1859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

"Valor nutritivo y digestibilidad de dos gramíneas de clima templado o sierra: kikuyo (Penisetum clandestinum) y grama (Cynodon dactylon) a tres edades de cosecha"

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA.

AUTOR:

Luis Alfredo Guenca Ludeña

DIRECTOR:

Dr. Edgar Lenin Aguirre Riofrío, Mg. Sc.

LOJA – ECUADOR

2011

VALOR NUTRITIVO Y DIGESTIBILIDAD DE DOS GRAMÍNEAS DE CLIMA TEMPLADO O SIERRA: KIKUYO (PENNISETUM CLANDESTINUM) Y GRAMA (CYNODON DACTYLON), A TRES EDADES DE COSECHA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO AL TRIBUNAL COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

VETERINARIO ZOOTECNISTA
APROBADA:
DR. JUAN SEGUNDO ALBERTO PARRA CHALÁN Mg. Sc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
DR. JOSÉ VENILDO SARANGO CUENCA Mg. Sc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL
DR. RENÉ HERMÓGENES CHAMBA OCHOA MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CERTIFICACIÓN

DR. EDGAR LENIN AGUIRRE RIOFRÍO, Mg. Sc. DIRECTOR DE LA TESIS

CERTIFICA:

Que una vez revisado el trabajo de investigación denominado: VALOR NUTRITIVO Y DIGESTIBILIDAD DE DOS GRAMÍNEAS DE CLIMA TEMPLADO O SIERRA: KIKUYO (PENNISETUM CLANDESTINUM) Y GRAMA (CYNODON DACTYLON), A TRES EDADES DE COSECHA, realizado por el señor egresado LUIS ALFREDO CUENCA LUDEÑA, previo a la obtención del título de MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA, autorizo su presentación final para la sustentación y defensa correspondientes.

DR. EDGAR LENIN AGUIRRE RIOFRÍO Mg. Sc. DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

En el presente trabajo investigativo, cada una de las opiniones, conceptos, criterios vertidos y las conclusiones obtenidas son de exclusiva responsabilidad del autor.

LUIS ALFREDO CUENCA LUDEÑA

AGRADECIMIENTO

Al concluir la presente tesis de grado, agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa importante en mi vida. A la Universidad Nacional de Loja, en especial a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa carrera.

Así mismo, dejo expresa constancia de mi gratitud a sus docentes, al personal administrativo y, de manera especial, al DR. EDGAR LENIN AGUIRRE RIOFRÍO Mg. Sc. y a la DRA. MARTHA ESTHER REYES CORONEL Mg. Sc. por su apoyo académico invalorable, desde el inicio y hasta el final de mi también, carrera, como por sus atinadas observaciones metodológicas en el desarrollo y culminación del presente trabajo de tesis. Por cierto, expreso mi formal reconocimiento al DR. RENÉ HERMÓGENES CHAMBA OCHOA por su valiosa contribución con mi trabajo investigativo, desde su función de administrador de la finca Punzara de la Universidad Nacional de Loja. Finalmente, agradezco a todos los señores trabajadores que me brindaron su generoso apoyo en la finca mencionada.

A la Universidad Estatal de Quevedo que me dio la oportunidad de realizar mi tesis y me acogió como a uno de los suyos. De manera singular, agradezco a su Docente Investigador el DR. JUAN AVELLANEDA PhD., quien apoyó y confió en mi proyecto de manera incondicional; con profesionalismo y calidad humana excepcionales orientó la realización y culminación del presente trabajo investigativo.

Tengo presente con agradecimiento sincero a su equipo de trabajo que me brindó la ayuda necesaria y que tuvo paciencia ante mis requerimientos, durante mi estadía en sus laboratorios.

EL AUTOR

DEDICATORIA

Con infinito respeto y amor dedico esta investigación a mi padre, Dr. Luis Alfredo Cuenca Ojeda, como a mi querida madre, Lic. Mariana de Jesús Ludeña Jiménez, quienes con su amor, apoyo y sobre todo con su ejemplo, han sabido guiar mi formación profesional.

A mis hermanos, Carlos Andrés y Juan Pablo, partícipes de mi vida, por haber creído en mí, como también a mis queridos abuelitos, quienes me han dado fuerza con su confianza en mi espíritu de superación.

Finalmente, a todos mis familiares y amigos que han creído en mí.

LUIS ALFREDO CUENCA LUDEÑA

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDOS Pág.
PRESENTACIÓN
APROBACIÓNII
CERTIFICACIÓNIII
AUTORÍAIV
AGRADECIMIENTO
DEDICATORIAVI
ÍNDICE GENERALVII
ÍNDICE DE CUADROSXI
ÍNDICE DE FIGURASXII
1. RESUMEN
2. SUMMARYXVI
SUIVINIARY
4. REVISIÓN DE LITERATURA
4.1. FORRAJES PARA LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES 3
4.1.1 Bermuda, Grama Dulce (Cynodon dactylon (L) Pers.) 3
4.1.2. Pasto Kikuyo (Pennisetum clandestinum) 6
4.2. VALORACIÓN NUTRICIONAL DE FORRAJES
4.2.1. Determinación de Digestibilidad
4.2.1.1. Métodos para evaluar la degradabilidad ruminal
4.2.1.2. Utilización de la técnica de digestión in situ para determinar la
digestibilidad de forrajes
4.2.1.3. Aspectos técnicos del procedimiento in situ

4.2.1.4. Predicción de la cinética de degradación ruminal	19
4.2.2. Análisis Bromatológicos	22
4.2.2.1. Determinación del valor nutritivo de los alimentos	22
4.2.2.2. Determinación del contenido de materia seca (MS)	25
4.2.2.3. Determinación de las diferentes fracciones del alimento po	r el
método Weende	27
a. Cenizas	27
b. Proteína bruta (PB)	29
c. Fibra bruta (FB)	31
d. Extracto etéreo (EE) o Grasa bruta (GB). Método Soxhlet	35
4.2.2.4. Sistema Van Soest	33
4.2.3. Trabajos similares	36
5. MATERIALES Y METODOLOGÍA	48
5.1 MATERIALES	48
5.1.1. Materiales de Laboratorio	48
5.1.2. Materiales de Campo	49
5.1.3. Materiales de Oficina	49
5.2. METODOLOGÍA	49
5.2.1. Ubicación	49
5.2.2. Muestras	50
5.2.3. Animales	51
5.2.4. Incubaciones In Situ	51
5.2.5. Cinética de la Digestión	51
5.2.6. Análisis Químicos	
5.2.7. Variables en Estudio	. 52

5.2.8. Diseño Experimental	53
5.2.9. Análisis Estadístico	56
5.2.10. Pasantía y Entrenamiento Técnico para la Investigación	56
6. RESULTADOS	57
7. DISCUSIÓN	67
8. CONCLUSIONES	72
9. RECOMENDACIONES	74
10. BIBLIOGRAFÍA	75
11. ANEXOS	79

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO Pág	J.
Cuadro 1. Calidad del forraje grama dulce	3
Cuadro 2. Composición química del pasto kikuyo en muestras recolectadas e	∍n
varias localidades del departamento de Antioquia (Colombia), % MS7	7
Cuadro 3. Composición química de la Bermuda a diferentes edades (%
materia seca)4	l3
Cuadro 4. Cinética de la degradación de la materia seca In Situ para "Sar	nd
Mountain" Bahiagrass (Cynodon dactylon), Common, Midland y Tifton 4	4"
cosechados a tres edades de cosecha4	4
Cuadro 5. Valores promedios de las constantes de degradabilidad de la	
materia seca de los pastos kikuyo y estrella africana	15
Cuadro 6. Calendario de recolección de muestras	0
Cuadro 7. Descripción de factores y niveles	54
Cuadro 8. Descripción de los tratamientos	54
Cuadro 9. Composición química del kikuyo usado para la digestibilidad in sit	tu,
a tres edades de rebrote, en base a MS5	57
Cuadro 10. Composición química de la grama usada para la digestibilidad in	
situ, a tres edades de rebrote, en base a MS6	0
Cuadro 11. Degradabilidad in situ y cinética de degradación de MS del pas	to
kikuyo (Pennisetum clandestinum) y grama (Cynodon dactylon) cosechadas	а
tres edades de rebrote (40, 55 y 70 días)	32

Cuadro	12. Degrad	abilidad	in situ	ı y cinét	ica de	e degrad	ación	de i	mate	₃ria
orgánica	del pasto	kikuyo	(Penis	etum cla	ındesti	inum) y	grama	a (C	ynod	lon
dactylon)	cosechad	as a	tres	edades	de	rebrote	(40,	55	у	70
días)									(64

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pág.
--------	------

Figura 1. Degradación de una dieta típica a base de forraje expresada por la
fórmula P=a+b(1-e ^{-kd*t}). Debido a la <i>lag phase</i> (L), a es negativo. A es la
fracción soluble, B la fracción insoluble pero potencialmente fermentable
{B=(a+b)-A} and c es la tasa constante de degradación
Figura 2. Fracciones del análisis inmediato de los alimentos
Figura 3. Mapa de bloques con sus respectivos tratamientos 55
Figura 4. Comparación del valor de proteína de la grama y kikuyo a sus
diferentes edades de corte
Figura 5. FDN de la grama y kikuyo en sus diferentes edades de corte 59
Figura 6. FDA de la grama y kikuyo en sus diferentes edades de corte 59
Figura 7. Degradabilidad de la MS a las 72 horas de incubación 63
Figura 8. Degradabilidad de la MO a las 72 horas de incubación 65

1. RESUMEN

El kikuyo (Penisetum clandestinum) es uno de los pastos que mejor se ha naturalizado a las condiciones climáticas de la hoya de Loja, y es la fuente principal de alimento para la producción bovina. Por otro lado la grama (Cynodon dactylon) es un forraje que se adaptado bien a las condiciones ambientales de Loja, pero al que no se le ha prestado mucha atención en los sistemas de producción de rumiantes de la localidad. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la composición química y características de degradación ruminal de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO) de los dos forrajes anteriormente mencionados, de la Finca Experimental Punzara, en la Universidad Nacional de Loja, cosechados a tres edades de rebrote (40, 55 y 70 días).

