



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

**CENTRO DE POSGRADOS MAESTRÍA EN NUTRICIÓN Y
PRODUCCIÓN ANIMAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE MAGÍSTER EN: NUTRICIÓN Y PRODUCCIÓN ANIMAL**

**TEMA: DIGESTIBILIDAD in situ Y VALOR NUTRICIONAL DE LA
ESTRELLA AFRICANA (*Cynodon nlemfluensis*) EN 4 DIFERENTES EDADES
DE COSECHA EN EL TROPICO SECO DE LA PROVINCIA DE MANABI**

AUTORES:

**VELÁSQUEZ ZAMBRANO, EDWIN DARÍO
VITERI MENDOZA, CRHISTIAN WILFRIDO**

DIRECTOR: MAG. PhD AVELLANEDA CEVALLOS, JUAN HUMBERTO

SANGOLQUI

2018



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE
TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

CERTIFICACION

Certifico que el trabajo de titulación, “DIGESTIBILIDAD *in situ* Y VALOR NUTRICIONAL DEL PASTO ESTRELLA AFRICANA (*Cynodon nlemfuensis*) EN CUATRO DIFERENTES EDADES DE COSECHA EN EL TROPICO SECO DE LA PROVINCIA DE MANABI” fue realizado por los señores Velásquez Zambrano, Edwin Darío, con cédula de ciudadanía n°: 1313860304 y Viteri Mendoza, Christian Wilfrido, con cédula de ciudadanía n°: 1309007423, el mismo que ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 27 de junio de 2018

Ing. Avellaneda Cevallos, Juan Humberto Mg. PhD

C.C.: 1202977714



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE
TECNOLOGÍA**

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Velásquez Zambrano, Edwin Darío, con cédula de ciudadanía n°: 1313860304 y Viteri Mendoza, Christian Wilfrido, con cédula de ciudadanía n°: 1309007423, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "DIGESTIBILIDAD *in situ* Y VALOR NUTRICIONAL DEL PASTO ESTRELLA AFRICANA (*Cynodon nlemfuensis*) EN CUATRO DIFERENTES EDADES DE COSECHA EN EL TROPICO SECO DE LA PROVINCIA DE MANABI" es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 27 de junio de 2018

Velásquez Zambrano, Edwin Darío

C.C:1313860304

Viteri Mendoza, Christian Wilfrido

C.C:1309007423



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE
TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Velásquez Zambrano, Edwin Darío, con cédula de ciudadanía n°: 1313860304 y Viteri Mendoza, Christian Wilfrido, con cédula de ciudadanía n°: 1309007423, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “DIGESTIBILIDAD *in situ* Y VALOR NUTRICIONAL DEL PASTO ESTRELLA AFRICANA (*Cynodon nlemfuensis*) EN CUATRO DIFERENTES EDADES DE COSECHA EN EL TROPICO SECO DE LA PROVINCIA DE MANABI” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 27 de junio de 2018

Velásquez Zambrano, Edwin Darío

C.C:1313860304

Viteri Mendoza, Christian Wilfrido

C.C:1309007423

DEDICATORIA

Dedico a mi Madre por darme la vida y el apoyo incondicional, a mi padre por el apoyo y formación como persona.

A mi esposa por acompañarme siempre en los buenos y malos momentos, y por haberme dado a mi hijo Liam Eduardo, el cual es mi inspiración y fortaleza para seguir adelante,

A todos los que me ayudaron y aconsejaron a formarme como profesional y como persona.

Velásquez Zambrano, Edwin Darío

Esta tesis se la dedico a Dios por haberme guiado por el buen camino, por haberme dotado de la sabiduría suficiente para afrontar los problemas presentados y por mantenerme con buen estado de salud.

A mis queridos padres por darme la vida, por ser el pilar fundamental de mi familia, por haberme enseñado los valores necesarios para ser una persona de bien y por el apoyo incondicional que me han brindado durante toda mi vida.

A mi esposa e hijas amadas por ser la fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

Viteri Mendoza, Crhistian Wilfrido

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vida, salud y bienestar, que me ha permitido ser parte de este lindo mundo.

A mis padres, y a mi esposa, por el apoyo incondicional durante todo este tiempo que llevamos juntos.

M.V. Ramón Renelmo Vera Andrade por la formación profesional y apoyo personal.

Al PhD Juan Avellaneda Cevallos por su paciencia, dedicación, motivación y criterio, durante este transcurso.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí ESPAM-MFL por haber facilitado sus instalaciones para desarrollar parte de esta tesis.

Velásquez Zambrano, Edwin Darío

A mi familia por el apoyo permanente e incondicional, brindado en toda mi vida profesional.

Gracias a mi tutor, PhD Juan Avellaneda Cevallos por su paciencia, dedicación, motivación y criterio, lo cual ha hecho fácil lo difícil.

Gracias al Ing. Mario Ortiz Manzano por contar con su guía y ayuda, durante esta etapa de preparación de mi vida académica.

Gracias a las autoridades de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí ESPAM-MFL por haber facilitado sus instalaciones para desarrollar parte de esta tesis.

Viteri Mendoza, Crhistian Wilfrido

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|------------|
| CERTIFICACION | i |
| AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD | ii |
| AUTORIZACIÓN..... | iii |
| DEDICATORIA | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | vi |
| INDICE DE TABLAS..... | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | x |
| RESUMEN..... | xi |
| ABSTRACT | xii |
| CAPITULO I..... | 1 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.1. ANTECEDENTES..... | 1 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.3. IMPORTANCIA | 2 |
| 1.4. OBJETIVOS | 3 |
| 1.4.1. Objetivo General..... | 3 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos | 3 |
| 1.5.HIPÓTESIS O INTERROGANTE | 4 |
| CAPITULO II..... | 5 |
| REVISIÓN DE LITERATURA..... | 5 |
| 2.1. Marco de Referencia (antecedentes de la investigación) | 5 |
| 2.1.1. Que son los Forrajes | 5 |
| 2.1.2. Pasto estrella (<i>Cynodon nlemfluensis</i>)..... | 5 |
| 2.1.2.1. Adaptación | 6 |
| 2.1.2.2. Métodos de siembra | 6 |
| 2.1.3. Valor nutritivo de las pasturas | 7 |

| | |
|---|----|
| 2.1.4. Factores que inciden en el valor nutritivo de las pasturas | 8 |
| 2.1.5. Diferencias entre especies tropicales y templadas | 9 |
| 2.1.6. Antecedentes nutricionales del pasto estrella africana..... | 10 |
| 2.1.7. Sistema digestivo del rumiante. | 17 |
| 2.1.7.1. El rumen..... | 18 |
| 2.1.7.2. El Omaso..... | 19 |
| 2.1.7.3. Abomaso | 19 |
| 2.1.7.4. Intestinos | 20 |
| 2.1.8. Absorción ruminal | 20 |
| 2.1.9. Ingestión y rumiación. | 22 |
| 2.1.10. Microbiología del rumen. | 23 |
| 2.1.10.1. Los microorganismos responsables de la digestión fermentativa incluyen bacterias, protozoos y hongos. | 24 |
| 2.1.11. Propiedades físicas y químicas del rumen | 27 |
| 2.1.11.1. Temperatura ruminal | 28 |
| 2.1.11.2. pH del rumen | 29 |
| 2.1.11.3. Producción de saliva | 30 |
| 2.1.11.4. Forma física de la ración | 30 |
| 2.1.12. La fibra en la dieta de rumiantes..... | 31 |
| 2.1.13. Método digestibilidad <i>in situ</i> | 32 |
| 2.1.13.1. Ventajas y Desventajas | 35 |
| CAPITULO III | 36 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 36 |
| 3.1. Localización geográfica y duración de la Investigación | 36 |
| 3.2. Condiciones agro meteorológicas | 36 |
| 3.3. Materiales y equipos | 37 |
| 3.4. Reactivos | 38 |
| 3.5. Materiales de oficinas..... | 39 |
| 3.6. Recursos humanos | 39 |
| 3.7. Tipo de investigación | 39 |

| | |
|---|-----------|
| 3.8. Análisis de laboratorio..... | 40 |
| 3.9. Factor (es) en estudio y Tratamientos | 40 |
| 3.9.1. Factor de estudio | 40 |
| 3.9.2. Tratamientos..... | 40 |
| 3.10.Diseño Experimental | 40 |
| 3.10.1.Diseño completamente azar | 41 |
| 3.10.2. Diseño de bloques completamente azar | 41 |
| 3.10.3. Diseño bloques completamente azar generalizado | 41 |
| 3.11. Unidad experimental | 42 |
| 3.12. Análisis estadístico..... | 42 |
| 3.13. Mediciones Experimentales (Datos a tomarse, variables a medir) | 42 |
| 3.13.1. Variables en estudio..... | 42 |
| 3.13.2. Composición química | 42 |
| 3.13.3. Procedimientos Experimentales (Protocolo) | 43 |
| 3.14. Análisis de laboratorio | 44 |
| 3.14.1. Procedimiento para analizar la composición química..... | 44 |
| 3.14.2. Procedimiento para digestibilidad in situ..... | 45 |
| 3.14.3. Determinación del contenido de materia seca (MS) | 45 |
| 3.14.4. Determinación de la degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de la MS, MO..... | 48 |
| 3.14.5. Determinación Fibra Detergente Neutra (FDN) | 49 |
| 3.14.6. Determinación de la Fibra Detergente Ácida (FDA). | 50 |
| CAPITULO IV | 51 |
| RESULTADOS Y DISCUSIONES..... | 51 |
| CAPITULO V | 63 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 63 |
| 5.1. CONCLUSIONES | 63 |
| 5.2. RECOMENDACIONES..... | 63 |
| BIBLIOGRAFÍAS..... | 64 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 <i>Clasificación taxonómica estrella</i> | 7 |
| Tabla 2 <i>Contenido de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo y cenizas del pasto estrella africana en cuatro fincas de ganado lechero evaluadas durante dos años, en Monteverde, Puntarenas.</i> | 10 |
| Tabla 3 <i>Contenido de los componentes de la pared celular del pasto estrella africana en cuatro fincas de ganado lechero evaluadas durante dos años, en Monteverde, Puntarenas.</i> | 11 |
| Tabla 4 <i>Digestibilidad in vitro y contenido de energía estimada del pasto estrella africana en cuatro fincas de ganado lechero evaluadas durante dos años, en Monteverde, Puntarenas.</i> | 11 |
| Tabla 5 <i>Disponibilidad promedio de materia seca (kg/ha/rotación) según la época del año.</i> | 15 |
| Tabla 6 <i>Producción de materia seca de algunos forrajes de uso común en el trópico</i> | 16 |
| Tabla 7 <i>Clasificación de las bacterias ruminales</i> | 24 |
| Tabla 8 <i>Promedio de precipitación y temperatura, enero – septiembre 2017.</i> | 36 |
| Tabla 9 <i>Efecto de la edad de cosecha (días) sobre la composición química del pasto estrella.</i> . | 54 |
| Tabla 10 <i>Efecto de la edad de cosecha (días) sobre degradabilidad ruminal in situ (%) de la materia seca (MS)</i> | 56 |
| Tabla 11 <i>Efecto de la edad de cosecha (días) sobre degradabilidad in situ (%) de la materia orgánica (Mo)</i> | 58 |
| Tabla 12 <i>Efecto de la edad de cosecha (días) sobre degradabilidad in situ (%) de la fibra detergente neutra (FDN)</i> | 60 |
| Tabla 13 <i>Efecto de la edad de cosecha (días) sobre degradabilidad in situ (%) de la fibra detergente acida (FDA)</i> | 62 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>Figura 1</i> Distribución de tratamientos..... | 44 |
|---|----|

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó la composición química (CQ) y digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) materia orgánica (DISMO), fibra detergente neutra (FDN) y (FDA) del pasto estrella africana en cuatro edades (21, 28, 35, 43 días), en la unidad de pastos y forrajes de la ESPAM MFL, ubicada en el cantón Bolívar, provincia de Manabí. Para la (CQ) se tomó las muestras de cada edad y se llevó al laboratorio para realizar el análisis proximal. Para la degradabilidad *in situ* de la MS, MO, FDN y FDA se utilizaron 4 toretes fistulado, a quienes se le incubo las bolsas con 10 g de muestra al rumen por siete tiempos, 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 horas. Los datos obtenidos fueron procesados en el software estadístico SAS. En los resultados se evidenció mayor contenido de MS a los 35 días, ($P<0.05$); con respecto a la MO, MI no existió diferencias estadísticas entre tratamientos ($P>0.05$), en cuanto a la proteína fue mayor a los 21 días ($P<0.05$); de igual manera el contenido de FDN fue mayor a los 21 días, ($P<0.05$), para la FDA no existió diferencias significativas ($P>0.05$); de la misma manera la DISMS y DISMO fue mayor a los 21 días al igual que la fracción soluble ($P<0.05$), y por último la digestibilidad de la FDN y FDA, fue mayor a los 21 días ($P<0.05$). Por lo que se concluye que a menor edad de cosecha mayor es el contenido nutricional del pasto estudiando.

PALABRAS CLAVES:

- **DIGESTIBILIDAD**
- **COMPOSICIÓN QUÍMICA**
- **BACTERIAS**
- **RUMEN**
- **MATERIA ORGÁNICA**

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the chemical composition (CQ) and in situ digestibility of the dry matter (DISMS) organic matter (DISMO), neutral detergent fiber (NDF) and (FDA) of African star grass at four ages (21, 28, 35, 43 days), in the pasture and forage unit of ESPAM MFL, located in the canton of Bolívar province of Manabí; for the (CQ) the samples of each age were taken and it was taken to the laboratory to perform the proximal analysis, for the in situ degradability of the MS, MO, NDF and FDA 4 fistulated bulls were used, to whom the bags were incubated With 10g of sample to the rumen for seven times, 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 hours, the data obtained were processed in the statistical software SAS. The results showed a higher MS content at 35 days, ($P < 0.05$), compared to the OM, there were no statistical differences between treatments ($P > 0.05$, as for the protein was greater at 21 days ($P < 0.05$, likewise the NDF content was higher at 21 days, ($P < 0.05$ and for the FDA there were no significant differences ($P > 0.05$, in the same way the DISMS and DISMO was greater at 21 days as well that the soluble fraction ($P < 0.05$, and finally the digestibility of the NDF and ADF, was higher at 21 days ($P < 0.05$), so it is concluded that the younger the age at harvest, the higher the nutritional content of the grass.

KEYWORDS:

- **DIGESTIBILITY**
- **CHEMICAL**
- **COMPOSITION**
- **BACTERIA RUMEN**
- **ORGANIC MATTER**

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En el trópico la principal fuente de nutrientes y la más barata, para la alimentación del ganado vacuno la constituyen los pastos y forrajes, lo que se apoya en su economía y en la no competencia con las necesidades de alimentos para el consumo humano directo y de otros animales. (Díaz, 2001)

Los pastos constituyen la principal fuente de nutrimentos para la alimentación del ganado bovino en las regiones tropicales. Sin lugar a dudas, el principal atributo de los pastos tropicales es su gran capacidad para producir materia seca, lo que los hace ideales para suministrar proteína, energía, minerales, vitaminas y fibra al ganado bovino especializado en la producción de leche, así como al de doble propósito y de carne. La gran capacidad que tienen los forrajes tropicales para producir biomasa se debe a que son C4; o sea que sus procesos fotosintéticos son muy eficientes; a que su selección estuvo orientada hacia la producción de materia seca y a que se desarrollan en regiones geográficas donde la irradiación solar y la temperatura ambiente les permite crecer en forma más o menos continua durante todo el año (siempre y cuando dispongan de suficiente humedad). (Minson, 1990)

1.2. Planteamiento del problema

El crecimiento y productividad de los pastos está influida por las condiciones climáticas, principalmente por la distribución anual de las lluvias que, unido a otros factores del medio

ambiente y de manejo, repercuten en que estos no reflejen totalmente su potencialidad productiva y nutritiva (Herrera, 1983). Estos elementos interactúan y tienen un marcado efecto en el crecimiento de las especies y variedades de pastos en los diferentes meses del año, provocando un desbalance estacional en los rendimientos, que ocasiona un déficit de alimento principalmente en el período poco lluvioso. A esta situación hay que añadir, que los suelos destinados al cultivo de pastos en su mayoría son de baja fertilidad y mal drenaje, que conjuntamente, con el clima ejercen efectos negativos en la productividad, calidad y persistencia de las especies de pastos. (Blanco, 1991)

1.3. Importancia

El conocimiento de la degradabilidad y la digestibilidad de los alimentos son fundamentales para establecer su valor nutritivo; y, por tanto, para la formulación de raciones para rumiantes (Bochi-Brum et al. 1999). La digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio debido a su solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales; mientras que, la degradabilidad hace referencia a la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos integrantes, mediante procesos biológicos o químicos. A diferencia de la degradabilidad, la digestibilidad de los forrajes permite estimar la proporción de nutrientes presentes en el alimento (Giraldo, Valderrama, & Montoya, (2006).).

Los forrajes se deben analizar en invierno y en verano y una vez que se tenga una idea clara del valor nutricional de los forrajes de una finca, se deben analizar solo aquellos nutrimentos que son indicadores, tales como la proteína cruda y si es posible la digestibilidad 'in vitro' de la materia

seca (Cowan & Lowe., 1998.). La comparación de estos parámetros con valores previos de la finca o región sugiere la frecuencia con que se deben analizar las pasturas.

La producción agropecuaria a nivel nacional, presenta un gran desconocimiento sobre el valor nutricional de sus pasturas, aumentando los costos de producción y reduciendo la rentabilidad.

