



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Sede Santo Domingo

DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y DEGRADABILIDAD *IN SITU* DEL
PASTO KING GRASS VERDE (*Pennisetum hybridum*) EN CUATRO ESTADOS
FENOLÓGICOS, EN EL CANTÓN PORTOVIEJO 2014**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el grado de
Magister en Producción animal**

Autor:

KLEBER FERNANDO MEJIA CHANALUISA

Director de Tesis:

PH. D., JUAN H. AVELLANEDA CEVALLOS

Santo Domingo – Ecuador

MAYO, 2015

“COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y DEGRADABILIDAD IN SITU DEL PASTO KING GRASS VERDE (*Pennisetum hybridum*) EN CUATRO ESTADOS FENOLÓGICOS, EN EL CANTÓN PORTOVIEJO 2014.”

Juan H. Avellaneda Cevallos, Ph. D

DIRECTOR DE TESIS

APROBADO

Luz María Martínez, Ms. C

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Jorge E. Grijalva Olmedo, Ph. D

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Hernán P. Guevara Costales, Ing.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo de mayo de 2015.

CERTIFICACION DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE

Yo, Kleber Fernando Mejía Chanaluisa declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y que no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional.

Además; y, que de acuerdo a la Ley de Propiedad Intelectual, todos los derechos del presente trabajo de investigación pertenecen a la Universidad Tecnológica Equinoccial, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Kleber Fernando Mejía Chanaluisa

C.I. 1310884547

**INFORME DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO
APROBACIÓN DEL DIRECTOR**

En mi calidad de Director del Trabajo de Grado “**Comportamiento agronómico y degradabilidad in situ del pasto King grass verde (*Pennisetum hybridum*) en cuatro estados fenológicos, en el cantón Portoviejo 2014.**” presentado por el maestrante **Kleber Fernando Mejía Chanaluca**, previo a la obtención del Grado de Magister en Producción Animal, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y disposiciones emitidas por la Universidad Tecnológica Equinoccial por medio de la Dirección General de Posgrado para ser sometido a la evaluación por parte del Tribunal examinador que se designe.

En la Ciudad de Santo Domingo, a los días del mes de mayo del 2015.

Juan H. Avellaneda Cevallos, Ph. D

C.I. 120297771-4

AGRADECIMIENTO

Luego de culminar este reto y haber conseguido un logro más en mi vida profesional, es imprescindible expresar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas e instituciones que de una u otra manera forman parte de este trabajo y que sin ellas no sería una realidad esta meta que hoy he alcanzado.

Al Ser más importante en mi existencia, Dios, aun este logro es por tu gracia.

A mis Padres, que siempre serán una base fundamental en toda meta trazada y cristalizada en cada área de mi vida, Kleber Augusto Mejía Echeverría y María Elena Chanaluisa Chanalata, gracias por su apoyo y su amor incondicional desde siempre.

A la Universidad Tecnológica Equinoccial por la importante oportunidad de cursar por este proceso de formación y crecimiento profesional, por tan inmejorable grupo de profesionales que formaron parte de este conjunto de docentes formadores.

A la Universidad Técnica de Manabí con su autoridad máxima el rector Ing. Vicente Veliz, a su Facultad de Ciencias Veterinarias y a sus autoridades quienes abrieron sus puertas y facilitaron las instalaciones para la realización de este trabajo, sin este aporte, la presente investigación no sería un hecho.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y a su Estación Experimental Portoviejo con su director el Ing. Marat Rodríguez, por la apertura para la utilización de sus laboratorios para la realización de trabajos importantes en esta investigación. Al Ing. Wilmer Ponce por la colaboración brindada.

A mi director de tesis, maestro y amigo Juan H. Avellaneda Cevallos por el tiempo y apoyo valioso en la realización de este trabajo, sin su importante conocimiento y ayuda la calidad científica de esta investigación sería exigua.

A mi amigo, el Dr. Víctor Montes Zambrano por su apoyo incondicional, aun en la distancia siempre aportando con ideas para que este trabajo sea una realidad.

A la Dra. Enma Rodríguez, amiga y gran profesional, gracias por su aporte en el laboratorio de bromatología y su gran compromiso adquirido en este trabajo desde el inicio

Finalmente muchas gracias a todas personas que colaboraron incondicionalmente en cada etapa de esta investigación, compañeros de trabajo, alumnos y buenos amigos, merecen mi gratitud infinita.

DEDICATORIA

Este logro profesional se lo dedico a mi familia, ustedes siempre serán mi impulso para superarme cada día.

Mi esposa y compañera, Brenda.

Mi hijo, Nando.

Mi hija, María Fernanda.

Al bebé que viene en camino.

Fernando.

INDICE GENERAL

| | Pág. |
|---|------|
| PORTADA..... | i |
| TUTORIA..... | ii |
| AUTORIA | iii |
| INFORME DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO | iv |
| AGRADECIMIENTO..... | v |
| DEDICATORIA..... | vii |
| INDICE GENERAL..... | viii |
| INDICE DE TABLAS | xii |
| INDICE DE FIGURAS | xv |
| RESUMEN | xvi |
| SUMMARY | xvii |

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

| | |
|--|---|
| 1.1. Objetivos de la investigación | 2 |
| 1.1.1. Objetivo general | 2 |
| 1.1.2. Objetivos específicos | 3 |
| 1.2. Hipótesis de la investigación | 3 |
| 1.2.1. Hipótesis general | 3 |
| 1.2.2. Hipótesis específicas..... | 3 |

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

| | |
|---|---|
| 2.1. Antecedentes..... | 4 |
| 2.2. Fundamentaciones | 6 |
| 2.2.1. Los forrajes en la alimentación de rumiantes | 6 |
| 2.2.2. Uso de los pastos <i>Pennisetum</i> en la alimentación de bovinos..... | 7 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.2.3. | Características agrobotánicas del <i>Pennisetum hybridum</i> | 9 |
| 2.2.4. | Métodos de valoración nutricional de la calidad de los alimentos | 10 |
| 2.2.5. | Método de evaluación directo | 10 |
| 2.2.6. | Métodos de evaluación indirectos | 10 |
| 2.2.7. | Técnica de degradabilidad ruminal <i>in situ</i> | 12 |
| 2.2.8. | Recomendaciones sobre la utilización del método <i>in situ</i> | 13 |
| 2.2.9. | Digestión Microbiana en ruminales | 15 |
| 2.2.10. | Digestión de los carbohidratos en el rumen..... | 16 |

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

| | | |
|-----------|---|----|
| 3.1. | Sitio de estudio | 18 |
| 3.2. | Técnicas, procedimientos, instrumentos y recursos | 19 |
| 3.2.1. | Procedimientos en el comportamiento agronómico | 19 |
| 3.2.1.1. | Altura de la planta (cm) | 19 |
| 3.2.1.2. | Numero de hojas..... | 20 |
| 3.2.1.3. | Longitud de hojas (cm)..... | 20 |
| 3.2.1.4. | Ancho de hojas (cm) | 20 |
| 3.2.1.5. | Peso seco de hojas (g) | 20 |
| 3.2.1.6. | Numero de tallos..... | 20 |
| 3.2.1.7. | Longitud de tallos (cm)..... | 21 |
| 3.2.1.8. | Diámetro de tallo (mm)..... | 21 |
| 3.2.1.9. | Peso seco del tallo (g)..... | 21 |
| 3.2.1.10. | Biomasa forrajera (BF) (Kg/MS/ha ⁻¹) | 21 |
| 3.2.1.11. | Relación hoja tallo en número (Nº) | 22 |
| 3.2.1.12. | Relación hoja tallo en peso (g) | 22 |
| 3.2.2. | Procedimientos en la composición química | 22 |
| 3.2.2.1. | Humedad | 22 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.2.2.2. | Cenizas Totales | 22 |
| 3.2.2.3. | Extracto Etéreo | 23 |
| 3.2.2.4. | Proteína Bruta | 23 |
| 3.2.2.5. | Fibra Bruta | 23 |
| 3.2.3. | Procedimientos en la degradabilidad ruminal <i>in situ</i> | 23 |
| 3.3. | Instrumentos y recursos | 24 |
| 3.4. | Diseño experimental | 25 |
| 3.4.1. | Diseño experimental en el comportamiento agronómico y composición química | 25 |
| 3.4.2. | Diseño experimental en la degradabilidad ruminal <i>in situ</i> | 26 |
| 3.5. | Factores y tratamientos en el comportamiento agronómico | 27 |
| 3.6. | Factores y tratamientos en la degradación ruminal <i>in situ</i> | 27 |
| 3.7. | Variables de estudio | 28 |
| 3.8. | Métodos estadísticos | 29 |
| 3.8.1. | Método estadístico en el comportamiento agronómico | 29 |
| 3.8.2. | Método estadístico en la degradabilidad <i>in situ</i> | 30 |
| 3.9. | Manejo del experimento | 31 |
| 3.9.1. | Manejo del comportamiento agronómico | 31 |
| 3.9.2. | Manejo de la degradabilidad <i>in situ</i> | 31 |

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | | |
|--------|---|----|
| 4.1. | Resultados e interpretación | 33 |
| 4.1.1. | Efecto de la edad de corte sobre el comportamiento agronómico | 33 |
| 4.1.2. | Efecto de la edad de corte sobre la composición química | 36 |
| 4.1.3. | Efecto de la edad sobre la degradabilidad <i>in situ</i> | 39 |

CAPITULO V**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

| | |
|---------------------------|-----------|
| 5.1. Conclusiones..... | 41 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 41 |
| BIBLIOGRAFÍA | 42 |
| ANEXOS | 49 |

INDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1. Composición nutricional del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King grass a tres edades de corte..... | 8 |
| Tabla 2. Bacterias típicas del rumen y sus fuentes de energía <<in vitro>> | 16 |
| Tabla 3. Condiciones meteorológicas del sitio de experimento..... | 18 |
| Tabla 4. Esquema del Adeva para evaluar el comportamiento agronómico del pasto King grass verde..... | 26 |
| Tabla 5. Esquema del Adeva para evaluar la degradabilidad ruminal in situ del pasto King grass verde..... | 26 |
| Tabla 6. Descripción de los factores y niveles en el comportamiento agronómico..... | 27 |
| Tabla 7. Descripción de los tratamientos en el comportamiento agronómico | 27 |
| Tabla 8. Descripción de los factores y niveles de la degradabilidad in situ | 28 |
| Tabla 9. Descripción de los tratamientos en la degradabilidad in situ | 28 |
| Tabla 10. Efecto simple la edad de rebrote del pasto King grass verde en las variables del comportamiento agronómico..... | 35 |
| Tabla 11. Efecto simple la edad de rebrote del pasto King grass verde en la composición química..... | 38 |
| Tabla 12. Efecto simple de la edad de corte en la degradabilidad <i>in situ</i> de materia seca (MS) del pasto King grass verde (<i>Pennisetum hybridum</i>) verde en ocho tiempos de incubación..... | 40 |

INDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Anexo 1. Análisis de varianza de la variable altura de planta (cm) en el comportamiento agronómico..... | 49 |
| Anexo 2. Análisis de varianza de la variable número de hojas en el comportamiento agronómico..... | 49 |
| Anexo 3. Análisis de varianza de la variable longitud de hojas (cm) en el comportamiento..... | 49 |
| Anexo 4. Análisis de varianza de la variable ancho de hojas (cm) en el comportamiento agronómico..... | 50 |
| Anexo 5. Análisis de varianza de la variable peso seco de hojas (g) en el comportamiento agronómico..... | 50 |
| Anexo 6. Análisis de varianza de la variable número de tallos en el comportamiento agronómico..... | 50 |
| Anexo 7. Análisis de varianza de la variable longitud de tallos (cm) en el comportamiento agronómico..... | 51 |
| Anexo 8. Análisis de varianza de la variable diámetro de tallos (mm) en el comportamiento agronómico..... | 51 |
| Anexo 9. Análisis de varianza de la variable peso seco de tallos (g) en el comportamiento agronómico..... | 51 |
| Anexo 10. Análisis de varianza de la variable Biomasa Forrajera (kg/MS/ha ⁻¹) en el comportamiento agronómico..... | 52 |
| Anexo 11. Análisis de varianza de la variable relación hoja tallo en número (Nº) en el comportamiento..... | 52 |
| Anexo 12. Análisis de varianza de la variable relación hoja tallo en peso (g) en el comportamiento agronómico..... | 52 |
| Anexo 13. Análisis de varianza de la Materia Seca (%) en la composición química del pasto king grass..... | 53 |
| Anexo 14. Análisis de varianza de la Proteína total (%) en la composición química del pasto king grass..... | 53 |
| Anexo 15. Análisis de varianza de Fibra Cruda (%) en la composición química del pasto king grass..... | 53 |

| | |
|--|----|
| Anexo 16. Análisis de varianza de FDN (%) en la composición química del pasto king grass..... | 54 |
| Anexo 17. Análisis de varianza de FDA (%) en la composición química del pasto king grass..... | 54 |
| Anexo 18. Análisis de varianza de Ceniza (%) en la composición química del pasto king grass. | 54 |
| Anexo 19. Análisis de varianza de Extracto Etéreo (%) en la composición química del pasto king grass. | 55 |
| Anexo 20. Análisis de varianza de Extracto Libre de Nitrógeno (%) en la composición química del pasto king grass. | 55 |
| Anexo 21. Análisis de varianza de DMS _h 0 (%) en la degradabilidad in situ del pasto King grass verde..... | 55 |
| Anexo 22. Análisis de varianza de DMS _h 3 (%) en la degradabilidad in situ del pasto King grass verde..... | 56 |
| Anexo 23. Análisis de varianza de DMS _h 6 (%) en la degradabilidad in situ del pasto King grass verde..... | 56 |
| Anexo 24. Análisis de varianza de DMS _h 12 (%) en la degradabilidad in situ del pasto King grass verde..... | 56 |
| Anexo 25. Análisis de varianza de DMS _h 24 (%) en la degradabilidad in situ del pasto King grass verde..... | 57 |
| Anexo 26. Análisis de varianza de DMS _h 48 (%) en la degradabilidad in situ del pasto King grass verde..... | 57 |
| Anexo 27. Análisis de varianza de DMS _h 72 (%) en la degradabilidad in situ del pasto King grass verde..... | 57 |
| Anexo 28. Análisis de varianza de DMS _h 96 (%) en la degradabilidad in situ del pasto King grass verde..... | 58 |

INDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Selección del área de pastizales para la experimentación | 59 |
| Figura 2. Delimitación y corte de igualación de pasto | 59 |
| Figura 3. Balizamiento e identificación de las parcelas experimentales | 60 |
| Figura 4. Evaluación de las variables del comportamiento agronómico del pasto King grass verde | 60 |
| Figura 5. Pre-secado del material forrajero al sol en tendales de plástico | 61 |
| Figura 6. Análisis del material forrajero en el laboratorio para determinación de Materia Seca (MS) | 61 |
| Figura 7. Preparación de las muestras para la determinación de la composición química mediante análisis bromatológicos | 62 |
| Figura 8. Fistulación de animales para el experimento correspondiente a la degradabilidad ruminal <i>in situ</i> del pasto King grass verde | 62 |
| Figura 9. Preparación del material forrajero que se utilizó en la degradabilidad <i>in situ</i> | 63 |
| Figura 10. Adaptación de los animales a una sola fuente forrajera para la degradación ruminal <i>in situ</i> | 63 |
| Figura 11. Colocación del material forrajero en el rumen de los animales fistulados en los diferentes tiempos de incubación | 64 |
| Figura 12. Extracción de las muestras después de la incubación | 64 |
| Figura 13. Lavado de las bolsitas pos incubación | 65 |
| Figura 14. Secado previo al ambiente de las bolsitas con material pos incubado antes del ingreso a la estufa..... | 65 |



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Sede Santo Domingo

DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y DEGRADABILIDAD *IN SITU* DEL PASTO KING GRASS VERDE (*Pennisetum hybridum*) EN CUATRO ESTADOS FENOLÓGICOS, EN EL CANTÓN PORTOVIEJO 2014

Autor: K. Fernando Mejia Ch.