A destacar en la composición química, el porcentaje de proteína bruta del kikuyo fue superior a la grama: 21.66%, 18.39% y 19.5% para el Penissetum y 14.36%, 12.05% y 9.22% para el Cynodon, a la edad de 40, 55 y 70 días de rebrote respectivamente. El kikuyo tuvo valores superiores de extracto etéreo frente a la grama, sus valores fueron 2.15, 1.71 y 2.74%, en tanto que los de la grama fueron 1.86, 1.38 y 1.45% a los 40, 55 y 70 días respectivamente. En cuestión al ELN el kikuyo presento 35.99, 39.97 y 36.75%, inferior a los valores de la grama que fueron 38.23, 47.18 y 45.04% a los 40, 55 y 70 días respectivamente. Los valores de fibra y obviamente los de FDA y FDA fueron superiores en la grama frente al kikuyo, y ambos estuvieron en los límites de su especie.

Para estudios de la degradabilidad ruminal, bolsas de nylon que contenían 7 g. de forraje fueron incubadas en tres bovinos fistulados de raza brahma mestizos a las 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72h. La degradabilidad in situ de la materia seca (MS) de los forrajes kikuyo y grama dulce fue diferente (p<0.005) a las 0, 3 y 72 h por efecto de la edad de la planta, siendo mayores las respuestas para el pasto kikuyo a los 40, 50 y 70 días de rebrote. La degradabilidad in situ de la materia orgánica (MO) de los forrajes kikuyo y grama dulce fue diferente (p<0.05) únicamente a las 3 horas de incubación por efecto de la edad de la planta siendo la mayor la respuesta para el kikuyo de 40, 55 y 70 días de rebrote. En lo que respecta al forraje, se pudo constatar que hubo un efecto (p< 0.005) notorio de este sobre la degradabilidad de la MO, siendo el kikuyo a sus diferentes edades de rebrote superior a la grama dulce, en sus diferentes edades de rebrote.

2. SUMMARY

The kikuyu (*Penisetum clandestinum*) is one of the best grasses that has been naturalized to the climatic conditions of the basin of Loja, and is the main source of food for cattle production. On the other hand the gramma grass (*Cynodon dactylon*) is a forage that has been well adapted to the environmental conditions of Loja, but it has not received much attention in ruminant production systems in the locality. The objective of this work was to study the chemical composition and ruminal degradation characteristics of dry matter (DM) and organic matter (OM) of the two aforementioned feed of the Experimental Farm Punzara in the National University of Loja, harvested at three ages of regrowth (40, 55 and 70 days).

It is to highlight on the chemical composition, the percentage of crude protein of kikuyu grass was higher than the gramma grass with percentages: 21.66%, 18,39 and 19.5% for Penissetum and 14.36%, 12.05% and 9.22% for Cynodon at the age of 40, 55 and 70 days of regrowth respectively. The kikuyu had higher values of ether extract compared to gramma grass; it is values were 2.15, 1.71 and 2.74%, whereas the values of the gramma grass were 1.86, 1.38 and 1.45% at 40, 55 and 70 days respectively. With respect to the ELN kikuyu grass presented 35.99, 39.97 and 36.75%, lower than the sweet grass values which were 38.23, 47.18 and 45.04% at 40, 55 and 70 days respectively. Fiber values and obviously the FDA and FDA were higher in the gramma grass compared to the kikuyu grass, and both were within the limits of their species.

For studies of ruminal degradability, nylon bags containing 7g of forage were incubated in three fistulated cattle Brahma mixed race at 0, 3, 6, 12, 24, 48 and 72h. The in situ degradability of dry matter (DM) of kikuyu forage and sweet grass was different (p <0.005) at 0, 3 and 72 hours for effect of plant age, with higher responses to kikuyu grass at 40, 50 and 70 days of regrowth. The in situ degradability of organic matter (OM) of kikuyu forage and gramma grass was different (p <0.05) only at 3 h of incubation due to the age of the plant being the highest response for the kikuyu of 40, 55 and 70 days of regrowth. In relation to forage, it was confirmed that there was a noticeable effect (p <0.005) about the degradability of organic matter, being the kikuyu in it is different ages of regrowth were higher than fresh grass, in different ages of regrowth.

3. INTRODUCCIÓN

Los pastos y sus subproductos conservados son los alimentos de mayor importancia para la ganadería, teniendo en cuenta el uso que los rumiantes hacen de ellos y de lo costoso que son en muchas ocasiones los alimentos balanceados. Una mala o deficiente nutrición da como resultado una baja productividad, que a la final, repercute en la rentabilidad, que es el objetivo que busca una explotación pecuaria.

En la hoya de Loja, uno de los pastos más naturalizados y más difundido es el kikuyo (Penisetum clandestinum), pese a eso no hay suficiente información del comportamiento nutricional, calidad y edad de consumo, en la hoya de Loja. Así mismo la grama dulce (Cynodon dactylon) es un forraje tropical el cual ha logrado naturalizarse a las condiciones climáticas de la hoya de Loja, pero igualmente no se le ha prestado la suficiente importancia, en cuanto a su calidad nutritiva.

El conocimiento del valor nutritivo y de la degradabilidad de los forrajes constituye el eje de los programas de evaluación de alimentos para los rumiantes, ya que su conocimiento nos permitirá realizar correcciones de manejo de los forrajes, así como suplementación de los animales, cuando un desbalance nutritivo de los forrajes lo disponga.

Realizar una evaluación nutricional del kikuyo y de la grama de la hoya de Loja, a tres edades de rebrote sería de suma importancia, para poder orientar la

correcta utilización de estos, en la alimentación de bovinos, para ello se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar la digestibilidad de materia orgánica y seca, de dos gramíneas:
 kikuyo (<u>Pennisetum clandestinum</u>) y la grama (<u>Cynodon dactylon</u>) a tres edades de cosecha, en praderas establecidas, mediante la técnica in situ en bovinos.
- Determinar las características bromatológicas de las dos gramíneas analizadas.
- Difundir los resultados obtenidos a estudiantes, profesionales y productores interesados en esta temática.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 FORRAJES PARA LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES

Los Rumiantes son animales de pastoreo que tienen la habilidad de digerir y metabolizar la celulosa o fibra vegetal, y fermentarla para producir ácidos grasos volátiles y proteínas microbianas que el animal puede posteriormente digerir y utilizar. Esto es de importancia para los sistemas de producción agrícola porque las praderas y pastizales tienen la capacidad de producir millones de toneladas de esta fuente de energía. Los rumiantes están adaptados para usar forraje debido a los microorganismos presentes en su rumen.

4.1.1 Bermuda, grama dulce (Cynodon dactylon (L) Pers.)

Gramínea originada en la India, de los países que bordean el Mediterraneo, del Africa y del Sur de Asia; actualmente se encuentra en todas las zonas del mundo. Hierba cosmopolita que se halla desde el ecuador hasta las zonas templadas. Se la conoce también con nombres vulgares de "gramilla" "pata de perdiz", "pata de gallina", "capín de burro", "chépica" además de "cabrestillo", "cachijigua" y "paja de la virgen", (Benítez, 1980).

Planta perenne, rizomática y estolonífera; tallos aéreos de 15 a 60 cm. De altura; láminas planas, lineares, de 10 a 30 cm de largo. Inflorescencia

formada por 4-7 espigas de 2 a 6 cm. de longitud, con las espiguillas colocadas en dos series a lo largo del raquis que es unilateral.

Cuadro 1. Calidad del forraje grama dulce

Cuadro 1. Calidad dei 10			Como % de materia seca					
	MS	PB	FB	Ceniza	EE	ELN		
Fresco, principio período vegetativo, Trinidad	19,1	12,2	33,8	9,6	1,6	43,4		
Fresco, maduro, Trinidad	30,2	8,8	33,3	7,4	1,7	48,8		
Fresco, 6 semanas, India	29,2	14,2	26,6	12,4	1,9	44,9		
Fresco, 14 semanas, India	36,3	11,9	28,5	11,3	1,8	46,5		
Heno, India	91,3	11,1	18,4	12,5	1,4	56,6		
Fresco, Coastal Bermuda, maduro, Trinidad	29,1	8,3	29,7	6,5	2,4	53,1		
Fresco, Coastal Bermuda, mitad floración, Trinidad	29	9,4	30,8	6,9	2	50,9		
Heno, Coastal Bermuda, 35 días, Venezuela		10,9	30,5	8,7	1,8	48,1		
Heno, Coastal Bermuda, 45 días, Venezuela		12	27,3	10,7	2,9	47,1		
Heno, Coastal Bermuda, 55 días, Venezuela		10,4	27,9	9,9	3	48,8		
	Animal	Digestibilidad %						
	Allillai	PB FB EE ELN EN						
Fresco, pasto joven	Ovinos	68,4	66,2	32,9	58,7	2,12		
Fresco, pasto maduro	Ovinos	57,9	61,1	49,7	52,2	1,94		
Heno	Bovinos	54,4	53,1	27,3	46,4	1,59		
Coastal Bermuda, maduro	Ovinos	60,7	60,4	45,9	62	2,14		
Coastal Bermuda, mitad floración	Ovinos	64,3	65,8	41,7	60,8	1,18		
Heno, Coastal Bermuda, 35 días	Ovinos	59,7	62,5	32,9	52,8	1,93		
Heno, Coastal Bermuda, 45 días	Ovinos	70,1	67,6	47,6	57,4	2,11		
Heno, Coastal Bermuda, 55 días	Ovinos	65,4	64	54,3	51,3	1,97		

Fuente: Adaptado de Gohl, 1982 y Laredo, 1985.