Tener el conocimiento sobre el contenido nutricional de los pastos se puede obtener mediante el análisis químico, lo cual utiliza varias técnicas para cuantificar los parámetros de calidad del forraje como proteína, fibra, y digestibilidad; las gramíneas tropicales como el estrella africana y el bermuda son altamente sensibles a cambios en las horas luz durante el año, afectadas tanto en la producción de biomasa como el valor nutricional (Sinclair , Mislevy, & Ray, 2001); asimismo, el género *Cynodon* se caracteriza por su capacidad de extraer sustanciales cantidades de nutrientes del suelo (Pant, Mislevy, & Rechcigl, 2004). Es por esto que se va a valorar el pasto estrella para generar información y tener tablas nutricionales de forrajes en nuestro medio y poder formular y equilibrar raciones que llenen los requerimientos nutricionales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar el valor nutricional del *Cynodon nlemfluensis* en cuatro edades de cosechas en el trópico seco de la provincia de Manabí

1.4.2. Objetivos Específicos

Determinar la composición química del *Cynodon nlemfluensis* en los diferentes días de cosecha

Evaluar la digestibilidad *in situ* de la materia seca y materia orgánica y ceniza del *Cynodon nlemfluensis* en cuatro edades de cosecha en el trópico seco de la Provincia de Manabí

Determinar degradabilidad de fracciones detergente neutra (FDN) y fibra detergente acida (FDA) en 4 edades de cosecha

1.5. Hipótesis o Interrogante

El porcentaje de materia seca del *Cynodon nlemfluensis* aumenta a mayor edad de cosecha

El contenido de proteína del *Cynodon nlemfluensis* disminuye a medida que aumentan los días de cosecha

La digestibilidad *in situ* de la materia seca de la gramínea *Cynodon nlemfluensis* es mayor cuando el tiempo de cosecha es menor

La digestibilidad de la materia orgánica disminuye al aumentar los días de cosecha

La degradabilidad de la fibra detergente neutra (FDN) disminuye cuando el tiempo de cosecha es mayor.

La degradabilidad de la fibra detergente acida (FDA) disminuye a medida que aumentan los días de cosecha.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco de Referencia (antecedentes de la investigación)

2.1.1. Que son los Forrajes

Los forrajes, término muy genérico, comprenden todos aquellos materiales vegetales incluyendo tallo, hojas, semillas, flores- que pueden ser consumidos por el animal. Este material puede ser verde o seco, cosechado por el animal o por el hombre (Church D. , 1984): bajo esta terminología quedan comprendidos todas las pasturas naturales o artificiales, los verdes, las distintas formas de conservación (henos, henolajes y ensilajes) y los rastrojos o residuos vegetales que quedan en el campo luego de realizada la cosecha de los granos.

2.1.2. Pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*)

La estrella africana es un pasto tropical perenne de clima caliente, cuyo crecimiento por medio de estolones a menudo leñosos, le permite distribuirse rápidamente al generar raíces profundas y culmos de hasta 1 m de altura que al mismo tiempo producen semillas que facilitan su dispersión (Mislevy, 2002). Es más suave, palatable y digestible que el pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) y es susceptible al clima frío. (Burton, 1993)

Se puede establecer entre los 15°N y 15°S de latitud y desde el nivel del mar hasta 2300 msnm, lo cual da un amplio rango de temperaturas (20 a 27°C), sin embargo, existen cultivares con mayor resistencia a temperaturas menores (Cook , y otros, 2005); además requiere suelos fértiles con humedad y buen drenaje. (Mislevy, 2002)

El pasto estrella es susceptible al ataque de insectos como el gusano soldado (*Spodoptera frugiperda*) y “salivazo” (*Prosapia bicinata*) y enfermedades como royas y manchas de hoja ocasionado por hongos (*Rhizoctonia solani*). (Smith & Valenzuela , 2002)

2.1.2.1.Adaptación

Tolera bien el calor, la sequía y los suelos de baja calidad; resiste también los suelos ácidos y los salinos; prospera en una amplia gama de suelos que se encuentran en el Trópico Mexicano, así como a los diversos climas tropicales y subtropicales. Su desarrollo óptimo se logra en suelos con textura franca de alta fertilidad y buen drenaje; crece desde el nivel del mar hasta 1,300 m y en áreas desde 900 a 2,200 mm de precipitación pluvial. (Anonimo, s/f)

2.1.2.2.Métodos de siembra

La preparación del terreno y las condiciones de humedad del suelo varían de acuerdo al método de siembra que se vaya a utilizar. En términos generales se consideran tres métodos para la siembra con material vegetativo (tallos y estolones) del pasto Estrella Africana, siendo estos: al espeque, al voleo y en surcos. Para siembra en espeque, esta se puede hacer tanto en suelos perfectamente preparados como en suelos rosados o raspados al machete a profundidades de 9 a 12 cm; utilizando distancias de 1 m entre plantas y 1 m. entre líneas. (Anonimo, s/f)

Las siembras al voleo requieren que el terreno sea preparado perfectamente mediante barbecho y cruza, procurando dejar un terreno bien mullido; este método consiste en esparcir al voleo el material vegetativo sobre el terreno ya preparado y enterrar las guías aproximadamente a unos 10 cm. de profundidad con un paso ligero de rastra. El tercer

método consiste en trazar surcos a una distancia de 1.2 m. sobre el terreno preparado, se tiran manojos de material vegetativo en el fondo del surco, procediendo a tapar el material con tierra mediante el empleo de cultivadora, azadón o pala a una profundidad de 10 a 15 cm. El material vegetativo a emplear debe estar completamente maduro, de 3 a 4 meses de edad, debe tener de 7 a 9 nudos, procurando que 3 ó 4 queden dentro del suelo. (Anónimo, s/f)

Tabla 1
Clasificación taxonómica estrella

| | |
|-----------------------|---|
| Nombre Común | Pasto Estrella |
| Nombre Científico | Cynodon Plectostachium - Cynodon Nlemfluensis |
| Otros Nombres | Gigante, Zacate Estrella, Estrella Africana. |
| Consumo | Pastoreo Rotativo Preferiblemente. |
| Clima Favorable | Cálido, Desde Los 0 Hasta Los 1700 M.S.N.M. |
| Tipo De Suelo | Suelos Muy Fértiles, Francos O Franco Arcillosos Y Con Alto Contenido De Materia Orgánica. |
| Tipo De Siembra | Por Material Vegetativo, Estolones. |
| Plagas Y Enfermedades | Atacado Por Lepidópteros (Mocis Latipes), Gusanos Y Chinchas (Blisus Insularis). |
| Toxicidad | Presencia De Glucógenos Cianogénicos Que Pueden Convertirse En Cianuros Y Producir Toxicidad. |
| Tolera | Aguachinamiento, Sequia Y Sombra. |
| No Tolera | Sequias Extrema. |
| Asociaciones | Arachis Pintoi Y Desmodium Ovalifolium |

Fuente: (Anónimo., S/f)

2.1.3. Valor nutritivo de las pasturas

El valor nutritivo es función del consumo de nutrientes y de la eficiencia de conversión de los nutrientes ingeridos, en producto animal.; a su vez, el consumo de nutrientes es el producto de la cantidad de forraje consumido y la concentración de nutrientes en ese forraje y la eficiencia de conversión de nutrientes en producto animal comprende las eficiencias en los procesos digestivos y metabólicos. (Hodgson, 1990)

2.1.4. Factores que inciden en el valor nutritivo de las pasturas

Los carbohidratos representan el 45 – 80 % de la materia seca y constituyen la principal fuente de energía para el rumiante; de acuerdo a su rol en la planta se los clasifica en estructurales y no estructurales, el primer grupo constituye la mayor parte de la pared celular incluyendo hemicelulosas, celulosas y pectinas, y en el último grupo están agrupados los azúcares simples y complejos que participan en el metabolismo intermediario o son almacenados; las gramíneas templadas almacenan almidón en sus semillas pero fructanos en tallos y hojas, con contenidos entre 5 y 20 % de la materia seca. (Van Soest P. , 1994)

Los contenidos de compuestos de reserva y de azúcares libres dependen de las condiciones ambientales imperantes (condiciones que favorecen la fotosíntesis o que favorecen el crecimiento de la planta), como consecuencia, existen importantes variaciones en el contenido de azúcares solubles a lo largo del día y en las distintas estaciones de crecimiento (Van Soest P. , 1994).

El tenor en proteína cruda es uno de los componentes más variable en las pasturas, los factores que inciden sobre el valor nutritivo modificarán notoriamente el contenido de proteína; las proteínas foliares se concentran principalmente en los cloroplastos, a su vez el 40 % de estas proteínas cloroplásticas son solubles en soluciones tampón y están constituidas en su mayoría por la fracción 1 ó ribulosa 1- 5 difosfato carboxilasa que cataliza la fijación del CO₂ (Jarrije & Ruckebush, 1995). Los constituyentes no proteicos representan de un 20 a un 35 % del nitrógeno total. (Church D. , 1984)

2.1.5. Diferencias entre especies tropicales y templadas

Teniendo en cuenta que las condiciones ambientales para las distintas regiones, tropical, subtropical y templada son diferentes, es posible suponer que las especies forrajeras que se han adaptado a las mismas, pueden diferir en su respuesta a los principales parámetros climáticos; en este sentido, es posible ubicar a las gramíneas forrajeras en dos grupos: por un lado, tropicales y subtropicales (Clorideas y Paníceas) y por otro lado templadas (Festúceas). (Carámbula, 1996)

Los dos grupos de gramíneas difieren ampliamente entre sí en su respuesta a variaciones de luz y temperatura y su diferente comportamiento forrajero se debe fundamentalmente a diferencias en el metabolismo fotosintético (plantas C3 y plantas C4): en cuanto a las leguminosas, todas poseen las mismas características de fotosíntesis, respiración y utilización del agua que las gramíneas templadas. (Van Soest P. , 1994)

Las gramíneas comprenden especies C3 (comúnmente llamadas especies templadas) y C4 (comúnmente llamadas también especies tropicales) que se diferencian entre sí en que producen sustancias con 3 o 4 átomos de carbono respectivamente, como compuestos intermediarios de la fotosíntesis, las plantas C4 tienden a presentar tasas de crecimiento y producción de materia seca mayores a las C3 (son fotosintéticamente más eficientes que las C3) así como una mayor adaptación a ambientes cálidos y áridos, pero su valor nutritivo es menor que las C3. (Carámbula, 1996)

Existen diferencias anatómicas importantes que explican las diferencias en valor nutritivo, el tipo de arquitectura (altas y erectas) de muchas especies C4, requiere un mayor porcentaje de tejidos de sostén (esclerenquima), a su vez estas especies presentan, en general, menor proporción de mesófilo (28-47% vs. 53-67%) y mayor proporción de tejido vascular (6-12% vs.

3-9%) que las C3 y poseen vainas parenquimáticas bien desarrolladas (12-33 % vs. 5-20%) con cloroplastos adyacentes al tejido vascular. (Jarrije & Ruckebush, 1995)

2.1.6. Antecedentes nutricionales del pasto estrella africana.

Trabajos realizados por Villalobos & Arce (2014) con *Cynodon nlemfluensis* a lo largo de 2 años en muestreos bimensuales, en 4 fincas comerciales de ganado lechero ubicadas en los cantones de Tilarán y Central (altitud 800 a 1200 msnm); reportaron una composición nutricional promedio para los 2 años de evaluación de 23,57% MS, 20,27% PC, 2,67% EE, 10,97% cenizas (tabla 1).

Tabla 2

Contenido de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo y cenizas del pasto estrella africana en cuatro fincas de ganado lechero evaluadas durante dos años, en Monteverde, Puntarenas.

| Finca | Zona | Materia Seca (%) | Proteína Cruda (%) | Extracto Etéreo (%) | Cenizas (%) |
|-----------------------------|------|------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | P | 23,36 | 20,68 | 2,84 | 10,72 ^b |
| 2 | P | 24,05 | 20,44 | 2,31 | 10,95 ^{ab} |
| 3 | A | 23,57 | 19,79 | 2,58 | 10,94 ^{ab} |
| 4 | A | 23,32 | 20,17 | 2,96 | 11, 27 ^a |
| Promedio¹ | | 23,57 | 20,27 | 2,67 | 10, 97 |
| Variable Del Modelo | | | Significancia Estadística (P) | | |
| Período | | Ns ² | Ns | Ns | 0,0325 |
| Muestreo | | <0,0001 | <0,0001 | Ns | <0,0001 |
| Zona | | Ns | Ns | Ns | Ns |
| Finca | | Ns | Ns | Ns | Ns |

Fuente: (Villalobos & Arce , 2014)

Villalobos & Arce (2014) evaluaron el contenido de fibra del (*Cynodon nlemfluensis*) a lo largo de 2 años en muestreos bimensuales, en 4 fincas comerciales de ganado lechero ubicadas en los cantones de Tilarán y Central (latitud 10°20' N, longitud 84°50', altitud 800 a 1200 msnm), los resultados obtenidos fueron de, 64,21% FDN, 34,95% FDA, 4,06% lignina (tabla 2).

Tabla 3

Contenido de los componentes de la pared celular del pasto estrella africana en cuatro fincas de ganado lechero evaluadas durante dos años, en Monteverde, Puntarenas.

| Finca | Zona | FDN ¹ (%) | FDA ² (%) | Lignina (%) |
|-----------------------------|------|----------------------|-------------------------------|-------------|
| 1 | P | 63,95 | 35,04 | 3,99 |
| 2 | P | 64,31 | 34,52 | 4,32 |
| 3 | A | 64,55 | 35,09 | 4,07 |
| 4 | A | 64,05 | 35,17 | 3,88 |
| Promedio³ | | 64,21 | 34,95 | 4,06 |
| Variable Del Modelo | | | Significancia Estadística (P) | |
| Período | | 0,0004 | Ns | --- |
| Muestreo | | <0,0001 | 0,0274 | --- |
| Zona | | Ns ⁴ | Ns | Ns |
| Finca | | Ns | Ns | Ns |

Fuente: (Villalobos & Arce , 2014)

Villalobos & Arce (2014) determinaron que la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) en el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*) a lo largo de 2 años en muestreos bimensuales, en 4 fincas comerciales de ganado lechero ubicadas en los cantones de Tilarán y Central; fue de 68,02% DIVMS y su contenido energético para las variables de TND, ED, EM, ENL (3X) y ENG fue 61,37%; 2,71; 2,05; 1,25 y 0,78 Mcal.kg⁻¹ de MS, respectivamente (tabla 3).

Tabla 4

Digestibilidad in vitro y contenido de energía estimada del pasto estrella africana en cuatro fincas de ganado lechero evaluadas durante dos años, en Monteverde, Puntarenas.

| Finca | Zona | Divms ¹ (%) | Tnd ² (%) | Ed ³ (Mcal.Kg ⁻¹ Ms) | Em ⁴ (Mcal.Kg ⁻¹ Ms) | En ₁ 3x ⁵ (Mcal.Kg ⁻¹ Ms) | Eng ⁶ (Mcal.Kg ⁻¹ Ms) |
|-------|------|---------------------------|-------------------------|---|--|--|--|
| 1 | P | 71,79 | 63,07 ^a | 2,78 ^a | 2,11 ^a | 1,29 ^a | 0,83 ^a |
| 2 | P | 66,79 | 62,72 ^a | 2,77 ^a | 2,09 ^a | 1,28 ^a | 0,82 ^a |
| 3 | A | 66,27 | 59,45 ^b | 2,63 ^b | 1,97 ^b | 1,20 ^b | 0,73 ^b |
| 4 | A | 67,23 | 60,22 ^b | 2,67 ^b | 2,00 ^b | 1,23 ^b | 0,75 ^b |

CONTINUA→

| Promedio⁷ | 68,02 | 61,37 | 2,71 | 2,05 | 1,25 | 0,78 |
|-----------------------------|--------------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Variable Del Modelo | Significancia Estadística (P) | | | | | |
| Período | --- | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns |
| Muestreo | --- | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | 0,0043 | <0,0001 |
| Zona | Ns | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| Finca | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns | Ns |

Fuente: (Villalobos & Arce , 2014)

Estos mismo autores argumentan que el valor nutricional del pasto estrella africana varió a lo largo del año como resultado de la climatología de la zona de Monteverde, siendo las fincas con influencia de la vertiente del Pacífico las de menor afectación en la calidad del forraje, el pasto estrella africana mostró un contenido de PC superior a lo reportado para dicha especie y, en general, para pastos tropicales, por lo cual no es limitante para la producción láctea, y la suplementación del ganado lechero en la zona debe utilizar fuentes que permitan una utilización eficiente del N soluble a nivel ruminal; la rotación del pasto estrella cada 25 días debe ser flexible para permitir, en conjunto con programas de fertilización, optimizar la productividad de las pasturas y su persistencia.

Según Villalobos & Arce (2014) el pasto estrella africana en la zona de Monteverde mostró ser más succulento durante la época lluviosa; los productores de ganado de leche deben asegurar un consumo de MS del pasto adecuado, bien sea con el manejo del pastoreo o con la suplementación de fuentes forrajeras adicionales como paca de heno, ensilajes y pastos de corte semi-deshidratados que permitan mantener una adecuada tasa de pasaje y retención en el rumen sin que el consumo voluntario de pasto en el potrero se vea afectado por efecto de sustitución. Villalobos, Jose, & Wing (2013) evaluaron la producción y el costo del kilogramo de materia seca en los pastos kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*), ryegrass perenne (*Lolium perenne*) y estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), a lo largo de un año, en 8 fincas comerciales ubicadas

en las provincias de Cartago, San José y Alajuela; la producción de biomasa promedio por ciclo para los 3 pastos fue de 3395 kg.ha-1 MS, la producción anual se ve influenciada por los días de recuperación de cada especie, mostrando valores de 40170, 38731 y 28995 kg.ha-1 de MS para los pastos estrella africana, kikuyo y ryegrass perenne, respectivamente.

