se vieron afectadas (P<0,05) por los periodos de corte evaluados. Sin embargo, los mayores porcentajes (P<0,05) de PC y FDN, se registró a los 30 y 60 días de rebrote (23,07 y 52,93%, respectivamente). La mayor (P<0,05) degradabilidad <i>in situ</i> de la MS, se la obtuvo a los 75 y 105 días del periodo de corte, a las 6 y 24 horas de incubación (98,12 y 99,46%). La mayor degradabilidad (P<0,05) de la MO se registró a los 30 días del periodo de corte a las 48 horas de incubación (95,81%). Sin embargo, los mayores valores para la degradabilidad <i>in situ</i> de la FDN, se registraron en los periodos de corte de 30 y 45 días, a las 96 horas de incubación (87,38 y 93,79%), mientras tanto, la FDA a los 45 días, a las 96 horas de incubación (73,57%). La mayor (P<0,05) Degradabilidad Efectiva (DE: 2; 5 y 8% / hora)</p> | | | | |

| | |
|--------------|---|
| | <p>de la MS se la obtuvo a los 75 y 105 días. Mientras que para la MO a los 30 días del periodo de corte (93,66; 90,83; 88,18%, respectivamente). Pero los mayores valores para la FDN y FDA se registraron a los 75 días del periodo de corte (78,40; 75,01; 71,91 – 58,44; 55,67; 53,23%, respectivamente).</p> <p>Abstract: The research was carried out in the Experimental Farm "La María" Rumiology and Nutritional Metabolism Laboratory (RUMEN) of the State Technical University of Quevedo (UTEQ), Faculty of Animal Sciences (FCP), located at km 7^{1/2} via Quevedo - El Empalme, Province of Los Ríos, at 01° 06` 30 "South latitude and 79° 29` 30" West latitude and at an altitude of 73 masl. The chemical composition, degradability and ruminal kinetics in situ (MS, MO, PC, NDF and FDA) of the marathón (<i>Gliricidia sepium</i>) were evaluated in different cutting periods (30, 45, 60, 75, 90 and 105 days). A completely randomized design (DCA) was applied with four repetitions and for the differences between Tukey means (P<0,05). The MS; MO and MI were not affected (P<0,05) by the cut periods evaluated. However, the highest percentages (P<0,05) of PC and NDF were recorded at 30 and 60 days of regrowth (23,07 and 52,93%, respectively). The highest (P<0,05) in situ degradability of MS was obtained at 75 and 105 days of the cut-off period, at 6 and 24 hours of incubation (98,12 and 99,46%). The highest degradability (P<0,05) of MO was recorded at 30 days of the cut-off period at 48 hours of incubation (95,81%). However, the highest values for in situ degradability of the NDF were recorded in the cut-off periods of 30 and 45 days, at 96 hours of incubation (87,38 and 93,79%), meanwhile, the FDA at 45 days, at 96 hours of incubation (73,57%). The highest (P<0,05) Effective Degradability (SD: 2; 5 and 8% / hour) of the MS was obtained at 75 and 105 days. While for the MO at 30 days of the cut-off period (93,66; 90,83; 88,18%, respectively). But the highest values for the NDF and FDA were recorded at 75 days of the cut-off period (78,40; 75,01; 71,91 – 58,47; 55,67; 53,23%, respectively).</p> |
| Descripción: | 86 hojas; dimensiones, 29x21 cm + CD-ROM |
| URI: | |

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina en el Ecuador ha representado una de las principales actividades del sector agropecuario del país, la misma que ocupa un lugar primordial en la economía rural moderna, ya que los productos pecuarios son necesarios para la alimentación humana, por otro lado, los patrones culturales de consumo de los diferentes productos cárnicos ha hecho que la carne de ganado bovino sea el eje ordenador de la demanda y de los precios de las demás carnes (1). En relación a la actividad ganadera en nuestro país representa un 41,26% de la superficie a nivel nacional (2).

En estos tiempos de globalización, donde el hombre está en búsqueda de nuevas alternativas alimenticias, de bajo costo, abundantes y de gran valor nutritivo para las producciones ganaderas, que mitiguen las necesidades alimentarias y nutricionales de la humanidad, se han venido introduciendo alternativas no convencionales como es el caso de los árboles forrajeros, especialmente en épocas de escases de alimentos (3).

Dentro de los árboles forrajeros, la *Gliricidia sepium* o matarratón es una de las especies más utilizadas en sistemas de corte y acarreo, debido a su alta producción y calidad de forraje (4).

El Matarratón es una leguminosa multipropósito, comúnmente es utilizada como árbol de sombra en cultivos de cacao, en barbechos, callejones, como cortina rompe vientos, como cercas y postes vivos. Sus propiedades alelopáticas son usadas en agricultura, pero se usa como forraje ya que tiene altos rendimientos de biomasa (3). La producción de biomasa de esta especie es buena a partir de los dos años, alcanzando un pico de producción a los cinco años de edad, llegándose a obtener en bancos de proteína hasta 20 ton/ha/año. El Matarratón contiene 20-30% de proteína cruda, 13-30% de fibra y una digestibilidad del 50-75%. El ganado consume tanto las hojas como los tallos delgados (5).

La escasez de alimento en la época de sequía y los altos precios de los insumos proteicos es un tema relevante en la alimentación animal, y el productor busca implementar u aprovechar los recursos producidos en la finca o establecimiento ganadero, de esta manera incrementa su producción, tanto de carne/leche y abarata costos en la alimentación. La *G. sepium* juega un

papel importante, no obstante, su uso se ha limitado fundamentalmente a postes para cercas de áreas ganaderas y es casi nulo en sistemas silvopastoriles. Y se tiene un mínimo nivel de conocimiento sobre sus bondades, su gran aporte alimenticio y el impacto de esta especie arbustiva en la producción lechera y cárnica en los bovinos (6).

La introducción de leguminosas arbustivas con tolerancia a la sequía como la *G. sepium*, podría ser una alternativa práctica y económica para incrementar la productividad animal y para aliviar las deficiencias nutricionales que se presentan en los bovinos en producción durante los períodos de escasez de forrajes y a su vez contribuir a disminuir los altos costos de producción (3).

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

Debido a los niveles bajos de conocimientos sobre la *G. sepium*, los ganaderos se han limitado a utilizarla como postes para cercas y como sombra. No se aprovecha el gran aporte proteico que esta leguminosa tiene en la producción lechera y cárnica en los bovinos.

En épocas de sequía existe una disminución de la producción debido a la poca disponibilidad de los pastos, no obstante el alto costo de la alimentación también juega un papel importante, estos factores obliga a los productores a la búsqueda de alternativas viables que aporten en el aumento de la producción ganadera.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cómo influyen las edades de corte de la *Gliricidia sepium* en la composición química, degradabilidad y cinética ruminal en el rumiante?

1.1.3. Sistematización del problema

- ¿Cuál es la composición química del matarratón (*G. sepium*)?
- ¿Cuál es la degradabilidad del matarratón (*G. sepium*)?

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Evaluar la composición química, degradabilidad y cinética ruminal *in situ* del matarratón (*Gliricidia sepium*) en diferentes periodos de cortes.

1.2.2. Específicos

- ✓ Determinar la composición química bromatológica del matarratón (*G. sepium*) en seis periodos de corte (30, 45, 60, 75, 90, 105 días).
- ✓ Determinar la degradabilidad *in situ* de la Materia Seca (MS), Orgánica (MO), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Acido (FDA) del matarratón (*G. sepium*) en seis periodos de corte (30, 45, 60, 75, 90, 105 días).
- ✓ Determinar la cinética de degradación ruminal *in situ* de la Materia Seca (MS), Orgánica (MO), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Acido (FDA) del matarratón (*G. sepium*) en seis periodos de corte (30, 45, 60, 75, 90, 105 días).

1.3. Justificación

El alto valor productivo de un hato ganadero está altamente relacionado con la alimentación, por esta razón los productores deberían conocer y aprovechar las diferentes especies leguminosas arbustivas, forrajeras y rastreras por su alto contenido de proteína, energía y digestibilidad.

Dentro de los árboles forrajeros, la *G. sepium* se debería utilizar como alternativa alimenticia en bovinos, debido a que posee un gran potencial de proteínas, minerales, vitaminas y carbohidratos esenciales en el desarrollo de los diferentes estadios de la producción de los rumiantes.

Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo evidenciar el uso de la *G. sepium* como una alternativa en la alimentación de los bovinos basados en los trabajos de investigación realizados con la especie para evaluar y plantear la edad adecuada del corte del forraje.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Matarratón (*Gliricidia sepium*)

El matarratón es una especie con alto potencial de producción de biomasa y con un elevado valor nutritivo que se presenta como una alternativa práctica y económica para incrementar la productividad animal y contribuye a disminuir los costos de producción (3).

2.1.2. Composición química

Es la cantidad de nutrientes orgánicos y minerales presentes, así como la existencia de factores o constituyentes que influyen sobre la calidad de los pastos y forrajes (7).

2.1.3. Degradabilidad efectiva

La degradabilidad efectiva en el rumen (DE) permite establecer la proporción de fracciones nutricionales que son degradadas y aquellas que no logran degradarse en el rumen, este parámetro es necesario para un adecuado manejo nutricional de los rumiantes y, en consecuencia, para una mejor utilización de los nutrientes (8).

2.1.4. Degradabilidad *in situ*

La técnica de degradación *in situ* ha sido ampliamente adoptada para evaluar la tasa y la extensión de la degradación de los alimentos en el rumen (9).

2.1.5. Cinética Ruminal

La cinética es importante porque con ella se determina la proporción de nutrimentos consumidos que pueden ser absorbidos y utilizados por el animal, clasificando a los alimentos en fácilmente digestibles, de digestión lenta o en indigeribles (10).

2.1.6. Fibra detergente neutra (FDN)

Este es un método útil para la determinación de fibras vegetales en los alimentos. Aparentemente tiene la capacidad de separar los componentes nutricionales solubles de aquellos que no son totalmente aprovechables o que dependen de la fermentación biológica para su aprovechamiento (11).

2.1.7. Fibra detergente acida (FDA)

La Fibra detergente ácida, es una porción de las fibras de las plantas (12). El método está basado en la solubilidad de un agente tensioactivo, por medio de una solución ácida. El residuo fibroso está compuesto por celulosa, lignina y por las sustancias minerales insolubles en un ambiente ácido, esto se define como FDA (13).

2.1.8. Rumiantes

Son mamíferos especializados en consumir material vegetal fibroso. El estómago del rumiante está constituido por cuatro compartimientos, rumen, retículo, omaso y abomaso este último produce enzimas digestivas capaces de degradar alimentos (14).

2.2. Marco referencial

2.2.1. Matarratón (*Gliricidia sepium*)

El matarratón es una leguminosa arbórea, perenne, caducifolia, esta posee raíces profundas que va entre los 15-10 m de altura con un diámetro de 40 cm dependiendo del tipo. Los tallos son de corteza con fisuras poco pronunciadas con colores gris verdoso o pardo verdoso esta es tanto en plantas adultas como en las jóvenes; el tallo cuando es adulta toma un color café verdoso y generalmente es torcido, resquebrajado, con ramas inicialmente erectas (15).

Posee un tronco con una corteza gris rojiza o cobriza, dura, pesada y resistente, además de un buen poder calórico equivalente a 5000 kcal de energía bruta por kilogramo, es muy resistente a los ataques de insectos y muy duradera. Su copa tiene forma irregular y extendida con hojas compuestas, imparipinadas, y además, posee un último foliolo que remata al final del raquis, por lo que su número es impar con 10-25 cm de largo y con hojuelas enteras dispuestas en pares opuestos y una hojuela terminal (15).

2.2.2. Clasificación taxonómica

En la Tabla 1 se muestra la clasificación taxonómica de la *Gliricidia sepium*.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la *Gliricidia sepium*

| | |
|-----------|--------------------------|
| Reino: | Vegetal |
| División: | Angiosperma |
| Clase: | Dicotiledoneo |
| Orden: | Leguminocidae |
| Familia: | Fabocedae |
| Genero: | Gliricidia |
| Especie: | <i>Gliricidia sepium</i> |

Fuente: (16).

2.2.3. Descripción de la especie

Flores.- Como se muestra en la Figura 1, son rosadas brillante a lila teñido de blanco. Son zigomorfas, papilionadas y se presentan en forma de racimos; tienen un tamaño aproximado de 10-20 cm de largos, con un aroma muy dulce (16).



Figura 1. Flor del matarratón

Frutos.- Son en forma de vainas lineares y aplanadas (Figura 2), de unos 10 a 15 cm de longitud, cada una con 3 a 10 semillas, con una coloración que va de verde limón o pardo claras (16).