Director: Juan H. Avellaneda Cevallos, Ph. D

Fecha: 19 de mayo, 2015

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento agronómico y la degradabilidad *in situ* del pasto king grass (*Pennisetum hybridum*) en cuatro estados fenológicos. Las muestras fueron colectadas a las edades 30, 45, 60 y 75, respectivamente. Se encontró diferencias ($P < 0.05$) en el comportamiento agronómico, composición química y degradabilidad de materia seca en relación al estado fenológico de la planta. En el comportamiento agronómico variables como número de Hojas (N^0), ancho de Hojas (cm), PSH (g) y relación hoja tallo (N^0) no presentaron diferencias ($P > 0.05$). Los mejores valores en relación al resto de las variables del comportamiento agronómico se encontraron en las edades 45 y 60, respectivamente. En la composición química el mayor contenido proteico lo demostró la edad 30 (8.12%), mientras que el menor valor lo reflejó la edad 45 (4.48%). La edad 30 del pasto king grass expresó mayores valores de degradación de MS, seguía de la edad 60, sin embargo, el rendimiento de biomasa forrajera (kg/MS/ha^{-1}) a la edad 30 fue menor (686.00 kg) en comparación con la edad 60 (2422.00 kg), $P < 0.05$.

Palabras Claves: Pasto king grass, comportamiento agronómico, composición química, degradabilidad *in situ*, *Pennisetum hybridum*.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Sede Santo Domingo

DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y DEGRADABILIDAD IN SITU DEL PASTO KING GRASS VERDE (*Pennisetum hybridum*) EN CUATRO ESTADOS FENOLÓGICOS, EN EL CANTÓN PORTOVIEJO 2014

Author: K. Fernando Mejia Ch.

Advisor: Juan H. Avellaneda Cevallos, Ph. D

Date: mayo, 2015

SUMMARY

The agronomic and degradability behavior was evaluated in situ of king grass (*Pennisetum hybridum*) in four phenological states. The samples were collected at the 30, 45, 60 and 75 ages, respectively. Differences were found ($P < 0.05$) in the agronomic behavior, chemical composition and degradability of dry matter in relation to the phenological state of the plant. In the agronomic behavior, variables such as number of leaves (N°), width of the leaves (cm), PSH (g) and stem leaf relation (N°) did not present differences ($P > 0.05$). The best values in relation to the rest of the variables of the agronomic behavior were found in the 45 and 60 ages, respectively. In the chemical composition the greatest protean content was demonstrated at age 30 (8.12%), meanwhile the least value was reflected at age 45 (4.48%). Age 30 of the grass, King Grass, expressed greatest values of degradation of MS, followed by age 60. However, the performance of forage biomass (kg/MS/ha-1) at age 30 was less (686.00kg) in comparison with age 60 (2422.00 kg), $P < 0.05$.

Key words: King grass, agronomic behavior, chemical composition, degradability in situ, *Pennisetum hybridum*.

CAPITULO I

INTRODUCCION

La ganadería en el Ecuador representa una parte importante de la producción agropecuaria y creció significativamente desde 1980. Las regiones de la Costa y de Oriente producen principalmente ganado de carne y doble propósito, mientras que el ganado lechero se encuentra mayormente en la Sierra, así lo expone la *Food and Agriculture Organization* (FAO) en el 2004. Según datos obtenidos en la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) en el 2011, señala que la tasa anual de crecimiento del ganado vacuno fue de 2.0% a nivel nacional. En este informe ejecutivo se estima que la región Sierra cuenta con mayor cantidad de bovinos representando el 51,0% del total nacional, seguida por la Costa con 36.7% y el Oriente con 12.3% (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2011).

Manabí es una de las provincias con mayor actividad ganadera en el Ecuador y posee una gran superficie establecida con cultivos de pastos para la alimentación de los animales, pero aún con éstas características geográficas favorables la eficacia productiva en el ganado lechero es baja, tanto así, que ocupa el tercer puesto a nivel nacional (612.261 L/día), después de Pichincha y Azuay (INEC, 2011). Por tal motivo, la necesidad de aumentar los índices productivos de los animales obliga a los ganaderos a recurrir a alternativas alimentarias que aporten volumen, pero que a su vez, impriman calidad para la producción, por lo cual deben implementar pasturas manejadas bajo un régimen de corte y acarreo con el fin de suplir las necesidades diarias de los hatos (Chacón & Vargas, 2009).

La valoración correcta de los alimentos destinados a consumo animal es importante y necesaria para formular dietas que estén enfocadas fisiológica y económicamente a mejorar la productividad de los animales. Según Pedraza (2001) expresa que la evaluación de los alimentos debe establecer las características de los forrajes y estos a su vez enunciaran mejoras en la producción de los animales en aspectos como la ganancia de peso, producción de leche, producción de lana, entre otros. La identificación de los componentes químicos y la clasificación nutritiva son

características fundamentales que cualquier análisis dietético debe proporcionar mediante su metodología (van Soest & Robertson, 1985, citado de Pedraza, 2001). Por su parte McDonald *et al.* (1999) definen que el valor potencial de los alimentos para aportar distintos nutrientes se puede establecer mediante el análisis químico, pero el valor real para los animales, solo se puede obtener después del análisis de los procesos que se originan mediante la absorción, digestibilidad y metabolismo.

La composición química de los pastos y forrajes utilizados en la alimentación de los animales varían de una especie a otra, incluso dentro de la misma especie por múltiples factores como la distribución geográfica, estación del año, características del suelo, corrientes de aire, temperatura y edad de la planta (Gojón *et al.* 1998). Por otro lado, es importante señalar que la degradabilidad ruminal efectiva, grado de digestión ruminal, tasa de digestión ruminal y digestibilidad potencial, son importantes características de digestión de forrajes. Tales características pueden ser usadas para predecir el valor nutritivo más acertadamente y comparar la utilidad de los forrajes en las dietas para rumiantes (Ramirez *et al.* 2001).

Este trabajo permitió obtener información acerca del comportamiento agronómico del forraje verde del pasto King grass (*Pennisetum hybridum*) a diferentes estados fenológicos, así como también, se logró establecer la degradación de la materia seca (MS), a través de la utilización de bolsas de nylon suspendidos en el rumen. La composición química se la obtuvo mediante la aplicación del método proximal para análisis de la calidad nutritiva de los alimentos (Gojon *et al.* 1998).

1.1. Objetivos de la investigación

1.1.1. Objetivo general

Describir el comportamiento agronómico y la degradabilidad *in situ* del pasto King grass verde (*Pennisetum hybridum*) en cuatro estados fenológicos, en el cantón Portoviejo 2014.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico del pasto King grass (*Pennisetum hybridum*) en distintos estados fenológicos (30, 45, 60 y 75 días).
- Determinar la composición química mediante análisis proximal del pasto King grass (*Pennisetum hybridum*) en distintos estados fenológicos (30, 45, 60 y 75 días).
- Establecer la degradabilidad ruminal de la materia seca (MS) del pasto King grass (*Pennisetum hybridum*) en distintos estados fenológicos (30, 45, 60 y 75 días).

1.2. Hipótesis de la investigación

1.2.1. Hipótesis general

El estudio del comportamiento agronómico, la determinación de la composición química, así como el cálculo de la tasa de degradación ruminal *in situ* permitirá conocer mejor el desempeño del pasto king grass en varios estados fenológicos.

1.2.2. Hipótesis específicas

- El estudio del comportamiento agronómico del pasto king grass permitirá evidenciar que no habrá diferencias productivas entre los estados fenológicos posterior a los 45 días.
- La evaluación de las variables de composición química del pasto king grass demostrará que no existen cambios en los diferentes estados fenológicos estudiados.
- No existen cambios en la tasa de degradabilidad *in situ* de la materia seca del forraje de pasto king grass en los diferentes estados fenológicos estudiados.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Para establecer el rendimiento de un pasto mediante la evaluación del comportamiento agronómico se valoran aspectos relacionados al desarrollo de la planta en parámetros como el rendimiento de biomasa, altura, cantidad de hojas y tallos, entre otros. Debido a la competitiva producción que hoy día existe en el sector agropecuario los productores se encuentran obligados a realizar acciones para intensificar la producción por unidad de área. Esta preocupación se ha reflejado en una constante búsqueda de materiales forrajeros que satisfagan los requerimientos nutricionales de sus animales, y a la vez establecer un sistema de cosecha uniforme asegurando un nivel de producción constante durante todo el año. En la investigación realizada por Araya & Boschini (2005) evaluaron el comportamiento agronómico del king grass y otras variedades de *Pennisetum* en diferentes edades de rebrote (cosechado cada 14 días) iniciando desde el día 70 hayando rendimientos para esta pastura en forraje verde (86.938 kg/ha), materia seca (15.262 kg/ha), proteína cruda (9.08%) y ceniza (15.54%). Los resultados encontrados en este trabajo establecieron que el king grass obtuvo mejores valores en forraje verde y materia seca, sin embargo el contenido de proteína y ceniza fue bajo en comparación a las otras especies analizadas.

En otra investigación realizada por Guerrero (2012) evaluando el comportamiento agronómico y el valor nutritivo de tres tipos de *Pennisetum* incluido el king grass en diferentes estados de madurez (30, 45, 60, 75, 90 días) determinaron diferencias ($P < 0.05$) del factor edad sobre variables agrobotánicas, hayando valores promedios para altura (315.17 cm), biomasa forrajera (5527.64 kg/MS/ha), peso del tallo (3685.50 g), longitud de hojas (136.85 cm), ancho de la hoja (4.55 cm), peso de la hoja (1763.47 g), diametro del tallo (1.89 cm), relacion hoja tallo (0.60 g). En lo referente al valor nutritivo el pasto king grass expresó mayores valores de proteína a los los 30 días (15.48%) y se redujo paulatinamente con el aumento de la edad,

en el extracto etereo fue a los 45 (3.73%) y 90 días (3.79%), la ceniza a los 30 días (19.50%) y la fibra a los 75 (43.57%) y 90 días (47.53%) respectivamente.

Por otra parte, la valoración de los alimentos mediante la evaluación de la degradación ruminal utilizando la técnica de bolsa de nylon *in situ* es útil para establecer el valor digestible de la fuente que se suplen a los bovinos. En la investigación publicada por Avellaneda *et al.* (2008), se estudió el comportamiento agronómico y la composición química de tres variedades de *Brachiaria* en diferentes edades de cosecha, digestibilidad *in situ* (DISMS), y composición química de *brachiaria decumbens*, *brizantha* y pasto mulato; Se observó, que no en todas las características agronómicas, el pasto mulato (*ruzizienzis* 44-6 x *brizantha* cv. *Marandú*) superó a las otras especies de *Brachiarias* estudiadas. Sin embargo, en la composición química y el valor nutritivo expresado como digestibilidad *in situ* de la materia seca, no presentó cambios que conduzcan a considerar que esta especie es superior a las otras estudiadas. De manera similar y con el fin de obtener parámetros nutricionales comparativos entre 15 genotipos de sorgo forrajero se realizó un experimento en la Universidad de Costa Rica, en donde se evaluaron 13 genotipos de *Sorghum* bicolor suministrados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y dos genotipos de *Sorghum* alium en donde se determinó el rendimiento por hectárea, la composición bromatológica y la degradabilidad ruminal de dichos genotipos. Se comprobó que dentro de todo el grupo de fuentes evaluadas, tres de ellas (ATENAS, CIAT 897 y UCREEAVM) fueron las mejores en el rendimiento, lo que compenso su limitante a nivel ruminal en comparación a otras variedades (Vargas, 2005).

En otra investigación realizada por Ramírez *et al.* (2001), con el objetivo de estimar el valor nutritivo y el grado de digestión ruminal de nueve especies de zacates nativos del noreste de México y el buffel común (zacate de alta calidad nutritiva), se usó la técnica *in situ* utilizando las bolsas nylon para determinar cuál de estas especies forrajeras que eran consumidas ávidamente por los rumiantes brindaba mejores beneficios y se estableció que de las nueve especies evaluadas, cinco de ellas fueron igual o mayormente digeribles en MS, FDN y PC en comparación con el forraje de referencia.