En la Sierra constituye una verdadera plaga, es invasora, especialmente en la zona Seca y Baja Interandina, que hace difícil el cultivo de alfalfa y de

otras plantas. Resiste al fuego y al pisoteo. En Ecuador podemos encontrar esta gramínea en forma subespontánea desde el nivel del mar hasta los 2900 m.s.n.m. No vegeta bien a la sombre prefiere los terrenos expuestos al sol (Benítez, 1980).

Alcanza su máximo desarrollo entre los 30-35°C y lo detiene completamente entre 10 y 15°C. (Bernard, 2003), aunque crece en casi todos los sitios donde la precipitación supere los 600 mm³ al año y la temperatura media diaria de más de 24 °C. Así mismo no existe saturación de luz hasta intensidades muy elevadas, superiores a las especies de tipo templado, lo cual supone una pequeña ventaja en las condiciones de gran luminosidad (Pardo, 1984).

Crece bien en suelos con pH superior a 5.5 con fertilidad entre moderada y alta. Resiste el anegamiento temporal y las sequías prolongadas, pero es esas épocas reduce mucho la productividad. Responde bien a la aplicación de fertilizantes y conserva un valor nutritivo alto hasta la maduración, cuadro 1. (Bernard, 2003). Otro autor señala que debe aprovecharse con cierta frecuencia porque su valor nutritivo disminuye cuando aumenta la edad de la planta ya que el contenido de fibra es mayor, y los animales los consumen menos (Pardo, 1984). Tolera los suelos salinos y una fuerte presión de pastoreo (Bernard, 2003). La tolerancia a la salinidad, así como al riego con aguas salinas es muy elevada, por lo que es una planta útil en la recuperación de terrenos salinos y su posterior dedicación a cultivo por ser de fácil erradicación (Pardo, 1984).

Se le usa especialmente para pastoreo; para esta finalidad se lo debe asociar con leguminosas, éstas son, principalmente, de los géneros Desmodium y Lespedeza. En lugares apropiados es un pasto nutritivo tanto verde como henificado.

Existen diversas variedades, siendo las más conocidas las siguientes:

- Pequeña común: De bajo porte. Se caracteriza por tener numerosos rizomas finos. Se utiliza para la formación de césped en parques, campos deportivos, hipódromos, etc.
- Gigante: Alcanza alturas de 60 cm. o más, dando gran cantidad de masa verde y prestándose para corte o pastoreo.
- Gigante de Brasil: De color verde azulado, muy semejante en sus características forrajeras a la anterior (Benítez, 1980).
- Existen algunas variedades comerciales, siendo las más conocidas el "Coastal" y el "Coastcross". (Pardo, 1984)

4.1.2 Pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum)

4.1.2.1Generalidades

Es una de las gramíneas más comunes y más bien adaptadas a la zona de clima frío. No prospera bien en suelos muy pobres, es tolerante a la sequía pero es muy susceptible a las heladas y al encharcamiento. Es originaria del África y de duración perenne.

La producción de forraje depende en gran parte de la fertilidad y de la humedad del suelo. Con prácticas de manejo adecuadas, se han obtenido más de 20 ton/ha al año de heno de buena calidad. La calidad del forraje es buena cuando se rompe el césped regularmente y se abona bien. Es rico en proteína y la digestibilidad es alta cuando se maneja adecuadamente como se observa en el cuadro 2, (Correa, 2003).

Cuadro 2. Composición química del pasto kikuyo en muestras recolectadas en varias localidades del departamento de Antioquia (Colombia), % MS.

	PC	EE	Cen	FDN	FDA	CNE
Promedio	20.5	3.63	10.6	58.1	30.3	13.4
Máximo	27.1	4.71	13.9	66.9	32.8	17.2
Mínimo	15.4	1.63	8.65	51.7	28.3	8.93
D. E.	3.26	0.82	1.71	3.91	1.20	2.51
C. V., %	15.9	22.6	16.1	6.73	3.95	18.7
n	39.0	27.0	27.0	36.0	19.0	23.0

D. E. = Desviación estándar; PC = proteína cruda; EE = extractor etéreo; Cen = cenizas; FDN = fibra en detergente neutro; FDA = fibra en detergente ácido; CNE = carbohidratos no estructurales (CNE = 100 - (PC + EE + FDN + Cen) + PCIDN (Proteína Cruda Insoluble en Detergente Neutro), NRC 2001)

4.1.2.2 Temperatura

La temperatura óptima para el crecimiento del kikuyo oscila entre 16-21°C, que es más baja que para los demás pastos tropicales. Los procesos metabólicos en el kikuyo son muy sensitivos a temperaturas bajas. A temperaturas debajo de 10°C, su fotosíntesis es severamente afectada en comparación con otros pastos tropicales. Heladas moderadas mata las partes superiores de la planta en crecimiento pero los estolones permanecerán inafectados.

4.1.2.3 Humedad

Una mayor ventaja de las plantas C4 sobre C3 es su mayor resistencia al calor, y uso más eficiente del agua. La mayoría de plantas C4 además tienen una tolerancia al calor, probablemente debido a su reducida fotorespiración. Debido a su sistema radicular profundo en suelos bien drenados, y su resistencia a la sequía es considerada a menudo como bueno. Sin embargo el estrés por humedad es un factor determinante sobre el crecimiento cuando la temperatura no es una limitante e incluso exigirle una demanda alta de evaporización, que puede reducir la tasa de crecimiento de la planta. A una baja demanda de evaporización de 2 mm/día, 50% del agua disponible en el horizonte superior del suelo, puede ser removida antes que el crecimiento de la planta sea afectado. Sin embargo el crecimiento puede ser reducido a 61% incluso en suelos húmedos, si la demanda de evaporización es solo medianamente alta (5 mm/día). En muchas circunstancias sistemas de producción de kikuyo, será más bien tolerante a sequía.

Kikuyo es menos tolerante a la sombra que otros pastos y contiene menos cantidad de clorofila en las hojas en base a peso fresco. Sin embargo la conversión eficiente de la energía solar para fijar el CO2 es usualmente alta para C4 que para C3. La conversión anual de la luz en energía bajo condiciones de campo para el kikuyo ha sido estimada a 1.7% comparada con alrededor de 2.4% para el ryegrass perenne (Marais, 2001).

4.1.2.4 Morfología de la planta

El kikuyo es un pasto estolonífero perenne, enraizado fuertemente a los nódulos. La proporción de hojas verdes declina, mientras la proporción de tallo y material muerto incrementa, después de 4.5 hojas por caña en etapa de crecimiento.

El tejido blando de las hojas es usualmente de un alto valor nutritivo, mayor que los tallos, y es consumida en gran cantidad por ovejas y bovino. La tasa de pasaje de sus hojas es superior a la de sus tallos, incluso si las dos tienen la misma digestibilidad. La maduración de la planta es un factor que afecta la relación hoja-tallo y el valor nutritivo, que normalmente declina con un detrimento de la relación hoja-tallo. La baja digestibilidad puede ser atribuida a la lignificación de las células del esclerénquima y bandas vasculares.

Rendimientos de leche a base de kikuyo pueden ir de 5-8 kg a 12 kg/ vaca/día. Como la tasa de crecimiento del kikuyo es controlado por condiciones climáticas, el pastoreo debería ser basado en el estado morfológico del rebrote y no como un período fijo de rebrote (Marais, 2001).

4.1.2.5 Composición Química

a) Compuestos nitrogenados

El kikuyo responde muy bien a aplicaciones de nitrógeno, una de las mejores, sin embargo altos niveles de N en el kikuyo han aumentado el empobrecido metabolismo proteico y la producción animal.

El consumo voluntario de la MO digestible es más bajo en Kikuyo fertilizado con altas aplicaciones de N (230 Kg/ha) antes que con bajas (57.5 kg/ha). Novillos en pasturas de kikuyo seleccionan la hierba acorde a su concentración proteica. A una baja concentración proteica, los animales tuvieron tendencia a seleccionar hierba de alta concentración proteica mientras concentraciones promedios de nitrógeno sobre 22.4 g/Kg MS, los animales seleccionaron hierba con menor concentración de nitrógeno. concentraciones de nitrógeno en kikuyo joven de rebrote puede resultar en excesivo amoníaco en el rumen y podría ser perdido como urea por la orina y leche. La degradabilidad del N podría ser relacionada a su solubilidad en el rumen. La concentración de aminoácidos en el kikuyo son similares a los del reygrass, excepto para la metionina y cisteína que son 68 y 57% más bajas en el kikuyo. Después de la digestibilidad ruminal, histidina es considerada como el primer aminoácido limitante para la producción lechera en base a Kikuyo, seguido por la lisina y metionina (Marais, 2001).

b) Carbohidratos

Los rumiantes en pastoreo obtienen la energía de mantenimiento de no estructural y carbohidratos estructurales del forraje. La energía es a menudo el primer factor limitante para la producción de leche en vacas lecheras, incluso bajo condiciones ideales. Acorde a Fulkerson et al. (1998), los requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento de una vaca Friesian de 600 Kg con una producción de leche de 23 l/d es 208 megajuliios/día (MJ/d) a un consumo estimado de 17.5 Kg de MS/vaca/d, la concentración de energía metabolizable en el rango de 11.9 MJ/Kg MS es requerida. Sin embargo se reporta valores de energía metabolizable para el kikuyo de solamente 8.5 MJ/Kg MS, basados en una digestibilidad de MO de 645 g/Kg MS. Reportando valores de digestibilidad de MO aún más bajos a 645g/kg MS.