Figura 2. Frutos del matarratón

Semillas.- Las semillas germinan fácilmente, son de coloración pardo-amarillentas, casi redondas, aplanadas y lisas (Figura 3), alcanzan una altura de 7.9 a 18 mm de largo por 12 a 15 mm de ancho. El hilo es blancuzco, ligeramente protuberante y contiguo al micrópilo. La testa es dura y ósea (16).



Figura 3. Semillas del matarratón

Raíz.- En plantas provenientes de semillas el sistema radical es fuerte y profundo, con raíces son pivotantes, ramificadas y debido a que poseen nódulos nitrificantes en ellas, influye tanto en las especies circundantes como en el suelo. En las plantas provenientes de estacas, las raíces son superficiales. Sexualidad. Hermafrodita. Numero cromosómico: $2n = 22, 28$ (16).

2.2.4. Origen

Naturalmente se extiende desde Colombia, Venezuela, las Guayanas, Centroamérica y México. Con una amplitud ecológica que va de los $7^{\circ} 30'$ de latitud en el sur de Panamá, hasta los $25^{\circ} 30'$ latitud norte en el noroeste de México. Ha sido introducida y naturalizada por los indígenas occidentales de Cuba o Jamaica, hasta las Antillas Menores, Trinidad y Curaçao, plantados en el sureste de Florida y sur del Brasil y además, existe en numerosos países de Asia y África (16).

2.2.5. Distribución

Es difícil definir su verdadera distribución natural, ya que ha sido domesticada por muchos siglos y ampliamente plantada y extendida a nuevas áreas donde se ha naturalizado. La baja producción de semilla en las zonas más húmedas de la vertiente del Atlántico de América Central sugiere que el rango nativo se limita a los bosques secos deciduos de México y

América Central, desde Sinaloa en el NO de México hasta Guanacaste en Costa Rica (Figura 4). El borde norte de su distribución sigue el límite de zonas libres de heladas (17).



Figura 4. Distribución de la *Gliricidia sepium*

2.2.6. Ecología

Es una especie pionera agresiva, bien adaptada a un amplio rango de suelos en climas húmedos a subhúmedos, incluyendo sitios moderadamente ácidos e infértiles. Se ve favorecido por perturbaciones humanas y ha colonizado grandes áreas siguiendo la destrucción de bosque seco nativo. Es un componente principal de barbechos que siguen a agricultura de tumba y quema, probablemente debido a su tolerancia al fuego (después de un fuego rebrota vigorosamente cuando comienza la estación lluviosa) (17).

2.2.7. Usos

Productor de forraje, el forraje verde es consumido por las vacas, ovejas y cabras por tener una buena palatabilidad y ser una excelente fuente de proteína, vitamina y minerales, estos animales consumen las hojas, la parte tierna del tallo y la corteza, la proporción de estos en matarratón cosechando cada tres meses en: hojas 65%, tallo comestible 4.5%, corteza 7.5%, tallo duro 23% (18).

Usado en niveles bajos el forraje del matarratón sirve para pigmentar la yema de los huevos o la piel de los pollos, también se utiliza el follaje como abono verde en cereales y frutales. Y se

caracteriza por producir sombra en los potreros, regula el equilibrio del suelo, el incremento de la aeración, percolación y la regeneración de los suelos pesados. Las flores son utilizadas en la alimentación humana y son una excelente fuente de néctar para las abejas (18).

También hace las veces de cerca viva por la rapidez de su crecimiento, la capacidad de enraizar de sus estacas y el poco manejo que necesita, pues esto último se limita más que nada a podas de control de crecimiento, y por lo general, una vez al año. A pesar de lo anterior, tolera con facilidad podas frecuentes. Las ramas podadas luego son empleadas para forrajeo, leña, abono verde o para estacas de nuevas cercas (18).

2.2.8. Aspectos agronómicos del cultivo

Entre sus cualidades en el matarratón se destaca su alto potencial productivo, en cultivos intensivos como planta forrajera, investigaciones pasadas han determinado mediante la fijación de nitrógeno (N), la hojarasca y los residuos de la cosecha, como tallos lignificados que vuelven al suelo, se constituye en un sistema donde los nutrientes son reciclados eficientemente, manteniendo la fertilidad y la producción en niveles óptimos (19).

Su cultivo es de los 1,500 msnm, con una temperatura óptima entre los 15 y 30 °C, con precipitaciones de 500 y 3,000 mm; es muy resistente a temperaturas fuertes en verano. Tiene pocas exigencias en lo que respecta el suelo para el cultivo, por lo que se adapta muy fácil a suelos tanto húmedos, franco arenosos, arcillosos como secos, con pH que va desde los 4.5 y 7.0, del mismo modo con suelos de muy buen drenaje ya sean de alta o baja fertilidad o ácidos este los soporta. Respecto a la luminosidad, crece mejor expuesta al sol, y recibiendo solo la sombra parcial. En el caso de las plántulas, al ser sembradas bajo la sombra podrán sobrevivir sin crecimiento significativo. Es flexible ante las inundaciones aunque para su crecimiento adecuado se deben evitar los suelos muy compactos o zonas propensas a inundación (19).

Este se mantiene verde en todo el año por lo que si se le realiza un corte periódico en la época seca se obtendrá menor crecimiento y retención del follaje lo cual en otra investigaciones

determinan que realizando esto los rendimientos mensuales de MS van de 0.99 y 1.49 t*ha⁻¹ y en estaciones secas y húmedas (55 mm*mes⁻¹ y 144 mm*mes⁻¹) (19).

2.2.8.1. Sistemas de propagación

Su propagación es mediante estacas fácilmente o por semillas sexuales, lo más comúnmente que realizan es la propagación por estacas debido al manejo rápido y por lo que normalmente se la utiliza como cercas vivas, pero para los sistemas intensivos de producción de forraje para poder lograr un mayor desarrollo del cultivo se debe realizar la propagación por semilla sexual, ya que así desarrollara un sistema radicular muy profundo y podrá extraer el agua y nutrientes necesarios y le permitirá soportar más fácilmente la sequía y no morir o desfoliarse (20).

2.2.9. Manejo

El manejo depende mucho del uso a que se destine la plantación. Responde bien a cortas repetidas, siempre que el árbol tenga más de un año y 2 m de altura antes del primer corte. Cuanto más corto el periodo de corta más hojas se producen en comparación a madera o leña. Los bancos forrajeros en sitios húmedos pueden cortarse tan a menudo como cada ocho semanas, produciendo apenas biomasa leñosa. Por el contrario, los árboles en cercas vivas o como sombra para perennes pueden cortarse una sola vez al año y producir una cantidad substancial de ramas para postes o estacas. La altura de corte recomendada varía de 0.5 m en bancos forrajeros a 2 m para cercas vivas, sombra y tutores (17).

En zonas con estaciones marcadas, la producción disminuye drásticamente en la estación seca. Para obtener una cosecha en esta estación los árboles se deben cortar por última vez unos tres meses antes de su comienzo, para dar tiempo suficiente al árbol a rebrotar (17).

2.2.10. Turno y crecimiento

Forraje: Bajo condiciones promedio un banco forrajero suele rendir de 3-4 kg de hojas/árbol/cosecha, equivalente a 9-16 t*ha⁻¹*año⁻¹ de materia seca o 43 t*ha⁻¹*año⁻¹ de hojas frescas (17).

Leña: un banco energético a 2x2 m (2500 árboles*ha⁻¹) cortado a 10-20 cm en un ciclo de corta de 3 años dio un rendimiento anual de 2.0-2.3 t*ha⁻¹ de leña seca. Para madera de mayores dimensiones, una primera cosecha a los tres y cuatro años produce típicamente 8-15 m³*ha⁻¹ y cortes posteriores cada dos o tres años deberían rendir un 40% más que lo que se obtuvo en la primera cosecha (17).

2.2.11. Cosecha y Forraje

El cultivo de *G. sepium* se cosecha cada tres meses y se puede obtener hasta 75 t*ha⁻¹*año⁻¹, con un 58 a 60% de hojas. Estas se pueden secar en capas delgadas y/o utilizar como consumo fresco, heno o ensilaje en mezcla de maíz y pastos de corte (21).

2.2.12. Producción de biomasa

Los tiempos mínimos de cortes o podas se deben tener en cuenta las condiciones agroecológicas de la zona y deben ser de tres meses, para así poder determinar el contenido de materia seca y nutrientes presentes en la biomasa recolectada. Trabajos antes realizados determinaron que las podas frecuentes de tres meses aumentan el contenido de proteína (24,60%) y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (58%) en las hojas.

El periodo de mayor precipitación, se caracteriza por producciones elevadas y crecientes de biomasa comestible, que disminuyen en la época seca Esta leguminosa arbórea puede alcanzar producciones aproximadas de forraje verde de 150 t*ha⁻¹*año⁻¹ (22).

2.2.13. Valor alimenticio y palatabilidad

El alto contenido de taninos, que también afecta la palatabilidad, en general, se considera bastante bajo. Sin embargo, hay informes donde determinan que puede ser aceptado por el pastoreo de ovejas y cabras, y también por el ganado durante la estación seca la disponibilidad de alimento, una vez que hay pocas alternativas (23).

2.2.14. Valor nutritivo para la alimentación del rumiante

En sus hojas y ramas, el matarratón aporta a la nutrición animal proteína cruda (25% y 12%, respectivamente), minerales (con excepción del fósforo y el cobre) y algunas vitaminas. Debido a esto, es considerado un buen complemento para los pastos tropicales, con niveles energéticos entre medios y altos y niveles proteicos entre medios y bajos. El follaje de esta especie también es fuente de nitrógeno no proteico, aminoácidos y péptidos, con los que se facilita la producción de proteína microbiana en el rumen (22).

Aporta nitrógeno, adicionalmente, a partir de su capacidad de extracción del suelo, activa el metabolismo de los macro minerales. Por otro lado, la *G. sepium* participa en el ciclo y reciclaje de elementos como fósforo, potasio, calcio y magnesio, lo que se argumenta debido a que la producción de forraje puede mantenerse constante por un largo periodo de tiempo (hasta siete años) sin necesidad de aplicación de fertilizantes (22).

En animales por encima de 250 kg de peso, niveles del 2 al 2.5% del material fresco en relación al peso vivo son buenos para conseguir ganancia de peso por encima de 600 g (22).

2.2.15. Características Nutricionales de la *G. sepium*

La *G. sepium*, se ha venido utilizando como alternativa alimenticia en bovinos, ovinos y caprinos, ya que como se ha descrito anteriormente ésta leguminosa posee un gran potencial de proteínas, minerales, vitaminas y carbohidratos esenciales en el desarrollo de los diferentes estadios de la producciones de estos rumiantes (17).

De las leguminosas arbóreas, la *G. sepium* es una de las especies promisorias para la alimentación animal en condiciones tropicales. En vista de las variaciones climáticas en el trópico y la poca calidad de los pastos usados en las producciones bovinas, se ha optado por realizar ensilajes de leguminosas en asocio con gramíneas y aditivos. En este sentido, las leguminosas muestran un mejor valor nutritivo que las especies de otras familias botánicas, lo cual favorece la conservación en forma mixta con gramíneas (17).

2.2.16. Composición química de la *G. sepium*

Diferentes referencias bibliográficas argumentan que la calidad de los forrajes depende de la digestibilidad de la materia seca; sin embargo, la calidad también está influenciada por factores como los medioambientales, por lo que se discute que valores de aproximadamente 70% de DIVMS, menos del 50% de FDN y más del 15% de PC, corresponden a un forraje de alta calidad. Teniendo en cuenta los valores promedio de digestibilidad *in vitro* de la materia seca, digestibilidad de la fibra detergente neutro (DFDN) y digestibilidad de la proteína cruda (DPC) de la *G. sepium* en varias investigación que van en PB de 27-23% FB 16-23% esto afirman que la calidad del forraje es buena y óptima para ser utilizada como suplemento (22).

2.2.17. Digestibilidad de la *G. sepium*

Se propone como una de las mayores alternativas para el suplemento alimenticio del ganado bovino doble propósito, dado que presenta valores de proteína entre 22 y 24%, con una alta degradabilidad de la materia seca (66%) y buen contenido de minerales; además presenta una gran preferencia de uso, dada su fácil adaptación y resistencia tropical y fácil manejo y procesamiento (17).

2.2.18. Degradabilidad de la *G. sepium*

El matarratón (*G. sepium*) es un buen suplemento proteico para el ganado ya sea de carne, leche o doble propósito, esto debido a su excelente composición química, presentando una alta degradabilidad de la materia seca (66%) y buen contenido de minerales. Para suministrarlo al

ganado se determina que sea previamente oreado para inactivar algunos factores anti nutricionales. Para suministrarlo al ganado lechero es mejor que se haga inmediatamente después del ordeño para evitar la presencia de sabores extraños en la leche en base seca contiene 23% de proteína bruta, 45% de fibra bruta, 1,7% de calcio y 0,2% de fósforo (24).