Ellos observaron que la producción de biomasa varía durante el año y en las épocas de mayor producción de esa biomasa, los animales tienen un menor aprovechamiento de la pastura en términos porcentuales, debido a que la carga animal, los períodos de permanencia y las áreas de pastoreo no se ajustan a la disponibilidad.

Villalobos (2012) evaluó la producción de biomasa, el valor nutricional y la fenología del pasto alpiste (*Phalaris arundinacea*) con 3 edades de cosecha (49, 70 y 91 días), a lo largo de año y medio, en una finca comercial de ganado lechero ubicada en Santa Rosa de Oreamuno, provincia de Cartago; la producción de biomasa promedio para el pasto alpiste fue 3101 kg.ha-1.corte-1 de MS, la composición nutricional promedio fue de 17,77% PC, 55,89% FDN, 35,93% FDA, 4,14% lignina y 66,87% DIVMS y su contenido energético expresado como TND, ED, EM, ENL (3X) y ENG fue 63,07%, 2,76; 2,13; 1,31 y 0,81 Mcal. kg-1 de MS, respectivamente.

El autor continúa argumentando que se comparó el fraccionamiento de la PC de los pastos estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*) y ryegrass perenne (*Lolium perenne*) con la del pasto alpiste, con el que las especies de clima templado presentan un aporte principalmente de la fracción insoluble degradable (B2+B3), mientras el pasto estrella africana lo hace a nivel de la fracción degradable (A+B1). La edad fenológica promedio del pasto alpiste fue 5,96 hojas verdes por rebrote y su edad debe encontrarse entre 5 y 6 hojas para optimizar su producción de biomasa y valor nutricional.

Villalobos y Sánchez (2010) reportan porcentaje de proteína para el pasto ryegrass perenne (25,21%), Andrade (como se citó por Villalobos y Sánchez 2010) obtuvo para el pasto kikuyo (22,38%), y Salazar (como se citó por Villalobos y Sánchez 2010) obtuvo para el pasto estrella (20,25%); sin embargo se debe considerar que las muestras se tomaron de planta entera (hojas y tallos) a diferencia de las muestras destinadas para análisis nutricionales donde normalmente se cosecha el dosel de la pastura y cuyo componente estructural principal son hojas.

Villalobos & Arce (2014) comentan que la disponibilidad de biomasa y la fenología del pasto estrella africana (*Cynodon nlemflensis*) a lo largo de 2 años en muestreos bimensuales, en 4 fincas comerciales de ganado lechero), fue de 4484 kg.ha-1, corte-1 y 7,36 hojas verdes por rebrote, respectivamente.

Trabajos realizado por Villalobos & Arce (2014) obtuvieron datos donde la composición botánica promedio de las pasturas fue 86,81% estrella, 2,52% otras gramíneas, 1,39% leguminosas, 1,53% malezas y 7,75% material senescente; la disponibilidad de biomasa fue mayor en las fincas con influencia climática del Océano Pacífico y su producción disminuyó en los meses de mayor precipitación; la edad fenológica del pasto estrella africana se ubica entre 6 y 8 hojas verdes por rebrote, lo cual permite una adecuada recuperación del pasto, y disminuyó en los meses con excesos de precipitación.

Villalobos & Arce (2014) concluyeron que la edad fenológica promedio del pasto estrella africana fue de 7,36 hojas verdes por rebrote y los cambios en el clima afectan su comportamiento, aunque se mantengan días de recuperación y cargas animales constantes, el pasto estrella africana debe cosecharse en un estado fenológico entre 6 y 8 hojas lo cual permite

que la planta tenga suficientes reservas para pastoreos posteriores y que su disponibilidad de biomasa sea sostenible en el tiempo.

Para Guevara (1999) la guinea común y la combinación de guinea likoni + estrella superaron significativamente ($P < 0.05$), a estrella por las disponibilidades de materia seca en ambas épocas para todos los años, (cuadro 4), con valores superiores a los 2500 Kgs de MS/ha en lluvia y más de 2000 kg/ha en seca (tabla 4).

Tabla 5

Disponibilidad promedio de materia seca (kg/ha/rotación) según la época del año.

| Especies | 91 - 92 | | 92 - 93 | | 93 - 94 | |
|-----------------------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Lluvia | Seca | Lluvia | Seca | Lluvia | Seca |
| Guinea | 2551,98 A | 1429,31 | 2146,25 A | 1722,19 A | 1979,21 A | 1648,52 A |
| Estrella | 1886,44 C | 1377,1 2 | 1695,03 B | 1401,33 B | 1416,70 B | 1150,17 C |
| Estrella + G. Likoni | 2372,82 B | 1475,43 | 2006,47 A | 1629,61 A | 1825,06 A | 1390,78 B |
| E. S. | 128.5 * | 89.9 Ns | 72.4 * | 51.2 * | 118.3 * | 93.5 * |

Nota: a, b, c superíndices no comunes difieren entre filas a $P < 0.05$ para cada época y en cada año (Duncan, 1955)
Fuente: (Guevara , 1999)

Espinoza , Aranque , Leon , Quintana, & Perdomo (2001) concluyeron que la producción de materia seca en frecuencias de pastoreo de cada 21 días en pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*) en Puerto Rico, fue superior a los 1100 kg MS/ha, no observándose diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los dos estratos evaluados.

Sánchez (2007) hace referencia a los períodos que se deben pastorear o cosechar los forrajes para obtener los mayores rendimientos de biomasa de buena calidad nutricional; los rangos de utilización son amplios, ya que la producción de forraje y su calidad está dada por los factores antes citados, por lo tanto, para cada finca hay que determinar cuál es el mejor tiempo de utilización de las pasturas, el cual debería de estar dentro de los rangos propuestos.

Este mismo autor continua diciendo que en fincas comerciales de ganado lechero en el trópico húmedo de Costa Rica (distrito de Quesada, cantón de San Carlos); se ha establecido la edad óptima de cosecha del pasto estrella (producciones de 28,5 t MS/ha /año y contenidos de 18,5% de PC y 2,52 Mcal de ED/ kg de MS o 1,32 de ENL); donde se evaluó la disponibilidad y utilización de este pasto durante un período de dos años, encontrando los valores que se presentan (tabla 5).

Tabla 6

Producción de materia seca de algunos forrajes de uso común en el trópico

| Especie | Producción | Observaciones |
|--|-------------------|---------------------------|
| | (Ton De MS/ Ha) | (Edad De Rebrote O Corte) |
| Kikuyo <i>(P. Clandestinum)</i> | 20 A 25 Por Año | 30 A 40 Días. Pastoreo |
| Estrella Africana <i>(C. Nlemfluensis)</i> | 20 A 30 Por Año | 20 A 30 Días. Pastoreo |
| Brizantha <i>(B. Brizantha)</i> | 20 A 25 Por Año | 21 A 28 Días. Pastoreo |
| Toledo | 25 A 30 Por Año | 21 A 28 Días. Pastoreo |
| Guinea <i>(P. Maximun)</i> | 18 A 28 Por Año | 30 A 40 Días. Pastoreo |
| Mulato | 25 A 30 Por Año | 21 A 28 Días. Pastoreo |

Fuente: (Sanchez J. , 2007)

Aramayo (2002) evaluó el efecto de dos edades y dos alturas de corte en los pastos Estrella (*Cynodon nlemfluensis*) y Tanzania (*Panicum maximum*) en la producción de materia seca (MS), determinando que para el pasto Estrella la mayor producción de MS se obtuvo con el T2 (21días – 15 cm), con una cantidad de 167,3 Ms(kg/ha/día), dando un valor de 2486,4 kg Ms por cada ciclo de 21 días, y para el pasto Tanzania no hubo diferencias significativas entre las variables evaluadas, obteniendo 106,2 kg ms kg/ha /día.

2.1.7. Sistema digestivo del rumiante.

Los rumiantes son mamíferos que se han especializado en consumir material vegetal fibroso, que las enzimas digestivas son incapaces de degradar, pero mediante la fermentación que proporcionan los microorganismos que viven en simbiosis en el rumen, son aprovechados. La gran capacidad gástrica de los rumiantes es necesaria para mantener los alimentos el tiempo suficiente para ser digeridos. Entonces, el estómago de los rumiantes se encuentra constituido por cuatro compartimientos, rumen, retículo, omasum y abomasum; sólo el último produce enzimas digestivos capaces de degradar alimentos. (Phillipson, 1981)

Según Church (1979) el rumen se desarrolla anatómicamente a partir de la porción no secretora del estómago, el aparato digestivo de los rumiantes al nacer funciona muy parecido al de los monogástricos, debido a que el rumen tiene un desarrollo muy rudimentario, sin embargo, su especial pauta de motilidad ya está perfectamente establecida desde el nacimiento.

Según Preston y Leng (como se citó por Reyes et al, sf) el tipo de alimento, así como la cantidad consumida, el mezclaje periódico dado por las contracciones ruminales, la salivación, la rumia y la difusión secreción hacia el rumen, son factores que controlan el ambiente ruminal, perturbándose este, solo en condiciones anormales drásticas, por lo general a nivel ruminal se observa un ambiente anaeróbico con muy bajo potencial redox (250-450 MV), temperatura entre 39-41°C y una presión osmótica de 260-340 mosm; el pH se mantiene casi constante entre 6-7, gracias a la alta capacidad buferante de la saliva y a la absorción de los productos finales de la fermentación a través de la pared celular.

2.1.7.1.El rumen

El rumen se encuentra densamente poblado por una gran variedad de bacterias, hongos y protozoos (Hungate, 1966; Van Soest, 1994 y Jonany *et al*, 1995; citados por Delgado 2006) que son responsables de los procesos digestivos que tienen lugar en el órgano, estableciéndose una relación de simbiosis entre el animal y los microorganismos ruminales. La estrategia alimentaria de los rumiantes se basa en dicha simbiosis establecida entre los microorganismos ruminales y el animal; mientras el rumiante aporta alimentos y las condiciones medioambientales adecuadas (temperatura, acidez, anaerobiosis, ambiente reductor, etc), las bacterias utilizan parcialmente los alimentos haciendo útiles los forrajes (de otra forma indigestibles para los mamíferos) y aportando productos de la fermentación con valor nutritivo para el rumiante (los ácidos grasos volátiles) y sus propios cuerpos microbianos.

La característica más peculiar de las bacterias fibrolíticas está dada por su capacidad de digerir la fibra, produciendo acetato como producto principal de fermentación, el acetato es fundamental para la síntesis de grasa de la leche; sin embargo, es esencial que el pH ruminal se mantenga por encima de 6.0 para garantizar las condiciones idóneas para su funcionamiento. (Calsamiglia, 1997)

Según Martínez (2005) dentro de las principales funciones del Rumen y los microorganismos ruminales podemos citar:

- 1- Digestión de los carbohidratos de las plantas como la celulosa, hemicelulosa, almidón y azúcares a glucosa.

- 2- Conversión de glucosa a ácidos grasos volátiles (AGV), principalmente a acético, propiónico y butírico.
- 3- Digestión de la proteína de los alimentos.
- 4- Síntesis de proteína bacteriana.
- 5- Síntesis de vitaminas (hidrosolubles, principalmente vitaminas del complejo B y k)
- 6- Digestión de grasas.
- 7- Hidrogenación de grasas insaturadas.

Por su parte interior, el retículo rumen (RR) tiene apariencia rugosa por la presencia de las papilas, estas papilas son mayores en los sacos dorsal y ventral lo que incrementa la superficie de absorción, esto constituye una forma de adaptación a las necesidades absorbivas del órgano que como se dijo anteriormente, no posee capacidad secretora. (Van Soest P. , 1994)

2.1.7.2. El Omaso

El omaso ocupa una posición profunda dentro de la cavidad abdominal; ninguna de sus caras está en contacto con la pared del abdomen, del lado derecho que es el más cercano, se encuentra separado por el diafragma; el borde posterior por el hígado, muy voluminoso en los bovinos. Tiene una forma ovoide, con un gran eje vertical e incurvado que le da un aspecto arrañonado, presentando para su estudio dos caras, dos bordes y dos extremidades. (Brugere, 1969)

2.1.7.3. Abomaso

Es un saco alargado que se halla en su mayor parte sobre el suelo del abdomen; su extremidad anterior se halla en la región xifoidea en relación con el retículo; su extremidad

posterior se relaciona con el intestino delgado. Su cara parcial se relaciona con el suelo del abdomen y su cara visceral con el retículo y el omaso. (Sisson, 1974)

2.1.7.4. Intestinos

El abomaso y el intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) parecen tener funciones similares en los rumiantes y en los monogástricos, es en estos órganos donde los residuos no fermentados de los alimentos y los microorganismos ruminales se someten a la digestión enzimática y sus productos se absorben (Preston y Leng, 1987 y Forbes y Frenches, 1994); es muy importante saber que la velocidad de digestión de los alimentos en los rumiantes es más lenta que en los monogástricos, pero también, los sustratos (alimentos) son modificados con mayor intensidad); el intestino grueso (ciego y colon) se une al íleon, a través del orificio ileocecal; el ciego y el colon son áreas de colonización microbiana y fermentación de aquellas fracciones alimentarias que sobrepasan la fermentación ruminal y la digestión en el intestino delgado; las bacterias presentes en el intestino grueso difieren muy poco de las del rumen; la producción de AGV que se absorbe desde el intestino grueso representa una fracción muy variable, de 4 a 26 % de la energía total digerida.

2.1.8. Absorción ruminal

Los AGV son de suma importancia ya que representan más del 70% del suministro de energía al rumiante, virtualmente todo ácido acético, propiónico y el ácido butírico son absorbidos por el epitelio del rumen y transportados vía porta al hígado, la absorción de AGV no sólo es importante para mantener su distribución en las células animales, sino para prevenir cantidades excesivas que puedan alterar el pH ruminal. (Nava & Díaz, 2001)

El epitelio estratificado del rumen generalmente no se caracteriza por una eficaz absorción. No obstante, es capaz de absorber eficientemente AGV, ácido láctico, electrolitos y agua. La superficie del epitelio es muy extendida debido a la formación de papilas bien vascularizadas. De los AGV, el 85 % se absorbe en el rumen, el 10 % en el omaso y abomaso, y un 5 % puede pasar al intestino. El ácido butírico tiene mayor metabolismo en el epitelio, convirtiéndose en cuerpos cetónicos (β -hidroxibutírico); en bovinos, se metaboliza 50 % del butírico absorbido, mientras que en caprinos es 80 a 85 % y en ovinos 90 %.

En el epitelio ruminal, 50 a 70 % del ácido propiónico se metaboliza a ácido pirúvico y láctico, aunque posiblemente esté limitado por la actividad de la propionil-CoA sintetasa; el ácido láctico que aparece en la sangre deriva de la glucólisis en el epitelio. Durante la absorción ruminal, alrededor de 30 % del ácido acético se metaboliza y la limitación principal es la baja actividad de la acetil-CoA sintetasa del epitelio ruminal. Entonces, la absorción de los AGV puede explicarse en términos de difusión; este proceso es modificado por el metabolismo epitelial de los ácidos, el pH ruminal, el gradiente de concentración entre el contenido ruminal, el epitelio y la sangre, así como la asimetría en la permeabilidad de las membranas. (González, 2002; citado por Reyes et al, S.F.)

En rumiantes alimentados con dietas concentradas, la liberación de ácido láctico aumenta a medida que se incrementa el grano en la dieta; este compuesto también se absorbe a través del epitelio ruminal; en ovinos, 3.5 h después de una infusión de ácido láctico directamente al rumen, había desaparecido 95 %: 57 % por absorción, 34 % por metabolismo y utilización por microorganismos, y 9 % por pasaje al tubo digestivo posterior. En condiciones anormales, como una acidosis láctica, la disminución del pH y el aumento en la concentración de ácido láctico,

causa un incremento significativo en la cantidad absorbida. (González, 2002; citado por Reyes et al, S.F.)

Los AGV absorbidos tienen diferentes destinos metabólicos. (Nava & Díaz, 2001)

El ácido acético se oxida en los diferentes tejidos para generar ATP. También funciona como la principal fuente acetil-CoA para la síntesis de lípidos corporales de reserva y de la grasa de la leche.

El “ácido propiónico” es el único de los AGVs que el hígado puede transformar en glucosa, en la vía de la gluconeogénesis. De esta manera, las moléculas de glucosa sintetizadas en este proceso serán exportadas hacia los tejidos corporales (principalmente el nervioso, el cardíaco y el sanguíneo), quienes serán los encargados de utilizarla como fuente de energía para la síntesis de ATP. Además, la glucosa es utilizada para la formación de glucógeno (reserva de energía) en los músculos y para la síntesis de la lactosa de la leche.

3) El ácido butírico absorbido en forma de ácido β -hidroxibutírico, es oxidado en muchos tejidos para la producción de energía.