La producción animal en base a kikuyo puede ser mejorado con suplementación energética. Pero la suplementación de energía tiene una limitante, y es que los rumiantes tienden a sustituir el forraje por el suplemento, por lo cual el consumo de forraje disminuye.

Los Análisis Químicos del kikuyo indican un grave desbalance de proteína: energía, causada por la falta de energía de rápida digestibilidad en la forma de carbohidratos no estructurales. La óptima proporción carbohidratos no estructurales: proteína degradable en la dieta para la síntesis microbiana ruminal es alrededor de 2:1. Una proporción de únicamente 0.6:1 fue obtenida para el kikuyo (Marais, 2001).

4.2 VALORACIÓN NUTRICIONAL DE FORRAJES

4.2.1 Determinación de Digestibilidad

La digestibilidad de un alimento denota el porcentaje de un nutriente, en particular del alimento, que puede ser absorbido para ser puesto a disposición del organismo animal a través de procesos metabólicos. Existen muchos factores que pueden, directa o indirectamente, afectar la digestibilidad del alimento, como el estado de madurez de la planta (Ramírez, 2003)

4.2.1.1 Métodos para evaluar la degradabilidad ruminal

La manipulación del grado en el que nutrientes específicos se ponen a disposición de los microorganismos ruminales, y la cantidad de estos nutrientes que escapan a la fermentación ruminal, provocan una respuesta en el mejoramiento animal. Sin embargo, en el orden para establecer las cantidades y proporciones de nutrientes necesarios para los microorganismos ruminales y el animal, primero es más adecuado predecir el grado en el que los nutrientes están disponibles en el rumen de la gran variedad de alimentos, para lo cual se han utilizado diferentes metodologías (Ramírez, 2003).

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, datos biológicamente apropiados son requeridos y estos pueden ser obtenidos usando métodos *in vivo*, *in situ* e *in vitro* complejidad (López, 2005).

La información obtenida *in vivo* es la más confiable 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. Por lo tanto este método no puede ser considerado como rutinario en muchos laboratorios y no puede ser llevado a cabo para todas las posibles situaciones alimenticias encontradas en la práctica. Por lo tanto la predicción de la digestibilidad o valores de energía de la información obtenida por lo métodos *in vitro* o *in situ* han llegado 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).

4.2.1.2 Utilización de la técnica de digestión in situ para determinar la digestibilidad de forrajes

La técnica de incubación de substratos en el rumen (*in situ*), para el estudio de la degradación de la fibra fue inicialmente utilizada por Quin et al. (1938); ellos 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, Schoeman et al. (1972) utilizaron bolsas de polyester y Mehrez y Orskov (1977a) sugirieron la utilización de bolsas de nylon como técnica rutinaria.

Actualmente se utilizan las bolsas de dacrón, las cuales son más baratas y de un bajo contenido de nitrógeno (ALPA. Nutrición de Rumiantes, 1990).

Una de las mayores desventajas en el método in situ es la falta de uniformidad con que se ha usado por los investigadores, encontrándose gran variación en los estimados de digestibilidad. Sin embargo, si esta técnica se utiliza cuidadosamente es posible obtener resultados reproducibles, con errores estándares aceptables.

Varios investigadores informan que existe una alta correlación entre los valores de digestibilidad de varios forrajes, encontrados por los métodos *in situ*, *in vitro* e *in vivo* (ALPA. Nutrición de Rumiantes, 1990).

La técnica *in situ* también llamada técnica de la bolsa nylon, técnica *in sacco* o técnica de la bolsa de fibra artificial. En esta técnica, la suspensión del material alimenticio en el rumen proporciona un contacto íntimo con el ambiente ruminal. 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 se ha utilizado por muchos años, y es la base para predecir la digestión en diferentes sistemas de alimentación (Ramírez, 2003).

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. Se utiliza principalmente cuando se requiere de información acerca del efecto de las condiciones ruminales sobre la digestión de un número limitado de muestras. Por otro lado, permite mantener constantes las condiciones ruminales incubando materiales conocidos (estándares) para determinar el efecto del cambio en el ambiente ruminal sobre la tasa y potencial de degradación de los alimentos (ALPA. Nutrición de Rumiantes, 1990).

No obstante, el incremento en su popularidad ha estado sujeto a una evaluación extensiva y criticada con respecto a los muchos factores inherentes que influyen en la digestión (porosidad de la bolsa, contaminación bacteriana, dieta del animal, etc.). Varios aspectos de la técnica *in situ* interactúan en la naturaleza y pueden influir en la interpretación de los resultados *in situ* (Ramírez, 2003).

4.2.1.3 Aspectos técnicos del procedimiento in situ

a) Material y tamaño de la bolsa:

Diversos materiales se han utilizado para la construcción de las bolsas. Los más comunes son seda fina, dacron y nylon. La bolsa óptima debe ser lo suficientemente grande en relación con el tamaño de la muestra analizada, para asegurar que el flujo ruminal pueda entrar fácilmente en la bolsa y mezclarse con el alimento. Por otro lado, se necesita que la bolsa sea pequeña para retirarla fácilmente de la cánula ruminal. Por lo general, se utilizan bolsas de 15 x 9 cm en bovinos o de 10 x 5 en borregos y cabras. La

limitación principal en el número de bolsas que se van a incubar es cuando éstas se retiran desde el rumen y no la interacción de las bolsas dentro del órgano. Actualmente, en borregos con cánulas de 4 cm de diámetro interno se pueden incubar hasta nueve bolsas (Ramírez, 2003).

b) Área superficial de la bolsa:

Varios investigadores han examinado la importancia de la relación entre la cantidad de muestra en la bolsa y el tamaño de la misma. A medida que aumenta la cantidad de la muestra en la superficie de la bolsa disminuye la digestibilidad. En general se recomienda una relación de 10 mg/cm2 para estudios con forrajes.

Es deseable que se mantenga una amplia relación entre el peso de la muestra y el tamaño de la bolsa porque contribuye a minimizar la variación de los resultados. Así mismo, la cantidad de muestra que recomienda para trabajar con forrajes es de alrededor de 8 g, lo que permite tener suficiente material residual en las bolsas, después de incubaciones de 48 a 72 h, para efectuar análisis de laboratorio (ALPA. Nutrición de Rumiantes, 1990).

c) Porosidad de la bolsa:

La porosidad apropiada es un aspecto importante, ya que debe permitir la entrada de líquido y microbios ruminales para que realicen la degradación y evitar la salida de partículas del alimento sin degradar, esto último se considera

como una fracción de pérdidas solubles y mecánicas. Los límites en la porosidad de la bolsa son difíciles de averiguar dependen más del tamaño de la partícula y de la naturaleza del alimento por investigar; lo recomendable es una porosidad de 40 - 60 µm (Ramírez, 2003).

d) Tamaño de la partícula:

El tamaño óptimo de la muestra es aquel que al final del periodo máximo de incubación proporciona suficiente residuo para los análisis químicos, sin sobrellenar la bolsa, así como para retardar el ataque microbiano, por incremento del tiempo de retardo y subestimación de la tasa de degradación (Ramírez, 2003).

La preparación de muestras para incubación debe ser tal que el material a incubar realmente represente la forma física del material en el rumen, luego de ser consumido por el animal. La preparación ideal sería utilizar muestras colectadas de animales fistulados al esófago, las cuales ya han sido debidamente masticadas.

A medida que disminuye el tamaño de partícula, la desaparición tanto de la MS como del N aumenta, y ésta es mayor cuando se pulveriza el material. Las diferencias más grandes en desaparición de los materiales ocurren durante las primeras horas de incubación ruminal. Cribas menores que 2 mm no deberían utilizarse ya que al disminuir tanto el tamaño de las partículas se incrementa el área de exposición del material al líquido ruminal, aumentando así las

posibilidades de ataque por los microorganismos ruminales; todo esto conduciría a una sobrestimación del valor de digestibilidad. Adicionalmente se ha encontrado que con partículas menores de 0.6 mm las partículas tienden a agruparse (formando "clumps"), cuya parte central no se ve expuesta al líquido ruminal, reduciéndose así la degradación del substrato.

Se ha sugerido que las pajas y henos se muelan con una criba de 2.3-3.0 mm. Materiales frescos como forraje y ensilajes deberían macerarse hasta un tamaño de 5.0 mm. Suplementos proteicos secos no deberían molerse (ALPA. Nutrición de Rumiantes, 1990).