La técnica *in situ* fue utilizada también para determinar la degradabilidad en algas con potencial forrajero. Al respecto Gojón *et al.* (1998) estudiaron la degradabilidad ruminal en bovinos de dos algas consideradas de bajo aporte energético, *Macrocystis Pyrifera* y *Sargassum spp.* En este estudio se determinó su composición química, aporte energético y degradabilidad *in situ* de la fuente, además se estableció que puede ser considerada como proteína de sobrepaso útil para la alimentación en rumiantes, a pesar de que su aporte energético no es óptimo.

De manera similar en la investigación realizada por Osorio & Rodríguez (2010) se pudo conocer la digestibilidad y el contenido de fibra en dos variedades de pasto King grass verde y morado, con diferentes frecuencias de corte y aplicación de fertilizante. En el análisis de varianza no se encontró diferencias entre variedades ni efecto de fertilización para digestibilidad *in vitro*, fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y N total. Los valores promedios para digestibilidad de la variedad verde fueron de 29,6 %, mientras que para la morada fue de 28,6 %. En el caso de FDN fueron 75,3 % y 75,8 % para las mismas variedades con efecto inverso de la edad de rebrote al contenido de pared celular. Por otro lado datos publicados por Pulido & Leaver (2000), con el objetivo de comparar las características de degradabilidad ruminal de forrajes en muestras provenientes de forrajes disponibles a ras de suelo (FD) en la pradera y en muestras de forrajes aparentemente (FS) consumidos por vacas lecheras en pastoreo, a dos alturas de pradera, de *Lolium perenne*; determinaron que el forraje aparentemente consumido por los bovinos difiere en su cinética degradativa ruminal al forraje disponible a ras de suelo.

2.2. Fundamentaciones

2.2.1. Los forrajes en la alimentación de rumiantes

La producción animal considera algunos factores importantes para su óptimo cumplimiento: la nutrición, la reproducción y la genética. De estos tres la nutrición es la más importante, tanto en el aspecto cuantitativo como en el económico, por lo

que se estima, que dependiendo de la especie, la nutrición representa entre el 60 y el 85% de los costos de producción pecuaria. Considerando lo antes mencionado, las mejoras en economía que se logren en el área de nutrición tendrán, por lo tanto, el mayor impacto en la eficiencia de la explotación, las ganancias del productor y los precios de los productos pecuarios para el consumidor (Mora, 1991). Por otro lado, es importante considerar que, en cualquier programa de explotación bovina la proteína proveniente de los pastos y forrajes adicionada a los animales es el factor clave que determina la ganancia de cualquier operación bajo condiciones de pastoreo (Villalobos *et al.* 2000).

Las fuentes de alimentos para los animales se componen de plantas y productos vegetales, aunque también se emplean, en pequeñas cantidades, alimentos de origen animal como la harina de pescado y la leche. Para su existencia, los animales dependen de las plantas, por lo tanto, el estudio de la nutrición animal debe comenzar, necesariamente, por el estudio de los vegetales (McDonald *et al.* 1999). Además, el aprovechamiento de los pastos y forraje responde principalmente a la capacidad física digestiva del animal, a la composición química de la fuente y a la demanda de energía de los animales en pastoreo. La cantidad de materia seca de forraje consumida es el factor más importante que regula la producción de rumiantes, de tal forma, el consumo de forraje afecta de manera similar al aprovechamiento de nutrientes y éste, a su vez, al estado nutricional del animal (Mejía, 2002).

2.2.2. Uso de los pastos *Pennisetum* en la alimentación de bovinos

Los pastos pertenecientes al género *Pennisetum* fueron muy evaluados a partir de la década de los 70 y la primera parte de los años 80, pero debido a la introducción de nuevas especies forrajeras del grupo de las gramíneas principalmente del género *Brachiaria*, fueron relegados (Espinoza *et al.* 2001). Estudios realizados en climas cálidos sobre los rendimientos de esta pastura ha determinado que los mejores edades de rebrote son la edad 45 y 60, respectivamente con una producción de 60 a 80 t/ha/año de forraje seco (Estrada, 2002). La necesidad de lograr un elevado aprovechamiento de este forraje por parte de los animales hace

indispensable investigar con más detalle la influencia directa de la frecuencia de corte en relación a la producción de biomasa, así como la degradabilidad ruminal de esta fuente nutritiva (Osorio & Rodríguez, 2010).

La investigación realizada por Chacón & Vargas (2009), donde se determinó el efecto de la edad de rebrote en el valor nutricional de *P. purpureum* cv. King grass, exponen que la composición nutricional aumenta conforme avanza la edad de la pastura (Tabla 1). En esta investigación se determinó que la edad óptima para cosechar la especie estudiada era a los 60 días.

Tabla 1. Composición nutricional del pasto Pennisetum purpureum cv. King grass a tres edades de corte

| Componente* | Edad de corte | | |
|-----------------|---------------|----------|---------|
| | 60 días | 75 días | 90 días |
| MS, % | 13.03 a | 13.79 ab | 14.43 b |
| PC, % | 9.56 a | 8.70 b | 8.42 b |
| EE, % | 1.41 | 1.37 | 1.29 |
| Cenizas, % | 14.47 a | 13.86 ab | 13.61 b |
| FND, % | 73.78 a | 75.48 b | 76.91 c |
| FAD, % | 46.53 a | 49.77 b | 51.83 c |
| Celulosa, % | 34.38 a | 36.47 b | 38.28 b |
| Hemicelulosa, % | 27.25 a | 26.23 ab | 24.71 b |
| Lignina, % | 12.15 | 13.30 | 13.59 |
| Relación H:T ** | 1.34 | 1.33 | 1.31 |

MS = Materia Seca, PC= Proteína Cruda, EE = Extracto Etéreo, FND= Fibra Neutro Detergente, FAD= Fibra Ácido Detergente. ** Relación H:T= Relación Hoja: Tallo.
a, b, c Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas ($p < 0,05$).

Adaptado de (Chacón & Vargas, 2009).

En los países tropicales y subtropicales, las variaciones estacionales determinan, en gran medida, el volumen y calidad de la biomasa disponible en los pastos y forrajes. Esto constituye una limitación para la mayoría de los sistemas de

producción ganadera en la época de seca, debido a este problema se han desarrollado muchas alternativas, entre ellas se destaca como una solución económica y sostenible la utilización de *Pennisetum sp.* (Valenciaga *et al.*, 2001).

En países como Cuba en la década de los 80 se empezó a utilizar de forma muy común los pastos del género *Pennisetum*, tanto así, que la variedad más difundida y utilizada era el King grass, llegando a ocupar el 85 % de las áreas forrajeras del país, esto conllevó a que se empezaran a mejorar la calidad genética de algunas variedades, entre ellas la del *Pennisetum purpureum* (Herrera, 2009).

2.2.3. Características agrobotánicas del *Pennisetum hybridum*

El pasto king grass es una hierba perenne, con un alto potencial de producción, adaptándose a las condiciones climáticas que prevalecen en la mayor parte de las zonas donde se cultiva. Sin embargo, en muchas regiones, aproximadamente 70% a 80% de su producción se concentra en la temporada de lluvias. La estacionalidad de la producción de forraje se atribuye a la escasez de precipitaciones y temperaturas que se producen durante el invierno (Osorio W. 2010, citado de Deresz, 2001). En la investigación realizada por dos Santos *et al.* (2001) mencionan que el pasto King grass posee elevadas producciones de forrajes, calidad. Por su parte Pereira *et al.* (2008) indican que este puede ser utilizado en ensilajes, heno, pasto de corte y en pastoreo, además que presenta un crecimiento continuo según avanza su edad y puede llegar a producir plantas de hasta tres metros de altura.

Esta pastura crece en manojos y produce gran cantidad de tallos por planta que pueden alcanzar diámetros que oscilan entre 13 y 15 mm, además, poseen hojas anchas y se caracterizan por tener inflorescencia, aunque existen algunos *Pennisetum* que la presentan. Otra característica de esta especie es la de poseer una germinación fértil que está entre 10 y 18%, sin embargo esta característica importante podría descompensarse por su corta vida productiva debido al carácter anual (Estrada, 2002).

2.2.4. Métodos de valoración nutricional de la calidad de los alimentos

El evaluar los recursos alimenticios y conocer la composición química de dichas fuentes que se utilizan en la alimentación de los rumiantes es muy importante. Dicha práctica constituye una herramienta de apoyo a los fines de lograr una acertada nutrición de animales productores de carne y leche. Si bien una ficha de análisis químico no resulta suficiente para describir en forma exhaustiva e inequívoca el valor nutricional de un recurso alimenticio, constituye una primera etapa para detectar causas probables condicionantes de bajas ganancias de peso o producciones sub-óptimas de leche (Gagliostro & Gaggiotti, 2002).

2.2.5. Método de evaluación directo

Los métodos directos en la evaluación de pastos son aquellos que se enfocan directamente en el comportamiento del crecimiento de las plantas y de las estructuras que la conforman, además de la capacidad de esta para producir forraje verde, lo que comúnmente se conoce como biomasa forrajera o rendimiento (Estrada, 2002). En la investigación expuesta por Medina *et al.* (2006), divide la biomasa en dos categorías; la que es altamente aprovechada por los animales denominada biomasa comestible (hojas y tallos tiernos) y a la que se la llama fracción leñosa.

2.2.6. Métodos de evaluación indirectos

Los métodos considerados indirectos son aquellos donde se somete a la fuente alimenticia a procesos de degradación y digestión los cuales ocurren en el animal, o a su vez, este proceso fisiológico se simula en el laboratorio con la aplicación de diversas técnicas que permitan estimar la capacidad que tiene el alimento de aportar nutrientes necesarios a los rumiantes (Estrada, 2002). La digestibilidad y degradabilidad ruminal han sido reconocidos como la principal fuente de variación de los valores de energía y proteína de los alimentos. Para la descripción cuantitativa de los procesos metabólicos y digestivos son requeridos datos biológicamente apropiados y estos pueden ser obtenidos usando métodos complejos como *in vivo*, *in situ* e *in vitro* (López, 2005).

La información obtenida *in vivo* es la más confiable, según lo expone López (2005), y debería ser la referencia para evaluar otros métodos, porque representa la actual respuesta animal al tratamiento alimenticio. Sin embargo los métodos de la digestión *in vivo* son caros, laboriosos, de gran duración de tiempo y no son fácilmente aplicables a un gran número de alimentos o cuando únicamente pequeñas cantidades de cada alimento son disponibles.

Existen métodos sistematizados para determinar la calidad de los alimentos destinados a los rumiantes, tal es el caso de las pruebas *in situ* de los pastos y forrajes. 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. Por otro lado está la degradabilidad que se define como 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, que tienen potencial de ser absorbidos por el tracto digestivo (Giraldo *et al.* 2006, citado por Navarro *et al.* 2011).

Por su parte Arce *et al.* (2003), exponen que la determinación del valor energético de los forrajes se puede estimar indirectamente mediante digestibilidades estimadas con técnicas *in situ* e *in vitro* y, recientemente, mediante técnicas que emplean enzimas celulolíticas, esta última se la realiza en el laboratorio. En relación a esto, la predicción de la digestibilidad o valores de energía de la información obtenida por los métodos *in vitro* e *in situ* han llegado a hacer necesarios en todos los sistemas alimenticios. Las técnicas *in situ* e *in vitro* representan modelos biológicos que simulan los procesos de digestión *in vivo* con diferentes niveles de complejidad (López, 2005).

Experiencias en la utilización de celulasas (enzima de origen micótica) para estimar la digestibilidad de los forrajes, indican que este método es tan efectivo y en ciertos casos hasta superior al método de digestibilidad *in vitro*, debido a su mayor precisión, repetibilidad y menor tiempo de digestión. Existe una alta correlación entre el método enzimático y el método *in vitro* por lo que se podría usar como una

alternativa en el laboratorio para la evaluación de la digestibilidad de los forrajes. Sin embargo, ésta es un área que requiere mayor investigación y así lo expone Arce *et al.* (2003) en su publicación.

2.2.7. Técnica de degradabilidad ruminal *in situ*

La estimación de la degradabilidad *in situ* se la ha realizado aplicando varias metodologías que se han publicado a nivel mundial, todas ellas, con el objetivo de analizar aspectos claves en alimentación de los animales, tales como, la tasa de ingestión de algunos componentes alimenticios, los cuales tienen relación directa para establecer la calidad nutritiva de las fuentes forrajeras suplidas al ganado. La técnica *in situ* utiliza bolsas sintéticas para medir la digestión de los forrajes en ruminal, consiste en colocar la muestra en la bolsa e incubarla en rumen de animales fistulados. Esta técnica permite determinar simultáneamente la cantidad de la muestra ingerida y la tasa a la cual la digestión se realiza. La utilidad y confiabilidad de esta técnica depende de factores tales como la cantidad de la muestra, y del tamaño de la bolsa y de la partícula de la muestra Torres *et al.* (2009).

No hay mejor vía para simular el ambiente ruminal (temperatura, pH ruminal, *buffer*, sustratos, enzimas) dentro de un régimen alimentario, que el mismo rumen, aunque el alimento no está sujeto a una total experiencia ruminal, por ejemplo: masticación, ruminación y pasaje. Esta técnica es considerada más exacta, la única consideración es que este es un proceso laborioso y costoso que requiere el empleo de altas cantidades de alimento, uso de alta mano de obra y la disposición de instalaciones para su cuidado (Giraldo *et al.* 2007). La técnica de incubación de sustratos en el rumen *in situ* fue inicialmente utilizada por Quin *et al.* (1938) para el estudio de la degradación de la fibra, quienes usaron bolsas cilíndricas de seda muy fina para medir la digestión de varios alimentos en el rumen de las ovejas; posteriormente la seda fue remplazada por materiales sintéticos totalmente resistentes a la degradación ruminal; así, la bolsa de fibra artificial (bolsa de dracón, bolsa de nylon) proporciona una poderosa herramienta para la evaluación inicial de alimentos y para mejorar nuestra comprensión de los procesos de degradación que ocurren dentro del rumen (Orskov *et al.* 1980).