2.2.19. Técnica *in situ* (in sacco)

Como técnica *in situ* (in sacco) se entiende a las evaluaciones de alimentos que se realizan empleando animales, tales como la digestibilidad o consumo voluntario. La técnica *in situ* o también llamada de la bolsa de nylon, permite estudiar la cinética de desaparición del alimento en el rumen de animales fistulados. El alimento se coloca dentro de bolsas de nylon cerradas y luego en el rumen de los animales, el retiro de distintas bolsas a lo largo del tiempo permite medir la cantidad de material que ha desaparecido. La fracción del alimento que no se recupera dentro de las bolsas se asume que ha sido degradado, de este modo se construye la curva de desaparición (25).

Esta metodología representó un adelanto muy importante dentro del campo de la nutrición de rumiantes, debido a que permite el estudio de la cinética de degradación. Esta técnica ha mostrado un buen grado de asociación con el consumo y la digestibilidad para alimentos como forrajes frescos y henos (25).

2.2.20. Degradación de la Proteína

La proteína ingerida por el rumiante es sometida a una extensiva degradación por parte de los microorganismos que habitan en el rumen. Varias especies de bacterias, protozoos y hongos anaerobios participan en esta actividad proteolítica mediante la elaboración de diversas proteasas, peptidasas y desaminasas (26).

Las bacterias son los principales microorganismos implicados en la degradación de la proteína. Mas el 40% de las especies aisladas muestran actividad proteolítica. La mayoría de las proteasas bacterianas están asociadas a la pared bacteriana de manera que el primer paso

para la degradación de la proteína en la adhesión de las bacterias a las partículas de alimento (26).

2.2.21. Degradabilidad efectiva (DE)

La estimación correcta de la degradabilidad ruminal efectiva en el rumen de las distintas fracciones nutricionales de los alimentos es fundamental para el desarrollo de programas eficientes de alimentación para rumiantes (8).

La propuesta clásica para estimar la degradabilidad efectiva en el rumen de la fracción potencialmente degradable ($DEb = bKd / (Kd + Kp)$), no es correcta ya que se basa en la presunción de que las constantes de la cinética de la degradabilidad (Kd) y del pasaje ruminal (Kp) representan la velocidad de fermentación y de pasaje ruminal, respectivamente cuando estas realmente representan la relación constante entre la aceleración y la velocidad de degradación y de pasaje (8).

Se presenta, entonces, una nueva propuesta coherente con las bases matemáticas de la cinética de la degradación y el pasaje ruminal de la fracción potencialmente degradable en el rumen (b) que requiere el uso de métodos numéricos para despejar el tiempo “ t ” de la expresión $1 = e^{-kd*t} + e^{-kp*t}$, que al reemplazarlo en la expresión $b*e^{-kd*t}$, permite calcular la DEb. La estimación de la DEb por este método permite obtener datos confiables y coherentes con las bases matemáticas de la cinética de la degradación y el pasaje ruminal de las fracciones nutricionales (8).

2.2.22. Análisis proximal de los alimentos (Weende)

El Sistema más antiguo para determinar el contenido de nutrimentos de los alimentos es la metodología de Weende desarrollada en el siglo 19 en Alemania, la cual es generalmente llamada el “análisis proximal” o “análisis inmediato” del alimento. Este análisis consiste en seis componentes de propiedades químicas o nutritivas similares las cuales son agrupadas en

las siguientes determinaciones: Materia Seca, Proteína Cruda, Extracto Etéreo; Ceniza, Fibra Cruda y Extracto libre de Nitrógeno (27).

2.2.22.1. Materia seca (MS)

El porcentaje de materia seca se refiere a la cantidad de alimento menos el agua contenida en dicho alimento, en otras palabras, si una muestra de alimento "X" se somete a un calor moderado (típicamente 65°C por 48 horas) de tal modo que toda el agua se evapore, lo que queda es la porción de materia seca de ese alimento. Suponiendo que se desea saber el contenido de materia seca de una muestra de ensilado de maíz, se colocan 200 g de la muestra en el horno y al final del periodo de secado recuperamos 70 g. Éstos 70 g representan la porción de MS, lo que también indica que 130 g eran agua y se evaporaron. Si expresamos estos números en porcentaje de materia seca, se determina que la muestra contiene 35% de materia seca y 65% de humedad (28).

2.2.22.2. Proteína cruda (PC)

En lo que respecta a los valores de PC, estos oscilan de 16,5 % a 28,31%. Se puede atribuir las diferencias en valores de proteína dependiendo de los diferentes estadios de crecimiento, a medida que el rebrote madura desde 3 a 12 meses. Los valores incrementan a partir de los 3 y 6 meses, posteriormente el porcentaje de proteína cruda disminuye a partir de los 9 y 12 meses (3).

2.2.23. Análisis de Van Soest

Dado que el análisis de fibra presentaba serias deficiencias que limitaban su uso en la caracterización confiable de un alimento Van Soest y sus colaboradores desarrollaron un sistema para analizar la fracción de carbohidratos de los alimentos. El procedimiento fracciona la MS de un alimento en fracciones que son afines bioquímicamente en comparación con el procedimiento de FC y ELN y al mismo tiempo demostró que estas fracciones poseían un mayor significado biológico y nutricional; su uso permitió generar mejores predicciones del

valor nutritivo de un alimento e incluso algunos indicadores de comportamiento animal potencial a partir de un alimento dado (27).

2.2.23.1. Fibra detergente neutra (FDN)

Con lo que respecta a la fibra neutro detergente, es el valor de hemicelulosa, celulosa y lignina, obtenido de la extracción del material soluble neutro detergente y que separa el material vegetal en contenidos celulares (solubles) y en membranas celulares (insolubles) determinan que a mayor edad del follaje mayor es la cantidad de FDN (17).

2.2.23.2. Fibra detergente ácida (FDA)

Es la parte del forraje que permanece después del tratamiento con detergentes ácidos. Está formada por Celulosa, Lignina y Sílice (no existe hemicelulosa porque está hidrolizada y se combina con la lignina). Cuando se obtiene valores altos de fibra detergente ácido, se aprecia que la digestibilidad del forraje es baja (29).

2.2.24. Cinética Ruminal

La cinética es importante porque con ella se determina la proporción de nutrimentos consumidos que pueden ser absorbidos y utilizados por el animal, además de no describir solo la digestión, sino que caracteriza las propiedades intrínsecas de los alimentos que limitan su disponibilidad para los animales a partir de modelos desarrollados con base en principios biológicos, clasificando a los alimentos en fácilmente digestibles, de digestión lenta o en indigeribles (10)

2.2.25. Investigaciones relacionadas

Araque (30), con el fin de obtener mayor información sobre la planta del matarratón en el bosque seco tropical, con fines forrajeros para rumiantes, determinó la composición bromatológica, cambios en el contenido mineral y tasa de elongación de los rebrotes del matarratón (*G. sepium*) a 3, 6, 9 y 12 meses, determinando materia seca, grasa, cenizas,

proteínas cruda y algunos minerales. Los resultados indican que a medida que la planta maduraba se incrementó ($P < 0,05$) el contenido de materia seca (de 8,75 a 13,39%). Sin embargo, los contenidos de proteína cruda, cenizas, fósforo, potasio e hierro disminuyeron significativamente, de 28,31 a 20,64%, de 8,88 a 7,40%, de 0,36 a 0,14%, de 2,89 a 0,70% y de 192,00 a 135,00 ppm, respectivamente. Esta leguminosa arbórea ofrece una alta calidad nutricional para la alimentación de rumiantes y puede utilizarse como fuente proteica para enriquecer dietas para estos animales.

Pedraza (31), estudió la composición química a los 60, 90, 120 y 180 días de rebrote de la *G. sepium*. Los contenidos de Materia Seca del follaje oscilaron entre 19,5 y 37,6%; la Fibra Bruta de 28,4 a 35,5%; la Proteína Bruta entre 14,7 y 20,4%. Se recomienda el uso de follaje en la alimentación animal cuando tenga de 60 a 90 días de rebrote. De 120 a 180 días, es preferible el uso de la porción hoja-pecíolo.

Vásquez (32), expone que los análisis bromatológicos basados en las diversas edades de corte, indican que la planta representa buenas fuentes de nutrientes, con promedios de 18,01; 5,30; 1,35 y 7,6% para Proteína, Fibra Cruda, Grasa y Cenizas respectivamente y humedad de 10,44%. De la misma manera, los análisis químicos basados también en las diferentes edades de corte, indican que hay diferencias significativas ($P < 0,05$) en materia seca y proteína.

García y Medina (33), realizaron una investigación acerca de la Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros, entre ellas la *G. sepium*. Determinaron que el matarratón presenta un 39,58% de Materia seca; 43,48% de Fibra detergente neutra (FDN); 20,12% de Fibra Detergente Ácida (FDA), 20,01% de Proteína Bruta no obstante las concentraciones fueron superiores a 15%, la cual es elevada si se considera estado de madurez de la biomasa (180 días).

Delgado y Cairo (34), quienes evaluaron la degradabilidad ruminal *in situ* del follaje de las leguminosas arbustivas *Gliricidia sepium* (gliricidia) y *Leucaena leucocephala* (leucaena), en búfalos de río (*Bubalus bubalis*) y vacunos (*Bos indicus*). Para los análisis de degradabilidad se utilizaron tres búfalos y tres toros cebú, canulados en el rumen. Las bolsas de nylon, con 5 g

de muestra, se incubaron en el rumen y se extrajeron a las 8, 12, 24, 48 y 72 h post fermentación. Los follajes mostraron alto potencial de degradación ruminal de la MS, superior a 80,00% en *Gliricidia* y de 77,00% en *Leucaena*. Para la MS, los valores de DE oscilaron entre 64,00 a 65,00 y 51,00 a 54,00%, al considerar constantes de recambio ruminal (k) de 0.02 y 0.05 h⁻¹, respectivamente. La fracción soluble de la MS, determinada por lavado de las bolsas, fue de 19,49 y 22,33% para ambos follajes, respectivamente. Se encontró interacción raza x tipo de follaje (P<0,05) para la fracción potencialmente degradable en el tiempo (B), la velocidad de degradación (c) y la degradabilidad potencial (A+B) de la MS. La fracción A+B del nitrógeno en *Gliricidia* fue aproximadamente de 94,00% en los bubalinos, mientras que en los cebú fue inferior (P<0,05) en cinco unidades porcentuales. Ambas plantas presentaron alta degradabilidad ruminal, por lo que se recomienda su utilización en los sistemas de alimentación para los rumiantes.

García *et al.*, (35), determinaron la degradación simulada de la materia seca del matarratón *Gliricidia sepium* en el suelo, en cuatro tratamientos de cercas vivas, banco de proteína, pastura en callejones y cultivo en callejones; usando bolsas de nylon, durante un período de 16 semanas; en tiempos predeterminados y evaluó las características de la biomasa y la liberación de nitrógeno. Los principales resultados fueron; la biomasa del matarratón presentó una tasa de mineralización o degradación promedia de 3.4% por semana, además indica que la velocidad de degradación de la materia orgánica es de 6.78 g. por semana; A las dos semanas después de iniciado el experimento se reportó para todos los tratamientos un peso de 8.91g en promedio; esto equivale a una pérdida en peso de 6.9 g, lo cual, de acuerdo con el peso inicial (15 g), representa una pérdida del 46%. De igual forma, al cabo de la cuarta semana de haberse iniciado el experimento se perdió un 58.9% del peso inicial, lo que indica que aproximadamente el 60% de la materia orgánica se degradó; sobre la octava semana, este porcentaje alcanzó el 67,50% y al finalizar el experimento en la semana 16 se determinó que el 71,30% de la biomasa se degrada.

La O *et al.*, (36), estudiaron la degradación ruminal *in situ* de la materia seca (MS) y de la fracción fibrosa (FND) de cuatro especies de árboles forrajeros tropicales (*L. leucocephala*, *E. cyclocarpum*, *S. saponaria* y *G. sepium*). Las plantas se cosecharon tomando de éstas

principalmente las hojas y los peciolo. Se analizó la composición química de los forrajes y para los estudios de degradabilidad se empleó la técnica de incubación de las bolsas de nylon *in situ*. Se introdujeron en el rumen para su fermentación y se extrajeron a las 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48, 72 y 96 horas. Cada bolsa se lavó a mano con agua corriente hasta que el agua salió clara, posteriormente se secaron en estufa a 60 °C y el residuo se utilizó para determinar MS y FND. Para ello se utilizaron dos toros Holstein canulados en el rumen, cuyo alimento básico consistió en forraje fresco de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). La gliricidia resultó ser la planta de mayor valor nutritivo y la más degradada en el rumen: 79,40% de la MS, seguida por la leucaena: 63,37% y el jaboncillo: 56,48%, mientras que el orejón *Enterolobium cyclocarpum* se degradó pobremente: 33,48%. La degradabilidad efectiva de la FND y la fracción potencialmente degradable a las 96 hr de incubación ruminal fueron mayores en la gliricidia (77,43%). La tasa de degradación de la MS fue superior en la gliricidia (0.070/hr) y no difirió entre los otros árboles (0.030, 0.026 y 0.03/hr).