- e) Periodos de incubación: El tiempo necesario para la degradación completa variará según el tipo de alimento por incubar, y por tanto, los tiempos intermediarios también deben variarse. Para medir la tasa de degradación se requieren varias mediciones de la degradación en un amplio intervalo de tiempo. Como guía general, los periodos de incubación que se requieren son: concentrados, de 12 a 36 h; forrajes de alta calidad, de 24 a 60 h, y forrajes de baja calidad, de 48 a 72 h. A pesar de esto, ya se demostró que la posición de las bolsas en el rumen tuvo poco o ningún efecto sobre la degradación de varios alimentos (Ramírez, 2003).
- f) Posición de la bolsa en el rumen: Algunos autores indicaron la ventaja de controlar la posición de las bolsas dentro del rumen, y que el mejor sitio de colocación es el saco ventral donde la fermentación es más rápida. Sin

embargo, otros investigadores no encontraron ningún efecto de la posición de las bolsas dentro del rumen sobre la degradabilidad de varios alimentos. La mayoría de los investigadores que trabajan con ésta técnica recomiendan que las bolsas se amarren a la cánula con un hilo de nylon de 25 cm en ovejas y de 50 cm en bovinos. Esto permite a las bolsas moverse libremente en las fases líquidas y sólidas del rumen (ALPA. Nutrición de Rumiantes, 1990).

g) Dieta del animal:

La dieta es el factor que más determina el tipo y la cantidad de microbios, y por lo tanto, la tasa y el grado de digestión de los nutrientes de la dieta y/o de la muestra colocada en la bolsa de nylon suspendida en el rumen. Por eso los animales deben alimentarse con una fuente de alimentos bien conocida, las dietas deben contener pequeñas cantidades de una amplia gama de ingredientes para establecer una población diversa de microorganismos ruminales. La dieta seleccionada para el animal dependerá del propósito del experimento (Ramírez, 2003).

4.2.1.4 Predicción de la cinética de degradación ruminal

Los métodos anteriormente señalados en los procedimientos de evaluación de alimentos (in situ, in vitro) no proveen información sobre la dinámica de la degradación en el rumen y tienen como principal limitación que los valores son para un tiempo de incubación único. *In vitro* o *in situ*, el substrato que

desaparece o la producción de gas in vitro pueden ser medidos a diferentes tiempos de incubación resultando en líneas curvas características mostradas en el curso de tiempo de la fermentación y o degradación de los alimentos. Modelos no lineales pueden ser utilizados para estos datos, para estimar los parámetros de la cinética que resumen la información de las curvas y son indicadores de la tasa y del grado de degradación de los alimentos en el rumen. (Dhanoa et al. 2000).

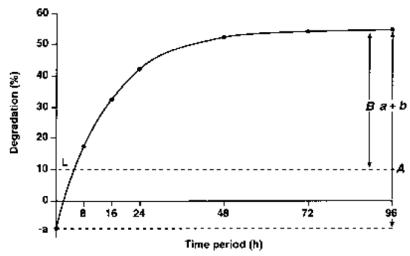


Figura 1. Degradación de una dieta típica a base de forraje expresada por la fórmula P=a+b(1-e^{-kd-t}). Debido a la *lag phase* (L), *a* es negativo. A es la fracción soluble, B la fracción insoluble pero potencialmente fermentable {B=(a+b)-A} and *c* es la tasa constante de degradación.

El modelo más popular es la ecuación exponencial propuesta por Ørskov and McDonald (1979):

$$P = a+b(1-e^{-kd^*t})$$
 (i)

Donde P es la degradación potencial al tiempo *t*, *a* y *b* son constantes y kd es la tasa constante de *b*. Para la proteína, el intercepto, a, es similar a la fracción

soluble (pérdida por lavado); *b* representa la degradabilidad potencial (Ørskov, 2000). La fracción no degradable de la muestra es =1-(a+b).

La ecuación (i) supone la existencia de tres fracciones en los alimentos. Una fracción no degradable que representa la fracción del alimento que permanece en el saco después de un prolongado tiempo de incubación, otra fracción insoluble pero potencialmente degradable por los microorganismos ruminales y una tercera fracción rápidamente degradable que además del material soluble incluye partículas que pueden salir de los sacos de nylon (Noguera et al., 2007).

Los parámetros de la cinética de la degradación son necesarios para predecir la digestibilidad de los alimentos y por lo tanto la disponibilidad de energía, y además la degradabilidad de la proteína en el rumen. La cantidad de sustrato degradado en el rumen es el resultado de la competición entre digestión y pasaje. Algunos modelos han sido propuestos desde el de Blaxter et al. (1956), en que los parámetros de la degradación y pasaje son integrados para estimar el grado actual de degradación del alimento en el rumen. Los parámetros de la degradación son usualmente estimados de los perfiles de degradación obtenidos, usando o técnicas gravimétricas o técnicas de producción de gas. Para asociar las curvas de desaparición o producción de gas con la digestión en el rumen, modelos han sido desarrollados basados en modelos compartimentales, que asumen que el componente alimenticio comprende al menos dos fracciones: una fracción potencialmente degradable y una fracción indegradable (López, 2005).

4.2.2 Análisis Bromatológicos

4.2.2.1 Determinación del valor nutritivo de los alimentos.

No existe un modelo único para abordar el análisis químico y nutricional de los alimentos. La naturaleza y la finalidad del producto servirán de guía para ver qué tipo de análisis se realizará. El objetivo del análisis puede ser la aptitud o capacidad de determinado alimento para producir determinado rendimiento (por ejemplo leche, carne,...) o bien cumplir con determinadas exigencias legales, higiénicas o nutricionales.

a) Toma de muestras.

- Para cuantificar la composición química de un alimento es imprescindible obtener una muestra representativa de un todo, que en ocasiones puede ser muy heterogéneo. Dada la variedad de recursos alimenticios utilizados para alimentar a los animales domésticos, la dinámica seguida en la toma de muestras diferirá con el tipo de alimento.
- En primer lugar hay que hacer un planteamiento para el muestreo, en el que se debe de tener en cuenta el número y el tamaño de las muestras.
- Número de muestras que debe de ir en relación al tamaño. Todas las partes que constituyen el alimento a analizar deben de tener la misma probabilidad de ser seleccionadas.

- En la preparación de una muestra sólida para análisis se han de tener en cuenta algunas indicaciones entre las que destacan: La muestra global se mezcla cuidadosamente y se coloca sobre una superficie plana. Si hay que realizar una reducción del tamaño, se sigue el método de los cuartos: se toman porciones de dos cuartos opuestos, se mezclan de nuevo y se repite la operación las veces que sea necesario hasta obtener la cantidad deseada.
- El peso final de la muestra para análisis dependerá de la naturaleza del alimento en cuestión y puede variar desde un Kg en piensos concentrados, harinas o granos de cereales, hasta varios Kg para forrajes, en particular si están en estado fresco.
- Las muestras con un contenido en humedad inferior al 15% se muelen directamente en un molino de martillos. La muestra se recupera íntegramente, se homogeniza, se pone en un frasco que se cierra herméticamente y se identifica. Las muestras que contienen más del 15% de humedad se mantienen a 60°C durante el tiempo necesario hasta obtener un producto lo suficientemente desecado que permita una molienda adecuada. Posteriormente se procede de igual forma a las muestras anteriores.
- El tamaño de molienda suele ser igual o inferior a 1,0 mm, si bien algunas técnicas pueden especificar tamaños concretos.

b) Análisis inmediato de los alimentos.

El análisis de Weende es, sin duda, el más conocido y, si bien posee una utilidad relativa, en algunos aspectos no ha podido ser mejorado. El método fue ideado por Henneberg y Stohmann (1867) en la estación experimental de Weende (Alemania) y consiste en separar, a partir de la MS de la muestra, una serie de fracciones que presentan unas ciertas características comunes de solubilidad o insolubilidad en diferentes reactivos. Con este método se obtienen cinco principios nutritivos brutos que incluyen los siguientes compuestos (Figura 2).

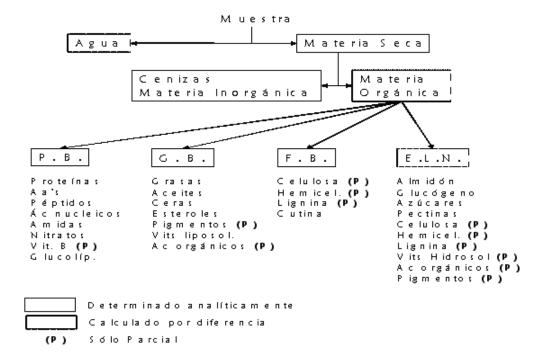


Figura 2. Fracciones del análisis inmediato de los alimentos.

- a) Cenizas: materiales inorgánicos en general
- **b)** Proteína bruta (PB): proteínas, péptidos, aminoácidos (Aas), bases nitrogenadas, amidas, nitrógeno vitamínico...

- c) Extracto etéreo (EE) o grasa bruta (GB): grasas, ceras, resinas, lípidos complejos, pigmentos, vitaminas liposolubles...
- d) 4. Fibra bruta (FB): celulosa, hemicelulosa, lignina insoluble, cutina...
- e) Sustancias extractivas libres de nitrógeno (SELN, MELN, ELN): almidón, glucógeno, azúcares, celulosa, hemicelulosa, lignina, pectinas, pigmentos, ácidos grasos de bajo peso molecular, vitaminas hidrosolubles...
 Las cuatro primeras fracciones (Cnz, PB, FB, EE) se obtienen a partir de análisis específicos, mientras que la quinta (ELN) se calcula restando al porcentaje de MS las cuatro fracciones (Cnz, PB, FB, EE).

4.2.2.2 Determinación del contenido de materia seca (MS).

La cantidad de materia seca (MS) que contiene un pienso o forraje destinado a la alimentación animal es un criterio esencial de apreciación tanto de su valor nutritivo como de su aptitud para la conservación.

a. Fundamento

La humedad es la pérdida de peso experimentada por un alimento o pienso cuando se le somete a desecación en estufa de aire, a una temperatura de 100-105°C, hasta peso constante o durante 24 horas. La MS resulta de sustraer al total, el contenido en humedad.