En trabajos expuesto por Boschini (2001) señala la utilización de esta técnica con el objetivo de evaluar la degradación ruminal de la materia seca, proteína cruda y la fibra neutro detergente contenida en hojas y tallos de morera, cosechada en diferentes estados de madurez. En esta investigación se determinó cosechar los rebrotes de morera para la alimentación de animales cuando tienen el mejor aprovechamiento ruminal, eso ocurrió cuando los rebrotes tenían 12 o menos semanas de edad y se determinó mediante la técnica de degradabilidad ruminal *in situ*. La utilización de esta técnica fue aplicada también para comparar la degradabilidad *in situ* de la materia seca y proteína cruda entre la *Leucaena leucocephala* y *Panicum máximum*, en donde se evidencio, que las dos fuentes expresaron igual degradabilidad potencial en materia seca (Razz *et al.* 2004). Según Romero (1990) la técnica *in situ* consiste en colocar cierta cantidad de muestra dentro de una bolsa bien cerrada y colocarla en el rumen de animales fistulados por cierto periodo de tiempo. Esta técnica permite determinar simultáneamente la cantidad de muestra que es digerida y la tasa a la cual esta digestión se realiza.

2.2.8. Recomendaciones sobre la utilización del método *in situ*

Para tener éxito en la evaluación de los alimentos con la utilización de la técnica *in situ* en la digestión de los alimentos en rumiantes se deben tener en cuenta algunos factores, los cuales deben ser aplicados correctamente. Gonzales *et al.* (1990) exponen algunos aspectos importantes, tales como la característica de la bolsa, para la cual se recomienda que el material que se utiliza para esta técnica sea de dracón (poliéster) debido a las características de la tela, que a diferencia del nylon, no se estira con el uso frecuente y por lo tanto no altera la porosidad (entre 30 y 50 μm .). El tamaño de la bolsa es variable, sin embargo, si se considera las cantidades de muestra utilizadas y la relación superficie de bolsa/peso de muestra, se concluye que lo recomendable es de 17 x 9 cm (Gonzales *et al.*1990). Por otro lado, el tamaño de la muestra varía en función de la naturaleza del material evaluado. En el caso de pajas, henos y granos el tamaño adecuado de las muestras es de 2 a 3mm. En forrajes frescos y ensilajes el faño de particular deberá ser de 5mm (Gonzales *et al.* 1990).

Según Gonzales *et al.* (1990) la técnica *in situ* puede aplicarse en ovinos y bovinos, considerando que en los primeros que el número de bolsas totales a utilizarse es de 6 a 9, mientras que en los bovinos va de 24 a 36 bolsas. La edad de los animales utilizados fue en promedio de 2 a 5 años, es decir que su actividad ruminal esté completa. La dieta de adaptación que debe recibir el animal no debe ser menor a 14 días y debe de ser similar a la dieta que se va a evaluarse. Las bolsas deben colocarse en la región ventral del rumen, con cierta libertad de movimiento, a fin de que se expongan a las condiciones que este lugar posee. Para mantener las bolsas dentro del rumen éstas se las debe amarrar a cadenas, tubos o anillos plásticos con peso. Cualquiera que sea el método de sujeción, es importante que la distancia entre la cánula y las primeras bolsas sea de 40 a 50 cm en bovinos (Gonzales *et al.* 1990).

Otro factor importante en la técnica son las repeticiones que se utilizan en cada experimento, de hecho, la variabilidad de las determinaciones es mayor entre animales, seguido por periodos y menor entre bolsas incubadas en el animal. Por ello, se recomienda que las determinaciones se hagan en tres animales y en dos periodos por animal, con una bolsa por cada muestra. Si el propósito es determinar la tasa de degradación, se puede considerar una sola bolsa por cada tiempo dentro de periodo y animal, con duplicados para los tiempos más cortos de incubación (Gonzales *et al.* 1990). Asimismo, en los estudios para estimar la tasa de degradación, se recomienda introducir las bolsas en forma secuencial y extraerlas todas del rumen simultáneamente, a fin de tener un lavado uniforme de las mismas. Los tiempos de incubación recomendados como mínimos, en el caso de suplementos proteicos, son: 2, 4, 6, 12, 24 y 39 horas; en forrajes de alta calidad y leguminosas: 2, 4, 6, 12, 24 y 48 horas; y en gramíneas tropicales y residuos fibrosos: 2, 6, 12, 24, 48 y 72 horas. Los tiempos intermedios podrían variarse en función del punto de inflexión detectado en estudios pilotos (Gonzales *et al.* 1990).

Factores que afectan los valores de digestibilidad *in situ*

En evaluaciones realizadas por Udén & Van Soest (1984) para determinar las fuentes de variación en la estimación de la digestibilidad de la materia seca (MS) y

de la proteína cruda (PC), cuando se utiliza el método *in situ*, encontraron como más importantes el tamaño del poro de la bolsa, tamaño de la partícula de la muestra (grado de molienda), relación entre la cantidad de muestra y tamaño de la bolsa, secuencia de introducción de las bolsas en el rumen, posición de las bolsas en el rumen, tiempo de incubación ruminal de las bolsas, uso de repeticiones, variaciones debido a periodos de animales, dieta de los animales. Según Romero (1990) una de las mayores desventajas en el método *in situ* es la falta de uniformidad con que se ha usado por los investigadores, sin embargo, si esta técnica se utiliza cuidadosamente es posible obtener resultados reproducibles, con errores estándares aceptables.

2.2.9. Digestión Microbiana en ruminales

La población bacteriana relacionada con la digestión fermentativa es muy amplia, se han reconocido al menos 28 especies de bacterias funcionalmente importantes en el rumen, cada una de ellas actúa diferentemente y sobre sus propios sustratos. La mayoría de ellas son anaerobias, aunque se han observado microorganismos facultativos. En el rumen también existen especies de hongos, que según investigaciones pueden desempeñar papeles importantes en la digestión de las paredes de las células vegetales (Cunningham & Klein, 2009). En los rumiantes la digestión de los carbohidratos en su mayoría está dada por procesos de fermentación debido a la acción metabólica de bacterias. Al contrario a otras especies cuya digestión es a base de enzimas de origen glandular, las enzimas que ayudan a degradar los alimentos en los rumiantes son de origen microbiano; otra diferencia entre digestión fermentativa y glandular es la velocidad de degradación de los alimentos, es así, que los procesos fermentativos son más lentos y la alteración de los sustratos es mucho mayor (Cunningham & Klein, 2009).

Las fuentes alimenticias comunes para los rumiantes como los forrajes y alimentos groseros fibrosos, están formados principalmente por polisacáridos con enlaces β -glucosídico, como la celulosa, que no puede ser degradado por las enzimas digestivas de los mamíferos. Por lo tanto, los rumiantes han desarrollado un sistema especial de la digestión que involucra la fermentación a través de microorganismos

(bacterias, protozoos y hongos) de los alimentos antes de la exposición a sus enzimas digestivas; por ejemplo, se estima que el total de población bacteriana es de 109 por ml de líquido ruminal (McDonald, 1999). En pruebas de laboratorio con técnicas *in vitro* se han identificado más de 60 especies de bacterias a nivel de rumen. La mayoría de bacterias que se identificó fueron de tipo anaerobias que no producen esporas; la información se basa en el estudio de bacterias que fueron aisladas de manera *in vitro* (Tabla 2) por lo que no es totalmente aplicables en condiciones *in vivo*.

Tabla 2. Bacterias típicas del rumen y sus fuentes de energía <<in vitro>>

| Especie | Descripción | Fuentes de energía más comunes |
|----------------------------------|---|--------------------------------|
| <i>Fibrobacter succinogenes</i> | Bastones Gram negativos | Celulosa |
| <i>Ruminococcus flavefaciens</i> | Estreptococos catalasa negativos con colonias amarillas | Celulosa |
| <i>Ruminococcus albus</i> | Cocos simples o emparejados | Celobiosa |
| <i>Streptococcus bovis</i> | Cocos en cadenas cortas, Gram-positivo; capsulados | Almidón |
| <i>Prevotella ruminicola</i> | Gram-negativo, oval o en forma de bastón | Glucosa |
| <i>Megasphaera elsdenii</i> | Cocos grandes, emparejados o en cadenas | Lactato |

Adaptada de McDonald (1999).

2.2.10. Digestión de los carbohidratos en el rumen

Los productos de digestión de carbohidratos debida a bacterias y los protozoos incluyen ácidos grasos volátiles (AGVs) de cadena corta, dióxido de carbono y metano. Los principales AGVs son el ácido acético, propiónico y butírico, que se

producen en las siguientes proporciones: ácido acético 60 a 70%, ácido propiónico 15-20% y ácido butírico 10-15%. El porcentaje de propiónico ácido aumenta cuando el animal es alimentado con concentrados de azúcares solubles o almidón (Akers & Denbow, 2008). La interacción entre los microorganismos constituye una característica importante de la fermentación en el rumen. La población total de bacterias, así como la población relativa de cada especie en particular, varía con la ración consumida por el animal. Se considera que las bacterias, protozoos y hongos actúan conjuntamente para atacar y degradar los alimentos (McDonald, 1999).

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Sitio de estudio

El presente trabajo se lo realizó en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Técnica de Manabí ubicada en el cantón Portoviejo, éste cantón se encuentra localizado en la zona central de la costa ecuatoriana, al noreste del país, en las coordenadas 01 ° 03 ' 08 " de latitud sur y 80 ° 27 ' 02 " de longitud oeste y tiene una superficie de 954,9 km². Limita al norte, con los cantones Rocafuerte, Sucre, Junín y Bolívar; al sur, con el cantón Santa Ana; al oeste con el cantón Montecristi y el Océano Pacífico y al este con los cantones Pichincha y Santa Ana (AME, 2013). El área agroecológica del cantón Portoviejo es considerada como bosque muy seco pre montañoso sub tropical con un suelo tipo vertic ustropepts y está ubicado a una altitud de 44 m. s. n. m. (INIAP, 2013).

Tabla 3. Condiciones meteorológicas del sitio de experimento

| Parámetros | Valores |
|----------------------|----------|
| Temperatura Máxima | 33.9 °C |
| Temperatura Mínima | 19.1 °C |
| Temperatura Promedio | 26.3 °C |
| Precipitación | 550.1 mm |
| Humedad | 82% |

Fuente: INAMHI (2014).

El área de pastizales del departamento de producción posee tres variedades de pastos, King grass verde, King grass morado y Saboya, todos constan de un sistema de riego por aspersión adaptados a una bomba trifásica de 7,71 L/s con una presión de 85 PSI (libra-fuerza por pulgada cuadrada). El riego del área de pastizales está proporcionada por aspersores tipo agrícola de caudal medio-alto, alcance de 37 a 50 m, caudal operativo de 12 000 a 16 000 L/h y ciclo total de riego (rotación a 360 °) de 8 minutos. Además se facilitó la utilización del laboratorio de

bromatología para los análisis requeridos en cada uno de los experimentos de la investigación, así como también los cuatro animales que fueron fistulados ruminalmente para la evaluación de la degradabilidad del pasto King grass verde en el segundo experimento.

3.2. Técnicas, procedimientos, instrumentos y recursos

La realización del trabajo de campo se lo ejecutó en el departamento de producción animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias, la cual facilitó las áreas de pastizales establecidos para los experimentos que corresponden a esta investigación. Para los procedimientos se utilizaron métodos directos para evaluación del comportamiento agronómico de la planta y además métodos indirectos donde se determinó la composición química y se evaluó la degradación ruminal de MS mediante la técnica *in situ* de la bolsa de nylon.

3.2.1. Procedimientos en el comportamiento agronómico

La realización de la primera parte de la investigación inicio en el mes de agosto donde se delimitó y cercó el área de pastizal que se utilizó para la realización de las parcelas. Esta primera parte de la investigación abarcó la evaluación de las variables de estudio enmarcadas en los procedimientos para valoración de las pasturas (Estrada, 2002), (Avellaneda *et al.* 2008) y (Guerrero, 2012).

3.2.1.1. Altura de la planta (cm)

Para la determinación de esta variable se realizó la medición de la altura de la planta con la ayuda de un flexometro, iniciando desde 5 cm sobre el suelo hasta la curvatura de la hoja más alta, para ello se evaluó al menos tres plantas por cada edad y cada parcela, seleccionadas al azar.

3.2.1.2. Numero de hojas

Se utilizaron tres plantas seleccionadas al azar dentro de cada parcela, repetición y frecuencia de corte, se separó las hojas de los tallos y se procedió a contarlas individualmente para determinar el número de hojas por cada tallo.

3.2.1.3. Longitud de hojas (cm)

Se utilizaron tres plantas seleccionadas al azar dentro de cada parcela, repetición y frecuencia de corte, se separó las hojas de los tallos y se procedió a medirlas con la ayuda de un flexometro para posteriormente registrar la longitud.

3.2.1.4. Ancho de hojas (cm)

Se utilizaron tres plantas seleccionadas al azar dentro de cada parcela, repetición y frecuencia de corte, se separó las hojas de los tallos y se procedió a medir el ancho de las hojas, para esta variable se dobló la hoja a la mitad y se midió el ancho en esta sección.

3.2.1.5. Peso seco de hojas (g)

Se procedió a seleccionar al menos tres plantas al azar dentro de cada parcela, repetición y frecuencia de corte, se separó las hojas de los tallos y se registró el peso en fresco del total de las hojas por cada tallo, posteriormente las hojas se las seco en la estufa a 65 °C por 48 horas, para este procedimiento se utilizó una balanza analítica.

3.2.1.6. Numero de tallos

Se utilizaron tres plantas seleccionadas al azar dentro de cada parcela, repetición y frecuencia de corte, se separó las hojas de los tallos y se procedió a contarlos individualmente para determinar el número de tallos por cada planta.

3.2.1.7. Longitud de tallos (cm)

Se utilizó tres plantas seleccionadas al azar dentro de cada parcela, repetición y frecuencia de corte, se separó las hojas de los tallos y se procedió a medirlos con la ayuda de un flexometro para posteriormente registrar la longitud de los tallos por cada planta.

3.2.1.8. Diámetro de tallo (mm)

Con la ayuda de un calibrador se tomó el diámetro de los tallos de al menos tres plantas dentro de cada parcela, repetición y frecuencia de corte. Para la obtención de este dato se realizó la medición del inicio, mitad y final de cada tallo y se sacó un promedio, posteriormente se registró el diámetro de los tallos por cada planta.