La degradabilidad efectiva para la MS, estimada a partir de una tasa de pasaje (K) igual a 0.044, tuvo un valor más alto para la gliricidia y el menor para el orejón (66,50 y 31,11%), mientras que para la FDN (61.28 y 29.02%, respectivamente). Los resultados de este trabajo mostraron que los árboles forrajeros analizados contienen altos niveles de proteína y bajos de fibra en relación con las gramíneas, lo que les permite su utilización como suplemento para balancear dietas de pastos y forrajes de menor calidad nutritiva.

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La presente investigación se ejecutó en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) en la finca experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Facultad de Ciencias Pecuarias (FCP), la misma que está ubicada en el km 7^{1/2} vía Quevedo – El Empalme, provincia de Los Ríos. La ubicación geográfica es de 01° 06´ 30” de latitud sur y 79° 29´ 30” de latitud oeste y a una altura de 73 metros sobre el nivel del mar.

3.1.1. Mapeo del lugar donde se realizó la investigación

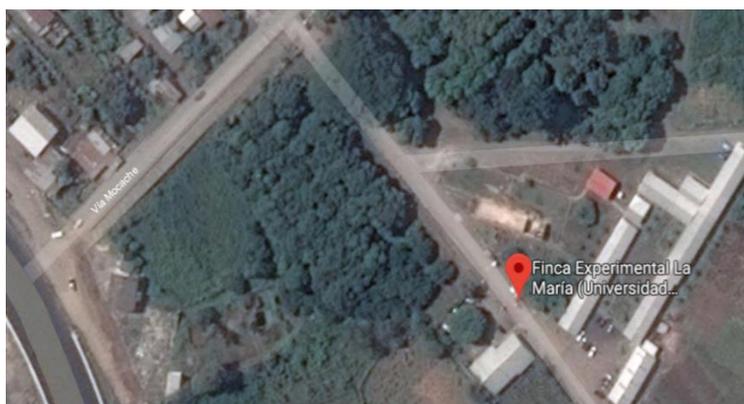


Figura 5. Mapa del sitio experimental

3.2. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo exploratoria porque dependió del grado de degradabilidad de la MS, MO, FDN, FDA de la *G. sepium*. Se aplicó un diseño experimental como estrategia de control y metodología para analizar los datos.

3.3. Métodos de investigación

El proyecto de investigación tuvo un método exploratorio e inductivo por medio de los cuales se evaluó los efectos de las variables estudiadas, mediante la aplicación del análisis estadístico

y se determinó la composición química y la cinética de la degradación ruminal *in situ* de la especie arbustiva evaluada.

3.4. Fuentes de recopilación de información

La información se recolectó de fuentes primarias (análisis) y fuentes secundarias como (libros, artículos, páginas web, y otros.) que contribuyeron al desarrollo de esta investigación.

3.5. Diseño de la investigación

Para la determinación de la composición química se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con seis tratamientos (6) y tres repeticiones (3), mientras, para la determinación de la cinética de degradación ruminal *in situ* se aplicó un DCA, con seis tratamientos (6) y cuatro repeticiones (4) y para establecer las diferencias entre medias se aplicó la prueba de TUKEY ($P \leq 0,05$). El modelo matemático a utilizar se detalla a continuación:

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

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = media general de una población

τ_i = efecto del tratamiento

E_{ij} = efecto aleatorio (error experimental)

3.5.1. Esquemas del análisis de varianza (ANDEVA)

Tabla 2. Esquema del ANDEVA para determinación de la Composición Química

| F de V | | GL |
|-----------------|----------------|-----------|
| Tratamientos | t-1 | 5 |
| E. Experimental | t (r-1) | 12 |
| Total | T.r-1 | 17 |

Elaborado: Montecé Loor Jenniffer

Tabla 3. Esquema del ANDEVA para determinación de la degradación y cinética ruminal

| F de V | | GL |
|-----------------|----------------|-----------|
| Tratamientos | t-1 | 5 |
| E. Experimental | t (r-1) | 18 |
| Total | T.r-1 | 23 |

Elaborado: Montecé Loor Jenniffer

3.5.2. Tratamientos

En la Tabla 4, se detallan los tratamientos en estudio.

Tabla 4. Descripción de los tratamientos en estudio.

| Tratamientos | Descripción |
|--------------|---------------------------------|
| T1 | <i>G. sepium</i> a los 30 días |
| T2 | <i>G. sepium</i> a los 45 días |
| T3 | <i>G. sepium</i> a los 60 días |
| T4 | <i>G. sepium</i> a los 75 días |
| T5 | <i>G. sepium</i> a los 90 días |
| T6 | <i>G. sepium</i> a los 105 días |

Elaborado: Montecé Loor Jenniffer

3.6. Instrumentos de investigación

Para la recolección de los datos y estudios de cada una de las variables se utilizó una libreta de campo y una vez hechos los análisis se procedió a la aplicación de los datos en una hoja electrónica (Excel-Solver) y al software estadístico SAS.

Se utilizaron cuatro toros con un peso de 450,3±35.2 kg, provistos de una cánula ruminal (cuatro pulgadas de diámetro interno, Bar Diamond, Parma, Idaho, EEUU). Los animales se alojaron en corrales individuales y fueron alimentados con una dieta a base de pasto Saboya (*Panicum maximun*) y king grass (*Pennisetun purpureun*) y agua *ad libitum*.

Para determinar la composición química se utilizaron 36 fundas F57 (Trat x Repet x 2). La degradación ruminal *in situ*, se determinó mediante la técnica de la bolsa de nylon en el rumen

descrita por (25). En cada animal se colocaron 42 bolsas de nylon con 10,0 g MS de cada tratamiento y se incubaron por 0; 6; 12; 24; 48; 72 y 96 h. Con un total de 168 fundas (6 bolsas por cada periodo de corte por los 7 tiempos de incubación en los 4 fistulados). Por cada tiempo también se incluyeron dos bolsas vacías, que sirvieron como blancos para determinar el factor de corrección para el efecto del lavado.

Al término de los periodos de incubación, las bolsas fueron removidas, lavadas con agua corriente y secada en la estufa a 65 °C, hasta obtener peso constante y luego se registraron los pesos para su análisis e interpretación. Las bolsas empleadas para medir la pérdida por lavado (0 h) no se incubaron en el rumen y solo se lavaron con agua corriente, hasta obtener un efluente transparente.

La desaparición de la MS se ajustó a la ecuación $p=a+b \times (1-e^{-ct})$ (38), donde p es la desaparición de la MS a tiempo t , a es la fracción soluble por lavado de las bolsas a la h 0 (%), b es la fracción insoluble pero potencialmente degradable (%), y c es la tasa de degradación de b (h^{-1}). La degradabilidad efectiva (DEMS y la DEP) se calculó para tres tasas de paso ruminal (k): 0,02, 0,05 y 0,08 h^{-1} , de acuerdo con la ecuación $DEMS = a + [(b \times c) / (c+k)]$, donde a , b , c y k se han descrito anteriormente.

Todos los análisis estadísticos se hicieron con SAS 9.1. Los datos se analizaron con el procedimiento GLM y las medias de mínimos cuadrados se compararon con el test de Tukey ($P \leq 0.05$). Los parámetros de la cinética de degradación se calcularon con el modo de resolución GRG NONLINEAR de la función SOLVER de Microsoft EXCEL®. Las variables evaluadas fueron:

3.6.1. Determinación de la materia seca (MS)

Esta variable se determinó mediante la desaparición y diferencia de peso de la materia seca de los tratamientos y para ello se aplicó la siguiente formula:

$$\text{Materia seca (\%)} = 100 - H$$

3.6.2. Determinación de la materia orgánica (MO)

Para determinar el contenido de materia orgánica (MO) se empleó el método gravimétrico para poder conocer la porción de mineral o inorgánica de las muestras evaluadas utilizando la siguiente formula:

$$\text{MO} = (100 - \text{cenizas})$$

Dónde:

MO= Materia orgánica

3.6.3. Determinación de la materia inorgánica (MI)

Se obtuvo por diferencia después de haber determinado la materia orgánica (MI) utilizando la siguiente formula:

$$\text{MI (\%)} = \text{PF} - \text{Pi/Pm} * 100$$

Dónde:

MI= Materia inorgánica

Pf= Peso final

Pi= Peso inicial

Pm= peso de la muestra

3.6.4. Determinación de la proteína Cruda (PC)

Se realizó mediante el método de Kjeldahl y utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Proteína cruda (\%)} = \text{Nitrógeno en la muestra} * 6.25$$

3.6.5. Fibra en de Detergente Neutra (FDN)

Se realizó con base al método establecido por ANKOM Technology con la siguiente formula:

$$\text{FDN (\%)} = \frac{W_3 - W_1}{W_2 \times MS (\%)} \times 100$$

Dónde:

FDN= Porcentaje de la fibra en detergente neutra.

W₁= Peso de la bolsa.

W₂= Peso de la muestra.

W₃= Peso posterior a la extracción.

MS (%)= Porcentaje de la materia seca.

3.6.6. Fibra en detergente acida (FDA)

Se realizó con base al método establecido por ANKOM Technology con la siguiente formula:

$$\text{FDA (\%)} = \frac{W_3 - W_1}{W_2 \times MS (\%)} \times 100$$

Dónde:

FDN= Porcentaje de la fibra en detergente acida.

W₁= Peso de la bolsa.

W₂= Peso de la muestra.

W₃= Peso posterior a la extracción.

MS (%)= Porcentaje de la materia seca.

3.7. Tratamiento de los datos

En época de invierno se realizó un corte de igualación a 30 cm desde la superficie del suelo; de las parcelas establecidas, sin fertilización, luego se realizó la cosecha del forraje verde a partir de los 30 días y se procedió a realizar el corte cada 15 días (30, 45, 60, 75, 90, 105).

Para la toma de las variables se utilizaron los instrumentos mencionados en recursos humanos y materiales, según la variable a evaluar se utilizó el método proximal de WEENDE para; Materia seca (MS), materia orgánica (MO), materia inorgánica (MI), proteína cruda (PC) y el método de VANSOEST para fibras; fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA).

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

- ✓ M.Sc. Adolfo Rodolfo Sánchez Laiño Director del proyecto de investigación
- ✓ Montecé Loor Jenniffer Janina Autora del proyecto de investigación

3.8.2. Materiales y equipos

- ✓ Estufa
- ✓ Bolígrafo
- ✓ Tijera de podar
- ✓ Libreta de apuntes
- ✓ Cámara
- ✓ Libro de campo
- ✓ Computadora
- ✓ Bovinos fistulados Brahman
- ✓ Fundas Nylon Ankom (10 x 19 cm. Tamaño de poro 50 micras)
- ✓ Fundas Ankom F57

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Destilador
- ✓ Mufla
- ✓ Digestor FDN – FDA
- ✓ Crisoles
- ✓ Desecador

3.8.3. Reactivos

- ✓ Acid Detergent Dry Concentrate para diluir en 20 L de H₂O destilada. **Marca:** Ankom.
- ✓ Neutral Detergent Dry Concentrate, para diluir en 20 L de H₂O destilada. **Marca:** Ankom.
- ✓ Cloruro de sodio **Marca:** Merk.
- ✓ Normal Sulfuric Acid
- ✓ Acido bórico
- ✓ Pastillas catalizadoras
- ✓ Alphasilasa
- ✓ Sulfito de sodio
- ✓ Acetona

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición química del matarratón (*G. sepium*) en diferentes periodos de corte

Los resultados de la composición química del matarratón (*G. sepium*) evaluada en diferentes periodos de corte (30, 45, 60, 75, 90 y 105 días de edad), se reportan en la Tabla 5 y Figuras 6; 7; 8; 9; 10 y 11.

La MS; MO y MI, no se vieron afectadas por los periodos de corte. Sin embargo, el mayor porcentaje ($P<0,05$) de MS se registró a los 105 días (90,69%), la Proteína Cruda (PC) y Fibra Detergente Neutra (FDN), se registraron a los 30 y 60 días del periodo de corte (23,07 y 52,93%, respectivamente).