2.1.9. Ingestión y rumiación.

El consumo de alimentos es un aspecto fundamental de la nutrición ya que este fija la entrada de nutrientes y por tanto determina la respuesta animal y su función (Van Soest P., 1982). La naturaleza y la morfología del forraje influyen en el tiempo que el animal emplea en aprehender y reducir el alimento para formar un bolo que pueda tragar; en los trópicos la calidad de los forrajes declina con la edad y por lo general, en períodos secos, escasea la comida por lo que el ganado se ve obligado a invertir mucho tiempo en la selección y la

ingestión; si los forrajes necesitan ser picados hoja por hoja, afectan la velocidad de consumo, un aumento en el tiempo que se invierte en comer y rumiar necesariamente limita el tiempo necesario para realizar otras actividades. (Van Soest P. , 1994)

2.1.10. Microbiología del rumen.

La población bacteriana adherida al epitelio ruminal es una compleja urdimbre de células unidas entre sí por fibras que a su vez se adhieren al glicocalix de la superficie epitelial (McCowan , Cheng, Bailey, & Cosyerton, 1978). Al adherirse al epitelio estos microorganismos tienen acceso continuo a los potenciales sustratos del fluido ruminal debido a las contracciones rítmicas del retículo-rumen además de acceso a los metabolitos que atraviesan el epitelio. (McCowan , Cheng, Bailey, & Cosyerton, 1978)

En estudios con distintos enfoques se ha observado que las poblaciones microbianas adheridas rondan en valores de 10^7 unidades formadoras de colonias (UFC)/cm² de pared ruminal y que difieren con las encontradas en el fluido ruminal (Dehority y Grubb, 1981, Mitsumori et al., 2002). Estos microorganismos forman un biofilm protector y presentan una particular actividad ureolítica (Cheng & Costerton, 1979). Recientemente se describió que la microbiota adherida a las paredes del retículo rumen está conformada por un 80% de bacterias que aún no han sido identificadas y puede ser definida como no cultivada aun lo que manifiesta la importancia de los estudios moleculares para estudiar este ecosistema. (Lukas , Simunek, Mrazek, & Kopečný, 2010)

En general estas poblaciones dependen de la dieta que consumen los animales y se pueden encontrar miembros de los filos *Firmicutes*, *Bacteroidetes* y *Proteobacteria* como predominantes. En animales que consumen pasturas los miembros del *phylum Firmicutes*

representan un 50% de la comunidad mientras que los *Bacteroidetes* un 33%. Estas proporciones se invierten en animales que consumen dietas ricas en concentrados. (Sadet-Bourgeteau, Martin, & Morgavi, 2010)

Se ha detectado *Nitrosomas* asociadas a este epitelio lo que sugeriría un posible rol oxidante de metano y del amonio y se ha confirmado, desde el punto de vista molecular, las diferencias en composición de la biota bacteriana vinculada a la pared ruminal y al contenido (Mitsumori et al., 2002, Lukáš et al., 2010) con el grupo *Bacteroidetes* representando más del 90% de los clones de una librería y el grupo de los Gram positivos de bajo contenido G+C (LGCGPB) con el 5,6%. (Cho, y otros, 2006)

2.1.10.1. Los microorganismos responsables de la digestión fermentativa incluyen bacterias, protozoos y hongos.

Relling & Mattioli (2003) afirma que las bacterias representan la fracción de la población ruminal imprescindibles para la vida del rumiante. El neonato adquiere esta flora por el contacto directo con otros bovinos o bien por contacto indirecto a través de elementos contaminados como forrajes o agua de bebida. Si bien existe una amplia variedad de bacterias y alternativas para clasificarlas, resulta útil agruparlas en base a los sustratos que emplean y a los productos finales de su fermentación (ver Tabla 7).

Tabla7

Clasificación de las bacterias ruminales

| Ruminales. Bacterias | Grupo De | Característica Funcional | Principales Productos Finales De Su Metabolismo |
|-----------------------------|-----------------|---|--|
| Celulolíticas | | Fermentan Hidratos De Carbono Estructurales De La Pared Celular (Celulosa, Hemicelulosa Y Pectinas) | Agv (Especialmente Acetato) |
| Amilolíticas | | Fermentan Hidratos De Carbono De Reserva De Granos (Almidón) | Agv (Especialmente Propionato) |

CONTINUA→

| | | |
|---------------|--|---|
| Sacarolíticas | Fermentan Hidratos De Carbono Simples (Azúcares Vegetales) | Agv (Especialmente Butirato) |
| Lactolíticas | Metabolizan El Lactato | Agv (Especialmente Propionato) |
| Lipolíticas | Metabolizan Las Grasas | Acidos Grasos Libres Y Agv (Especialmente Propionato) |
| Proteolíticas | Degradan Las Proteínas | Agv Y Amoníaco (NH ₃) |
| Metanógenas | Producen Metano | Metano (CH ₄). |
| Ureolíticas | Hidrolizan La Urea | Co ₂ Y Nh ₃ . |

Fuente: (Relling & Mattioli, 2003)

El número de bacterias varía entre 10^{10} y 10^{11} por gramo de líquido ruminal, lo cual representa entre 3 y 8 kilos de bacterias en el rumen de un bovino adulto. Esta concentración varía en relación directa con el contenido energético de la dieta. Otro factor que afecta el desarrollo bacteriano es el pH ruminal. Dentro del rango fisiológico, por ejemplo, la flora celulolítica desarrolla mejor en el extremo menos ácido (6,0 a 6,9) mientras que a la flora amilolítica le es favorable el extremo más ácido (5,5 a 6,0). La importancia nutricional de las bacterias radica en que son responsables de la mayor parte de la actividad celulolítica del rumen, y por otro lado son capaces de sintetizar sus proteínas a partir de compuestos nitrogenados no proteicos (NNP), especialmente amoníaco (NH₃). (Relling & Mattioli, 2003)

Los protozoos representan la microfauna ruminal, desarrollan preferentemente a pH superior a 6 y a pesar de estar normalmente presentes no son imprescindibles para la función ruminal ni para la supervivencia del animal. Normalmente son adquiridos por el ternero por contacto directo con otros rumiantes. Si bien se encuentran en menor concentración que las bacterias, a razón de 10^4 a 10^6 /ml de líquido ruminal, al tener mayor tamaño poseen una masa total que puede llegar a ser semejante a la bacteriana. Desde el punto de vista metabólico los protozoarios se diferencian de las bacterias por poseer una menor capacidad

celulolítica (5 al 20 % del total) y además son incapaces de sintetizar proteínas a partir de NNP. Son beneficiosos al moderar la fermentación amilolítica, debido en parte a que consumen preferentemente bacterias amilolíticas y además engloban trozos de almidón que pasan al intestino dentro del protozoo y evitan la fermentación ruminal, proveyendo de esa forma una fuente directa de glucosa para el animal. (Relling & Mattioli, 2003)

Los hongos representan alrededor del 8 % de la biomasa ruminal. Poseen una importante actividad celulolítica, en especial cuando el rumiante consume forrajes demasiado maduros o encañados. Los hongos no predominan en el rumen debido a su baja tasa de multiplicación en comparación con las bacterias, algunas de las cuales a su vez reprimen su crecimiento, como el *Ruminococcus* spp, (Relling & Mattioli, 2003)

Según González (2002) la mayoría de las bacterias que podemos encontrar en el rumen son anaerobias estrictas, Gram negativas donde se observan bacilos, cocos, cocobacilos, espiroquetas y esporoformes, siendo las principales responsables de fermentación ruminal. Algunos de los principales grupos de bacterias, de acuerdo con el substrato utilizado, son los siguientes:

Celulolíticas: *Bacteroides ruminicola*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens*, *R. albus*.

Hemicelulolíticas: *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens*, *R. albus*.

Amilolíticas: *Bacteroides amylophilus*, *B. ruminicola*, *Streptococcus bovis*, *Succinomonas amilolítica*.

Proteolíticas: *Bacteroides amylophilus*, *B. ruminicola*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Streptococcus bovis*.

Pectina: *B. fibrisolvens* y *Lachnospira multiparus* y varios protozoarios.

2.1.11. Propiedades físicas y químicas del rumen

La retención dentro del rumen provee suficiente tiempo a los microorganismos para degradar eficientemente los alimentos ingeridos (Yokoyama y Johnson, 1988). Ørskov (1994) asegura que actualmente el tiempo de retención en el rumen se encuentra entre 48 y 60 horas; al mismo tiempo el grado de distensión y llenado del retículo-rumen limitan el consumo voluntario de alimento, siendo estos factores a su vez determinados por la tasa de pasaje a través del rumen. Esta última hipótesis es soportada por resultados obtenidos por Aitchison et al. (1986) quienes determinaron la tasa de pasaje y el consumo voluntario en ovejas alimentadas con dietas basadas en *Lolium perenne* cv. Endura cortado en dos estadios de madurez (tratamientos EC y LC respectivamente) y *Trifolium repens* cv. Blanca y Pronitro (tratamiento CL).

Estos autores continúan mencionando, que la tasa de remoción del rumen de la fibra indigerible parecía variar durante el día con una máxima desaparición durante la comida seguida de una fase de retardo entre 5 y 10 horas después de ésta y un segundo incremento entre 10 y 24 horas después de la comida, dichos resultados son más notables con henos de gramíneas, los cuales poseen mayor proporción de fracciones fibrosas, mientras que en el caso de leguminosas parecen estar envueltos otros factores.

El tiempo de retención de los forrajes en el rumen es muy importante para caracterizar el valor alimentario, especialmente la degradabilidad, esta información es esencial para optimizar el nitrógeno y la energía disponible para la síntesis de proteína microbial en el rumen. (Bulang, Elwert, Spilke, & Rodehutsord, 2007)

El tamaño de la partícula no es el único criterio que regula el pasaje desde el rumen (Prigge, Stuthers, & Jacquemet, 1990). Las partículas de alimento deben cumplir varios criterios antes de poder salir del rumen: a) reducción en tamaño; b) reducir la flotabilidad; y c) aumentar la gravedad específica funcional (GEF) y las posibilidades de abandonar el rumen aumentan con el tiempo de residencia (Prigge et al., 1990; Hristov et al., 2003; Lund et al., 2006). Las partículas que contienen más fibra indigerible y menos nitrógeno, son más pesadas y alcanzan una GEF más rápidamente y abandonan el rumen más pronto (Hristov, Ahvenjarvi, Mcallister, & Huhtanen, 2003), y las partículas del alimento que contienen más FDN digestible permanecen mayor tiempo en el rumen debido a esta retención selectiva. (Lund, Weisbjerg, & Hvelplund, 2007)

Las partículas en fermentación atrapan gas y reducen su gravedad específica funcional, permaneciendo más tiempo en el rumen; entonces la digestibilidad potencial y la densidad están inversamente relacionadas (Huhtanen, Asikainen, Arkkila, & Jaakkola, 2007). El pasaje selectivo de las partículas indigeribles previene de la acumulación en el rumen, y estimula el consumo de nuevo sustrato más rápidamente fermentable. (Hristov, Ahvenjarvi, Mcallister, & Huhtanen, 2003)

2.1.11.1. Temperatura ruminal

La literatura especializada cita una temperatura entre 39 – 40 °C para las condiciones normales de fermentación ruminal según Church (1974), pero otros autores (Yokoyama y Johnson, 1988) señalan rangos más amplios entre los 38 y 42 °C.

El efecto de la temperatura ambiental sobre la fermentación y el metabolismo fue evaluado por Kaiser y Weniger (1994), en corderos fistulados ruminalmente y alimentados

con paja de avena o una dieta compuesta de concentrado/heno, las muestras se conservaron a diferentes temperaturas incrementales hasta llegar a los 41°C; el pH ruminal descendió con el incremento de la temperatura, independientemente de la dieta, indicando una concentración incremental de ácidos grasos volátiles en el rumen favorecidos por los incrementos de temperatura, lo cual corrobora las afirmaciones de Church (1974).

La digestibilidad total aumenta a altas temperaturas, porque el tiempo de residencia de las partículas del rumen se prolonga al disminuir la motilidad ruminal debido al estrés calórico (Tajimaa, y otros, 2007). Los animales más grandes son más sensibles a las altas temperaturas, y el efecto negativo de la altas temperatura se magnifica con altas humedades relativas. (Tajimaa, y otros, 2007)

2.1.11.2. pH del rumen

Son varios los factores que intervienen para cambiar el pH en el rumen, la naturaleza de la dieta suministrada es factor determinante en las fluctuaciones del pH ruminal, aunque los rumiantes poseen un sistema altamente desarrollado para mantener el pH dentro de los límites fisiológicos – 5,5 a 7,0. (Krause & Oetzel, 2006)

El consumo de forrajes estimula elevadas secreciones de saliva, y los carbohidratos de los forrajes son lentamente digeribles, mientras que el consumo de granos, con carbohidratos rápidamente digeribles genera una importante concentración de ácidos orgánicos (Ficher, Buchanan-Smith, Campbell, Grieve, & Allen, 1994). El consumo excesivo de carbohidratos rápidamente fermentables resulta en un aumento de la concentración de ácido láctico y en una repentina baja de pH (Krause & Oetzel, 2006), pero la magnitud de la disminución del pH debido a un aumento en la tasa de fermentación

ruminal dependerá de la capacidad búfer del rumen. (Counotte, van't Klooster, van der Kuilen, & Prins, 1979)

2.1.11.3. Producción de saliva

La saliva secretada por el rumiante actúa como lubricante del alimento consumido, con un pH 8,2 en promedio, alto contenido de sodio, potasio, bicarbonato y fosfato, características que le permiten su acción búfer en el licor ruminal (Emery et al., 1960; Krause y Oetzel, 2006). En ensayos realizados por Elam y Davis (1962) se detectó incremento en el Ph del fluido ruminal al agregar una solución de saliva artificial, fenómeno que fue atribuido a las sales búfer contenidas en dicha solución. Sin embargo, una disminución en el pH del rumen no aumenta la secreción de saliva, ésta es estimulada por la comida y la rumia. (Krause & Oetzel, 2006)

2.1.11.4. Forma física de la ración

La forma física de la ración también afecta el pH, el suministro de heno estimula la rumia, y aumenta la producción de AGCC, especialmente la producción de acetato, y la producción de NH₃ (Ficher, Buchanan-Smith, Campbell, Grieve, & Allen, 1994); la fibra larga estimula la rumia y la secreción salival, mientras que la fibra corta no puede ser mantenida en el rumen largo tiempo, disminuyendo la digestibilidad y el pH.

El pH del rumen baja progresivamente inmediatamente después del suministro del alimento y retorna a los niveles previos a la suplementación en la 24 horas (Crater, Barboza, & Forster, 2007); en los sistemas intensivos de producción, donde la utilización de concentrados es alta, la tasa de degradación de la fibra del alimento es disminuida por efecto del pH sobre la actividad celulolítica de los microorganismos, en estas condiciones de

alimentación, disminuya la rumia y por consiguiente, la secreción de saliva disminuye, lo cual impide que lleguen al rumen los álcalis contenidos en ella, impidiendo su acción como neutralizantes.

2.1.12. La fibra en la dieta de rumiantes

Los hidratos de carbono fibrosos constituyen la fibra vegetal, desde el punto de vista químico, la fibra es un agregado de componentes que no constituyen una entidad propia, y que se compone de un entramado tridimensional de celulosa, hemicelulosa y lignina, pero frecuentemente se le asocian minerales y otros componentes; en la mayoría de los sistemas de alimentación, la fibra se define con los siguientes parámetros. (Van Soest P. , 1994)

Fibra bruta: Consiste en el residuo insoluble después de una incubación en una solución ácida, seguida por una alcalina. El residuo contiene celulosa, pero está contaminada con cantidades variables de hemicelulosa, lignina y compuestos nitrogenados. La magnitud de la contaminación de la FB depende mucho del tipo de vegetal y de su estado de desarrollo fisiológico, lo que conduce a errores que dificultan su interpretación, por lo que el uso de la FB en los sistemas actuales debe ser limitado. (Van Soest P. , 1982)

Fibra neutro detergente (FND): Es el material insoluble en una solución detergente neutra, y se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina. Además, existen otras componentes minoritarias como residuos de almidón, cenizas y nitrógeno. Las recomendaciones recientes de Van soest, Robertson, & Lewis (1991) afirman que para la determinación de FND sugieren la utilización de amilasas termoestables específicas (libres de actividad hemicelulasa, proteasa o glucanasa), especialmente en concentrados o ensilados de maíz, y la corrección por el contenido en cenizas.

Fibra ácido detergente (FAD): Es el material insoluble en una solución detergente ácida, y está constituida fundamentalmente por celulosa y lignina, aunque suelen existir otros componentes minoritarios como nitrógeno y/o minerales. Como en el caso de la FND, Van soest, Robertson, & Lewis (1991) sugieren la corrección por el contenido en nitrógeno y cenizas. La diferencia entre FND y FAD consiste fundamentalmente en hemicelulosa. Es necesario apuntar que la determinación secuencial de FAD y lignina permite un cálculo más preciso del contenido de celulosa y hemicelulosa, pero el método no secuencial es más adecuado para la determinación de cenizas ácidas insolubles, taninos y nitrógeno insoluble en FAD.