3.2.1.9. Peso seco del tallo (g)

Se procedió a seleccionar al menos tres plantas al azar dentro de cada parcela, repetición y frecuencia de corte, se separó las hojas de los tallos y se registró el peso en fresco del total de los tallos por cada planta, posteriormente los tallos se los seco en la estufa a 65 °C por 48 horas, para este procedimiento se utilizó una balanza analítica.

3.2.1.10. Biomasa forrajera (BF) (Kg/MS/ha⁻¹)

Para determinar esta variable se tomó una muestra representativa de cada parcela con la ayuda del disco para determinación de biomasa forrajera, se pesó en fresco las plantas seleccionadas al azar dentro de cada parcela, repetición y frecuencia de corte en cada edad de rebrote.

La muestra representativa fue colocadas en tendales plásticos y secada al sol al menos por 48 horas y se volvió a registrar el peso, este dato sirvió para determinar la humedad parcial; posteriormente se tomó 1 gramo de cada planta y se ingresó a la estufa por 48 horas a 65 °C y se realizaron los cálculos para la determinación de la materia seca real y establecer la biomasa forrajera por cada edad de rebrote.

3.2.1.11. Relación hoja tallo en número (Nº)

Para este procedimiento se tomó el número total de hojas por planta y se dividió para el número total de tallos, de esa manera se estableció la relación hoja/tallo.

3.2.1.12. Relación hoja tallo en peso (g)

Los pesos de las hojas secas fueron divididas para el peso de los tallos secos, de esa manera se estableció la relación hoja/tallo.

3.2.2. Procedimientos en la composición química

Para este propósito se procedió a submuestrear el material recolectado del que se obtuvo la humedad parcial; luego se tomó aproximadamente 1 kg de cada parcela (5 kg en total) el cual se llevó a la estufa a una temperatura de 65 °C durante 48 horas, posteriormente se procedió a molerlo en molino de criba de 2 mm.

3.2.2.1. Humedad

Se obtuvo por medio del método de secado en estufa aprobado por la AOAC, (1990) a 65 °C durante 48 horas. El contenido de humedad de los alimentos y pastos varía enormemente, agua es un constituyente principal en la mayoría de los productos alimenticios.

3.2.2.2. Cenizas Totales

Se obtuvo por medio del método seco aprobado por la AOAC, (1990). La incineración pasa a destruir toda la materia orgánica hasta que queda libre de carbón, cambia su naturaleza, las sales metálicas de los ácidos orgánicos se convierten en óxidos o carbonatos, o reaccionan durante la incineración para formar fosfatos, sulfatos o haluros.

3.2.2.3. Extracto Etéreo

Se obtuvo por medio del método Soxhlet aprobado por la AOAC, (1990). Es una extracción semi-continua con un disolvente orgánico. En este método el disolvente se calienta, se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente éste es sifonado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso.

3.2.2.4. Proteína Bruta

Se obtuvo por medio del método Kjeldhal aprobado por la AOAC, (1990). El método determina la materia nitrogenada total, la cual incluye tanto las no proteínas como las proteínas verdaderas, compromete dos pasos consecutivos:

3.2.2.5. Fibra Bruta

Se obtuvo por medio del método Wijkstrom aprobado por la AOAC, (1990). El método separa la parte digerible de la muestra, a los polisacáridos vegetales y la lignina que no se digieren las enzimas del tracto gastrointestinal; por medio de una digestión ácida con H₂SO₄ 7%, seguida de una con NaOH 22% que completa el ataque de hidratos de carbono iniciada por el ácido, solubiliza material hidrogenado, libera grasa y solubiliza las huminas formadas por la digestión ácida. El material remanente formado por fibra cruda, y materias minerales se seca y calcina. La diferencia de peso entre el residuo seco y el calcinado es la fibra cruda.

3.2.3. Procedimientos en la degradabilidad ruminal *in situ*

Se utilizó una cantidad de muestra de 300 g aproximadamente por cada parcela experimental y por cada edad del pasto, lo que nos dejó un total de 1.5 kg de muestra por edad de corte. Para la realización de la degradabilidad ruminal *in situ* se utilizó la técnica de la bolsa de nylon recomendada por McDonald *et al* (1999) (Gojon *et al.* 1998), (Hio & Rojas-Bourrilón, 1996), (Avellaneda *et al.* 2008) y (Chacón & Vargas, 2009). Se utilizaron cuatro bovinos hembra fistuladas ruminalmente, de raza mestiza, de aproximadamente 450 kg de peso vivo. Antes

de iniciar las pruebas de campo los cuatro animales cumplieron una fase de pre-experimentación durante 15 días, período en el cual fueron desparasitados y se los alimentó con una ración de mantenimiento a base de pasto, a fin de mantener estable el ambiente ruminal.

Las muestras a incubarse fueron previamente molidas en un molino marca *Thomas Wiley* con criba de 2 mm para luego ser secadas en la estufa antes de ser colocadas en bolsas de nylon de marca *Ankom* de tamaño 5 cm x 10 cm con tamaño de poro de 45 µm. Las bolsitas fueron identificadas con marcador de acetato y también fueron secadas en la estufa a 65 °C durante 48 horas, se le registro el peso a cada una de ellas.

La cantidad colocada en cada bolsita fue de 5 g más el duplicado por cada edad del pasto, fueron selladas utilizando bandas de goma, seguidamente se colocaron dentro del rumen de los animales fistulados atadas a una cadena de acero inoxidable para ser incubados durante ocho tiempos: 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas respectivamente; las muestras fueron introducidas en el rumen en orden decreciente de tiempo. Después de la extracción del rumen, las bolsas de nylon fueron lavadas en agua corriente fría en baldes hasta que el lavado las limpie y descolore. Las bolsas fueron sometidas a un secado previo al ambiente por un lapso de tiempo no menor a 2 días y luego se las colocó dentro de la estufa a 65 °C durante 48 horas. Posteriormente fueron pesadas en balanza analítica, registrando su peso seco. La degradabilidad ruminal se estudió a través de la degradación de la materia seca (MS). La determinación de la degradabilidad ruminal *in situ* se calculó en base al residuo que quedó en las bolsas de nylon luego de cada período de incubación dentro del rumen, utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{Degradabilidad} = \frac{\text{Cantidad inicial}(g) - \text{cantidad residual}(g)}{\text{Cantidad inicial}(g)} * 100$$

3.3. Instrumentos y recursos

La evaluación del comportamiento agronómico se la realizó en el área de pastizales de la Facultad de Ciencias Veterinaria de la Universidad Técnica de Manabí, la cual

brindó las facilidades para la realización del trabajo investigativo y permitió la utilización de un área aproxima 483 m² de pasto King grass verde establecido. Para la determinación de la degradabilidad ruminal se contó con la colaboración de la Facultad de Ciencias Veterinaria para la utilización de los animales ruminofistulados, así como también, del laboratorio de bromatología para los análisis correspondientes en la determinación de la composición química del pasto en sus diferentes edades. Además, se contó con la colaboración del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en su estación experimental Portoviejo para la realización de algunos procedimientos en el laboratorio de bromatología. Adicionalmente se tuvo la colaboración del laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

3.4. Diseño experimental

3.4.1. Diseño experimental en el comportamiento agronómico y composición química

El presente trabajo se encamino a evaluar un solo factor que fueron las edades de cosecha del pasto King grass verde (30, 45, 60 y 75 días), las plantas no expresan diferencias en el crecimiento y presentan una altura uniforme; la falta de variación en cuanto al desarrollo de la planta y debido a que en el terreno no existe una pendiente considerable hizo viable utilizar el diseño completamente al azar (DCA).

El diseño completamente al azar constó de cuatro tratamientos que fueron representados por las edades de rebrote del pasto (T1: 30, T2: 45, T3: 60 y T4: 75 días) y cinco repeticiones por tratamiento; siendo el factor en estudio la edad del rebrote, conformando así 20 unidades experimentales (parcelas) correspondientemente.

Los resultados de cada componente se interpretaron a través del correspondiente esquema de análisis de variancia presentado en el Tabla 4. Para la comparación de medias entre tratamientos se utilizó la Prueba de Tukey al 5% de la probabilidad.

Tabla 4. Esquema del Adeva para evaluar el comportamiento agronómico del pasto King grass verde

| Fuentes de variación | Grados de libertad |
|--------------------------------|---------------------------|
| Total | 19 |
| Edad de corte (30, 45, 60, 75) | 3 |
| Error | 16 |

3.4.2. Diseño experimental en la degradabilidad ruminal *in situ*

Se aplicó un diseño en bloque completamente al azar (DBCA), en donde los tratamientos fueron las cuatro edades del pasto (T1: 30, T2: 45, T3: 60 y T4: 75 días) Tabla 5.

Tabla 5. Esquema del Adeva para evaluar la degradabilidad ruminal *in situ* del pasto King grass verde

| Fuentes de variación | Grados de libertad |
|---------------------------------|---------------------------|
| Total | 15 |
| Tratamientos (30, 45, 60, 75) | 3 |
| Bloques (4 animales fistulados) | 3 |
| Error | 9 |

Todos los tratamientos fueron evaluados en cada animal en ocho tiempos dentro del rumen; el criterio de bloque fue representado por cada animal y la independencia del rumen de cada uno (cuatro bloques), cada uno de los factores fue introducido en el rumen en duplicado, aunque las dos representaron una repetición, lo que nos dejó un total de 64 muestras por animal.

3.5. Factores y tratamientos en el comportamiento agronómico

El experimento uno estuvo establecido por un solo factor que corresponde a la edad de cosecha (E) del pasto, los tratamientos correspondieron a las edades de rebrote del pasto a 30, 45, 60 y 75 días (b) respectivamente. El detalle de cada uno de los factores y niveles se presenta en la Tabla 6 y la descripción de los tratamientos se muestra en la Tabla 7.

Tabla 6. Descripción de los factores y niveles en el comportamiento agronómico

| Factores | Niveles | Simbología |
|---------------------|-------------------------|------------|
| Edad de cosecha (E) | 30 días de rebrote (b1) | Eb1 |
| | 45 días de rebrote (b2) | Eb2 |
| | 60 días de rebrote (b3) | Eb3 |
| | 75 días de rebrote (b4) | Eb4 |

Tabla 7. Descripción de los tratamientos en el comportamiento agronómico

| Nº | Símbolos | Descripción |
|----|----------|--------------------|
| 01 | Eb1 | 30 días de rebrote |
| 02 | Eb2 | 45 días de rebrote |
| 03 | Eb3 | 60 días de rebrote |
| 04 | Eb4 | 75 días de rebrote |

3.6. Factores y tratamientos en la degradación ruminal *in situ*

El experimento dos estuvo conformado por un solo factor que fue representado por las cuatro edades (E) de cosecha (30, 45, 60 y 75 días) del pasto, donde se evaluó

la degradación ruminal *in situ*, se utilizaron cuatro bovinos fistulados, cada bovino representó un bloque. Se evaluó la degradabilidad de MS de cada muestra independientemente (Tabla 8), en ocho tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas).

Tabla 8. Descripción de los factores y niveles de la degradabilidad *in situ*

| Factores | Niveles | Simbología |
|---------------------|--|-------------------|
| Edad de cosecha (E) | 30, 45, 60 y 75 días de rebrote (e1,e2,e3,e4) | (B1)e1e2e3e4 |
| | 30, 45, 60 y 75 días de rebrote (e1,e2,e3,e4) | (B2)e1e2e3e4 |
| | 30, 45, 60 y 75 días de rebrote (e1,e2,e3,e4) | (B3)e1e2e3e4 |
| | 30, 45, 60 y 75 días de rebrote (e1,e2,e3,e4) | (B4)e1e2e3e4 |

De la combinación de los niveles resultan los siguientes tratamientos expuestos en la Tabla 9.

Tabla 9. Descripción de los tratamientos en la degradabilidad *in situ*

| Nº | Símbolos | Descripción |
|-----------|-----------------|---------------------------------|
| 01 | e1e2e3e4 | 30, 45, 60 y 75 días de rebrote |
| 02 | e1e2e3e4 | 30, 45, 60 y 75 días de rebrote |
| 03 | e1e2e3e4 | 30, 45, 60 y 75 días de rebrote |
| 04 | e1e2e3e4 | 30, 45, 60 y 75 días de rebrote |

3.7. Variables de estudio

En el primer experimento del trabajo se evaluó el comportamiento agronómico del pasto en cada estado fenológico, enfocado a las siguientes variables: Altura de la

planta, número de hojas, longitud de la hoja, ancho de la hoja, número de tallos, longitud de tallo, diámetro del tallo, relación hoja : tallo (en número y en peso) y rendimiento de biomasa. Adicionalmente se realizó un análisis proximal del pasto en sus diferentes estados de rebrote para estimar la relación entre el rendimiento y la composición química de este.

El segundo experimento estuvo enfocado a calcular degradación ruminal de Materia Seca (MS) del pasto King grass verde en sus diferentes estados fenológicos (30, 45, 60 y 75 días). Cada una de las edades fueron analizadas luego de cada período de incubación dentro del rumen (0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas).

3.8. Métodos estadísticos

La presente investigación es de carácter experimental, pues se utilizó para probar la relación causa efecto entre las variables investigadas, las mismas que fueron controladas por el investigador. Por tratarse de un conjunto de procedimientos racionales y sistemáticos encaminados a hallar solución a un problema, está fundamentado en el método de investigación científica.

Por otra parte en este trabajo se utilizó la investigación explicativa y de monitoreo del desempeño porque permitió medir la biodisponibilidad de los nutrientes del pasto de acuerdo a la edad de corte del mismo, por consecuente esto nos llevó a obtener resultados de tipo cuantitativo y cualitativo de la relación causa efecto entre las variables evaluadas en el comportamiento agronómico, la composición química del pasto y la degradabilidad *in situ* de materia seca (MS).