Araque (30), reportó diferentes valores de acuerdo al estadio del crecimiento y consideró los diferentes estadios de crecimiento de la planta y encontró que a medida que el rebrote madura desde 3 a 12 meses, existe un incremento ($P<0,05$) en el contenido de la materia seca, con valores que ascienden de 8,75 a 13,39%, respectivamente. Así mismo Pedraza (31), reportó valores ascendentes de 19,5 a 37,5% de materia seca, cuando fue evaluada la edad de rebrote del matarratón de 60 a 180 días. La variación en los valores reportados por diferentes autores puede atribuirse al estado fenológico, que es explicado por Pedraza (31), quien reporta diferentes resultados que dependen de la edad de corte del follaje.

Los porcentajes de PC reportados en la presente investigación superan a los de García y Medina (33), quienes determinaron que el matarratón presenta un 20,01% de Proteína cruda (PC) considerando el periodo de corte o estado de madurez de la biomasa. Cabe mencionar que Pedraza (31), reportó que en la composición química de la *G. sepium* a los 60, 90, 120 y 180 días de rebrote los niveles de Proteína oscilan de entre 14,7 y 40,4%, y que los valores de la composición química disminuyeron al aumentar los días de rebrote.

Los resultados para la FDN fueron superiores a los reportados por García y Medina (33), quienes determinaron que la FDN presenta un 43,48%, a diferencia de los valores de la FNA que fueron inferiores a los reportados por Cardozo (3), quien determinó valores superiores

(26,2%) y deduce que a medida que aumenta el valor de la FDA la digestibilidad del follaje disminuye.

Tabla 5. Promedios, EE y significación estadística para la MS, MO, PC, FDN, FDA del matarratón (*Gliricidia sepium*) en diferentes periodos de corte

| Periodo Corte (d) | Variables | | | | | |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | MS | MO | MI | PC | FDN | FDA |
| 30 | 89,68±0,13a | 87,03±0,42a | 12,97±0,42a | 23,07±0,59a | 50,55±0,18c | 15,78±0,53c |
| 45 | 89,69±0,06a | 88,52±1,06a | 11,48±1,06a | 20,98±0,41b | 46,62±0,55d | 10,84±0,94d |
| 60 | 88,79±0,09a | 88,19±0,17a | 11,81±0,17a | 21,55±0,41ab | 52,93±0,30a | 15,56±0,14c |
| 75 | 90,07±0,32a | 88,42±0,32a | 11,58±0,32a | 19,74±0,09bc | 51,27±0,15bc | 18,36±0,76bc |
| 90 | 82,88±6,54a | 87,65±0,95a | 12,35±0,95a | 20,12±0,10bc | 52,60±0,11ab | 24,23±0,55a |
| 105 | 90,69±0,16a | 89,05±0,05a | 10,95±0,05a | 18,32±0,47c | 49,97±0,24c | 19,82±0,77b |
| CV (%) | 5,23 | 1,23 | 9,14 | 3,31 | 1,01 | 6,60 |
| R ² | 0,33 | 0,35 | 0,35 | 0,88 | 0,96 | 0,95 |

EE= Error Estándar. *MS*= Materia Seca. *MO*= Materia Orgánica. *MI*= Materia Inorgánica. *PC*= Proteína Cruda. *FDN*= Fibra Detergente Neutra. *FDA*= Fibra Detergente Acida. *R*²= Coeficiente de Determinación. Promedios con letras diferentes son significativos según Tukey (P<0,05).

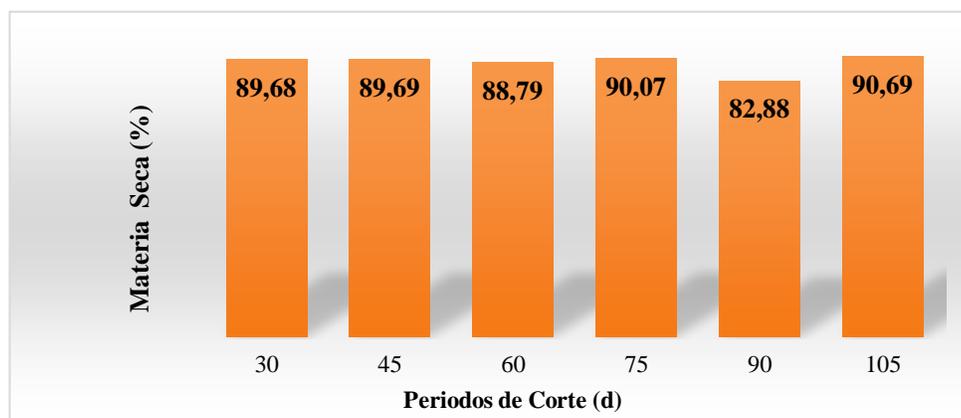


Figura 6. Porcentaje de Materia Seca (MS) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes periodos de corte

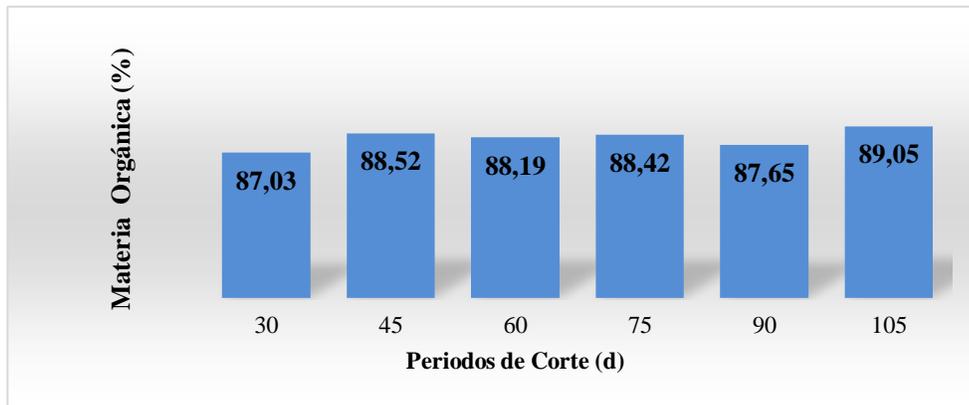


Figura 7. Porcentaje de Materia Orgánica (MO) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes periodos de corte.

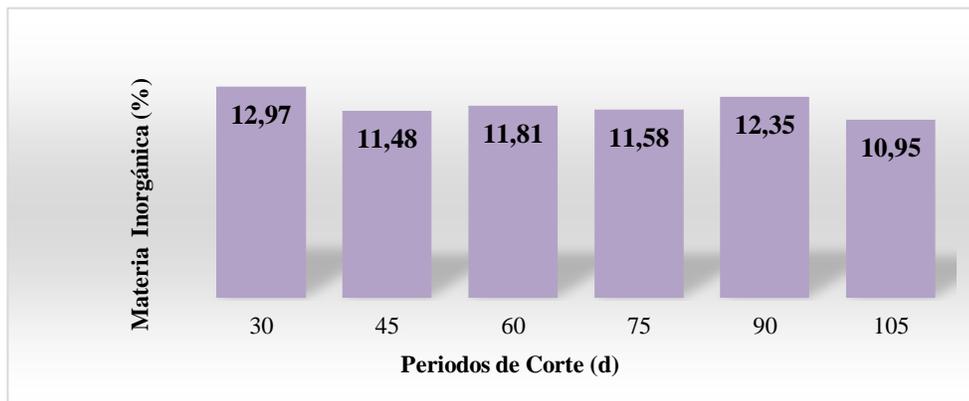


Figura 8. Porcentaje de Materia Inorgánica (MI) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes periodos de corte

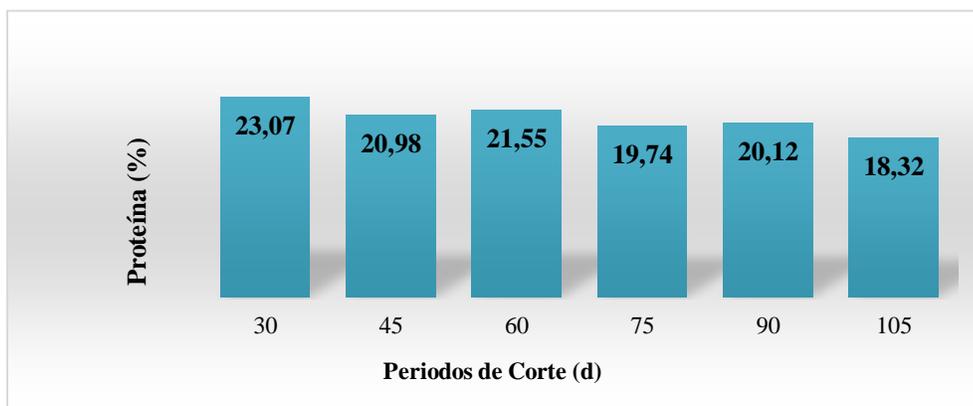


Figura 9. Porcentaje de Proteína Cruda (PC) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes periodos de corte.

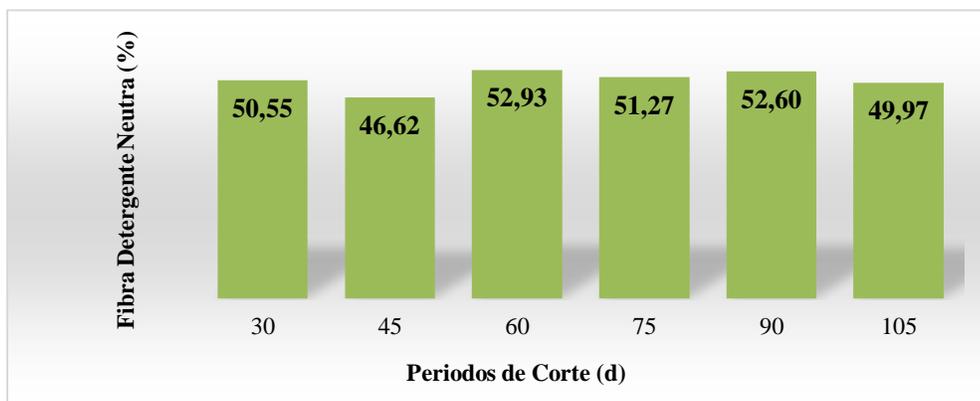


Figura 10. Porcentaje de Fibra Detergente Neutra (FDN) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes periodos de corte.

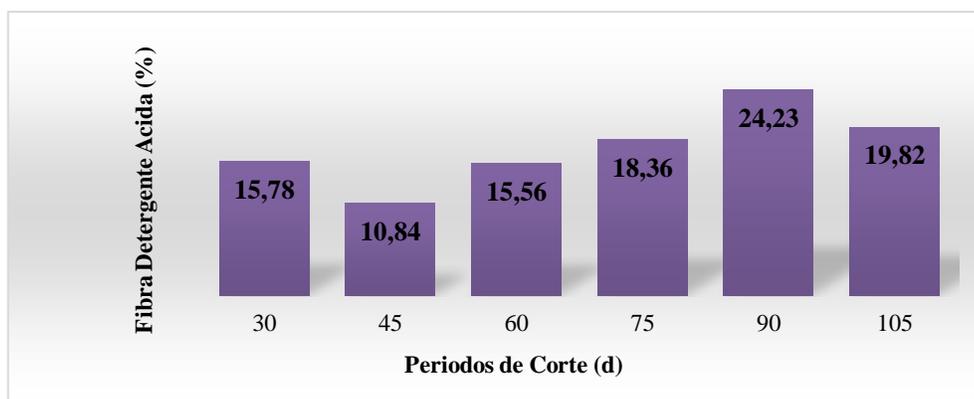


Figura 11. Porcentaje de Fibra Detergente Acida (FDA) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes periodos de corte.

4.2. Degradación y cinética ruminal *in situ* de la (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación

4.2.1. Degradación y cinética ruminal *in situ* de la Materia Seca (MS)

El mayor porcentaje ($P < 0,05$) de degradabilidad de la MS, ocurre a los 75 y 105 días del periodo de corte, a las 6 y 24 horas de incubación (98,12% y 99,46% respectivamente). Sin embargo la mayor Degradabilidad Efectiva (DE) a las 2; 5 y 8 horas, se registró a los 75 días del periodo de corte (95,24; 93,30; 91,46%, respectivamente), (Tabla 6 y Fig. 12). Estos resultados son superiores a los reportados por Delgado y Cairo (34), quienes evaluaron la

degradabilidad ruminal *in situ* del follaje de las leguminosas arbustivas *Gliricidia sepium* (*gliricidia*) y *Leucaena leucocephala* (*leucaena*), en búfalos de río (*Bubalus bubalis*) y vacunos (*Bos indicus*) y mostraron porcentajes de 80,00% en *Gliricidia* y de 77,00% en *Leucaena* a las 72 horas de incubación. Para los valores de DE oscilaron entre 64,00 y 65,00%, entre 2 y 5 horas.