2.1.13. Método digestibilidad *in situ*

Un método alternativo, dentro de los que se realizan bajo' condiciones in vivo, es el método de la bolsa de nylon o in situ que tiene la ventaja, que la muestra es fermentada dentro del rumen del animal, los valores obtenidos deberían ser cercanos a la digestibilidad aparente (DAP); además, es una técnica simple que no requiere infraestructura especial y que permite el estudio de un mayor número de muestras que la (DAP), este método ha sido utilizado en diversos países para determinar el grado y tasa de degradación de forrajes', alimentos toscos, suplementos proteicos y sus constituyentes. (Ørskov, DeB Hovell, & Mould, 1980)

Además, tiene la ventaja de permitir el estudio de la evolución de la degradabilidad en función del tiempo de permanencia en el rumen, y de medir los efectos de diferentes factores ruminales sobre la tasa de digestibilidad de los distintos nutrientes, esta técnica ha sido estudiada por diversos investigadores, tanto para determinar su valor de estimación de la digestibilidad. (Mehrez & Ørskov, 1977)

El éxito de la técnica *in situ* va estar determinado por diversos factores como: el material de la bolsa, tratamiento, preparación y tamaño de la muestra, posición del rumen, tiempo de incubación, repeticiones, número de bolsas incubadas, dieta del animal, y lavado de la bolsa ,este método está afectado por diversos factores que es necesario estudiar para obtener su adecuada validación del método y seguridad en su valor predictivo, se ha utilizado diferentes materiales indigestibles en la confección de las bolsas. (Mehrez & Orskov, 1977)

Para esto se utilizaron bolsas de tela de nylon sencilla Mehrez & Orskov (1977) utilizaron material de dacrón obtenido de un paracaídas viejo; existen dos factores que determinan el tamaño de la bolsa, por una parte, se requiere de una bolsa suficientemente grande en relación a la muestra, que asegure la entrada de líquido ruminal y le permita mezclarse con la muestra; como así también debe ser suficientemente pequeña, para que pueda ser retirada sin dificultad a través de cánula; el tamaño recomendable de la malla <in las bolsas de nylon deberá ser de 20 a 40 (micra, que proporciona orificios de aproximadamente 400 a 1600 (micra cuadradas).

Algunos trabajos han indicado que existe movimiento pasivo de partículas parcialmente digeridas desde y hacia el rumen; sin embargo, debido a que los valores de digestibilidad para los métodos *in vivo* e *in situ* similares, se ha concluido que esta fuente de error es muy pequeña. (Mehrez & Orskov, 1977), incubaron cuatro bolsas en el rumen de ovejas durante veinticuatro horas y obtuvieron un incremento promedio después de la incubación de 0.03 gr, este es un error aceptable según autores. En todos los experimentos, aproximadamente el 1 % de la muestra, se pierde pasivamente a través de la bolsa, así señalan. (Hodgson, 1990)

Otras investigaciones con hierba deshidratada han encontrado pérdidas de hasta un 20%, y de un 60% con 'bagazo de caña de azúcar finamente molida Orskov et al 1980; la cantidad de muestra es un factor que está relacionado con el tamaño de la bolsa; sin embargo, la muestra

debe tener un tamaño mínimo que provea material suficiente y adecuado para el análisis posterior a la incubación.

La posición de las bolsas en el rumen es otro factor importante Mehrez & Orskov (1977) indican que es posible que algunas de las bolsas floten en el contenido ruminal y probablemente no se sumerjan; por tanto, no son sometidas a la acción microbiana; se coincide en varias investigaciones en la utilización de pesos amarrados a las bolsas para anclarlas en el saco ventral del rumen; para ello, estos autores, ataron un peso de 40 gr, al fondo de cada bolsa para evitar que flotarán; sin embargo, no se redujo la variabilidad en la desaparición de materia seca entre bolsas.

Los tiempos de fermentación constituyen uno de los factores determinantes, y al respecto Ørskov, DeB Hovell, & Mould (1980) indican que los concentrados requieren de 12 a 36 hs; los forrajes de alta calidad, de 24 a 48 hs y los forrajes de menor calidad de 48 a 72 hs.

Según Mehrez & Orskov (1977) indican que la varianza entre animales es mayor que entre las bolsas dentro de un animal, y algo inferior entre series de repeticiones. Estos mismos autores señalan que es preferible no incubar más de cinco bolsas en el rumen de cada oveja al mismo tiempo, a fin de evitar dificultades técnicas al sacarlas del rumen.

La dieta del animal puede tener un efecto importante sobre la tasa de degradación del material que se incuba, ya que determinará el tipo de microorganismos existentes y el nivel de actividades de éstos, lo que influye en la velocidad de degradación del material que se incuba, para ello Ørskov, DeB Hovell, & Mould (1980) argumentan un ensayo en el que, los animales reciben un alto suministro de concentrado, tienen una reducida actividad celulolítica en el rumen; así este mismo autor encontró que los suplementos proteicos de origen vegetal son degradados más lentamente en animales alimentados con concentrados que en aquellos alimentados con forrajes.

2.1.13.1. Ventajas y Desventajas

- Esta técnica requiere únicamente de un mínimo de equipo de laboratorio (balanza analítica, y horno de secado)
- Requiere una cantidad pequeña de muestra.
- Requiere de poco tiempo para realizarla.
- No requiere de personal altamente entrenado.
- Esta técnica no toma en cuenta la digestión de los forrajes que se lleva a cabo en el tracto digestivo posterior, por lo que los resultados obtenidos son invariablemente mayores a los obtenidos con otros métodos.
- Los resultados obtenidos son muy variables.
- La precisión de esta técnica no ofrece una buena confiabilidad en los datos para calcular el consumo de forraje.
- Permitir el estudio de la evolución de la degradabilidad en función del tiempo de permanencia en el rumen, y de medir los efectos de diferentes factores ruminales sobre la tasa de digestibilidad de los distintos nutrientes.
- Estudios indican que la varianza entre animales es mayor que entre las bolsas dentro de un animal, y algo inferior entre series de repeticiones.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización geográfica y duración de la Investigación

En trabajo se realizó en la unidad de pastos y forrajes de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ubicada en el sitio el limón cantón Bolívar provincia de Manabí, Coordenadas; 0° 50' 39" de latitud sur y 80° 9' 33" de longitud oeste. Límites: al este con el cantón Pichincha, al sur con los cantones Portoviejo y Junín, al norte con los cantones Tosagua y Chone; la investigación tuvo una duración 6 meses, las muestras fueron tomadas en los meses de julio y agosto del 2017, posteriormente se realizó la tabulación de los datos.

3.2. Condiciones agro meteorológicas

Altitud de 15 msnm y una temperatura promedio anual de 25,8°C, una precipitación anual de 1302,8 y un promedio mensual de 144,75 mm el 95% de esta precipitación ocurre en la época más lluviosa que va de enero a mayo como se ilustra en la tabla 7.

Tabla 8

Promedio de precipitación y temperatura, enero – septiembre 2017.

| Meses | Enero | Feb | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sept |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-------|
| Precipitación (Mm) | 368,4 | 372,0 | 315,8 | 114,6 | 97,5 | 26,8 | 0,2 | 6,7 | 0,8 |
| Temperatura (°C) Promedio | 27,5 | 27,6 | 27,7 | 27,5 | 27,3 | 26,0 | 25,3 | 25,7 | 25,95 |

Fuente estación Meteorológica ESPAM –MLF.

3.3. Materiales y equipos

- Estufa
- Mufla
- Balanza analítica
- Balanza de precisión
- Crisoles
- Pinzas
- Campana desecadora
- Bolsas de nylon (ANKON)
- Bolsas nylon f57 (ANKON)
- Medidor de ph
- Digestor de fibra
- Baño de maría
- Matraces
- Tubos de precipitación
- Agitadores eléctricos
- Pinzas para crisoles
- Molino
- Marcadores
- Hilo de amarre
- Pielas
- Tijeras

- Ligas
- Fundas
- Cuatros toretes fistulado
- Sogas
- Cuaderno
- Baldes
- Hoz
- Guadaña
- Cinta métrica
- Alambre de púa
- Poste de madera
- Grapas
- Martillo

3.4. Reactivos

- Hidróxido de sodio
- Ácido bórico
- Carbonato sódico
- Ácido sulfúrico
- Pastillas catalizadoras
- Fibra detergente neutra
- Fibra detergente acida
- Cetona

- Agua destilada

3.5. Materiales de oficinas

- Calculadora
- Computadora
- Impresora
- Lápices
- Hojas tamaño A4
- Cinta
- Grapadora
- Perforadora

3.6. Recursos humanos

- Investigadores
- Tutor
- Auxiliares de campo
- Laboratoristas

3.7. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue experimental, porque se evaluó la composición química proximal, fracción de fibra (FDN –FDA) y degradabilidad de la MS, MO, FDN y FD en diferentes tiempos de incubación ruminal.

3.8. Análisis de laboratorio

Para determinar materia seca, materia orgánica y ceniza se hizo uso del laboratorio de bromatología de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel MFL, y para proteínas FDN y FDA se utilizó el laboratorio de ruminología de la UTEQ.

3.9. Factor (es) en estudio y Tratamientos

3.9.1. Factor de estudio

Edades de cosecha (días)

3.9.2. Tratamientos

Se realizaron 4 tratamientos los cuales consistieron en 4 edades de cosechas (21, 28, 35 y 42 días), así como el empleo de 4 repeticiones, dando un total de 16 parcelas experimentales, cada parcela tuvo un área de 4 x 5 metros, donde cada tratamiento se asignó al azar a cada parcela.

3.10. Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó para el análisis estadístico de la composición química fue Completamente al Azar; para evaluar degradabilidad ruminal *in situ* materia seca y orgánica e inorgánica se empleó el de Bloques Completamente al Azar Generalizados, y para la degradabilidad ruminal de FDN y FDA se utilizó un diseño de bloques completamente al azar; la edad de cosecha del pasto evaluado fueron (21, 28, 35, 42 días), cada edad conforme un tratamiento y cada parcela representó una repetición; en ese mismo sentido para la degradabilidad *in situ* MS ,MO se utilizaron bolsitas con muestras de pasto incubadas en el rumen por duplicado, por cada animal y tiempo, conformado cada bolsita adicional una repetición; en el caso de la degradabilidad *in situ* de FDN y FDA, se utilizó para el análisis, una bolsa de degradabilidad por animal y por tiempo,

en 4 bovinos fistulado, representando cada animal una repetición; los datos generados se llevaron a hojas de cálculo de Microsoft Office 2013 Excel, para ser analizados mediante el programa estadístico SAS, donde se empleó la estadística descriptiva (media aritmética, error estándar desviación estándar, coeficiente de variación) e inferencial para lo cual se usó los siguientes modelos lineales aditivos.

3.10.1. Diseño completamente azar

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

Donde

Y_{ij} : es la respuesta (variable de interés o variable medida)

μ : es la media general del experimento

τ_i : es el efecto de tratamiento

ε_{ij} : es el error aleatorio asociado a la respuesta Y_{ij} .

3.10.2. Diseño de bloques completamente azar

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ij} : Variable de respuesta

μ : Medio general

τ_i : Efecto de los tratamientos

β_j : Efecto de los bloques (animal)

ε_{ijk} : Efecto del error experimental.

3.10.3. Diseño bloques completamente azar generalizado

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau_{bij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ij} : Variable de respuesta

u : Medio general

t_i : Efecto de los tratamientos

b_j : Efecto de los bloques (animal)

tb_{ij} : Efecto de la interacción tratamiento por bloque.

E_{ijk} : Efecto del error experimental

3.11. Unidad experimental

Para la composición química (análisis proximal y fracciones de fibra) las unidades experimentales estuvieron representadas por las muestras obtenidas de cada parcela experimental; mientras que para para la digestibilidad *in situ* (materia seca, orgánica; FDN y FDA), las unidades experimentales fueron cada bolsitas de nylon de tamaño 10x20 cm (diámetro de poros de 40 μ m), incubadas en el rumen con 10 gramos de muestra de pastos en diferentes tiempos (0, 3, 6,12, 24, 48, 72 horas), molidas con un tamaño de criba de 2 mm.

3.12. Análisis estadístico

Para el procesamiento de la información se utilizó el software estadístico SAS, (1999)

3.13. Mediciones Experimentales (Datos a tomarse, variables a medir)**3.13.1. Variables en estudio****3.13.2. Composición química**

Porcentaje materia seca

Porcentaje materia orgánica

Porcentaje proteína

Porcentaje ceniza

Porcentaje FDN

Porcentaje FDA

Degradabilidad *in situ* Materia seca

Degradabilidad *in situ* Materia orgánica

Degradabilidad de FDN

Degradabilidad de FDA

3.13.3. Procedimientos Experimentales (Protocolo)

Para realizar la investigación se escogió una área establecida de pasto estrella *Cynodon nlemfluensiss* de alrededor de 5000 metros cuadrados, esta se cercó con alambre de púa para evitar la entradas de animales; luego se dividió una área más pequeña donde se conformaron las parcelas, esta quedo de una longitud de 22 metros de largo por 19 metros ancho y cada parcela tuvo una medida de 5 metros de ancho y 4 de largo con distancia de 1 metro entre parcela, se utilizó un diseño completamente al azar, para la distribución de los tratamiento se utilizó una funda donde se pusieron los número de tratamientos y en la otra los días de rebrotes (21,28,35,42) una vez asignado los tratamiento se hizo el corte de igualación a una altura de 10 cm con rozadora (figura 1)

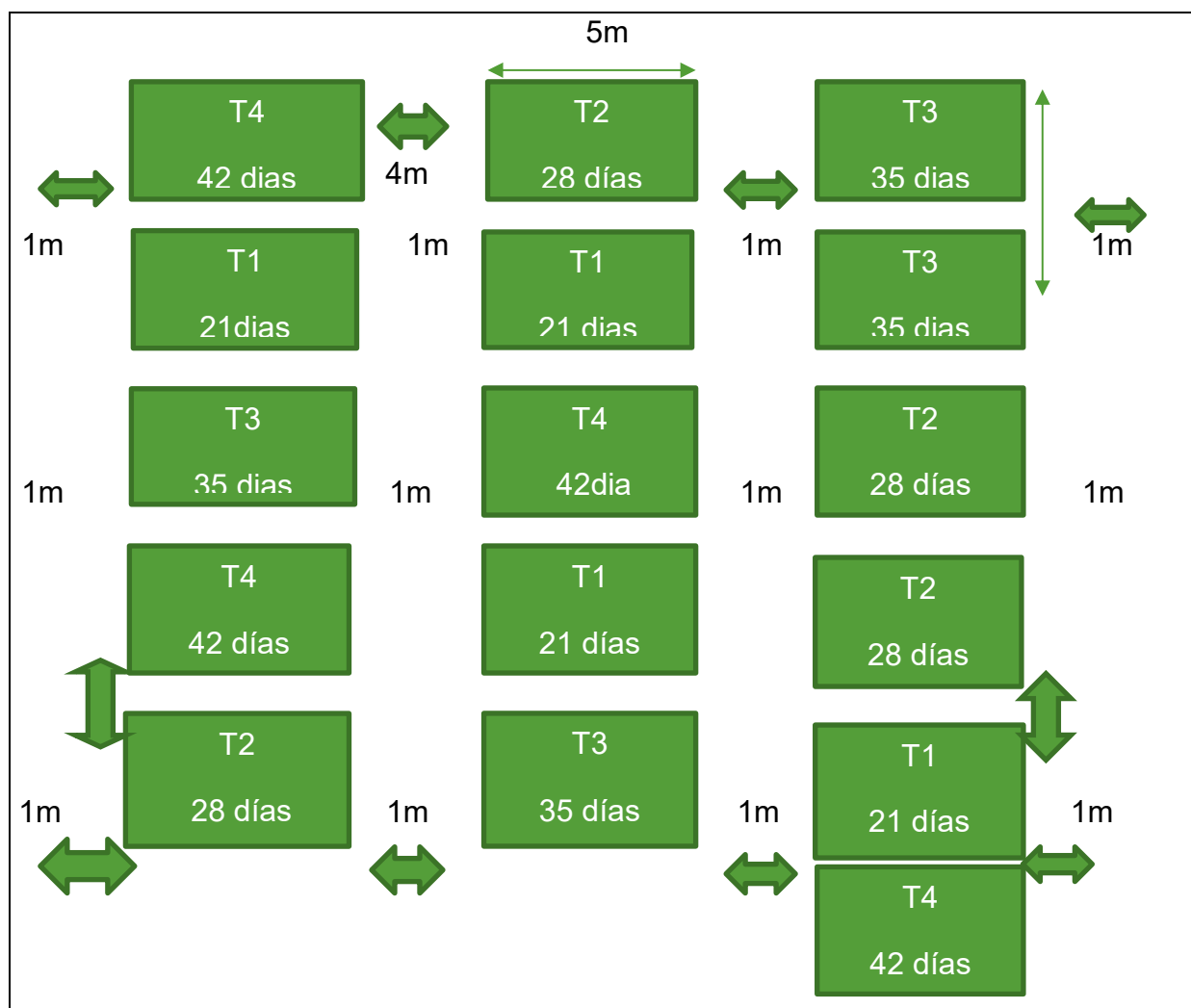


Figura 1. Distribución de tratamientos

3.14. Análisis de laboratorio

3.14.1. Procedimiento para analizar la composición química

Cumplido los 21 días post corte de igualación se procedió hacer las tomas muestras de los T1, con la ayuda de una hoz dejando un área de un metro sobre el perímetro de la parcela, se pesó e identificó y se secó al ambiente por 48 horas y de ahí paso a la estufa a 65°C, por 48 horas, posteriormente fue molida y se procedió hacer los análisis de materia seca, materia orgánica, ceniza, con el método de la AOAC. (Mehrez & Orskov, 1977)

3.14.2. Procedimiento para digestibilidad *in situ*

Para realizar la degradabilidad *in situ* de la MS, MO, FDN y FDA se utilizaron 4 toretes fistulado de 350 kilos y de aproximadamente tres años de edad, a quienes se le incubo en el rumen las bolsitas de naylon 10 x 20, con un contenido de 10 gramos de muestra pasto estrella *Cynodon nlemfluensis*, molido a un tamaño de 2 mm, para las cuales se utilizaron 2 bolsitas por cada tiempo, 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 horas, dando lugar 14 bolsas por cada tratamiento, por cuatro, suman un total de 56 bolsas por animal, el ingreso al rumen se realizó de manera descendente, entrando las de 72 horas en primera instancia, luego las de 48 y al final fueron retiradas todas las 56 bolsas del rumen de cada bovino, que multiplicado 4 animal suman en total 224 bolsas. Luego se procedió a lavarla en agua al ambiente hasta que quede totalmente transparente, de ahí se secaron al ambiente por 48 horas y luego pasaron a la estufa a 65° por 48 horas; El análisis de laboratorio se realizó por el método Van Soest (1994) y técnica *in situ* por método estudiado por Mehrez & Orskov (1977).