3.8.1. Método estadístico en el comportamiento agronómico

Estuvo constituido por un solo factor que correspondió a la edad de cosecha (E) del pasto King grass verde (*Pennisetum hybridum*); los tratamientos correspondieron a las edades de rebrote del pasto (30, 45, 60 y 75 días). Siendo el modelo lineal aditivo el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} : Valor estimado de la variable

μ : Media general

t_i : Tratamientos (edades de corte)

ε_{ij} : Efecto del error

Para el análisis estadístico de datos en el primer experimento correspondiente al comportamiento agronómico se usó el procedimiento los modelos lineales generales del programa estadístico Minitab. (Minitab Inc., 2013).

3.8.2. Método estadístico en la degradabilidad *in situ*

En la segunda parte de la investigación se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, donde se evaluó la de degradación ruminal *in situ* de materia seca, en ocho tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 h), se utilizó cuatro bovinos fistulados, cada bovino representó un bloque, donde se calculó la degradabilidad de cada muestra. Siendo el modelo lineal aditivo el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + b_i + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Valor estimado de la variable

μ : Media general

t_i : Tratamientos (edades de corte)

b_i : Efecto del *i*ésimo bloque

ε_{ijk} : Efecto de error

La degradabilidad ruminal se estudió a través de la degradación de la materia seca (MS) se utilizó el programa estadístico Minitab. (Minitab Inc., 2013).

3.9. Manejo del experimento

3.9.1. Manejo del comportamiento agronómico

Para la evaluación del comportamiento agronómico se establecieron 20 parcelas experimentales de 4,5 m x 3 m separadas con calles de 1 m entre cada una de ellas y por el borde del área, dando una superficie total de 367,5 m². Una vez establecida el área de trabajo se realizó el balizamiento de las parcelas, en las cuales se sortearon las edades y sus respectivas repeticiones, distribuidas al azar. Posteriormente a la identificación de las parcelas se efectuó un corte de igualación a una distancia de 10 cm desde el suelo aproximadamente; luego de 30 días se procedió a la evaluación del primer rebrote del pasto y de forma consecutiva los días 45, 60 y 75.

El material que se utilizó para la evaluación de las variables correspondientes al comportamiento agronómico se tomó de la parcela útil que se la estableció eliminando el efecto de borde, reduciendo el tamaño de cada parcela 50 cm hacia el interior, dándonos una superficie de 3.5 m x 2 m respectivamente. El área en la que se realizó la investigación posee pasto establecido desde hace algunos años, no obstante se cumplió trabajos de control de maleza antes y durante la investigación mediante labores programadas para reducir cualquier efecto de competitividad entre plantas.

3.9.2. Manejo de la degradabilidad *in situ*

Se utilizaron cuatro bovinos hembras fistuladas ruminalmente, de raza mestiza, de aproximadamente 450 kg de peso vivo. Antes de iniciar las pruebas de campo los cuatro animales cumplieron una fase de pre-experimentación, durante 15 días, período en el cual fueron desparasitados y alimentados con una ración de

mantenimiento a base de pasto King grass verde a fin de mantener estable el ambiente ruminal.

Los cuatro animales fistulados se utilizaron para determinar la degradabilidad del forraje usando la técnica de las bolsas de nylon. Las muestras fueron colectadas a los 30, 45, 60 y 75 días de rebrote del pasto King grass verde (*Pennisetum hybridum*). Cada muestra (2 kg) en cada parcela fue cortada a 10 centímetros del suelo, las muestras fueron secadas en un horno de laboratorio, a 65 °C por 48 h, que posteriormente fueron molidas en un molino *Thomas Wiley*, con una criba de 2 mm para los estudios de degradabilidad ruminal.

Para los análisis de degradación ruminal *in situ* de materia seca, se utilizaron las muestras de las parcelas de todas las edades y se las incubo en los animales. Cada muestra (30, 45, 60 y 75 días) del forraje se incubo en cada bovino por los periodos de tiempo: 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados e interpretación

4.1.1. Efecto de la edad de corte sobre el comportamiento agronómico

Los resultados encontrados en esta investigación para las variables correspondientes al comportamiento agronómico se las evidencian en la Tabla 10. En lo que respecta al número de Hojas (N°), número de tallos (N°), ancho de Hojas (cm), PSH (g) y relación hoja tallo (N°) no presentaron diferencias ($P > 0.05$) con relación a la edad de corte, lo que coincide con lo expuesto por Alvarez & Castillo (2009) con algunos de los valores hayados en este trabajo.

La edad 75 fue superior en todas las variables analizadas en este trabajo ($P < 0.05$), excepto en la relación hoja/tallo (g), la cual no fue proporcionalmente positiva con el incremento de la edad debido a que la producción de material en forma de tallo superó a la producción de hoja, lo que coincide con lo publicado por Araya & Boschini (2005) quienes en esta variable encontraron valores decrecientes desde los 70 hasta los 140 días (1.14 g – 0.54 g) respectivamente. El desarrollo de las hojas puede estar afectado por muchos factores incluido la época del año, por ejemplo Teuber *et al.* (2007), mencionan que en épocas de invierno el desarrollo del material vegetativo de las gramíneas es mayor en relación a otras estaciones.

Para la variable altura de planta (cm) y longitud de tallo (cm), los valores fueron incrementándose paulatinamente conforme avanzó la edad del pasto ($P < 0.05$), estos datos tienen relación con lo expresado por Homen *et al.* (2010). Alvarez & Castillo (2009) sin embargo, mencionan valores para altura superiores a los de esta investigación, es así que reportan promedios en 30 días de 178.03 cm y a 75 días de 289.02 cm. Este efecto es conocido en las pasturas de corte del tipo *Pennisetum* que pueden obtener tamaños superiores a 3 m, tal como lo señala Cuesta (2000), sin embargo en el presente trabajo no existió diferencias entre los 60 y 75 días de rebrote.

La evaluación de la variable longitud de hojas (cm), presentó diferencias ($P < 0.05$), incrementándose gradualmente con las edades, resultado que está muy relacionado con lo publicado por Peñafiel (2012). Las hojas nacen en el ápice, primero como protuberancias microscópicas que se ubican alternadamente en el tallo y van aumentando en edad y tamaño, este es un proceso continuo durante la vida de un pasto (Teuber *et al.* 2007) .

En la investigación realizada por Arias (2012), reporta valores superiores en la variable diámetro de tallo conforme avanza la edad, lo cual es relativamente similar con los datos arrojados en esta investigación expresando diferencia entre las edades de corte ($P < 0.05$).

En el análisis de varianza para biomasa forrajera (kg MS ha^{-1}) y PSP (g), se encontró diferencias entre las edades ($P < 0.05$), siendo el mayor valor a los 75 y 60 días respectivamente, sin presentar divergencias entre ellas, continuando con las menores edades en orden descendente similar a lo reportado por Avellaneda *et al.* (2008), González *et al.* (2011) reportan también datos a los 70 días de 22.8 t/ha. La disponibilidad de material forrajero en la pradera crece paulatinamente en relación al aumento del estado fenológico de los pastos, aunque en ocasiones podrían existir factores que afecten su desarrollo normal, tal como lo indican Obispo *et al.* (2008).

Para la variable PST (g) el valor mayor lo obtuvo la edad 75, sin embargo no presentó diferencias con los menores estados fenológicos a excepción de la edad 30 ($P < 0.05$). Los datos expresados para esta variable en esta investigación se incrementaron gradualmente con la edad de corte, lo que se asemeja a lo expuesto por Peñafiel (2012).

Para la variable relación hoja/tallo (g), el mejor valor lo expresó la edad temprana y fue descendiendo conforme aumento la edad ($P < 0.05$), de manera similar se encontraron datos en la investigación realizada por Araya & Boschini (2005), por su parte Ibarra & León (2001) y Teuber *et al.* (2007), mencionan que las especies y cultivos de los pastos tropicales se caracterizan por presentar una amplia variación en las relaciones hoja/tallo.

Tabla 10. Efecto simple la edad de rebrote del pasto King grass verde en las variables del comportamiento agronómico

| Variables | Efecto de las Edades | | | | EEM | Prob. |
|-----------------------------------|----------------------|------------|------------|-----------|---------|--------|
| | 30 | 45 | 60 | 75 | | |
| Altura de Planta (cm) | 62.30 c | 126.63 b | 152.03 ab | 167.50 a | 10.0270 | <0.001 |
| Número de Hojas (Nº) | 220.00 a | 248.80 a | 238.20 a | 252.70 a | 40.9243 | 0.942 |
| Ancho de Hojas (cm) | 1.44 a | 1.71 a | 3.55 a | 2.21 a | 0.6302 | 0.129 |
| Longitud de Hojas (cm) | 52.29 b | 53.63 b | 75.16 a | 72.43 a | 3.2078 | <0.001 |
| Número de Tallos (Nº) | 34.90 a | 37.60 a | 34.80 a | 34.40 a | 6.4812 | 0.984 |
| Longitud de Tallos (cm) | 13.04 c | 19.34 bc | 26.23 ab | 35.73 a | 2.4888 | <0.001 |
| Diámetro de Tallos (cm) | 0.72 b | 0.82 b | 0.88 b | 1.15 a | 0.0613 | 0.001 |
| Biomasa (kg MS ha ⁻¹) | 686.00 c | 1272.00 bc | 2422.00 ab | 2932.00 a | 355.45 | 0.001 |
| PSP (g) | 68.60 c | 127.20 bc | 242.20 ab | 293.20 a | 35.5443 | 0.001 |
| PSH (g) | 38.53 a | 94.90 a | 125.30 a | 123.40 a | 26.4726 | 0.113 |
| PST (g) | 20.75 b | 71.30 ab | 110.00 ab | 120.30 a | 25.8689 | 0.059 |
| Relación hoja tallo (g) | 2.19 a | 1.74 ab | 1.16 b | 1.05 b | 0.2000 | 0.003 |
| Relación hoja tallo (Nº) | 6.04 a | 6.97 a | 6.65 a | 7.51 a | 14.8189 | 0.200 |

a, b, c Promedios con letras diferentes en las filas difieren estadísticamente (Tukey, $p < 0.05$). PSP: Peso seco de la planta; PSH: Peso seco de la hoja; PST: Peso seco del tallo.

4.1.2. Efecto de la edad de corte sobre la composición química

Los resultados encontrados en esta investigación para las variables correspondientes a la composición química se las evidencian en la Tabla 11. El análisis de varianza detectó diferencias para la composición química en relación a las edades de corte del pasto. La materia seca (%) se incrementó conforme aumento la edad de la planta, obteniéndose el mayor valor a la edad 75, sin embargo, se encontró diferencias solo con la menor edad de corte ($P < 0.05$). Se coincide con valores obtenidos por Ibarra & León (2001) quienes describen que estos bajos rendimientos son característicos de algunos *Pennisetum*, además González *et al.* (2011) reportan resultados similares a los de este trabajo con una MS mayor (35.5%) a los 70 días.

La proteína total (%) expresó mejor porcentaje ($P < 0.05$) a los 30 días, no obstante, se observó un descenso a los 45 días y posteriormente la proteína fue disminuyendo conforme aumento la edad, sin embargo los valores encontrados en este trabajo fueron menores a los reportados por Chacón & Vargas (2009) quienes exponen valores superiores a los 60 (9.56%) y 75 días (8.70%). En la investigación realizada por Márquez *et al.* (2007) se reportó una disminución progresiva de la proteína paralelo al aumento de la edad, del mismo modo, Fernández *et al.* (2012) aseguran que a medida que aumenta la edad de la planta, la actividad metabólica tiende a ser menor, se reduce el contenido de carbohidratos solubles y disminuye la síntesis proteica. El descenso de la proteína a los 45 días se debió a que en ese periodo de evaluación se presentó un problema técnico del sistema de riego por un lapso de una semana y es probable que la planta haya experimentado un estrés hídrico. Existen varios factores internos y externos que limitan la producción de un material forrajero, entre los factores externos más importantes se encuentra el clima (Araya & Boschini, 2005). González *et al.* (2011) expresan valores mayores en esta variable analizada a similares edades (28, 42, 56 y 70) encontrando promedios de 18.50, 14.90, 13.00 y 11.20% respectivamente.

Para la evaluación de fibra cruda (%) se evidenció un aumento progresivo con el acrecentamiento de la edad, el mayor valor lo presentó la edad 75, sin embargo

existió un ligero incremento de la fibra en la edad 45 que está muy relacionada con la reducción de la proteína, este aspecto se justifica de manera similar por la falta de riego en ese periodo de evaluación del pasto. En esta investigación solo se encontró diferencias ($P < 0.05$) entre las edades 75 y 30, respectivamente. En el experimento realizado por Ramírez *et al.* (2008) reportan datos similares para esta variable en relación a la edad de la pastura.

En lo correspondiente a FND (%) y FDA (%), se encontró diferencias ($P < 0.05$) y una tendencia a aumentar sus valores con la edad de madurez de la planta, los valores más altos se presentaron en las edades 60 y 75, respectivamente sin presentar diferencias entre sí, por otro lado, los menores valores los compartieron las edades 45 y 30 paulatinamente lo que coincide en la investigación publicada por de Dios (2012). Resultados similares se pudieron evidenciar en el experimento realizado por González *et al.* (2011) encontrando a los 56 y a los 70 días los promedios más altos para FDN (56.50% y 63.30%) y FDA (37.30% y 45.40%) respectivamente.

Los valores encontrados en ceniza (%) durante las dos primeras edades de corte no presentaron diferencias ($P > 0.05$), posteriormente estas decrecieron paulatinamente a partir del día 60 y 75, respectivamente. En relación a esta variable Ibarra & León, (2001) y Araya & Boschini (2005) exponen resultados similares en su investigación.

El mayor contenido de extracto etéreo ($P < 0.05$) se obtuvo a los 30 días de rebrote, posteriormente estos valores disminuyeron en la edad 75, 60 y 45 respectivamente. Estos datos tienen similitud a los resultados encontrados por Soto *et al.* (2005); Peñafiel (2012) y Sarmiento (2012).

Los resultados en ELN (%) los valores máximos se presentaron en la edad 75 y 60 respectivamente, por consiguiente, los valores fueron menores en las edades tempranas ($P < 0.05$). En relación a este resultado Estrada (2002) señala que el valor nutritivo de las pasturas disminuyen conforme aumenta su madurez debido al incremento de las fracciones lignificantes, debido al descenso del metabolismo.