Tabla 6. Parámetro de degradación ruminal *in situ* de la Materia Seca (MS) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación

| Horas Incubación | Periodos de corte (d) | | | | | | EEM | PROB. |
|---------------------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|------|--------|
| | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | | |
| 0 | | | | | | | | |
| 6 | 94,40b | 95,72ab | 96,31ab | 98,12a | 95,94ab | 96,38ab | 0,64 | 0,0202 |
| 12 | 94,99a | 95,79a | 96,67a | 97,44a | 95,95a | 97,57a | 0,79 | 0,2012 |
| 24 | 94,55c | 96,00bc | 95,93bc | 97,02ab | 97,05ab | 99,46a | 0,55 | 0,0002 |
| 48 | 94,47a | 95,52a | 95,25a | 94,60a | 97,17a | 79,11a | 7,25 | 0,5273 |
| 72 | 95,54a | 89,55a | 95,92a | 97,05a | 96,28a | 95,80a | 2,56 | 0,3756 |
| 96 | 93,33a | 95,49a | 96,56a | 96,70a | 95,36a | 96,84a | 0,92 | 0,1158 |
| | Cinética de degradación (%) | | | | | | | |
| a | 0,50a | 0,22a | 0,11a | 0,19a | 0,30a | 0,06a | 0,14 | 0,3599 |
| b | 92,83a | 94,28a | 95,63a | 96,41a | 95,66a | 94,54a | 1,61 | 0,6778 |
| c | 0,97a | 1,43a | 4,63a | 4,95a | 0,98a | 1,62a | 1,45 | 0,3399 |
| DP | 93,33a | 94,50a | 95,74a | 96,59a | 95,96a | 94,59a | 1,55 | 0,7067 |
| DE(2h) | 91,41a | 92,97a | 94,82a | 95,24a | 94,03a | 93,20a | 1,52 | 0,5366 |
| DE(5h) | 88,69a | 90,79a | 93,40a | 93,30a | 91,30a | 91,18a | 1,29 | 0,3125 |
| DE(8h) | 86,12a | 88,71a | 92,21a | 91,46a | 88,72a | 89,26a | 1,70 | 0,1988 |

EEM: Error Estándar de la Media; *a*: fracción soluble; *b*: fracción potencialmente degradable; *c*: tasa de degradación de b; *DP*: Degradabilidad Potencial (a+b); *DE*: Degradabilidad Efectiva a tasas de paso ruminal (2; 5 y 8 h). Promedios con letras diferentes son significativos según Tukey (P<0,05).

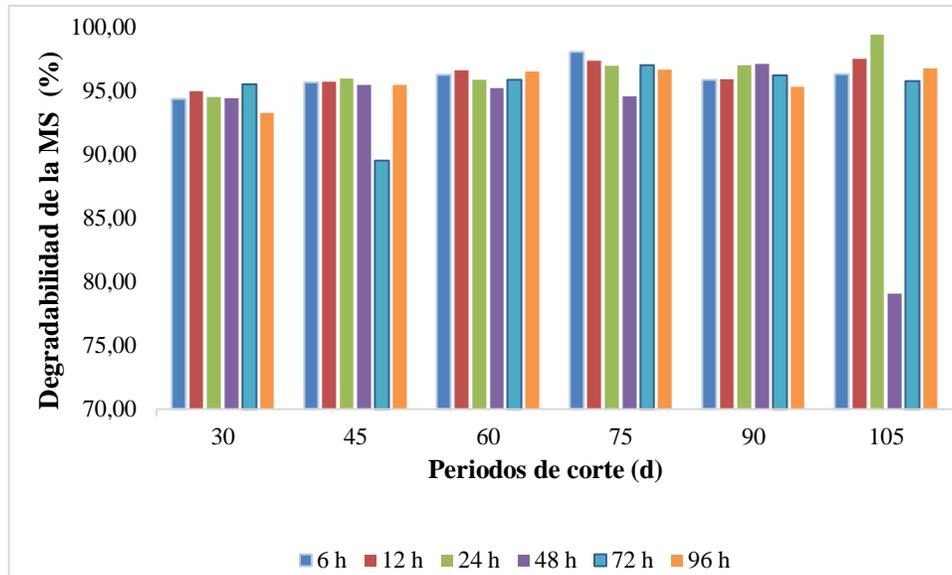


Figura 12. Porcentaje de Materia Seca (MS) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación.

4.2.2. Degradación y cinética ruminal *in situ* de la Materia Orgánica (MO)

El mayor ($P < 0,05$) porcentaje de degradabilidad de la MO se registró a los 30 días del periodo de corte, a las 96 horas de incubación (96,23%), de igual manera, la mayor Degradabilidad Efectiva (DE), a las 2; 5 y 8 horas (93,66; 90,83 y 88,18%, respectivamente), sin establecerse diferencias significativas, (Tabla 7 y Fig. 13).

García *et al.*, (35), determinó la degradación simulada de la materia seca del matarratón *Gliricidia sepium* en el suelo, en cuatro tratamientos de cercas vivas, banco de proteína, pastura en callejones y cultivo en callejones; usando bolsas de nylon, durante un período de 16 semanas (112 días), donde obtuvo resultados inferiores para la MO (71,30%).

Tabla 7. Parámetro de degradación ruminal *in situ* de la Materia Orgánica (MO) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación

| Horas Incubación | Periodos de corte (d) | | | | | | EEM | PROB. |
|------------------------------------|-----------------------|--------|---------|---------|---------|---------|------|---------|
| | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | | |
| 0 | | | | | | | | |
| 6 | 93,53a | 87,32b | 89,47ab | 89,56ab | 91,83ab | 93,44a | 1,33 | 0,0223 |
| 12 | 95,61a | 89,54b | 88,52b | 88,37b | 88,71b | 91,17b | 0,89 | <0,0001 |
| 24 | 93,92a | 87,01a | 90,09a | 86,97a | 90,60a | 89,67a | 2,04 | 0,2080 |
| 48 | 95,81a | 84,96a | 89,17a | 80,95a | 87,82a | 88,23a | 4,27 | 0,2962 |
| 72 | 95,49a | 80,59c | 87,00bc | 88,94ab | 91,95ab | 92,84ab | 1,75 | 0,0002 |
| 96 | 96,23a | 91,28a | 84,61a | 85,32a | 88,78a | 89,96a | 3,28 | 0,1901 |
| Cinética de degradación (%) | | | | | | | | |
| a | 0,25a | 0,05a | 15,83a | 0,57a | 0,38a | 0,30a | 6,37 | 0,4513 |
| b | 95,39a | 87,21a | 67,22a | 83,44a | 87,95a | 89,63a | 9,23 | 0,4026 |
| c | 0,96a | 1,61a | 0,76a | 1,11a | 1,05a | 1,10a | 0,24 | 0,2654 |
| DP | 95,64a | 87,26a | 83,06a | 84,00a | 88,32a | 89,93a | 3,00 | 0,0886 |
| DE(2h) | 93,66a | 85,93a | 81,72a | 82,44a | 86,67a | 88,32a | 2,82 | 0,0805 |
| DE(5h) | 90,83a | 84,02a | 79,81a | 80,20a | 84,31a | 86,01a | 2,58 | 0,0712 |
| DE(8h) | 88,18a | 82,21a | 78,01a | 78,08a | 82,07a | 83,82a | 2,39 | 0,0647 |

EEM: Error Estándar de la Media; *a*: fracción soluble; *b*: fracción potencialmente degradable; *c*: tasa de degradación de b; *DP*: Degradabilidad Potencial (a+b); *DE*: Degradabilidad Efectiva a tasas de paso ruminal (2; 5 y 8 h). Promedios con letras diferentes son significativos según Tukey (P<0,05).

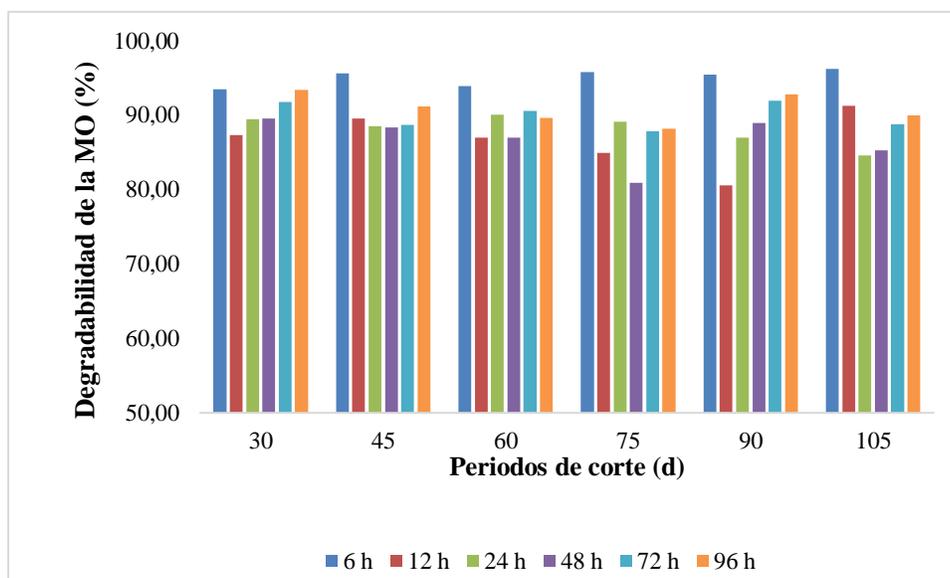


Figura 13. Porcentaje de Materia Orgánica (MO) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación.

4.2.3. Degradación y cinética ruminal *in situ* de la Fibra Detergente Neutra (FDN)

Los mayores valores ($P < 0,05$) para la Fibra Detergente Neutra (FDN) se registraron en los periodos de cortes comprendidos de 30 y 45 días, a las 96 horas de incubación (87,38; 93,79% respectivamente). Sin embargo, la mayor degradabilidad efectiva (DE) a las 2; 5 y 8 horas se la registra a los 75 días del periodo de corte (78,40; 75,01 y 71,91%, respectivamente), (Tabla 8 y Fig. 14).

La O *et al.*, (36), analizaron la degradación ruminal *in situ* de la materia seca (MS) y de la fracción fibrosa (FDN) de cuatro especies de árboles forrajeros tropicales incluida *la G. sepium*. Los resultados fueron inferiores para la FDN (77,43%) a las 96 horas, al igual para la degradabilidad efectiva con un valor de 61,28%.

Tabla 8. Parámetro de degradación ruminal *in situ* de la Fibra Detergente Neutra (FDN) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación

| Horas Incubación | Periodos de corte (d) | | | | | | EEM | PROB. |
|------------------|------------------------------------|--------|---------|--------|--------|---------|------|--------|
| | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | | |
| 0 | | | | | | | | |
| 6 | 67,62a | 63,12a | 74,49a | 71,03a | 70,52a | 67,87a | 4,69 | 0,6488 |
| 12 | 64,99ab | 63,70b | 67,47ab | 72,80a | 73,40a | 67,74ab | 1,96 | 0,0113 |
| 24 | 68,85a | 73,82a | 75,85a | 77,10a | 75,92a | 77,66a | 2,62 | 0,2326 |
| 48 | 84,74a | 80,44a | 84,87a | 85,90a | 78,00a | 81,81a | 2,75 | 0,3286 |
| 72 | 86,38a | 78,84a | 82,03a | 81,81a | 82,92a | 85,20a | 3,53 | 0,7192 |
| 96 | 87,38ab | 93,79a | 83,08b | 82,82b | 80,36b | 78,00b | 2,29 | 0,0019 |
| | Cinética de degradación (%) | | | | | | | |
| a | 1,08a | 1,15a | 0,39a | 0,23a | 0,17a | 0,82a | 0,28 | 0,0851 |
| b | 80,63a | 79,83a | 79,89a | 80,62a | 77,86a | 76,28a | 1,89 | 0,5301 |
| c | 0,70a | 0,41a | 0,89a | 0,66a | 0,72a | 0,55a | 0,21 | 0,6933 |
| DP | 81,71a | 80,98a | 80,28a | 80,84a | 78,03a | 77,10a | 1,95 | 0,5140 |
| DE(2h) | 78,06a | 77,08a | 77,88a | 78,40a | 75,91a | 74,32a | 1,71 | 0,5388 |
| DE(5h) | 73,30a | 71,90a | 74,58a | 75,01a | 72,94a | 70,51a | 1,66 | 0,4340 |
| DE(8h) | 69,21a | 67,41a | 71,59a | 71,91a | 70,18a | 67,08a | 1,84 | 0,3322 |

EEM: Error Estándar de la Media; *a*: fracción soluble; *b*: fracción potencialmente degradable; *c*: tasa de degradación de b; *DP*: Degradabilidad Potencial (a+b); *DE*: Degradabilidad Efectiva a tasas de paso ruminal (2; 5 y 8 h). Promedios con letras diferentes son significativos según Tukey ($P < 0,05$)