26

b. Material (MS de laboratorio)

- Pesa sustancias (crisoles)
- Estufa de desecación
- Desecador
- Balanza de precisión

c. Técnica

- Se toma un crisol vacío de la estufa (100 105°C), se lleva al desecador (15 - 25 minutos mínimo). Se pesa el crisol vacío en una balanza de precisión (Tara, T), una vez tarada, se pone la balanza de precisión a 0 g con el crisol encima, y se colocan entre 3 y 5 g de muestra fresca (MF).
- Se coloca el crisol en la estufa a 100 105°C y se mantiene hasta que alcance un peso constante (mínimo 4 horas) o durante 24 horas.
- Se retira el crisol de la estufa y se coloca en el desecador hasta que éste se enfríe (15 - 25 minutos)
- Se pesa de nuevo el crisol con la muestra seca (T + MS)

d. Cálculo

$$% MS = (((T + MS) - T)/MF) \times 100$$

e. Precauciones

Esta técnica, de validez general, no es apropiada para determinar correctamente el contenido en agua y materia seca de ciertos alimentos como ingredientes ricos en azúcar, ensilados, leche en polvo... esto se debe a que durante la desecación a 100 - 105°C, además de agua, también se pierden otras sustancias volátiles (ácidos grasos y amoníaco libre, alcoholes, ácidos esenciales, etc.) o a que ciertas reacciones químicas que ocurren durante la desecación ocasionan variaciones de peso.

De hecho, la humedad de productos que contienen más del 5% de azúcares (melazas, cereales hidrolizados, garrofas, productos lácteos...) se recomienda obtenerla a 70°C y 20 mm Hg de presión, en presencia de un deshidratante o con una corriente continua de aire seco. En el caso de los ensilados y productos fermentados en general, habría que determinar por separado el contenido en sustancias volátiles. No obstante, tratándose de análisis laboriosos, que no siempre sería justificable realizar, pueden emplearse factores de corrección sobre los valores de MS obtenidos a 80 o 100°C.

4.2.2.3 Determinación de las diferentes fracciones del alimento por el método Weende.

a) Cenizas

28

Fundamento

Las cenizas están consideradas, de forma general, como el residuo inorgánico de una muestra que se obtiene al incinerar la muestra seca a 550°C. Están constituidas por óxidos, carbonatos, fosfatos y sustancias minerales.

Material Crisoles de porcelana, mufla de incineración, desecador, balanza.

Técnica

- i. En un crisol de porcelana previamente calcinado y tarado (Tara, T) en la balanza de precisión (la cual se vuelve a colocar a 0 con él encima), se colocan entre 2 y 5 g de muestra fresca (MF).
- ii. Se lleva a la mufla entre 2 y 6 h a 550 °C.
- iii. Se retiran los crisoles con las pinzas adecuadas y se llevan a la estufa de 100 °C con objeto de regular la temperatura. Posteriormente se pasan al desecador y se pesa de nuevo (T + Czs). Las cenizas han de presentar un color blanquecino. De lo contrario, la muestra es sospechosa de contener todavía materia orgánica.

Cálculos

$$Czs_{MF} = ((T + Czs) - T/MF) \times 100$$

% Materia Orgánica MF = % MS - % Czs

b) Proteína bruta (PB)

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

En el tratamiento Kjeldahl de alimentos no se determinan sólo proteínas o aminoácidos libres, sino también ácidos nucleicos y sales de amonio. También se determina el nitrógeno ligado de compuestos aromáticos, como pirazina, ciclopentapirazina, pirrol y oxazol, así como el nitrógeno orgánico ligado de las vitaminas, tales como la B₁ (tiamina), la B₂ (riboflavina) y la nicotinamida.

No obstante, como por lo general los alimentos sólo contienen cantidades traza de compuestos aromáticos nitrogenados y de vitaminas, el error así cometido se considera despreciable. Además, por este método no se determinan el nitrógeno nítrico, el cianhídrico, el de la hidracina, ni el del grupo azo, por lo cual el método es particularmente interesante y relativamente específico para la determinación de las proteínas.

Fundamento

Al hervir una muestra con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador, el nitrógeno se convierte en amoníaco, mientras que la materia orgánica se oxida hasta agua y CO₂. El nitrógeno, en forma de sulfato amónico, se determina agregando un exceso de sosa (NaOH) y destilando el amoníaco producido. Este amoníaco es retenido por el ácido bórico y el borato amónico formado se neutraliza directamente con una disolución de ácido clorhídrico valorada y con la ayuda de un indicador de pH.

Material

- Batería digestora y matraces Kjeldahl
- ii. Aparato Kjeldahl de destilación y valoración
- iii. Ácido sulfúrico concentrado
- iv. Catalizador
- v. Solución de hidróxido sódico (30%)
- vi. Ácido bórico con indicador
- vii. Ácido clorhídrico valorado (0,1 N)

Técnica

 Digestión: Pesar alrededor de 1 g de muestra fresca (MF). Introducir en el matraz Kjeldahl, añadir el catalizador (0,5 g) y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado.

- ii. Preparar simultáneamente un matraz con un blanco (sin muestra, pero con el mismo 0,5 g de catalizador y 10 ml de sulfúrico). Colocar los matraces en la batería de digestión bajo campana de extracción de humos. Digerir durante un mínimo de hora y media, hasta que la muestra quede del todo transparente.
- iii. Destilación y valoración: Una vez enfriados los tubos, añadir unos 60 ml de agua destilada por tubo y proceder a la destilación y valoración automática.
 Anotar el gasto de ácido clorhídrico empleado (ml).

Cálculos

g de Nitrógeno x 6,25 x 100 = ml HCl \times N_{HCl} (mol/l) x 14,01 (g/mol) /1000

% $PB_{MF} = (1,401 \times N \times f \times g) / peso en MF de la muestra$

N_{HCl} = Normalidad del ácido clorhídrico

f = Factor de proteína

General: 6,25

Carne y derivados: 6,28

Leche y derivados: 6,38

g = Gasto (en ml) de ácido clorhídrico en la valoración.

c) Fibra bruta (FB).

Fundamento

La técnica determina el residuo que persiste después de dos hidrólisis sucesivas, una ácida y otra alcalina. En cierto modo, intenta simular el ataque gástrico e intestinal que se produce *in vivo*. Es una fracción que se encuentra únicamente en las muestras de origen vegetal; las de origen animal han de contener cantidades inferiores a un 2%.

Material

- i. Crisoles de vidrio filtrantes (porosidad 2)
- ii. Aparato FiberTec
- iii. Ácido sulfúrico 0,26 N
- iv. Hidróxido Sódico 0,31 N
- v. Acetona
- vi. Zelite (tierra de diatomeas)
- vii. Iso-octanol (antiespumante)

Método

i. Se pesa alrededor de 1 g de muestra (MF) en un crisol de vidrio filtrante precalcinado, identificado, y que contenga 0,3 - 0,5 g de Zelite. Si la muestra posee un alto contenido graso (EE o GB > 8%), se desengrasará previamente con éter etílico.

- ii. Calentar el ácido sulfúrico. Colocar los crisoles en el Fiber Tech y ponerlo en funcionamiento. Cuando la solución ácida comience a hervir, añadir 150 ml a cada crisol junto con dos gotas de antiespumante. Ajustar la temperatura del aparato y mantener la ebullición durante 30 minutos.
- iii. Calentar la solución de hidróxido sódico y agua destilada. Transcurrida la media hora de digestión ácida, parar la ebullición y lavar tres veces el residuo con agua destilada (50 ml/ lavado) y con ayuda de vacío. Una vez neutralizada la muestra, añadir 150 ml de hidróxido sódico caliente y dos gotas de antiespumante. Proceder de igual forma que con el ataque ácido y dejar hervir durante 30 minutos.
- iv. Tras media hora, apagar la fuente de calor y lavar tres veces con agua destilada y una última con acetona. Sacar los crisoles del FiberTech y ponerlos a secar en la estufa a 100 105°C durante más de 8 horas.
- v. Poner los crisoles en el desecador. Dejar enfriar. Pesarlos (Crisol + Residuo) y colocarlos en la mufla para obtener las cenizas.
- vi. Introducir los crisoles en la estufa para regular su temperatura, llevarlos al desecador para enfriar y pesar de nuevo (Crisol + Czs.).

Cálculos

% $FB_{MF} = 100 x ((crisol + residuo) - (crisol + Czs.))/g MF muestra$

d) Extracto etéreo (EE) o grasa bruta (GB). Método Soxhlet

Fundamento

- Extracción de los materiales liposolubles de la muestra con éter de petróleo con pesada posterior del extracto tras la evaporación del disolvente.
- Con materias de origen vegetal se hace referencia siempre a EE y no a GB
 ya que, además de grasa, el éter extrae importantes cantidades de
 pigmentos vegetales, ceras, etc. Con muestras de origen animal, es
 conveniente preceder la extracción con una hidrólisis ácida.

Material

- i. Aparato extractor Soxhlet.
- ii. Estufa de desecación.
- iii. Baño María con regulación de Ta.
- iv. Éter de petróleo 40-60 °C.
- v. Matraces.

Técnica

- i. Confeccionar un cartucho de papel de filtro. Introducir en él, aproximadamente, unos 2 - 3 g de muestra (MF). Tapar el cartucho con algodón e introducirlo en el cuerpo central del aparato Soxhlet.
- ii. Tarar el matraz Soxhlet (T), sacado previamente de la estufa y puesto en desecador. Montar la columna y poner el aparato en marcha poniendo en funcionamiento el sistema de refrigeración y el Baño María a 60 °C.