3.14.3. Determinación del contenido de materia seca (MS)

Para determinar la materia seca se tomó un crisol vacío de la estufa (65-105°C), se llevó al desecador (5 minutos mínimo). Se pesó el crisol vacío en una balanza de precisión (Tara, T), una vez tarada, se puso la balanza de precisión a 0 g con el crisol encima, y se colocó 1 g de muestra fresca (MF), luego se colocó el crisol en la estufa a 65°C y se mantuvo durante 48 horas, de ahí se retiró el crisol de la estufa y se ubicó en el desecador hasta que éste se enfríe (5 minutos), una vez fresca la muestra se pesa de nuevo el crisol con la muestra seca y se calculó con la siguiente formula:



Dónde:

%MS: Porcentaje de Materia Seca.

MI inicial: Muestra inicial antes del secado.

MI final: Muestra final posterior al secado.

Determinación ceniza

Las cenizas están consideradas, de forma general, como el residuo inorgánico de una muestra que se obtiene al incinerar la muestra seca en mufla entre 4 y 6 h a 600 °C, luego se retiran los crisoles con las pinzas adecuadas y se pasan al desecador, se pesa de nuevo (T + Cz). Las cenizas han de presentar un color blanquecino para obtener El porcentaje se determinó empleando la siguiente formula:



Dónde:

%MI: Porcentaje de Materia Inorgánica

Wmcal: Peso del crisol más muestra calcinada

Wvacío: Peso crisol vacío

Mseca: Muestra seca

Determinación de materia orgánica

Se realizó de acuerdo a los métodos descritos por la, AOAC (1990) por el método de incineración en seco en mufla hasta 600° C por cuatro horas, posterior al análisis de MS.

El porcentaje de Materia orgánica se determinó con la siguiente fórmula:

$$\%MO=100-MI$$

Dónde:

%MO: Porcentaje de Materia Orgánica

%MI: Porcentaje de materia Inorgánica

Determinación de proteína bruta (PB)

La Proteína Bruta o Materias Nitrogenadas Totales (MNT) se determinaron mediante el método Kjeldahl que data de 1883; como consecuencia de su estructura a base de aminoácidos individuales, el contenido de nitrógeno de las proteínas varía sólo entre unos límites muy estrechos (15 a 18% y como promedio 16%). Para la determinación analítica del contenido en proteína total o “proteína bruta”, se determina por lo general el contenido de nitrógeno tras eliminar la materia orgánica con ácido sulfúrico, calculándose finalmente el contenido de proteína con ayuda de un factor (en general 6,25).

El procedimiento utilizado fue hervir una muestra con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador, el nitrógeno se convierte en amoníaco, mientras que la materia orgánica se oxida hasta agua y CO₂. El nitrógeno, en forma de sulfato amónico, se determina agregando un exceso de sosa (NaOH) y destilando el amoníaco producido. Este

amoníaco es retenido por el ácido bórico y el borato amónico formado se neutraliza directamente con una disolución de ácido clorhídrico valorada y con la ayuda de un indicador de pH, la fórmula utilizada fue la siguiente.

Cálculos:



$$PB (\%bs) = (\%bs)6.25$$

Dónde:

TI (ml): Titulación con H₂ SO₄ de la muestra

Tbco. (ml): Titulación con H₂ SO₄ del blanco

H₂ SO₄ (N): Normalidad del H₂ SO₄ de titulación

MHI (g): Peso de la muestra

MS (g/g): Coeficiente de materia seca

3.14.4. Determinación de la degradabilidad ruminal *in situ* de la MS, MO.

Se determinó la degradación ruminal *in situ* de la Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO con la siguiente fórmula:



Dónde:

%DISMS; MO; MI: Porcentaje de degradación *in situ* de la MS, MO.

Mpre: Materia pre-incubada

Mpost: Materia post-incubada

3.14.5. Determinación Fibra Detergente Neutra (FDN)

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



Dónde:

%bs: Porcentaje sobre base seca.

MHI: Peso de la muestra.

MS: Coeficiente de materia seca.

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

T1: Peso de la bolsa vacía.

Tbco1: Peso de bolsa blanco pre digestión.

Tbco2: Peso de bolsa blanco post digestión

3.14.6. Determinación de la Fibra Detergente Ácida (FDA).

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



Dónde:

%bs: Porcentaje sobre base seca.

MHI: Peso de la muestra.

MS: Coeficiente de materia seca.

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

T1: Peso de la bolsa vacía.

Tbco1: Peso de bolsa blanco pre digestión.

Tbco2: Peso de bolsa blanco post digestión.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Basados en los resultados de la tabla 8 en esta investigación se puede evidenciar que existió efectos significativos ($P < 0.05$, de la edad de cosecha sobre el contenido de (%) materia seca del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensiss*), observándose el mayor valor (35,72 %) cuando este fue cortado a una edad de 28 días, y 29,45% a los 42 días valores que no tuvieron el comportamiento esperado de a mayor edad, mayor contenido de MS, al contrario disminuyo, conducta que pudo estar influido por las precipitaciones que se produjeron en esa época, como se aprecia en la (tabla 7), resultados que son similares a los encontrados por Sanchez, Piedra, & Soto (1998) que obtuvieron 30,5 % MS en pasto estrella en estacion semiseca, y 24,1% en estacion lluviosa, y superiores a los obtenido por Villalobos & Sanchez (2010) que reportaron un contenido de materia seca de 16,52 % con una recuperación de 32 días, y 15,41 % a los 45 días, en pasto ryegrass perenne en 4 fincas productoras de ganado lechero en el distrito de Chicú; igualmente superiores a los reportados por Villalobos & Arce, (2014) donde obtuvieron un contenido de materia seca de 23,57% en 4 fincas de ganado lechero evaluadas durante 2 años, en Monteverde. Según Minson (1990) el clima es determinante en cuanto a la cantidad de materia seca que contienen Materia Seca los forrajes.

Con respecto al contenido de materia orgánica, en la tabla 8 se puede evidenciar que no existió efecto significativos ($P > 0.05$) entre la edad de cosecha sobre el contenido de (%) materia orgánica (MO) del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensiss*), obsérvense numéricamente un mayor contenido a la edad de 21 días con (88,87%), sin que esto indique efecto directo de la edad de cosecha sobre el contenido del mismo, resultados que son superiores a los encontrados por Arana

(2018) donde encontró un 83.56 % de materia orgánica en pasto King grass cosechado a los 60 días con un nivel de fertilización de 50 kg nitrógeno por ha, e inferiores a los encontrados por Juárez *et al.* (2008) quienes reportaron un 91,4% en pasto Bermuda utilizado en sistemas de producción de ganado de doble propósito en Noreste de México; Ortega *et al.* (2015), mencionan que al evaluar la composición bromatológica, en cuatro especies de pastos de los generos *Brachiaria* y *Panicum* obtuvieron como resultados un valor máximo en el pasto Mulato con 88.71 % de MO, y el pasto Tanzania presentó el valor más bajo con 84.86 % de MO.

Por otra parte, para el contenido de materia inorgánica (tabla 8), se puede evidenciar que no existió efecto significativo ($P>0.05$) entre la edad de cosecha sobre el contenido de (%) materia inorgánica (MI) del pasto estrella africana (*Cynodon nlefluensiss*), obsérvense numéricamente un mayor contenido a la edad de 28 días con (12,40%), sin que esto indique efecto directo de la edad de cosecha sobre el contenido del mismo, resultados que son inferiores a los encontrados por Arana (2018) donde encontró 16,47% de (MI) en pasto King grass cosechado a los 60 días, similares a los obtenidos por Villalobos & Arce (2014) que encontraron un 11,27% en pasto estrella africana en unas de la 4 fincas de ganado lechero evaluadas durante 2 años, en Monteverde y superiores a la obtenida por Borges, Barrios, & Escalona (2012) donde encontró 8,83% en pasto estrella 21 días post fertilización.

Así mismo, para el porcentaje de proteína, en la tabla 8 se puede evidenciar que existió efecto significativos ($P<0.05$) entre la edad de cosecha sobre el contenido de proteína (pc) en el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensiss*), obsérvense un mayor contenido cuando se cosecho a los 21 días con un valor de (12,42%), resultados que son similares a los obtenidos por Borges, Barrios, & Escalona (2012) que reporto un 11,87% en pasto estrella cosechados a los 35 días post fertilización, superiores a los encontrados por Gutierrez , Delgado, Oramas , & Cairo (2005) donde

reportaron 10,20% para el pasto estrella y inferiores a lo reportados por Villalobos, Arce , & Wing Ching (2013) que obtuvieron 14,23 % para pasto estrella; según Villalobos & Arce (2014) en pasto estrella africana evaluadas durante 2 años, en Monteverde obtuvieron un promedio de 20,27 % de proteína en las 4 fincas evaluadas.

Según Villalobos, Jose, & Wing (2013) la PC del pasto estrella varia con base en la climatología de la región que a su vez, afecta la fenología de la planta al mostrar valores de hasta 25,58% en los meses de mayor precipitación (setiembre a noviembre) donde se evidenció de forma consistente entre fincas un número de hojas por rebrote promedio de 2,87, en los meses de época seca (enero a abril) el contenido de PC bajó hasta 16,07%; dicho comportamiento ha sido reportado previamente para el pasto estrella pues la presencia de menor humedad en el suelo limita la movilidad del nitrógeno hacia y dentro de la planta. (Pérez et ál. 2001, Sánchez y Soto 1996)

De igual forma, para fibra detergente neutra (FDN) en la tabla 8 se puede evidenciar que existió efecto significativos ($P < 0.05$), para uno de los tratamientos sobre el contenido de (%) (FDN) en el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*), obsérvense un mayor contenido cuando este se cosechó a los 21 días con un valor de (73,05%), y menor cuando se cosecho a los, 28, 35 y 42 días, siendo estos tres últimos estadísticamente iguales, con una tendencia a disminuir a mayor edad, resultados que son superiores a los encontrados por Gonzalez , Betancourt, Fuenmayor, & Lugo (2011) que obtuvo 57,5% a los 42 días de edad en pasto elefante y 63,3 % a los 70 días, con una tendencia de aumentar a mayor edad de corte, comportamiento diferente al de esta investigación, el cual disminuyo; similares a los reportados por Ortega *et al.* (2015); así mismo iguales a los reportados por Sanchez, Piedra, & Soto (1998) quienes reportaron para el pasto estrella un contenido de 70,6 % en época semiseca y 72.9 en época lluviosa en el distrito de Florencia, San

Carlos; Sánchez y Soto (1997 a y b); reportaron un contenido de 72 % en pasto estrella de fincas ganaderas comerciales ubicadas en diferentes zonas del trópico húmedo de Costa Rica.

Finalmente, con respecto al contenido de Fibra detergente acida (FDA) en la tabla 8 se puede evidenciar que no existió efecto significativos ($P>0.05$), entre la edad de cosecha sobre (%) contenido de (FDA) en el pasto estrella africana (*Cynodon nemfluensis*), obsérvense numéricamente un mayor contenido cuando este se cosechó a los 42 días con un valor de (39,40%), con una tendencia de aumentar a mayor edad, resultados que son similares a los encontrados por Gonzalez , Betancourt, Fuenmayor, & Lugo (2011) que obtuvieron 39,9% a los 42 días de corte, en evaluaciones hecha en pasto elefante con una tendencia aumentar con la edad, comportamiento que es similar al de esta investigación, y superiores a los encontrados por Giraldo, Gutiérrez, & Rúa (2007) quienes reportaron 29,7% en pasto kikuyo cosechados a los 49 días de rebrote; Villalobos & Arce (2014) obtuvieron 34,95% en pasto estrella en 4 fincas de ganado lechero evaluadas durante 2 años, en Monteverde, datos que son inferiores a lo de esta investigación, seguramente se debe a factores como topografía, época, y fertilidad del suelo, como menciona Johnson *et al.* (2001), quienes reportaron contenidos de FDA entre 30,9 a 33,9% para el pasto estrella africana, y mencionan que la fertilización de N tiene efectos mínimos sobre dicha variable

Tabla 9

Efecto de la edad de cosecha (días) sobre la composición química del pasto estrella.

| Composición | Edad De Cosecha En Días | | | | Eem | Cv% | Probabilidad |
|-------------|-------------------------|---------|---------|---------|-------|-------|--------------|
| | 21 | 28 | 35 | 42 | | | |
| Ms | 30.22x | 35.72 W | 31.57 X | 29.45 X | 0,899 | 5.662 | 0.0016 |
| Mo | 88.87 W | 87.60 W | 88.15 W | 88.12 W | 0,432 | 0.979 | 0.2715 |
| Mi | 11.15 W | 12.40 W | 11.85 W | 11.85w | 0,432 | 7.311 | 0.2888 |

CONTINUA→

| | | | | | | | |
|------------|---------|----------|---------|----------|-------|-------|--------|
| P | 12.42 W | 11.26 X | 10.58 Y | 9.77 Z | | 2.684 | <.0001 |
| | | | | | 0,148 | | |
| Fdn | 73.05 W | 70.25 Xw | 69.50 X | 72.32 Xw | | 2.183 | 0.0222 |
| | | | | | 0,778 | | |
| Fda | 38.20 W | 37.72 W | 37.72 W | 39.40w | | 3.461 | 0.2494 |
| | | | | | 0,662 | | |

Nota: w,x,y,z Promedios con idéntico literal, son iguales estadísticamente según Tukey (P<0.05)

Villalobos & Arce (2014) determinaron que la DIVMS promedio del pasto estrella africana fue de 68,02%; similares, a los resultados de esta investigación, donde se pudo evidenciar que existió diferencias estadística entre los tratamientos (P<0.05), observándose en la tabla 9 una relación directa entre edad de cosecha sobre la digestibilidad, obteniendo un valor de 66,12% cuando se cosechó a los 21 días de edad, y con un tiempo de permanencia en el rumen de 72 horas, resultados que son similares a los de Avellaneda *et al.* (2015), que obtuvieron 68,91% de digestibilidad aparente “*in vitro*” a los 21 días de corte, de las hojas de *panicum máximum*, y superiores a los encontrados por Chacón & Vargas, (2009) que obtuvieron 58,65 %, 55,91 % y 51,99 % de DIVMS cosechados a los 60, 75 y 90 días de rebrote en *Pennisetum purpureum* cv. king grass. Cartago, Costa Rica

En cuanto a los parámetros de degradabilidad para la DISMS (tabla 9 se puede evidenciar que existió diferencias significativas (P<0.05), entre los tratamientos en lo referente a la fracción soluble (a) en el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*), obsérvense un mayor porcentaje cuando este se cosechó a los 21 días con un valor de (25,5%), y menor cuando se cosecho a los 42 días, siendo los dos primeros tratamientos estadísticamente iguales, con una tendencia a disminuir a mayor edad, por otro lado con lo que respecta al parámetro fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) no existió diferencias estadística entre los tratamientos (P>0.05),siendo numéricamente superior cuando se cosecho a los 28 días de edad, en el mismo sentido para el parámetro tasa de degradabilidad (Kd) hubo diferencias estadística (P<0.05), observándose mayor

tasa de degradabilidad a los 21 días de edad y menor cuando se cosecho a los 42 días; para los parámetro Fracción indegradable (c) y degradabilidad potencial (Dp) no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P>0.05$), observándose una leve ventaja numérica a los 21 días de cosecha, sin embargo, la degradabilidad efectiva (De) al 2, 5 y 8,% presentaron diferencias estadística entre los tratamientos ($P<0.05$), observándose un mayor valor a los 21 días de edad.

Tabla 10

Efecto de la edad de cosecha (días) sobre degradabilidad ruminal in situ (%) de la materia seca (MS)

| Hora De Incubación | Edad De Cosecha En Días | | | | Eevm | Cv% | Probabilidad |
|---|-------------------------|----------|----------|---------|-------|--------|--------------|
| | 21 | 28 | 35 | 42 | | | |
| 0 | 25.96 W | 25.36 Xw | 24.28 X | 21.02 Y | 0,279 | 3.270 | <.0001 |
| 3 | 30.28 W | 29.00 X | 27.19 Y | 23.89 Z | 0,204 | 2.091 | <.0001 |
| 6 | 34.18 W | 32.34 X | 29.89 Y | 26.57 Z | 0,185 | 1.705 | <.0001 |
| 12 | 40.82 W | 38.19 X | 34.73 Y | 31.40 Z | 0,237 | 1.843 | <.0001 |
| 24 | 50.59 W | 47.21 X | 42.44 Y | 39.23 Z | 0,301 | 1.897 | <.0001 |
| 48 | 61.33 W | 58.18 X | 52.43 Y | 49.67 Z | 0,210 | 1.073 | <.0001 |
| 72 | 66.12 W | 63.89 X | 58.02 Y | 54.00 Z | 0,381 | 1.779 | <.0001 |
| Parámetros De Degradabilidad (%) | | | | | | | |
| A | 25.95 W | 25.36 Xw | 24.49 X | 21.01 Y | 0,277 | 3.240 | <.0001 |
| B | 44.34 W | 45.94 W | 42.96 W | 44.49 W | 1,651 | 10.506 | 0.6592 |
| Kd | 0.034w | 0.030 Xw | 0.023 Xy | 0.022 Y | 0,002 | 17.133 | 0.0003 |
| C | 34.48 W | 32.53 W | 29.69 W | 28.69 W | 1,676 | 15.118 | 0.0972 |
| Dp | 71.30 W | 70.30 W | 67.46 W | 65.51 W | 1,676 | 6.905 | 0.0972 |
| De2% | 53.72 W | 51.43 X | 47.02 Y | 44.07 Z | 0,214 | 1.2318 | <.0001 |
| De5% | 43.84 W | 41.40 X | 37.78 Y | 34.55 Z | 0,180 | 1.292 | <.0001 |
| De8% | 39.16 W | 36.97 X | 33.93 Y | 30.62 Z | 0,188 | 1.5118 | <.0001 |

Nota: w,x,y,z Promedios con idéntico literal, son iguales estadísticamente según Tukey ($P<0.05$)

a: Fracción soluble; b: Fracción insoluble pero potencialmente degradable; c: Fracción indegradable; Dp: Degradabilidad potencial; Kd: tasa de degradabilidad; De: degradabilidad efectiva.