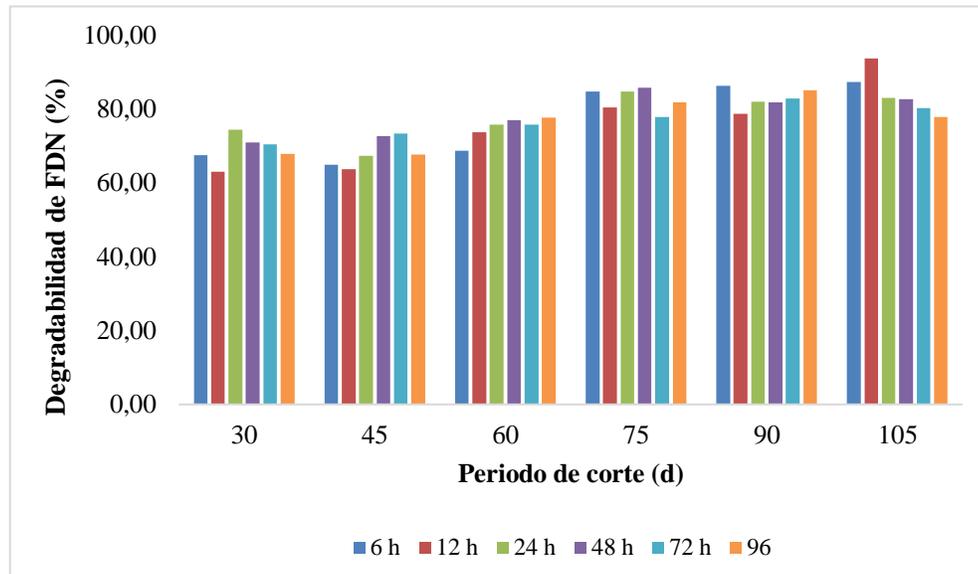


Figura 14. Porcentaje de Fibra Detergente Neutra (FDN) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación.

4.2.4. Degradación y cinética ruminal *in situ* de la Fibra Detergente Acida (FDA)

Los análisis reportaron diferencias significativas ($P < 0.05$), el mayor porcentaje de degradabilidad de FDA se registró a los 45 días de rebrote, a las 96 horas de incubación (73,57%), pero la mayor DE a las 2; 5 y 8 horas se registró a los 75 días de rebrote (58,44; 55,67 y 53,23%, respectivamente), (Tabla 9 y Fig. 15).

Tabla 9. Parámetro de degradación ruminal *in situ* de la Fibra Detergente Acida (FDA) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación

| Horas Incubación | Periodos de corte (d) | | | | | | EEM | PROB |
|------------------------------------|-----------------------|---------|----------|---------|---------|---------|------|--------|
| | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | | |
| 0 | | | | | | | | |
| 6 | 25,42c | 31,92bc | 33,97abc | 43,39ab | 48,53a | 43,94ab | 3,48 | 0,0014 |
| 12 | 33,23a | 36,03a | 36,09a | 58,47a | 49,10a | 46,15a | 5,82 | 0,0473 |
| 24 | 39,81b | 52,24ab | 53,19ab | 54,26ab | 51,05ab | 62,17a | 4,32 | 0,0499 |
| 48 | 62,16a | 63,06a | 65,42a | 66,12a | 55,04a | 60,68a | 3,78 | 0,3847 |
| 72 | 63,85a | 57,23a | 60,03a | 61,10a | 61,71a | 63,95a | 4,29 | 0,8774 |
| 96 | 66,00ab | 73,57a | 60,24ab | 61,56ab | 56,96b | 53,07b | 3,69 | 0,0158 |
| Cinética de degradación (%) | | | | | | | | |
| a | 4,23a | 1,98a | 1,73a | 0,38a | 0,18a | 8,22a | 3,21 | 0,5083 |
| b | 56,34a | 55,64a | 55,04a | 60,12a | 56,12a | 44,68a | 7,00 | 0,7340 |
| c | 0,10a | 0,25a | 0,30a | 1,48a | 0,94a | 0,41a | 0,45 | 0,2718 |
| DP | 60,56a | 57,62a | 56,78a | 60,50a | 56,31a | 52,91a | 4,30 | 0,8089 |
| DE(2h) | 50,85a | 52,00a | 53,00a | 58,44a | 54,92a | 50,87a | 3,80 | 0,7065 |
| DE(5h) | 41,34a | 45,68a | 48,26a | 55,67a | 52,98a | 48,19a | 3,44 | 0,0991 |
| DE(8h) | 35,08b | 40,95ab | 44,27ab | 53,23a | 51,18a | 45,87ab | 3,33 | 0,0129 |

EEM: Error Estándar de la Media; *a*: fracción soluble; *b*: fracción potencialmente degradable; *c*: tasa de degradación de b; *DP*: Degradabilidad Potencial (a+b); *DE*: Degradabilidad Efectiva a tasas de paso ruminal (2; 5 y 8 h). Promedios con letras diferentes son significativos según Tukey (P<0,05).

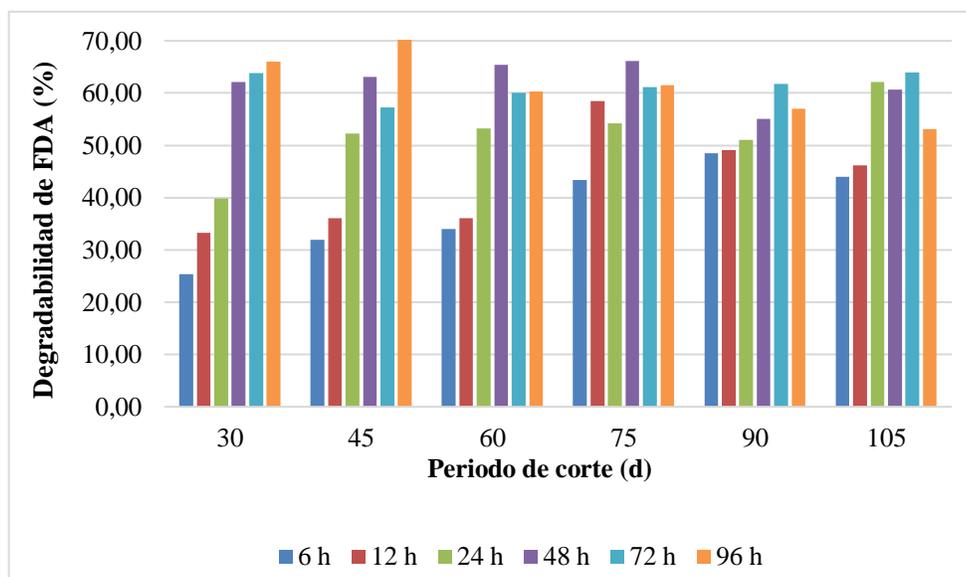


Figura 15. Porcentaje de Fibra Detergente Acida (FDA) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En base a los resultados se plantean las siguientes conclusiones:

- ✓ La Materia Seca (MS); Orgánica (MO) e Inorgánica (MI) no se ven afectadas por la edad o los periodos de corte evaluados. El mayor porcentaje de Proteína Cruda (PC) y Fibra Detergente Neutra (FDN) del matarratón (*G. sepium*) se registró a los 30 y 60 días del periodo de corte.
- ✓ El mayor porcentaje de la degradabilidad *in situ* de la MS, se obtuvo a los 105 días de rebrote a las 24 horas de incubación. La mayor degradabilidad de la Materia Orgánica (MO) se registró a los 30 días de edad de periodo de corte a las 48 horas de incubación. Sin embargo, los mayores valores para la degradabilidad *in situ* de la Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente Acida (FDA) se registraron a los 45 días del periodo de corte, a las 96 horas de incubación.
- ✓ La mayor Degradabilidad Efectiva (DE: 2; 5 y 8% / horas) de la MS se registró a los 75 días, y la MO a los 30 días del periodo de corte. Mientras que, los mayores valores para la FDN y FDA se registraron a los 75 días del periodo de corte.

5.2. Recomendaciones

En base a las conclusiones se recomienda:

- ✓ Utilizar del matarratón (*G. sepium*) para la alimentación de rumiantes y no rumiantes entre los 30 y 60 días de rebrote por que se obtiene el mayor porcentaje de proteína.
- ✓ Los valores obtenidos en la cinética ruminal *in situ* del matarratón (*G. sepium*) permite que esta pueda ser incluida como una alternativa en planes de alimentación que requieran incorporar los valores energéticos de los alimentos y la energía disponible para el animal de este tipo de recursos alimenticios.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

1. Flores C. Análisis de viabilidad técnica económica y financiera para la creación de la microempresa ganadera "La Esperanza" ubicada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas parroquia Alluriquin, en beneficio de la comunidad "El Valle". Tesis previo a la obtención del título de Ingeniería en Finanzas. Santo Domingo de los Tsáchilas: Universidad Central del Ecuador, Escuela de Estadísticas y Finanzas; 2012.
2. INEC. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. 23.; Unidad de Estadísticas Agropecuarias - ESAG ; 2017.
3. Cardoso J. El matarraton (*Gliricidia sepium*) en la alimentación del rumiante. Bogotá;; 2013.
4. Navas A, Patiño H, Vargas JE, Estrada J. Producción de *Gliricidia Sepium* (Matarratón) en bancos de alta densidad. Manizales: Universidad de Caldas, Sistemas de Producción; 2013.
5. Finkeros. Abc finkeros. [Online].; 2012. Available from: <http://abc.finkeros.com/mataraton-gliricidia-sepium/>.
6. Fonte L, Machado R, Díaz M, Blanco D. Caracterización morfológica de *Gliricidia sepium*, composición bromatológica y proporción de azúcares en sus flores. Pastos y Forrajes. 2013 Octubre; 36(4).
7. INATEC. Manual del protagonista, Pastos y Forrajes. Manual de Pastos y Forrajes. Instituto Nacional Tecnológico; 2016.
8. Correa H. Estimación de la degradabilidad efectiva en el rumen mediante métodos numéricos.. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín. 2008; 61(2).
9. Rosero R, Posada S. Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2007 Mayo; 20.
10. Sanguinés GL. Potencial nutricional del follaje de *Buddleia skutchii* (Hojas y peciolos) en la alimentación de ovinos y análisis de las variables ruminales. Tesis. Colima: Universidad de Colima, Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias; 2001.
11. FAO. FAO. [Online].; 2016. Available from: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB489S/AB489S04.htm>.
12. Segura F, Echeverri R, Patiño A, Mejía A. Descripción y discusión acerca de los métodos de análisis de fibra y del valor nutricional de forrajes y alimentos para animales. VITAE. 2007; 14(1): p. 72- 81.

13. CINA. CINA. [Online].; 2018 [cited 2018 Junio. Available from: <http://www.cina.ucr.ac.cr/index.php/2015-10-28-20-54-43/laboratorio-de-bromatologia>.
14. Araujo O, Vergara J. propiedades fisicas y quimicas el rumen. produccion animal. 2007; 15(1).
15. Cuervo A, Narvaez W, Hahn C. características forrajeras de la especie (*Gliricidia sepium*) Fabaceae. Boletín Científico Museo de Historia Natural. 2013; 17(1).
16. Gonzalez K. Zootecnia y veterinaria. [Online].; 2018. Available from: <https://zoovetesmpasion.com/pastos-y-forrajes/matarraton-gliricidia-sepium/>.
17. Lemos RJ. El Matarratón (*Gliricidia sepium*) como alternativa para la producción de leche en ganado bovino. Tesis. Medellín: Universidad Nacional Abierta y A Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Del Medio Ambiente; 2014.
18. Ochoa OE. Implementacion de un banco mixto de forraje proteico en un sistema de produccion de ganaderia brahman puro. Trabajo de grado para optar el título de Industrial Pecuario. Caldas - Antioquia.; 2011.
19. Rodrigez W. *Gliricidia sepium*: cultivo en callejones, comparacion entre proveniencias, comparacion en otras especies arbustivas y valor nutritivo para el engorde de corderos y cabritos. TESIS. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana; 2001.
20. Gomez M, Rodriguez L, Murgueitio E, Molina C, Rosales M, Molina J. Arboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentacion animal como fuente proteica Agropecuaria CplIeSSdP, editor. Cali; 2002.
21. Leon CHF, Ontaneda LJJ. Respuesta animal a la inclusion de cuatro niveles de yuca raton (*Gliricidia sepium*), en la formulacion de balanceado para pollos broilers, en la zona de Santo Domingo de los Colorados. Informe del proyecto de investigacion presentado como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero Agropecuario. Santo Domingo de los Colorados: Facultad de Ciencia Agropecuarias de Santo Domingo; 2006.
22. Alvarez E. Respuesta productiva con novillos en ceba en silvopastoreo, suplementados con matarraton, palmiste y urea-melaza, en Aguachica, Cesar. Proyecto de investigacion para obtener el título de especialista en nutricion animal sostenible; 2017.
23. Cruz M. Comportamiento agronómico y composición química de gramíneas y leguminosas del Centro Experimental La Playita. Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo. La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi;