Poner éter en el cuerpo central del aparato Soxhlet hasta que sifone una vez. Añadir más éter sin que llegue a sifonar.

iii. Se deja sifonar repetidas veces hasta que el éter circule totalmente transparente (6 h mínimo) Transcurrido este período, se recupera todo el éter del cuerpo central. Tras dejar airear durante 30 – 60 minutos, el éter residual del matraz se evapora en estufa (entre 1-4 horas) a 75 °C. Posteriormente se enfría el matraz en el desecador y se pesa (Matraz + Grasa).

Cálculos

%
$$EE_{MF} = 100 x ((Matraz + Grasa) - T)/g MF Muestra$$

Resultados.

Generalmente, la composición de los alimentos se expresa en materia seca (MS), ya que facilita la comparación nutritiva. Una vez obtenidos los resultados de los diferentes análisis (expresados sobre materia fresca (MF), se deben de calcular sobre materia seca (MS).

4.2.2.4 Sistema Van Soest.

Los nutrólogos consideran el análisis inmediato de los alimentos arcaico y poco exacto. Las críticas más duras recaen sobre la fracción hidrocarbonada (Fibra bruta y extractivos libres de nitrógeno). Precisamente para tratar de obviar el inconveniente que supone el saber que parte de la fracción de fibra es

potencialmente aprovechable por los rumiantes y que los no rumiantes pueden encontrarse con alimentos aparentemente poco fibrosos pero que resultan de muy difícil digestión Van Soest en 1967 propuso una analítica que dividía a los componentes del alimento en tres grupos o fracciones:

- Fracción muy utilizable
- Fracción parcialmente utilizable
- Fracción no utilizable

Hirviendo la muestra de alimento en una solución detergente neutra se divide en una fracción muy utilizable que incluye al contenido celular y la pectina que son solubles en detergente neutro (SND), y una fracción parcialmente utilizable constituida por componentes de la pared celular insolubles denominada Fibra neutro detergente (FDN). Los SND contienen lípidos, azúcares, almidón, proteína y ácidos orgánicos así como pectina componente normal de la pared celular que tiene una alta utilización nutritiva.

La FDN se hierve en detergente ácido con lo que la hemicelulosa se hidroliza y se obtiene un residuo denominado fibra ácido detergente (FAD) que contiene celulosa y la fracción menos digestible (lignina, cutina, sílice y nitrógeno no proteico).

4.2.3 Trabajos similares

4.2.3.1 En la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, se realizó una revisión del: "Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*

Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I - Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal". Del cual se resume, que el pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum Hoechst Ex Chiov.), no obstante ser la gramínea más utilizada en los sistemas de leche especializada en la zona andina de Colombia, presenta varios limitantes nutricionales que afectan tanto la producción como la calidad composicional de la leche. Entre los limitantes más importantes se destacan el alto contenido promedio de proteína cruda (PC) (20 ± 3.26 % de la materia seca, PC), de nitrógeno no proteico (> 90% de la fracción soluble de la PC), potasio (3.69 ± 0.77 % de la MS) y fibra en detergente neutro (58.1 ± 3.91 % de la MS) así como el bajo contenido promedio de sodio (0.02 ± 0.01 % de la MS) y carbohidratos no estructurales (13.4 ± 2.51 % de la MS).

El alto contenido de nitratos (5250.9 ± 3153.7 ppm) puede ser la causa de diversos trastornos reproductivos y sanitarios en los animales. Estas características ponen en riesgo la competitividad de los sistemas de producción de leche basados en dicha gramínea.

4.2.3.2 En el College of Animal Science, Northwest A&F University, 712100 Yangling, se realizó la investigación: "Cinética de degradación in vivo de forraje del Tibet". Donde el objetivo de la investigación fue evaluar la composición química y características de degradación para ocho forrajes cosechados en Julio en la meseta Tibetana de China. En bolsas duplicadas que contienen 2g de especies de forrajes fueron incubadas en el rumen de los seis ovejas fistuladas de raza Peng-Po del Tíbet para 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 h. Diferencias

significativas fueron observadas en la cinética de degradación y en los valores de degradabilidad efectiva de los diferentes forrajes. Los valores de la degradabilidad y degradabilidad potencial de materia seca (MS) y fibra detergente neutro (FDN) en Lagotis humilis fue mayor (P <0,01) que para los otros forrajes. Carex satakeana tuvo la degradabilidad más rápida de la fracción de la proteína cruda (PC) de todos los forrajes probados y el Elymus nutans tuvo la más alta degradabilidad potencial de la PC. L.humilis, C.satakeana y E.nutans tenían una alta degradabilidad efectiva de la MS y la PC que indican su alta calidad como forraje ruminal en zonas frías del Tíbet.

4.2.3.3 La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)/University of California-Davis (UCD), EEUU, en el territorio de México, realizaron la investigación: "Valor alimenticio comparativo del pasto kikuyo (*pennisetum clandestinum*, var. Whittet) en dos estaciones de crecimiento con ryegrass (*lolium multiflorum*) y sudán (*sorgum sudanense*) ofrecido a novillos holstein"

Donde cuatro novillos Holstein (167kg) con cánulas en rumen y duodeno proximal fueron distribuidos en un diseño Cuadro Latino 4×4 para estimar el valor alimenticio comparativo del pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum var. Whittet) cosechado en verano e invierno con el de henos de gramínea de verano (pasto sudán; Sorgum sudanense) e invierno (ryegrass anual; Lolium multiflorum var. Oregon). Las dietas experimentales (88,4% MO, 35,5% FDN y 11,8% PC) fueron formuladas con 70% forraje y 30% suplemento. No hubo efecto de tratamientos (P>0,05) en digestión ruminal de la FDN, N, eficiencia microbial ruminal (g de NM/kg de MO fermentada), ni en eficiencia ruminal del

N (N no amoniacal que entra a tracto bajo/N consumido). No hubo efecto (P>0,10) de la estación (cosecha en verano vs invierno) en la digestión ruminal y total de la MO, FDN y N en dietas con kikuyo. La digestión ruminal y total de MO, FDN y N fueron similares (P>0,10) para dietas compuestas por kikuyo y sudán. Sin embargo, la digestión ruminal y total de MO y N fue menor (19, 12 y 9%, respectivamente) para dietas con kikuyo a la observada con ryegrass (P<0,05). Las dietas con kikuyo presentaron mayor (P<0,05) proporción molar de acetato y relación acetato/propionato que con ryegrass y sudán. No hubo efecto (P>0,05) en la relación acetato-propionato. Se concluye que kikuyo tiene un valor alimenticio similar a sudán y representa una alternativa en la alimentación animal como cultivo perenne con aceptable valor nutricional durante el verano.

4.2.3.4 En la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín el Grupo de Investigación BIORUM, realizaron la investigación: "Comparación de la cinética fermentativa del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) utilizando la técnica *in vitro* de la producción de gas y la técnica *in vivo* de la bolsa de nailon", donde se fijó como objetivo comparar la degradabilidad de la materia seca (MS) del pasto kikuyo obtenida con la técnica de la bolsa de nailon en los horarios 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas, con la obtenida por la técnica de producción de gas en el mismo pasto y con idénticos horarios de incubación que con la técnica *in situ*. En ningún horario de degradación hubo diferencias entre los valores encontrados para la degradabilidad de la MS entre las dos técnicas (P<0,001). Ambas técnicas están alta y positivamente correlacionadas (r=0,895) con una confiabilidad del 99% (P<0,001). Los parámetros de degradación de la MS para

ambas técnicas utilizando el modelo de Orskov & Mc Donald (1979), no fueron estadísticamente diferentes. Los valores para la fracción soluble (parámetro A) fueron 26,02 y 21,36% (P=0,270); para la fracción potencialmente degradable por microorganismos (parámetro B) fueron 52,52 y 53,89% (P=0,124) y un valor de tasa de degradación (parámetro C) de 0,03 y 0,04% (P=0,364) para la técnica *in vitro* e *in situ* respectivamente. La degradabilidad potencial (DP) del pasto kikuyo fue de 77,92% para la técnica de gases y 75,35% para la técnica *in situ* (P=0,512); por último la degradabilidad efectiva (DE) fue de 45,07% para ambas técnicas (P=0,461).

En conclusión la técnica *in vitro* de producción de gas permite estimaciones muy aproximadas de la degradación de MS y puede reemplazar la técnica *in situ* de la bolsa de nailon en el kikuyo, que junto con la curva dinámica de producción de gas y en conjunto con el conocimiento de los parámetros de fermentación ruminal de los forrajes, permite hacer una estimación de la degradación de estos y al mismo tiempo predecir su calidad nutritiva.

4.2.3.5 El Colegio de Postgraduados Texcoco, Mexico, realizaron, la investigación: "Efecto de la fuente de forraje en la cinética ruminal y pasaje de dietas mixtas para novillos", donde se llevaron a cabo dos experimentos en Cuadrado latino 4x4 para determinar el efecto de la sustitución de la mitad de heno de alfalfa (Medicago sativa) picada (HA) en una dieta conteniendo 35% de HA en base seca, por paja de trigo (Tritricum aestivum) picada (PT), paja de pasto bermuda (Cynodon dactylon) (PB) picada o cascarilla de algodón (Gossypium spp.) (CA), en la utilización y cinética de la digestión ruminal y

pasaje del forraje y grano. El concentrado de todas las dietas fue a base de grano de sorgo como hojuelas de vapor. En el experimento 1 se determinaron los coeficientes de digestión total aparente para materia seca (MS), fibra detergente neutro (FDN) y almidón (AL) mediante recolección fecal total, usando cuatro novillos en crecimiento (267 kg). Se determinó también la tasa de pasaje de partículas para los forrajes y grano en cada dieta con metales de tierras raras y la tasa de dilución líquida con Co-EDTA.