En esta misma secuencia, la digestibilidad de la materia orgánica (MO), en la tabla 10 se puede evidenciar que existió efecto significativos ($P<0.05$) entre la edad de cosecha sobre la DISMO en el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensiss*), obsérvense una mayor digestibilidad cuando se cosecho a los 21 días con un valor de (68,74%), con 72 horas de permanencia en el rumen,

resultados que son superiores a los encontrados por Arana (2018) donde encontró 59,52% de (MO) en pasto King grass cosechado a los 60 día, por otro lado son inferiores a los encontrados por Mirabá (2015) que reportó 84,96% de DVMO en forraje verde hidropónico de maíz (FVHM), cultivado a 12 días de edad. Gonzále & Yane.(1995) encontraron una digestibilidad in vitro de la materia organica (DIVMO) en (*Cynodon nlefluensis*) de 47.43 % en hojas y 40.40% en tallos de época húmeda.

Con lo que respecta a los parámetros de degradabilidad para la DISMO en la tabla 10 se puede evidenciar que, para la fracción soluble (a) existió diferencias significativas ($P < 0.05$), obsérvense un mayor porcentaje cuando este se cosechó a los 21 días con un valor de (24,20%), y menor cuando se cosecho a los 42 días, con una tendencia a disminuir a mayor edad, por otro lado la fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) no presentó diferencias estadística entre los tratamientos ($P > 0.05$), siendo numéricamente superior cuando se cosecho a los 35 días de edad, en el mismo sentido para el parámetro tasa de degradabilidad (Kd) hubo diferencias estadística ($P < 0.05$), observándose mayor tasa de degradabilidad a los 21 días de edad y menor cuando se cosecho a los 35 días, en este mismo orden para los parámetros, Fracción indegradable (c) y degradabilidad potencial (Dp) no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P > 0.05$), observándose una leve ventaja numérica a los 21 días de cosecha para (c) y a los 35 días para (Dp), por otra parte, la degradabilidad efectiva (De) al 2, 5 y 8,% presentaron diferencias estadística entre los tratamientos ($P < 0.05$), observándose un mayor valor a los 21 días de edad al 2, 5 y 8,% respectivamente.

Tabla 11

Efecto de la edad de cosecha (días) sobre degradabilidad in situ (%) de la materia orgánica (Mo)

| Hora De | Edad De Cosecha En Días | | | | Eem | Cv% | Probabilidad |
|----------------------------------|-------------------------|----------|---------|----------|-------|--------|--------------|
| ncubación | 21 | 28 | 35 | 42 | | | |
| 0 | 24.20 W | 22.16 X | 21.18 X | 19.40 Y | 0,359 | 4.670 | <.0001 |
| 3 | 28.60 W | 26.08 X | 24.05 Y | 22.40 Z | 0,338 | 3.779 | <.0001 |
| 6 | 32.62 W | 29.70 X | 26.77y | 25.20 Z | 0,345 | 3.417 | <.0001 |
| 12 | 39.61 W | 36.13 X | 31.77y | 30.31y | 0,384 | 3.154 | <.0001 |
| 24 | 50.25 W | 46.26 X | 40.22 Y | 38.79 Y | 0,412 | 2.652 | <.0001 |
| 48 | 62.72 W | 59.07 X | 52.41 Y | 50.59 Z | 0,273 | 1.371 | <.0001 |
| 72 | 68.74w | 65.99 X | 60.29 Y | 57.87 Z | 0,389 | 1.739 | <.0001 |
| Parámetros De Degradabilidad (%) | | | | | | | |
| A | 24.20 W | 22.16 X | 21.18 X | 19.40 Y | 0,359 | 4.670 | <.0001 |
| B | 50.31 W | 52.64 W | 55.16 W | 51.47 W | 2,334 | 12.596 | 0.5177 |
| Kd | 0.032 W | 0.026 Xb | 0.018 X | 0.021 Xy | 0,002 | 18.945 | 0.0001 |
| C | 25.47 W | 25.19 W | 23.65 W | 29.11 W | 2,259 | 24.708 | 0.3976 |
| Dp | 74.52w | 74.81 W | 76.34 W | 70.88 W | 2,259 | 8.618 | 0.3976 |
| De2% | 54.50 W | 51.52 X | 46.79 Y | 44.72 Z | 0,241 | 1.378 | <.0001 |
| De5% | 43.22 W | 39.93x | 35.53y | 33.92 Z | 0,305 | 2.260 | <.0001 |
| De8% | 38.06 W | 34.92 X | 31.16y | 29.59 Z | 0,294 | 2.788 | <.0001 |

Nota: w,x,y,z Promedios con idéntico literal, son iguales estadísticamente según Tukey (P<0.05)

a: Fracción soluble; b: Fracción insoluble pero potencialmente degradable; c: Fracción indegradable; Dp: Degradabilidad potencial; Kd: tasa de degradabilidad; De: degradable efectiva.

Se puede evidenciar que existió efecto significativos (P<0.05), en la edad de cosecha sobre la digestibilidad de la fibra detergente neutro (FDN), del pasto estrella africana (*Cynodon nlefluensiss*), obsérvense una mayor digestibilidad cuando se cosechó a los 21 días con un valor de (65,80%), y con un tiempo de permeancia en el rumen de 72 horas, de las misma manera, el menor valor lo presento al día 42 de cosecha, resultados que son similares a los encontrados por Pulido & Leaver (1995), inferiores a los reportados Mantilla *et al.* (2010) que obtuvieron un 82,10% a los 21 días corte y 73,15 % a los 42 días, en pasto *Dichanthium aristatum* (Angleton), de igual manera son inferiores a los encontrados por Rojo, Mendoza, García, Bárcena, & Aranda (2000) que reporto

76,04% de fibra detergente neutra en gramíneas (*Paspalum conjugatum*, *Cynodon plectostachyus* y *Brachiaria mutica*), las cuales se rotaban en función a la disponibilidad de forraje.

Basados en los parametros de degradabilidad para la FDN, en la tabla 11 se puede ver que para la fracción soluble (a) existió diferencias significativos ($P<0.05$), obsérvense un mayor porcentaje cuando este se cosechó a los 21 días con un valor de (12,27%), y menor cuando se cosecho a los 42 días, con una tendencia a disminuir a mayor edad, por otro lado con lo que respecta al parámetro fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) existió diferencias estadística ($P<0.05$),siendo superior cuando se cosecho a los 35 días de edad, aunque este tratamiento compartió categoría estadística con las edades de cosechas de 21 y 28 días.

En el mismo sentido para el parámetro tasa de degradabilidad (Kd) hubo diferencias estadística ($P<0.05$), observándose mayor tasa de degradabilidad a los 28 días de edad y menor cuando se cosecho a los 35 días, en este mismo orden para el parámetro Fracción indegradable (c), existió diferencias estadísticas ($P<0.05$), observándose una mayor valor cuando se cosechó a los 42 días con una valor de (39,30%) en ese mismo sentido la degradabilidad potencial (Dp) presentó diferencias estadísticas ($P<0.05$), observándose un mayor valor a los 35 días y el menor valor a los 42 días, siendo los tratamientos 21,28,35, estadísticamente iguales, por otra parte, la degradabilidad efectiva (De) al 2,5,8,% presentaron diferencias estadística entre los tratamientos ($P<0.05$), observándose un mayor valor al 2% a los 21 días de edad, al 5% el valor mayor lo obtuvo a los 35 días y por ultimo al 8% obtuvo un mayor valor los 42 días.

Tabla 12

Efecto de la edad de cosecha (días) sobre degradabilidad in situ (%) de la fibra detergente neutra (FDN)

| Hora De | Edad De Cosecha En Días | | | | Eem | Cv% | Probabili dad |
|----------------------------------|-------------------------|----------|---------|----------|-------|--------|------------------|
| Incubación | 21 | 28 | 35 | 42 | | | |
| 0 | 12.27 W | 7.18 X | 7.07 X | 6.16 X | 0,715 | 17.483 | 0.0008 |
| 3 | 17.52 W | 12.55 X | 10.46 X | 10.03 X | 0,643 | 10.177 | <.0001 |
| 6 | 22.30 W | 17.44 X | 13.67 Y | 13.63 Y | 0,617 | 7.362 | <.0001 |
| 12 | 30.64 W | 25.95 X | 20.04 Y | 19.58 Y | 0,622 | 5.173 | <.0001 |
| 24 | 43.37 W | 38.89 X | 29.67 Y | 30.30 Y | 0,618 | 3.473 | <.0001 |
| 48 | 58.41 W | 54.12 X | 44.42 Y | 43.55 Y | 0,462 | 1.841 | <.0001 |
| 72 | 65.80 W | 61.59 X | 54.15 Y | 50.91 Z | 0,603 | 2.075 | <.0001 |
| Parámetros De Degradabilidad (%) | | | | | | | |
| A | 12.27 W | 7.18 X | 7.07 X | 6.163 X | 0,715 | 17.48 | 0.0008 |
| B | 61.16 Xw | 62.12 Xw | 67.22 W | 54.53 X | 2,087 | 6.814 | 0.0140 |
| Kd | 0.030 W | 0.030 W | 0.017 X | 0.025 Xw | 0,002 | 14.19 | 0.0024 |
| C | 26.56 X | 30.69 Xw | 25.69 X | 39.30 W | 2,342 | 15.32 | 0.0097 |
| Dp | 73.43 W | 69.31 Xw | 74.30 W | 60.69 X | 2,342 | 6.745 | 0.0097 |
| De2% | 48.65 W | 44.20 X | 37.83 Y | 35.98 Y | 0,497 | 2.383 | <.0001 |
| De5% | 61.19 Xw | 62.15 Xw | 67.24 W | 54.55 X | 2,086 | 6.807 | 0.0140 |
| De8% | 26.56 X | 30.68 Xw | 25.68 X | 39.27 W | 2,340 | 15.314 | 0.0098 |

Nota: w,x,y,z Promedios con idéntico literal, son iguales estadísticamente según Tukey (P<0.05)

a: Fracción soluble; b: Fracción insoluble pero potencialmente degradable; c: Fracción indegradable; Dp: Degradabilidad potencial; Kd: tasa de degradabilidad; De: degradabilidad efectiva.

Con respecto a la digestibilidad fibra detergente acida (FDA) en la tabla 12 se demuestra que existió diferencias estadísticas (P<0.05) en la edad de cosecha sobre la degradabilidad de la FDA en el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensiss*), obsérvense un mayor valor (66,37%), cuando se cosecho a los 21 días y con permanencia en el rumen de 72 horas a la acción de los microorganismos, así mismo el menor valor lo presentó a los 42 días, con una tendencia de disminuir con la edad. resultados que son superiores a los encontrados por Mantilla, Zumaqué, & Betancur (2010) que reportaron 60,71% a los 21 días de edad y 55,46 % a los 42 días de corte, en pasto *Dichanthium aristatum* (Angleton), similares a los reportados por Rojo, Mendoza, García, Bárcena, & Aranda (2000) que reporto 68,02% de fibra detergente acida en gramíneas (*Paspalum*

conjugatum, *Cynodon plectostachyus* y *Brachiaria mutica*), las cuales se rotaban en función a la disponibilidad de forraje.

Con respecto a los parámetros de degradabilidad para la FDA, en la tabla 12 se puede comprobar que para la fracción soluble (a) existió diferencias significativas ($P < 0.05$), obsérvense un mayor porcentaje cuando este se cosechó a los 21 días con un valor de (25,90%), y menor a los 42 días, siendo estadísticamente iguales a los 21, 28 y 35 días, con una tendencia a disminuir a mayor edad, por otro lado con lo que respecta al parámetro fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) no existió diferencias estadística ($P > 0.05$), siendo numéricamente superior cuando se cosecho a los 21 días de edad.

En este mismo orden y dirección para el parámetro tasa de degradabilidad (K_d) hubo diferencias estadística ($P < 0.05$), observándose mayor tasa de degradabilidad a los 21 días de edad y menor cuando se cosecho a los 35 días, en cuanto al parámetro Fracción indegradable (c), existió diferencias estadísticas ($P < 0.05$), observándose una mayor valor cuando se cosechó a los 42 días con una valor de (36,40%) en ese mismo sentido la degradabilidad potencial (D_p) presentó diferencias estadísticas ($P < 0.05$), observándose un mayor valor a los 21 días y el menor valor a los 42 días, siendo los tratamientos 21,28,35, estadísticamente iguales, por otra parte, la degradabilidad efectiva (D_e) al 2, % presentó diferencias estadística entre los tratamientos ($P < 0.05$), observándose un mayor valor a los 21 días de edad, al 5% no existió diferencias estadísticas entre los tratamientos ($P > 0.05$), y al 8% existió diferencias estadísticas ($P < 0.05$), obteniendo el mayor valor a los 42 días de cosecha y el menor a los 21 días.

Tabla 13

Efecto de la edad de cosecha (días) sobre degradabilidad in situ (%) de la fibra detergente acida (FDA)

| Hora De | Edad De Cosecha En Días | | | | Eem | Cv% | Probabili dad |
|----------------------------------|-------------------------|----------|---------|---------|-------|--------|------------------|
| | 21 | 28 | 35 | 42 | | | |
| Incubación | | | | | | | |
| 0 | 25.90 W | 24.93 Xw | 24.34 X | 20.95 Y | 0,278 | 2.309 | <.0001 |
| 3 | 30.09 W | 28.64 X | 27.20 X | 23.86 Z | 0,227 | 1.655 | <.0001 |
| 6 | 33.88 W | 32.02 X | 29.86 Y | 26.58 Z | 0,234 | 1.529 | <.0001 |
| 12 | 40.42 W | 37.95 X | 34.64 Y | 31.46 Z | 0,299 | 1.657 | <.0001 |
| 24 | 50.20 W | 47.09 X | 42.39 Y | 39.37 Z | 0,349 | 1.559 | <.0001 |
| 48 | 61.28 W | 58.11 X | 52.65 Y | 49.82 Z | 0,194 | 0.699 | <.0001 |
| 72 | 66.37 W | 63.73 X | 58.51 Y | 55.74 Z | 0,294 | 0.963 | <.0001 |
| Parámetros De Degradabilidad (%) | | | | | | | |
| A | 25.90 W | 24.93 Xw | 24.34 X | 20.95 Y | 0,278 | 2.309 | <.0001 |
| B | 45.41 W | 44.94 W | 42.64 W | 42.33 W | 1,043 | 4.758 | 0.1493 |
| Kd | 0.032 W | 0.029 Xw | 0.023 W | 0.023 X | 0,002 | 12.198 | 0.0085 |
| C | 29.15 X | 29.65 X | 33.32 W | 36.40 W | 1,195 | 7.441 | 0.0064 |
| Dp | 70.84 W | 70.35 W | 66.67 W | 63.60 X | 1,195 | 3.522 | 0.0064 |
| De2% | 53.66 W | 51.20 X | 46.99 Y | 44.01 Z | 0,162 | 0.663 | <.0001 |
| De5% | 44.97 W | 45.44 W | 42.35 W | 42.67 W | 1,041 | 4.748 | 0.1472 |
| De8% | 29.15 X | 29.64 X | 33.30 X | 36.37 W | 1,195 | 7.441 | 0.0065 |

Nota: w,x,y,z Promedios con idéntico literal, son iguales estadísticamente según Tukey (P<0.05)

a: Fracción soluble; b: Fracción insoluble pero potencialmente degradable; c: Fracción indegradable; Dp: Degradabilidad potencial; Kd: tasa de degradabilidad; De: degradabilidad efectiva.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demostraron que hubo efectos significativos, de la edad de cosecha sobre la composición química, mostrando mayor concentración de nutriente a los 21 y 28 días de edad.

Por otro lado, hubo efecto de la edad sobre la digestibilidad in situ de la materia seca, materia orgánica, fibra detergente neutra y fibra detergente acida, siendo estas mayores a los 21 días, sin embargo, la producción de biomasa es menor en comparación con las otras edades.

5.2. RECOMENDACIONES

Basados en los resultados se remolienda los siguiente.

Realizar la rotación de potreros cada 28 días de edad, debido a que presenta mayor concentración de nutriente y por ende mayor contenido de biomasa.

Se recomienda no dejar pasar más de 28 días el intervalo entre pastoreo, debido a que, a mayor edad disminuye la digestibilidad y concentración de los nutrientes en el pasto estrella.