- 2017.
24. Alvarez M. el matarraton como alternativa para el ganado bovino. Monografia para obtener el grado de zootecnista. ; 2014.
 25. Reyes GJA. Evaluación de la digestibilidad in situ de los nutrientes y variables ruminales del ensilado de caña de azucar con diferente fuente de proteina. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas. Jalisco: Universidad de Guadalajara; 2012.
 26. Gallardo RS. Estimación de la degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal de los aminoácidos de suplementos proteicos in vitro. Tesis Doctoral. Bellaterra: Universidad Autónoma de Barcelona; 2006.
 27. Ayala B, Capetillo L, Cetina G, Zapata C, Sandoval C. Composición Química - Nutricional de Árboles Forrajeros Alfredo SCC, editor. Mérida: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; 2006.
 28. Ramirez H. Engormix. [Online].; 2011. Available from: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/materia-seca-t28991.htm>.
 29. Lima FEC. Análisis bromatológico de cinco forrajeras introducidas para determinar su aporte en la alimentación del ganado. Tesis de grado. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés; 2004.
 30. Araque C, Quijada T, Aubeterre R, Páez L, Sánchez A, Espinoza F. Bromatología del matararón (*Gliricidia sepium*) a diferentes edades de corte en Urachiche, estado Yaracuy, Venezuela. Maracay: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro de Investigaciones Agrícolas del estado Lara; 2006.
 31. Pedraza R. Rendimiento, composición química y digestibilidad a diferentes edades de rebrote. Facultad de Medicina Veterinaria., Universidad de Camagüey; 1994.
 32. Vásquez H. Efecto del diámetro de las estacas de Matararón (*Gliricidia sepium*) sobre el crecimiento de ramas laterales. Zootecnia Tropical. 1995 Julio; 13.
 33. García D, Medina M. Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. Trujillo: Universidad de los Andes, Estación Experimental y de Producción Agrícola "Rafael Rangel"; 2006.
 34. Delgado D, Ciaro J. Degradabilidad ruminal del follaje de *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* en búfalos de río y toros cebú. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 2008;

42(4).

35. La O O, Delgado D, Chongó B, Castellanos E. La degradabilidad del rumen de la materia seca y el nitrógeno total en las vacas, en un sistema de pastoreo de gramíneas y leguminosas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 2006; 40(1).
36. Ascencio L, Valles de la Mora B, Castillo E, Ibrahim M. Degradación ruminal in situ y degradación efectiva del follaje de seis especies de árboles durante las estaciones secas y lluviosas en Veracruz, México. *Sistemas agroforestales*. 2019 Febrero; 93(1).
37. Cardenas L, Bautista P, Zegarra J, Ramos R. Degradabilidad ruminal de la fibra del follaje pisonay (*Erythrina SP*). *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*. 2013; 7(1).
38. Espinoza I, Perez C, Montenegro L, Sánchez A, García A, Martinez A. Composición química y cinética de degradación ruminal in vitro del ensilado de pasto Saboya A (*Megathyrsus maximus*) con niveles crecientes de inclusión de residuo de maracuyá (*Passiflora edulis Sims.*). *Redalyc*. 2016 Noviembre-Diciembre; XXVI(6).

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Análisis de la varianza de la composición química del matarratón (*G. sepium*) en diferentes periodos de corte

Anexo 1. Cuadrado medio y significación estadística para la composición química de la MS; MO; MI; PC; FDN; y FDA del matarratón (*G. sepium*) en diferentes periodos de corte

| F. V | G. L | Variables | | | | | |
|----------------|-----------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| | | MS | MO | MI | PC | FDN | FDA |
| Tratat | 5 | 24,97 ^{ns} | 1,52 ^{ns} | 1,52 ^{ns} | 7,98 ^{**} | 15,67 ^{**} | 61,43 ^{**} |
| E. Exp. | 12 | 21,48 | 1,17 | 1,17 | 0,47 | 0,26 | 1,32 |
| Total | 17 | | | | | | |
| CV (%) | | 5,23 | 1,23 | 9,14 | 3,31 | 1,01 | 6,60 |

¹ MS= Metería Seca. MO= Materia Orgánica. MI= *Materia Inorgánica*. PC= Proteína Cruda. FDN= Fibra Detergente Neutra. FDA= Fibra Detergente Acida. ²ns= No significativo. **Altamente significativo según Tukey (P<0,05)

7.2. Análisis de la varianza de la degradabilidad *in situ* del matarratón (*G. sepium*) en diferentes periodos de corte

Anexo 2. Cuadrado medio y significación estadística para la degradabilidad de la Materia Seca (MS) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación

| F. V | G. L | Periodos (d) | | | | | |
|----------------------|-----------|--------------|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| | | 6 | 12 | 24 | 48 | 72 | 96 |
| Tratat | 5 | 5,80* | 4,08 ^{ns} | 10,80 ^{**} | 180,71 ^{ns} | 29,82 ^{ns} | 7,05 ^{ns} |
| E. Exp. | 18 | 1,62 | 2,49 | 1,19 | 210,51 | 26,16 | 3,40 |
| Total | 23 | | | | | | |
| E.E | | 0,64 | 0,79 | 0,55 | 7,25 | 2,56 | 0,92 |
| R² | | 0,36 | 0,12 | 0,64 | 0,00 | 0,03 | 0,19 |

¹ns= No significativo. **Altamente significativo según Tukey (P≤0,05)

Anexo 3. Cuadrado medio y significación estadística para la degradabilidad de la Materia Orgánica (MO) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación

| F. V | G. L | Periodos (d) | | | | | |
|----------------------|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 6 | 12 | 24 | 48 | 72 | 96 |
| Tratat | 5 | 24,65* | 31,13** | 26,78ns | 97,01ns | 111,21** | 72,37ns |
| E. Exp. | 18 | 7,07 | 3,18 | 16,64 | 72,95 | 12,29 | 43,04 |
| Total | 23 | | | | | | |
| E.E | | 1,33 | 0,89 | 2,04 | 4,27 | 1,75 | 3,28 |
| R² | | 0,35 | 0,66 | 0,12 | 0,07 | 0,64 | 0,13 |

¹ns= No significativo. **Altamente significativo según Tukey (P≤0,05)

Anexo 4. Cuadrado medio y significación estadística para la degradabilidad de la Fibra Detergente Neutra (FDN) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación

| F. V | G. L | Periodos (d) | | | | | |
|----------------------|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 6 | 12 | 24 | 48 | 72 | 96 |
| Tratat | 5 | 59,38ns | 63,54* | 41,70ns | 37,66ns | 28,62ns | 126,74** |
| E. Exp. | 18 | 88,17 | 15,38 | 27,41 | 30,19 | 49,87 | 20,97 |
| Total | 23 | | | | | | |
| E.E | | 4,69 | 1,96 | 2,62 | 2,75 | 3,53 | 2,29 |
| R² | | 0,00 | 0,40 | 0,10 | 0,05 | 0,00 | 0,52 |

¹ns= No significativo. **Altamente significativo según Tukey (P≤0,05)

Anexo 5. Cuadrado medio y significación estadística para la degradabilidad de la Fibra Detergente Acida (FDA) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación

| F. V | G. L | Periodos (d) | | | | | |
|----------------------|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 6 | 12 | 24 | 48 | 72 | 96 |
| Tratat | 5 | 309,20** | 382,27* | 207,57* | 63,94ns | 25,55ns | 206,67* |
| E. Exp. | 18 | 48,43 | 135,56 | 74,79 | 57,07 | 73,59 | 54,33 |
| Total | 23 | | | | | | |
| E.E | | 3,48 | 5,82 | 4,32 | 3,78 | 4,29 | 3,69 |
| R² | | 0,54 | 0,28 | 0,28 | 0,03 | 0,00 | 0,38 |

¹ns= No significativo. **Altamente significativo según Tukey (P≤0,05)

7.3. Análisis de la varianza de la cinética ruminal *in situ* del matarratón (*G. sepium*) en diferentes periodos de corte

Anexo 6. Cuadrado medio y significación estadística para la cinética ruminal *in situ* de la Materia Seca (MS) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación

| F. V | G. L | Cinética de degradación (%) | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | A | b | c | DP | DE (2h) | DE (5h) | DE (8h) |
| Tratat | 5 | 0,10ns | 6,54ns | 10,28ns | 5,70ns | 7,76ns | 12,60ns | 19,06ns |
| E. Exp. | 18 | 0,08 | 10,35 | 8,42 | 9,64 | 9,21 | 9,79 | 11,58 |
| Total | 23 | | | | | | | |
| E.E | | 0,14 | 1,61 | 1,45 | 1,55 | 1,52 | 1,56 | 1,70 |
| R² | | 0,04 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,12 |

¹ns= No significativo. **Altamente significativo según Tukey (P≤0,05)

Anexo 7. Cuadrado medio y significación estadística para la cinética ruminal *in situ* de la Materia Orgánica (MO) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación

| F. V | G. L | Cinética de degradación (%) | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | a | b | c | DP | DE (2h) | DE (5h) | DE (8h) |
| Tratat | 5 | 160,77ns | 369,08ns | 0,32ns | 82,57ns | 75,48ns | 66,10ns | 58,22ns |
| E. Exp. | 18 | 162,45 | 340,63 | 0,22 | 35,99 | 31,79 | 26,70 | 22,79 |
| Total | 23 | | | | | | | |
| E.E | | 6,37 | 9,23 | 0,24 | 3,00 | 2,82 | 2,58 | 2,39 |
| R² | | 0,00 | 0,02 | 0,08 | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,25 |

¹ns= No significativo. **Altamente significativo según Tukey (P≤0,05)

Anexo 8. Cuadrado medio y significación estadística para la cinética ruminal *in situ* de la Fibra Detergente Neutra (FDN) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación

| F. V | G. L | Cinética de degradación (%) | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | a | b | c | DP | DE (2h) | DE (5h) | DE (8h) |
| Tratat | 5 | 0,75ns | 12,22ns | 0,11ns | 13,41ns | 9,78ns | 11,22ns | 16,74ns |
| E. Exp. | 18 | 0,32 | 14,31 | 0,18 | 15,23 | 11,64 | 10,98 | 13,52 |
| Total | 23 | | | | | | | |
| E.E | | 0,28 | 1,89 | 0,21 | 1,95 | 1,71 | 1,66 | 1,84 |
| R² | | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,05 |

¹ns= No significativo. **Altamente significativo según Tukey (P≤0,05)

Anexo 9. Cuadrado medio y significación estadística para la cinética ruminal *in situ* de la Fibra Detergente Acida (FDA) del matarratón (*G. sepium*) en diferentes tiempos de incubación

| F. V | G. L | Cinética de degradación (%) | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | a | b | c | DP | DE (2h) | DE (5h) | DE (8h) |
| Tratat | 5 | 36,73ns | 108,33ns | 1,11ns | 33,16ns | 34,16ns | 104,52ns | 177,49* |
| E. Exp. | 18 | 41,28 | 195,81 | 0,79 | 73,95 | 57,73 | 47,44 | 44,39 |
| Total | 23 | | | | | | | |
| E.E | | 3,21 | 7,00 | 0,45 | 4,30 | 3,80 | 3,44 | 3,33 |
| R² | | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,39 |

¹ns= No significativo. **Altamente significativo según Tukey (P≤0,05)

Anexo 10. Tamizado de las muestras



Anexo 11. Análisis bromatológicos (MS-MI)



A. Identificación de crisoles



B. Pesaje de muestras



C. Registro



D. Muestras pesadas



E. Determinación de MS

Anexo 12. Análisis bromatológicos (PC)



A. Muestras para destilación



B. Titulación

Anexo 13. Análisis bromatológicos (FDN-FDA)



A. Identificación de fundas Ankom F57



B. Ingreso de muestra en el digestor



C. Muestras en acetona



D. Muestras para determinación FDN-FDA

Anexo 14. Preparación de muestras para determinación de degradabilidad *in situ*.



A. Muestras en Fundas Nylon Ankom



B. Desinfección de muestras

Anexo 15. Ingreso de muestras en bovinos fistulados



Anexo 16. Secado de bolsas con muestras



Anexo 17. Procesos para análisis de degradabilidad de las muestras



A. Pesaje de muestras



B. Determinación de MS



C. Muestras sumergidas en acetona



D. Determinación de FDN- FDA