Tabla 11. Efecto simple la edad de rebrote del pasto King grass verde en la composición química

| Variables | Efecto de las Edades | | | | EEM | Prob. |
|---------------------|----------------------|----------|----------|----------|--------|--------|
| | 30 | 45 | 60 | 75 | | |
| Materia Seca (%) | 19.79 b | 21.72 ab | 22.44 ab | 24.45 a | 0.9293 | 0.021 |
| Proteína Total (%) | 8.12 a | 4.48 b | 5.05 b | 4.35 b | 0.2309 | <0.001 |
| Fibra Cruda (%) | 26.71 b | 28.77 ab | 28.43 ab | 29.96 a | 0.5450 | 0.006 |
| FDN (%) | 58.16 b | 62.27 ab | 67.57 a | 67.15 a | 1.6935 | 0.003 |
| FDA (%) | 29.88 b | 36.16 ab | 36.77 a | 38.26 a | 1.5691 | 0.008 |
| Ceniza (%) | 19.01 ab | 19.68 a | 17.01 b | 13.59 bc | 0.5807 | <0.001 |
| Extracto Etéreo (%) | 1.86 a | 0.99 b | 1.12 b | 1.30 b | 0.1137 | <0.001 |
| ELN (%) | 44.29 c | 46.08 bc | 48.39 ab | 50.79 a | 0.9347 | 0.001 |

a, b, c Promedios con letras diferentes en las filas difieren estadísticamente (Tukey, $p < 0.05$).

4.1.3. Efecto de la edad sobre la degradabilidad *in situ*

El análisis de la degradabilidad de materia seca (MS) del pasto king grass manifestó diferencias ($P < 0.05$) en relación a las edades de corte, la mayor degradación se mostró a la edad 30 en todos los tiempos de incubación. Las edades 60 y 75 no presentaron diferencias hasta las 6 horas de incubación, sin embargo, posterior a este periodo se evidencian diferencias hasta la hora 96, respectivamente. El menor porcentaje de degradación se expresó en la edad 45 ($P < 0.05$) especialmente en los mayores tiempos dentro del rumen (Tabla 13).

Es conocido que la degradación de la materia seca disminuye gradualmente mientras la edad del pasto aumenta, Boschini & Amador (2001) exponen una reducción progresiva del 75 al 90% de la degradabilidad, sin embargo, este comportamiento no se observó en la edad 45 ($P < 0.05$). Tal hallazgo probablemente se debió a la ausencia de riego en esta edad que se vio afectada de manera similar en la composición química tal como se lo muestra en la Tabla 11. Existen factores directos e indirectos que intervienen en la composición y estructura vegetal de un pasto, condiciones climáticas, características del suelo, estado fenológico y la especie; las cuales a su vez, pueden influir en las características de su degradabilidad en el rumen (Van Straalen & Tamminga, 1990, citado de Pulido & Leaver, 2000).

La edad 75 y 60 reflejaron diferencias ($P < 0.05$) en lo referente a la degradación *in situ* de materia seca hasta las 6 horas, posterior a este periodo se observó variaciones a partir de las 12 horas de incubación, expresando un menor porcentaje la edad 75 en comparación a la edad 60 de rebrote (Tabla 13). Sin embargo la investigación realizada por Chacón & Vargas (2009) consideran que las edades 60 y 75 del pasto King grass son las mejores tomando en cuenta que estas presentan el mejor perfil nutritivo, aunque Rosthoj y Branda (2001), citado de Chacón & Vargas (2009) expresan que la edad óptima es a los 90 días donde se puede aprovechar al máximo el contenido nutricional del forraje y la degradabilidad.

Tabla 12. Efecto simple de la edad de corte en la degradabilidad *in situ* de materia seca (MS) del pasto King grass verde (*Pennisetum hybridum*) verde en ocho tiempos de incubación

| Horas de Incubación | Edad de corte | | | | EEM | Prob. |
|---------------------|---------------|---------|----------|---------|--------|--------|
| | 30 | 45 | 60 | 75 | | |
| 0 | 24.82 a | 18.42 b | 21.47 ab | 18.89 b | 0.9259 | 0.003 |
| 3 | 29.31 a | 19.09 d | 22.97 b | 21.17 c | 0.2812 | <0.001 |
| 6 | 30.31 a | 19.81 c | 24.27 b | 23.45 b | 0.4364 | <0.001 |
| 12 | 37.70 a | 25.98 c | 31.96 b | 28.03 c | 0.5781 | <0.001 |
| 24 | 45.99 a | 32.00 c | 38.52 b | 33.59 c | 0.5971 | <0.001 |
| 48 | 65.19 a | 46.37 d | 56.67 b | 50.63 c | 0.7331 | <0.001 |
| 72 | 69.73 a | 49.99 b | 67.51 a | 57.79 b | 1.9837 | <0.001 |
| 96 | 69.32 a | 49.98 d | 64.04 b | 60.04 c | 0.7278 | <0.001 |

a, b, c, d Promedios con letras diferentes en las filas difieren estadísticamente (Tukey, $p < 0.05$).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al margen de los resultados en esta investigación se determinó que la mejor edad para el pasto king grass verde fue a los 45 y 60 días de rebrote, esto en relación al comportamiento agronómico.

La edad 30 del pasto king grass expresó mayor degradación de MS y mejor porcentaje de proteína, sin embargo, el rendimiento de biomasa forrajera (kg/MS/ha^{-1}) fue menor en comparación con la edad 45 y 60, respectivamente las cuales registraron un menor porcentaje proteico, aunque por lo contrario, expresaron mejor rendimiento en la biomasa, lo que compensaría el déficit nutritivo.

Los mayores valores en degradabilidad de materia seca se observaron a los 30 días en todos los tiempos de incubación, no obstante, si se relaciona este porcentaje con el rendimiento del pasto este aspecto fue muy reducido en comparación a la edad 60. La edad 45 expresó los más bajos porcentajes en degradabilidad de materia seca, incluso en relación a la edad 75.

5.2. Recomendaciones

Considerando los resultados arrojados en este trabajo se sugiere la utilización del pasto king grass verde a la edad 45 y 60 de rebrote.

Se hace necesaria la realización de nuevos trabajos evaluando esta pastura adicionando fertilizantes orgánicos o químicos para su valoración nutritiva.

BIBLIOGRAFÍA

- Akers, M., & Denbow, M. (2008). *Anatomy & Physiology of Domestic Animals* (Primera ed.). Ames, Iowa, United States: Blackwell Publishing.
- Alvarez, H., & Castillo, C. (2009). Comportamiento agronómico y valor nutricional de cinco especies de pasto de corte. Mocache, Los Rios, Ecuador. Recuperado el 3 de Marzo de 2015
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis* (15th Ed. ed.). Arlington, Virginia, USA.
- Araya, M., & Boschini, C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de Pennisetum purpureum en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, XVI(1), 37-43.
- Arce, C., Arbaiza, T., Carcelén, F., & Lucas, O. (2003). Estudio comparativo de la digestibilidad de forrajes mediante dos métodos de laboratorio. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, XIV(1), 7-12.
- Arias, J. (2012). Comportamiento agronómico y valor nutricional de tres variedades de pastos Pennisetum para corte en la zona de Pichilingue Provincia de Los Rios. Babahoyo, Los Rios, Ecuador.
- Avellaneda, J., Cabezas, F., Quintana, G., Luna, R., Montañez, O., Espinoza, I., . . . Pinargote, E. (2008). Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de Brachiaria en diferentes edades de cosecha. *Ciencia y Tecnología*, I(2), 87-94.
- Boschini, C. (2001). Degradabilidad in situ de la materia seca, proteína y fibra del forraje morera (Morus alba). *Agronomía Mesoamericana*, XII(1), 79-87.
- Boschini, C., & Amador, A. (2001). Degradabilidad ruminal de la planta de sorgo negro forrajero (Sorghum almun) en diferentes etapas de crecimiento. *Agronomía Mesoamericana*, XII(2), 169-174. Recuperado el 20 de 04 de 2015
- Canchila, E., Soca, M., Wencomo, H., Ojeda, F., Mateus, H., Romero, E., . . . Canchila, N. (2011). Comportamiento agronómico de siete accesiones de

- Brachiaria humidicola durante la fase de establecimiento . *Pastos y Forrajes*, XXXIV(2), 155-166.
- Chacón, P., & Vargas, C. (2009). Digestibilidad y calidad del Pennisetum purpureum cv. king grass a tres edades de rebrote. *Agronomía Mesoamericana*, XX(2), 400-408.
- Cuesta, P. (2000). *Biblioteca del campo, Manual Agropecuario*. Recuperado el 10 de Marzo de 2015
- Cunningham, J., & Klein, B. (2009). *Fisiología Veterinaria* (Cuarta ed.). Barcelona, España: Elsevier.
- De Dios, G. (2012). Producción de biomasa y valor nutritivo del pasto Cuba CT_115 (Pennisetum purpureum) en un suelo cambisol. Cardenas, Tabasco, Mexico. Recuperado el 25 de 04 de 2015
- Dos Santos, E., da Silva, D., & de Queiroz, J. (2001). Composição Química do Capim-Elefante cv. Roxo Cortado em Diferentes Alturas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, XXX(1), 18-23.
- Echeverri, J., Restrepo, L., & Parra, J. (2010). Evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo Pennisetum clandestinum bajo dos metodologías de fertilización. *Revista Lasallista de Investigación*, VII(2), 94-100.
- Espinoza, F., Argenti, P., Gil, J., León, L., & Perdomo, E. (2001). Evaluación del pasto King grass (Pennisetum purpureum cv. King grass) en asociación con leguminosas forrajeras. *Zootecnia Tropical*, XIX(1), 59-71.
- Estrada, J. (2002). *Pastos y Forrajes para el Trópico Colombiano*. Manizales: Universidad de Caldas.
- FAO. (2004). Perfiles por País del Recurso Pastura/Forraje. ECUADOR. Recuperado el 30 de Noviembre de 2013, de <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/PDF%20files/Ecuador-Spanish.pdf>

- Fernández, J., Gómez, I., & Cordoví, E. (2012). Efecto de la edad de rebrote en el rendimiento y contenido proteico del pasto brachiaria humidicola cv CIAT-609 en un suelo vertisol. *Revista Produccion Animal*, 1-6.
- Gagliostro, G., & Gaggiotti, M. (2002). *produccionbovina.com.ar*. Recuperado el 11 de Marzo de 2014, de http://www.produccionbovina.com.ar/tablas_composicion_alimentos/14-avalalimentos.pdf
- 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. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, XX, 269-279.
- Gojon, H., Siqueiros, D., & Hernández, H. (Agosto de 1998). Digestibilidad ruminal y degradabilidad in situ de *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum* spp. en ganado bovino. *Ciencias Marinas*, XXIV(4), 463-481.
- Gonzales, D., Ruiz, M., Romero, F., & Pezo, D. (1990). Recomendaciones sobre la utilización de los métodos in vitro, in situ y enzimático en el estudio de la digestión de los alimentos. En M. Ruiz, & A. Ruiz, *Nutrición de Rumiantes* (Primera ed., págs. 127-139). San José, Costa Rica: Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica.
- González, 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. XXIX(1), 103-112. Recuperado el 25 de 04 de 2015
- Guerrero, J. (2012). Comportamiento agronómico y valor nutritivo de tres pastos king grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*), king grass morado (*Pennisetum* spp) y maralfalfa (*Pennisetum hybridum*). Quevedo, Los Rios, Ecuador.
- Herrera, R. (2009). Mejoramiento de *Pennisetum purpureum* en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, XLIII(4), 345-349.

- Hio, S., & Rojas-Bourrilón, A. (Marzo de 1996). Parametros ruminales y degradabilidad de forrajes en toretes consumiendo ensilaje de fruto pejíbaye. *Agronomía Costarricense*, XX(2), 159-165.
- Homen, M., Entrena, I., Arriojas, L., & Ramia, M. (2010). Biomasa y valor nutritivo del pasto Guinea *Megathyrus maximus* (jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs. Gamelote en diferentes periodos del año en la zona del bosque humedo tropical, Barlovento estado Miranda. *Zootecnia Tropical*, XXVIII(2), 255-264.
- Ibarra, G., & León, J. (2001). Comportamiento bajo corte de dos variedades de *Pennisetum purpureum*: Taiwan 801-4 y Taiwan 144 en condiciones de secano. *Produccion Animal*, XIII(1), 31-35.
- Inamhi. (Mayo de 2014). *Inamhi.gob.ec*. Recuperado el 01 de Mayo de 2015, de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/#>
- INEC. (2011). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). Quito, Pichincha, Ecuador.
- López, S. (2005). In vitro and in situ techniques for estimating digestibility. En E. Dijkstra, J. Forbes, & J. Francia, *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism* (Segunda ed., págs. 87-121). CABI.
- Mancilla, & Chica, J. (2011). Evaluacion agronómica y valor nutricional de seis pastos de corte en el Cantón El Carmen. Quevedo, Los Rios, Ecuador.
- Márquez, F., Sánchez, J., Urbano, D., & Dávila, C. (2007). Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). 1. Rendimiento y contenido de proteína. *Zootecnia Tropical*, XXV(4), 253-258. Recuperado el 20 de 04 de 2015
- McDonald, Edwards, Greenhalgh, & Morgan. (1999). *Nutricion Animal* (Quinta ed.). ACRIBIA, S.A.
- Medina, M., García, D., Lamela, L., Domínguez, C., Baldizán, A., & Torres, A. (2006). Producción de biomasa forrajera de morera (*Morus alba* Linn.)