BIBLIOGRAFÍAS

- Aguirre, C., Flores, C., Prado, J., Santiago, G., Quirarte, A., Nuñez, O., y otros. (2015). *Características agronómicas, composición bromatológica, digestibilidad y consumo animal en cuatro especies de pastos de los generos*. Tropical and Subtropical Agroecosystems,, 291 - 301.
- Aitchison, E. M. (1986). The effect of digestibility and forage species on the removal of digesta from the rumen and the voluntary intake of hay by sheep. *British journal Of Nutrition*, 467-475.
- Anonimo.(s/f).Obtenidode(<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/cynodonnmlemf uensis/fichas/pagina1.htm>)
- Anonimo.(S/f).Obtenidode(http://mundopecuario.com/tema191/gramineaspasto_estrella1056.html).
- Aramayo, M. (2002). *Efecto de dos alturas y dos edades de corte en pasto estrella(Cynodon nfluensiss) y pasto tanzania (Panicum maximum) en la produccion de materia seca*. Zamorano Honduras.
- Baldomero, O. (1995). Efecto de la presión de pastoreo y fraccionamiento del nitrógeno sobre el rendimiento y valor nutritivo de la materia seca del pasto Estrella (Cynodon nlemfizensis en la época húmeda. *Rew Fac. Agron.* (LUZ 12:, 353 - 363.
- Blanco, F. (1991). *Persistencia y el deterioro de los pastizales* . Pastos y Forrajes, EEPPF Indio Hatuey" Vol. 14, No. 2,, 87-100.
- Bochi-Brum, O., Carro, D., Valdés, C., González, J., & López, S. (1999). Digestibilidad in vitro de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. *Arch. Zoot.*, 48(1):, 51-61.
- Borges, J, Barrios, M., & Escalona, O. (2012). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto estrella (Cynodon nlemfuensis). *Zootecnia Trop*, 30(1), 19-25.
- Brugere, E. (1969). *Contribution a l etude de la physiology du fruillet (Omasum) des Rumiantes. Roladans l absoption de cau des electrytes*. Thesc Dost. Veter maison alfort. Paris. France, 96 Pag.
- Bulang, M., Elwert, C., Spilke, j., & Rodehutsord, M. (2007). Suitability of synthetic alkanes as markers for the. *Livestock Science 115*, 45-51.

- Burton, G. (1993.). *African grasses*, pp. 294-298. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.). *New crops*. Wiley,: New York.
- Calsamiglia, S. (1997.). *Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes*. Madrid.: XIII Curso de especialización FEDNA.
- Cangiano, A. (1997.). *Producción animal en pastoreo*. Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce. Argentina, S/P.
- Carámbula, M. (1996). *Pasturas naturales mejoradas Hemisferio Sur S. R. L. Uruguay*.
- Cerda, D, Manterola, H., Sirhab, L., & Alwyn,, P. (1986.). Validación y Estudios Comparativos de Métodos Estimadores de la Digestibilidad Aparente de Alimentos para Rumiantes. *Avances en Producción Animal N° 11 (1-2)*;, 41 -52.
- Chacón, P., & Vargas, C. (2009). Digestibilidad Y calidad del Pennisetum purpureum CV. King Grass a Tres edades de rebrote. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 20, núm. 2., 399-408.
- Cheng , K., & Costerton, J. (1979). Adherent epithelial bacteria in ruminants and their roles in digestive tract function. *Am J Clin Nutr* 32: , 139-148.
- Cho, S., Cho, K., Shin, E., Lim, W., Hong, S., Choi, B., y otros. (2006). 16S rDNA analysis of bacterial diversity in three fractions of cow rumen. *J Microbiol Biotechnol* 16:;, 92-101.
- Church, D. C. (1974.). *Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Church, D. C. (1984). *Alimentos y alimentación del ganado*. Editorial Agropecuaria.
- Church,, D. (1979). *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*. OSU Boock Stores Inc. Oregon.
- Cook , B., Pengelly , B., Brown , S., Donnelly, J., Eagles, D., Franco, M., y otros. (2005). *Tropical an interactive selection tool*. Ciat and ILRI, Brisbane, Australia.
- Counotte,, G., van't Klooster, J., van der Kuilen, & Prins, A. (1979.). An analysis of the buffer system in the rumen of dairy cattle. . . *Animal Science*, 49:;, 1536-1544.
- Cowan, R. T., & Lowe., K. F. (1998.). *Tropical and Subtropical Grass Management and Quality*. IN: Grass for Dairy Cattle. Eds. J. H. Cherney, 101-135.
- Crater, A., Barboza, P., & Forster, R. (2007). *Regulation of rumen fermentation during seasonal fluctuations in food intake of muskoxen*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. Elsevier science Direct, Part A 146 :233–241.

- Cuellar , N., & Diaz , A. (2001). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal.
- Dehority, B., & Grubb, J. (1981). *Bacterial population adherent to the epithelium on the roof of the sorsal rumen the sheep*. *Appl Environ Microbiol.* 41:, 1424-1427.
- Delgado, D. (2006). *Fisiología digestiva del rumiante*. Curso: “Estrategias de alimentación para el ganado bovino en la sequía”. Instituto de Ciencia animal. La Habana. Cuba.
- Díaz, A. (2001). *Producción de biomasa de (Eichhornia crassipes) en aguas residuales porcinas*. Tesis en opción al título de Master en Nutrición Animal. Universidad de Granma, Cuba.
- Dzowela, B., Kumwenda, M., Msiska, H., Hodges, E., & Gray, R. (1990.). Seasonal Trends in Forage Dry Matter Production of Some Improved Pastures and Animal Performance in Relation to Chemical Composition in Malawi. *Animal Feed Science and Technology* 28, 257-264.
- Emery, R., Smith, C., Grimes, R., Huffman, C., & Duncan, C. (1960). *Physical and chemical changes in bovine saliva and rumen liquid with different hay-grain rations*. Departments of Dairy, Microbiology, and Agricultural Chemistry,, 77-80.
- Espinoza , F., Aranque , C., Leon , L., Quintana, H., & Perdomo , E. (2001). Efecto del banco de proteína sobre la utilización del pasto estrella (*Cynodon Nelmfluensis*) en pastoreo con ovinos. *Zootecnia tropical*, Vol. 19, No. 3, , 307-318.
- Ficher, J., Buchanan-Smith, J., Campbell, C., Grieve, D., & Allen, O. (1994.). *Effects of forage particle size and long hay for cows fed total mixed rations based on alfalfa and corn*. *J. Dairy Sci*, 217-229.
- Forbes, J., & France, J. (1993). *Special features of the ruminant*. En: *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. Eds. Forbes, J.M. y France, J. CAB International, UK.
- Giraldo, C., Valderrama, E., & Montoya, L. y. ((2006).). *Efecto de diversifolia (Asteraceae) sobre herbivoría de Atta cephalotes (Hymenoptera: Formicidae)*. EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba, 113 pp.
- Giraldo, L., Gutiérrez, L., & Rúa, C. (2007). Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Rev Col Cienc Pec* 20:, 269-279.

- Giraldo, L., Gutiérrez, L., & Rúa, C. (2007). Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Rev Col Cienc Pec* 20, 269-279.
- Gonzalez, M. (2002). *Nutrición de rumiantes y utilización de forrajes*. Disponible en: http://www.tamaulipas.gob.mx/sedeem/sectores/agrop_pesca/cursos_ganaderia/documentos%5CNutricionrumiantesForrajesSergio.pdf. En Línea: Septiembre 2002. Consultado: Agosto 2007.
- Gonzalez, I., Betancourt, M., Fuenmayor, A., & Lugo, M. (2011). Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto Elefante (*Pennisetum* sp.) en el Noroccidente de Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 29(1), 103-112.
- Guevara, R. (1999). *Contribucion al estudio del pastoreo racional con bajos insumos en vaquerías comerciales*. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. 43-44.
- Gutierrez, O., Delgado, D., Oramas, A., & Cairo, J. (2005). Consumo y digestibilidad de materia seca y nitrógeno total en vacas en pastoreo durante la época de lluvias, con bancos de proteína y sin ellos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 39, No. 4., 594-596.
- Herrera, R. S. (1983.). *La calidad de los pastos En: Los pastos en Cuba. Utilización*. EDICA. La Habana.
- Hill, G., Gates, R., & Burton, G. (1993.). Forage Quality and Grazing Steer Performance from Tifton 85 and Tifton 78 Bermudagrass Pastures. *Journal of Animal Science* 71, 3219-3225.
- Hodgson, J. (1990). *Grazing management. Science into Practice*. Longman Handbooks in Agriculture. Hong Kong.: Longman Group Limited.
- Hristov, A., Ahvenjarvi, S., Mcallister, T., & Huhtanen, P. (2003.). Composition and digestive tract retention time of ruminal particles with functional specific gravity greater or less than 1.02. *J. Anim. Sci.* 81., 2639–2648.ç.
- Huhtanen, p., Asikainen, M., Arkkila, M., & Jaakkola, S. (2007). Cell wall digestion and passage kinetics estimated by marker and in situ methods or by rumen evacuations in cattle fed hay 2 or 18 times daily. *times daily. Animal Feed Science and Technology* 133, 208–227.
- Jarrije, R., & Ruckebush, C. (1995.). *Nutrition des Ruminants Domestiques*. INRA. Paris.
- Juarez, A., Cerrillo, M., Gutierrez, E., & Ornelas, E. (2009). Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas in vitro. *Téc Pecu Méx* 2009;47(1), 54-64).

- Kaiser, D., & Weninger, J. (1994.). In vivo and in vitro studies on nutrient digestibility and heat production of ruminants under heat stress and at different nutrient supply. 4. In vitro studies-background, experimental design, gas production in relation to incubation temperature, energy c. *Archiv fur Tierzucht*. 37(4): 385-399.
- Krause, K., & Oetzel, G. (2006). Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds:. *Animal Feed Science and Technology* 126, 15–236.
- Lopez, S., Carro, M., Gonzalez, J., & Ovejero, F. (1998). Comparison of different in vitro and in situ methods to estimate the extent and rate of degradation of hays in the rumen. *Animal Feed Science and Technology*. 73.:, 99-110.
- Lukas , F., Simunek, J., Mrazek, J., & Kopečný, J. (2010). PCR-DGGE Analysis of Bacterial Population Attached to the Bovine Rumen Wall. *Folia Microbiol*. 55 (4), 345–348.
- Lund, p., Weisbjerg, M., & Hvelplund, T. (2006.). Passage kinetics of fibre in dairy cows obtained from duodenal and faecal ytterbium excretion. Effect of forage type. *Animal Feed Science and Technology*. 128, 236-249.
- Lund, P., Weisbjerg, M., & Hvelplund, T. (2007). Digestible NDF is selectively retained in the rumen of dairy cows compared to indigestible NDF. *Animal Feed Science and Technology*. 134, 1–17.
- Mantilla, C., Zumaqué, L., & Betancur, C. (2010). Efecto de la época de corte sobre la composición química y degradabilidad ruminal del pasto *Dichanthium aristatum* (Angleton). *Zootecnia Trop.*, 28(2):, 275-281.
- Martínez, G. (2005). Bases fisiológicas y nutricionales de la unidad vaca – ternero. *Cenerema. UACH*.
- McCowan , R., Cheng, K., Bailey, C., & Cosyerton, J. (1978). *Adhesion of bacteria to the epithelial cell surfaces within the reticulo -rumen of cattle*. *APPL Environ Microbiol* 35:, 149-155.
- Mehrez, A., & Orskov, E. (1977). *A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen*. *J. agric. Sci., Camb* 88,, 645-650.
- Minson, D. (1990). *Forage in Ruminant Nutrition*. *Academic Press, Inc*. New York 483p.
- Mislevy, P. (2002). *Stargrass*. *Florida Cooperative Extension Service*. Institute of Food and Agricultural Sciences, • University of Florida: Gainesville, USA.

- Mitsumori, M., Ajisaka, N., Tajima, K., Kajikawa, H., & Kurihara, K. (2002). *Detection of proteobacteria from the rumen by PCR using methanotroph - specific primers*. *Lett Appl Microbiol* 35: , 251-255.
- Nava, C., & Díaz, A. (2001). *Introducción a la digestión ruminal*. Recuperado el 6 de abril de 2018, de isponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>.
- Ørskov, E. (1994). Recent advances in understanding of microbial transformation in ruminants. *ELSIERVER, Livestock Production Science*, 53-60.
- Ørskov, E., DeB Hovell, F., & Mould, F. (1980). The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop Anim Prod* 5:3, 195-211.
- Owens, F., & Goetsch, A. (1988.). *En: El rumiante, fisiología digestiva y nutrición*. C. D. Church (Ed.). S. A.: Editorial Acribia,.
- Pant, H., Mislevy, p., & Rechcigl, J. (2004.). Effect of Phosphorus and Potassium on Forage Nutritive Value and Quantity: Environmental Implications. *Agronomy Journal* 96:, 299-1305.
- Phillipson, A. (1981). *Digestión en el rumiante*. *En: Fisiología de los animales domésticos*. H. H. Dukes y M. J. Swenson (Eds.). Aguilar Editor S.A. Mexico.
- Pirela, M. ((2005).). *Manual de ganadería doble propósito: Valor nutritivo de los pastos tropicales*. Obtenido de Manual de ganadería doble propósito: Valor nutritivo de los pastos tropicales: http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganadería/seccion3/articulo6-s3.pdf
- Prigge, E., Stuthers, B., & Jacquemet, N. (1990.). nfluence of forage diets on ruminal particle size, passage of digesta, feed intake and digestibility by steers. *J. Anim. Sci.* 68:43524360.
- Pulido, R., & Leaver, J. (1995). *Degradabilidad ruminal del forraje disponible en las pradera y del aparentemente consumido por las vacas lecheras*. *Pesq. agropec. bras.*, Brasilia, v 35, n.5,, 1003-1009.
- Relling, A., & Mattioli, G. (2003). *Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes"* *Fac. Cs. Veterinarias - UNLP*. de Editorial EDULP.
- Reyes, A., Blanco, J., Salabrarria, R., Silva, M., & Quintana, M. (S.F.). *Los microorganismos del rumen y su papel en la fisiología digestiva del rumiante*.

- Rojo, R., Mendoza, G., García, C., Bárcena, J., & Aranda, E. (2000). Consumo y digestibilidad de pastos tropicales en toretes con suplementación nitrogenada y *Saccharomyces cerevisiae*. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*.17:, 358-370.
- Sadet-Bourgeteau, S., Martin, C., & Morgavi, D. (2010). Bacterial diversity dynamics in rumen epithelium of wethers fed forage and mixed concentrate forage diets. *Vet Microbiol IN PRESS*.
- Sanchez, D. (2018). *Degradabilidad ruminal in-situ del Pasto king grass (Pennisetum purpureum) fertilizado con cuatro niveles de nitrogeno cosechado a los sesenta dias*". Quevedo – Los Ríos – Ecuador.
- Sanchez, J. (2007). Utilizacion eficiente de las pasturas tropicales en. XI Seminario de pastos y forrajes en sistemas de produccion animal. 1-24.
- Sanchez, J., Piedra, L., & Soto, H. (1998). Alfifiad nutricional de los forrajes en zonas con niveles bajos de produccion de leciie, en la zona norte de costa rica. *Agronomia Costarricense* 22(1): 69-76.
- Sinclair , T., Mislevy, P., & Ray, j. (2001). *Short photoperiod inhibits winter growth of subtropical grasses*. *Planta* 213:, 489-490.
- Sisson, S. (1974). *Anatomía de los animales domésticos*. Edic. Revolucionaria Inst. Cubano del Libro La habana .
- Smith, J., & Valenzuela , H. (2002.). *Stargrass. Cooperative Extension Service, College of Agriculture and Human Resources, University of Hawaii*,. Manoa,: USA. 3 p.
- Tajimaa, k., Nonaka, I., Higuchi, K., Takusari, N., Kurihara, M., Takenaka, A., y otros. (2007). *Influence of high temperature and humidity on rumen bacterial diversity in Holstein heifers*. *Anaerobe* ,13, 59 64.
- Van soest, P. ((1982)). *Nutritional Ecology of the Ruminant Animal*. C.U.P.,: Ithaca, NY.
- Van Soest, P. (1994.). *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell University Press Ithaca and London.: 2d. Edition. .
- Van soest, P., Robertson, J., & Lewis , B. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J o d of Dairy Science* Vol. 74. No. 10,, 3584-3596.

- Vasquez , D., Abadia , B., & Arreaza, L. ((2004)). Uso de espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) para la caracterización nutricional del pasto Guinea y del grano de maíz. *Revista Corpoica, Vol 5 (1)*., Pág.: 51 -55.
- Villalobos , L & Arce , J. (2014). *Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (cynodon nlemfuensis)* . *Agronomía Costarricense*, 135-143.
- Villalobos , L & Sanchez , J. (2010). *Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne*. *Agronomía Costarricense* 34 (1), 43-52.
- Villalobos , L., & Sanchez, J. (2010a). *Evaluación agronómica y nutricional del pasto rieggrass perenne tetraploide (Lolium perenne) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica* .I. *Agronomía Costarricense*, 31-42.
- Villalobos, L. (2012). fenología, producción y valor nutritivo del pasto alpiste. *Agronomía Costarricense* 36(1):, 28-35.
- Villalobos, L., Jose , A., & Wing Ching, R. (2013). producción de biomasa y costos de producción de pastos. *Agronomia Costarricense* 37(2):.
- Villarreal, M., Cochran, R., Roja, A., Murillo, O., Muñoz, H., & Poore, M. (2006). Effect of supplementation with pelleted citrus pulp on digestibility and intake in beef cattle fed a tropical grass-based diet (Cynodon nlemfuensis). *Animal Feed Science and Technology* 125, 163–173.
- Yokoyama, M., & Johnson, K. (1988.). *Microbiología del rumen e intestino*. En: El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. Church: Editorial Acribia.