- asociada con gramínea en condiciones de pastoreo simulado. *Pastos y Forrajes*, XXIX(3), 269-275.
- Mejía, J. (2002). Consumo Voluntario de Forraje por Rumiantes en Pastoreo. *Acta Universitaria*, XII(3), 56-63.
- Minitab Inc. (2013). Minitab® 17.1.0.
- Mora, I. (1991). *Nutricion Animal*. San Jose, Costa Rica: EUNED.
- Navarro, C., Diaz, J., Roa, M., & Cuellar, E. (2011). Comparación de la técnica de digestibilidad in vitro con la in situ de diez forrajes en bovinos rumino-fistulados en el piedemonte llanero del Meta. *Revista Sistema de Produccion Agroecologicas*, II(2), 2-24.
- Obispo, N., Espinoza, Y., Gil, J., Ovalles, F., & Rodriguez, M. (2008). Efecto de sombreado sobre la producción y calidad del pasto guinea (*Panicum maximun*) en un sistema silvopastoril. *Zootecnia Tropical*, XXVI(3), 285-289.
- Orskov, E., DeB Hovell, F., & Mould, F. (1980). The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production*, V(3), 195-2132.
- Osorio, W., & Rodriguez, J. (2010). Efecto de fertilizacion y frecuencia de corte en la digestibilidad y contenido de fibra de *Pennisetum purpureum*. *Tierra Tropical*, VI(1), 51-61.
- Pedraza, R. (2001). Estimacion del valor nutritivo de los alimentos para rumiantes con énfasis a las técnicas in sacco y de produccion de gas in vitro. *Produccion Animal*, XIII(1), 45-51.
- Pereira, V., Machado, M., Sousa, A., Souza, C., Campos, A., & Da Silva, F. (2008). Diversidade genética entre acessos de capim-elefante obtida com marcadores moleculares. *Revista Brasileira de Zootecnia*, XXXVII(7), 1216-1221.
- Pulido, R., & Leaver, J. (2000). Degradabilidad ruminal del forraje disponible en la pradera y del aparentemente consumido por vacas lecheras. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, XXXV(5), 1003-1009.

- Quin, J., Wath, G., & Myburgh, S. (1938). Studies on the alimentary canal of Merino sheep in South Africa. *Onderstepoort Journal of Veterinary Science and Animal Industry*(11), 341-360.
- Ramírez, J., Verdecia, D., & Leonard, I. (2008). Rendimiento y caracterización química del Pennisetum Cuba CT 169 en un suelo pluvisol (Yield and Chemical composition of the grass Pennisetum Cuba CT 169) . *Revista Electronica de Veterinaria, IX*(5), 1-10. Recuperado el 22 de 04 de 2015
- Ramirez, R., Martell, A., & Lozano, F. (Julio de 2001). Valor nutricional y degradabilidad ruminal del zacate buffel y nueve zacates nativos del NE de México. *Ciencia UANL, IV*(3), 314-321.
- Ramos, O., Canul, J., & Duarte, F. (Enero de 2012). Produccion de tres variedades de Pennisetum purpureum fertilizadas con dos diferentes fuentes nitrogenadas en Yucatan, Mexico. *Revista Bio Ciencias, II*(2), 60-68.
- Razz, R., Clavero, T., & Vergara, J. (2004). Cinetica de degradacion insitu de la Leucaena leucocephala y Panicum maximum. *Revista Cientifica, XIV*(5), 424-430.
- Romero, F. (1990). Utilizacion de la técnica de digestión in situ para la caracterización de forrajes. En M. Ruiz, & A. Ruiz, *Nutrición de Rumiantes: Guia Metodológica de la Investigación* (Primera ed., págs. 105-114). San José, Costa Rica: Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica.
- Sarmiento, H. (2012). Comportamiento Agronómico y valor nutricional de tres pastos de corte de pasto guatemala (*Tripsacum laxum*), pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) y CT-115 (*Pennisetum* spp) en el Cantón Camilo Ponce Enriquez, Provincia del Azuay. Quevedo, Los Rios, Ecuador. Recuperado el 18 de Abril de 2015
- Soto, C., Valencia, A., Galvis, R., & Correa, H. (2005). Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y protéico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, XVIII*(1), 17-26. Recuperado el 26 de 04 de 2015

- Teuber, N., Balocchi, O., & Parga, J. (Octubre de 2007). Manejo del Pastoreo. Osorno, Araucania, Chile: Ayub Publicidad. Recuperado el 10 de 03 de 2015
- Torres, G., Arbaiza, T., Carcelén, F., & Lucas, O. (2009). Comparación de las técnicas in situ, in vitro y enzimática (celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, XX(1), 5-9.
- Udén, P., & Van Soest, P. (1984). Investigations of the In Situ Bag Technique and a Comparison of the Fermentation in Heifers, Sheep, Ponies and Rabbits. *Journal of Animal Science*, LVIII(1), 213-221.
- Valenciaga, D., Chongo, B., & La O, O. (2001). Caracterización del clon Pennisetum CUBA CT-115. Composición química y degradabilidad ruminal de la materia seca. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, XXXV(4), 349-354.
- Vargas, C. (2005). Valoración nutricional y degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum* sp). *Agronomía Mesoamericana*, XVI(2), 215-223.
- Villalobos, C., Gonzales, E., & Ortega, J. (Mayo de 2000). Técnicas para estimar la degradación de proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. *Técnica Pecuaria de México*, XXXVIII(2), 119-134.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de la variable altura de planta (cm) en el comportamiento agronómico.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 32265 | 10755.1 | 21.39 | <0.001 |
| Error | 16 | 8044 | 502.7 | | |
| Total | 19 | 40309 | | | |

Anexo 2. Análisis de varianza de la variable número de hojas en el comportamiento agronómico.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 3210 | 1070 | 0.13 | 0.942 |
| Error | 16 | 133981 | 8374 | | |
| Total | 19 | 137191 | | | |

Anexo 3. Análisis de varianza de la variable longitud de hojas (cm) en el comportamiento.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 2194.4 | 731.45 | 14.22 | <0.001 |
| Error | 16 | 823.2 | 51.45 | | |
| Total | 19 | 3017.6 | | | |

Anexo 4. Análisis de varianza de la variable ancho de hojas (cm) en el comportamiento agronómico.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 13.04 | 4.346 | 2.19 | 0.129 |
| Error | 16 | 31.78 | 1.986 | | |
| Total | 19 | 44.81 | | | |

Anexo 5. Análisis de varianza de la variable peso seco de hojas (g) en el comportamiento agronómico.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 24545 | 8182 | 2.34 | 0.113 |
| Error | 16 | 56061 | 3504 | | |
| Total | 19 | 80606 | | | |

Anexo 6. Análisis de varianza de la variable número de tallos en el comportamiento agronómico.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 32.24 | 10.75 | 0.05 | 0.984 |
| Error | 16 | 3360.40 | 210.03 | | |
| Total | 19 | 3392.64 | | | |

Anexo 7. Análisis de varianza de la variable longitud de tallos (cm) en el comportamiento agronómico.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 1418.7 | 472.91 | 15.27 | <0.001 |
| Error | 16 | 495.6 | 30.97 | | |
| Total | 19 | 1914.3 | | | |

Anexo 8. Análisis de varianza de la variable diámetro de tallos (mm) en el comportamiento agronómico.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 0.5056 | 0.16853 | 8.98 | 0.001 |
| Error | 16 | 0.3003 | 0.01877 | | |
| Total | 19 | 0.8059 | | | |

Anexo 9. Análisis de varianza de la variable peso seco de tallos (g) en el comportamiento agronómico.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 30548 | 10183 | 3.04 | 0.059 |
| Error | 16 | 53532 | 3346 | | |
| Total | 19 | 84080 | | | |

Anexo 10. Análisis de varianza de la variable Biomasa Forrajera (kg/MS/ha⁻¹) en el comportamiento agronómico.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 15920213 | 5306738 | 8.40 | 0.001 |
| Error | 16 | 0107302 | | | |
| Total | 19 | 26027514 | | | |

Anexo 11. Análisis de varianza de la variable relación hoja tallo en número (N^o) en el comportamiento.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 5.711 | 1.904 | 1.73 | 0.200 |
| Error | 16 | 17.574 | 1.098 | | |
| Total | 19 | 23.285 | | | |

Anexo 12. Análisis de varianza de la variable relación hoja tallo en peso (g) en el comportamiento agronómico.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 4.202 | 1.4007 | 7.00 | 0.003 |
| Error | 16 | 3.200 | 0.2000 | | |
| Total | 19 | 7.402 | | | |

Anexo 13. Análisis de varianza de la Materia Seca (%) en la composición química del pasto king grass.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 55.47 | 18.490 | 4.28 | 0.021 |
| Error | 16 | 69.09 | 4.318 | | |
| Total | 19 | 124.56 | | | |

Anexo 14. Análisis de varianza de la Proteína total (%) en la composición química del pasto king grass.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 46.940 | 15.6467 | 58.72 | <0.001 |
| Error | 16 | 4.264 | 0.2665 | | |
| Total | 19 | 51.204 | | | |

Anexo 15. Análisis de varianza de Fibra Cruda (%) en la composición química del pasto king grass.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 27.01 | 9.004 | 6.06 | 0.006 |
| Error | 16 | 23.76 | 1.485 | | |
| Total | 19 | 50.77 | | | |

Anexo 16. Análisis de varianza de FDN (%) en la composición química del pasto king grass.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 298.0 | 99.34 | 6.93 | 0.003 |
| Error | 16 | 229.4 | 14.34 | | |
| Total | 19 | 527.4 | | | |

Anexo 17. Análisis de varianza de FDA (%) en la composición química del pasto king grass.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 206.2 | 68.73 | 5.58 | 0.008 |
| Error | 16 | 197.00 | 12.31 | | |
| Total | 19 | 403.2 | | | |

Anexo 18. Análisis de varianza de Ceniza (%) en la composición química del pasto king grass.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 111,97 | 37,323 | 22,13 | <0.001 |
| Error | 16 | 26,98 | 1,686 | | |
| Total | 19 | 138,95 | | | |

Anexo 19. Análisis de varianza de Extracto Etéreo (%) en la composición química del pasto king grass.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 2.246 | 0.74855 | 11.58 | <0.001 |
| Error | 16 | 1.034 | 0.06465 | | |
| Total | 19 | 3.280 | | | |

Anexo 20. Análisis de varianza de Extracto Libre de Nitrógeno (%) en la composición química del pasto king grass.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 119.32 | 39.775 | 9.11 | 0.001 |
| Error | 16 | 69.88 | 4.368 | | |
| Total | 19 | 189.21 | | | |

Anexo 21. Análisis de varianza de DMS_{h0} (%) en la degradabilidad *in situ* del pasto King grass verde.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 103.76 | 34.586 | 10.09 | 0.003 |
| Bloques | 3 | 71.74 | 23.912 | 6.97 | 0.010 |
| Error | 9 | 30.86 | 3.429 | | |
| Total | 15 | 206.35 | | | |

Anexo 22. Análisis de varianza de DMS_h3 (%) en la degradabilidad *in situ* del pasto King grass verde.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 233.639 | 77.8798 | 246.11 | <0.001 |
| Bloques | 3 | 25.400 | 8.4666 | 26.76 | <0.001 |
| Error | 9 | 2.848 | 0.3164 | | |
| Total | 15 | 261.887 | | | |

Anexo 23. Análisis de varianza de DMS_h6 (%) en la degradabilidad *in situ* del pasto King grass verde.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 227.706 | 75.9020 | 99.64 | <0.001 |
| Bloques | 3 | 26.140 | 8.7134 | 11.44 | 0.002 |
| Error | 9 | 26.140 | 0.7618 | | |
| Total | 15 | 260.702 | | | |

Anexo 24. Análisis de varianza de DMS_h12 (%) en la degradabilidad *in situ* del pasto King grass verde.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 318.97 | 106.322 | 79.55 | <0.001 |
| Bloques | 3 | 28.18 | 9.394 | 7.03 | 0.010 |
| Error | 9 | 12.03 | 1.337 | | |
| Total | 15 | 359.18 | | | |

Anexo 25. Análisis de varianza de DMS_h24 (%) en la degradabilidad *in situ* del pasto King grass verde.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 474.86 | 158.285 | 110.96 | <0.001 |
| Bloques | 3 | 27.21 | 9.069 | 6.36 | 0.013 |
| Error | 9 | 12.84 | 1.426 | | |
| Total | 15 | 514.90 | | | |

Anexo 26. Análisis de varianza de DMS_h48 (%) en la degradabilidad *in situ* del pasto King grass verde.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 799.44 | 266.479 | 123.96 | <0.001 |
| Bloques | 3 | 49.64 | 16.547 | 7.70 | 0.007 |
| Error | 9 | 19.35 | 2.150 | | |
| Total | 15 | 868.43 | | | |

Anexo 27. Análisis de varianza de DMS_h72 (%) en la degradabilidad *in situ* del pasto King grass verde.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 999.7 | 333.24 | 21.18 | <0.001 |
| Bloques | 3 | 142.5 | 47.50 | 3.02 | 0.087 |
| Error | 9 | 141.6 | 15.74 | | |
| Total | 15 | 1283.8 | | | |

Anexo 28. Análisis de varianza de DMS_h96 (%) en la degradabilidad *in situ* del pasto King grass verde.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| EDAD DE CORTE | 3 | 803.23 | 267.743 | 126.37 | <0.001 |
| Bloques | 3 | 357.64 | 119.214 | 56.27 | <0.001 |
| Error | 9 | 19.07 | 2.119 | | |
| Total | 15 | 1179.94 | | | |

FIGURAS

Figura 1. Selección del área de pastizales para la experimentación



Figura 2. Delimitación y corte de igualación de pasto



Figura 3. Balizamiento e identificación de las parcelas experimentales



Figura 4. Evaluación de las variables del comportamiento agronómico del pasto King grass verde



Figura 5. Pre-secado del material forrajero al sol en tendales de plástico



Figura 6. Análisis del material forrajero en el laboratorio para determinación de Materia Seca (MS)



Figura 7. Preparación de las muestras para la determinación de la composición química mediante análisis bromatológicos



Figura 8. Fistulación de animales para el experimento correspondiente a la degradabilidad ruminal *in situ* del pasto King grass verde



Figura 9. Preparación del material forrajero que se utilizó en la degradabilidad *in situ*



Figura 10. Adaptación de los animales a una sola fuente forrajera para la degradación ruminal *in situ*



Figura 11. Colocación del material forrajero en el rumen de los animales fistulados en los diferentes tiempos de incubación



Figura 12. Extracción de las muestras después de la incubación



Figura 13. Lavado de las bolsitas pos incubación



Figura 14. Secado previo al ambiente de las bolsitas con material pos incubado antes del ingreso a la estufa