En el experimento 2, se usaron cuatro novillos maduros (726 Kg) con cánula permanente en rumen para determinar la cinética de digestión ruminal in situ de MS, FDN y AL para el sorgo, forrajes de las dietas. Las tasas de digestión fueron combinadas con las tasas de pasaje, del experimento 1, para calcular el grado de digestión aparente en rumen (GDAR) para cada ingrediente de la dieta y dietas completas. Se midió el pH y la distribución de la MS en rumen. La digestión total aparente para MS y FDN no fue afectada (p<0.05) para la dieta con CA. La digestión del AL no fue afectada por la fente de forraje y promedió 97%. La tasa de pasaje para el sorgo, HA, así como la tasa de dilución 97%. La tasa de pasaje para el sorgo, HA, así como la tasa de dilución no fue diferente (p<0.05) entre tratamientos. El GDAR de la MS fue mayor (p<0.05) para el HA que para la PT, PB o CA (47.8, 35.4, 33.5 y 15%, respectivamente) y el GDAR de la FDN fue menor (p<0.05) en la CA que en el HA, PT o PB (10.9% vs 23.4, 18.1 y 24.5%, respectivamente). El GDAR de la FDN fue diferente (p<0.05) entre tratamientos.

No se observaron diferencias en el pH ruminal, contenido de MS y volumen total en rumen; sin embargo, la porción flotante de MS, medida como la porción seca del contenido ruminal, fue mayor (p<0.05) para las dietas con PT y PB que para las dietas con HA o CA (43.9 y 57.2 vs 8.3 y 8.3% respectivamente). Los resultados de estos experimentos muestran que la sustitución parcial de el HA por PT o PB, en dietas para novillos, puede mejorar la utilización de HA y grano de sorgo.

4.2.3.6 En la Facultad de Agronomía, UCV, Maracay, Venezuela. Se realizó la investigación: "Rendimiento y valor nutritivo de forrajes tropicales. 1. bermuda cv. coastal (*Cynodon dactylon*) (L) Pers.)" donde se determinó el efecto de la edad, sobre el rendimiento y el valor nutritivo del pasto bermuda cv. Coastal (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). El forraje se cosechó diariamente en 4 parcelas a partir del día 35 después del corte, y se suministró durante 6 semanas en una digestibilidad continua a 12 ovinos divididos en dos tratamientos: Consumo *ad libitum* y consumo restringido. Los rendimientos diarios promedios de materia orgánica digestible y proteína digestible, presentaron poca variación entre edades, al igual que la composición química.

La digestibilidad de la materia seca disminuyó con la edad, y fue mayor en los animales con consumo *ad libitum* que en los animales con consumo restringido (P<0,01). La digestibilidad de las fracciones proteína cruda, constituyentes de la pared celular, fibra ácido detergente, celulosa y hemicelulosa disminuyó con la edad, no sucediendo lo mismo con los contenidos celulares, la lignina y el

sílice. Los consumos de materia seca y materia orgánica digestible, no estuvieron relacionados con la edad.

Cuadro 3. Composición química de la Bermuda a diferentes edades (% materia seca)

FRACCION QUIMICA		EDAD (DIAS DESPUES DEL CORTE)					
QUIMICA	39	46	53	60	67	74	
Contenidos celulares	30,8	28,2	29,0	29,3	29,9	27,1	
Proteína cruda	11,7	10,7	11,3	10,6	9,1	9,5	
Constituyentes de la pared celular	69,2	71,8	71,1	70,7	70,2	72,9	
Fibra ácido detergente	40,0	39,4	39,6	39,0	39,0	39,4	
Celulosa	29,4	29,2	28,8	28,3	27,7	28,2	
Hemicelulosa	29,2	32,4	31,5	31,7	31,2	33,5	
Lignina	7,5	6,5	7,0	6,4	7,2	6,9	
Sílice	3,0	3,4	3,6	4,0	4,0	4,2	
Ceniza	9,2	9,2	9,4	10,2	9,4	9,4	
Calcio	0,41	0,48	0,41	0,46	0,39	0,43	
Fósforo	0,22	0,23	0,18	0,20	0,18	0,17	

4.2.3.7 En el centro-oeste de Arkansas (USA) se realizó la investigación "Quality Characteristics and In Situ Dry Matter Disappearance Kinetics of Bahiagrass and Three Varieties of Bermudagrass Harvested During the Summer and Early Fall in West-Central Arkansas", donde cinco novillos con el rumen fistulado se utilizaron para determinar la cinética de desaparición de la materia seca (MS) in situ, para bahiagrass en comparación con tres variedades de pasto bermuda (Cynodon dactylon; "Common", "Midland", y "Tifton 44") cosechado en 3 fechas (09 de junio, 06 de agosto y 5 de octubre de 2004) en el centro-oeste de Arkansas, donde se obtuvo los siguientes resultados, cuadro 4.

Cuadro 4 Cinética de la degradación de la materia seca In Situ para "Sand Mountain" Bahiagrass (Cynodon dactylon), Common, Midland y Tifton 44" cosechados a tres edades de cosecha.

Harvest date/ Forage	A ¹	В	С	Extent ²	Lag time, h ³	K _d /hr	Effective Degradability ⁴
Totago		% of		LXtorit	Lag timo, m	r c ₀ /111	— % of DM -
June 9		/6 01					— /0 OI DIVI —
	20.6 ^b	60.6 ^a	19.0 ^b	81.0 ^a	4.10	0.059 ^a	58.3 ^a
Bahiagrass	20.6				4.16		
Common	24.9 ^a	49.4 ^c	25.7 ^a	74.3 ^b	3.38	0.056 ^a	54.9 ^b
Midland	23.7 ^a	50.6 ^{b,c}	25.7 ^a	74.3 ^b	2.35	0.052 ^a	53.6 ^{b,c}
Tifton 44	20.6 ^b	53.3 ^b	26.3 ^a	73.7 ^b	2.82	0.051 ^a	52.3 ^c
August 6							
Bahiagrass	16.6 ^b	54.7 ^a	28.7 ^b	71.3 ^a	4.21	0.040 ^{b,c}	45.8 ^b
Common	16.5 ^b	43.3°	40.2 ^a	59.8 ^b	1.21	0.048 ^a	41.6°
Midland	19.1 ^a	49.8 ^b	31.1 ^b	68.9 ^a	1.87	0.049 ^a	48.0 ^a
Tifton 44	14.6°	46.3°	39.1 ^a	60.9 ^b	1.59	0.034 ^c	37.0 ^d
October 5							
Bahiagrass	13.0°	56.4 ^a	30.6°	69.4 ^a	5.55	0.028 ^b	37.7 ^b
Common	18.6 ^a	42.5 ^b	38.9 ^b	61.1 ^b	1.39	0.043 ^a	41.9 ^a
Midland	18.4 ^a		39.1 ^b	60.9 ^b	2.84	0.040 ^a	40.9 ^a
Tifton 44	16.3 ^b	41.0 ^b	42.7 ^a	57.3 ^c	2.58	0.044 ^a	39.0 ^b
PSE ⁵	0.7	1.1	1.0	1.0	0.84	0.003	0.7
a,b, c Modiac on	uno	oolumno	v dontro	do	una facha	do oooo	aha datarminada

^{a,b, c} Medias, en una columna y dentro de una fecha de cosecha determinada, sin superíndices comunes difieren (P <0,05).

sin degradar la fracción, y Kd = velocidad de desaparición.

4.2.3.8 La Universidad de Costa Rica, en el mismo país realizó la investigación: "Efecto de cuatro niveles de cascara de banano maduro sobre la degradabilidad ruminal de la materia seca de los pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*) en vacas jersey". Donde se estudió el efecto de 4 niveles de cascara de banano maduro (CBM) fresca (0, 7, 14 Y 21 kg/vaca/día) sobre la degradabilidad ruminal de Kikuyo la materia seca (MS) de los forrajes Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), cosechado a 30 ó 40 días de edad; y Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*), cosechado a 18 ó 21 días. Se utilizaron 8 vacas Jersey fistuladas en el rumen, en un diseño de cuadrado latino 4x4 repetido.

Abreviaturas: A = fracción soluble de inmediato, B = fracción desapareciendo a un ritmo mensurable; C =

² Tasa de desaparición de desaparición en el rumen (extent) y se calcula en 100 - C. ³ Efecto principal del tipo de forraje fue el único significativo (P < 0.001) el efecto del tratamiento. ⁴ Se calcula como A + B x [Kd / (Kd de partículas + tasa de aprobación)], donde la tasa media de paso para cinco novillos fue $0.035 \pm 0.007/hr$.

⁵ error estándar combinada del tipo de interacción forraje x fecha de cosecha significa (n = 5 novillos).

Cuadro 5. Valores promedios de las constantes de degradabilidad de la materia seca de los pastos kikuyo y estrella africana.

Itemes	FS	FD	TD	DP	TM	D5	D8
	%	%	%/h	%	h	%/h	%/h
Cáscara de banano	*	ns	**	ns	**	ns	ns
0 kg/d	23.0a	50.8	4.3a	73.8	15.6a	47.3	41.7
7 kg/d	21.4b	50.6	4.9b	72.0	14.6b	46.5	40.8
14 kg/d	22.1b	51.0	4.8b	73.1	14.9ab	47.1	41.3
21 kg/d	21.8b	50.8	5.1b	72.6	13.9b	47.4	41.6
Pastos	**	**	**	**	**	**	**
Kikuyo	25.1	55.2	5.3	80.3	13.4	53.6	47.3
Estrella Africana	19.0	46.4	4.2	65.4	16.2	40.6	35.4
Edades	**	**	**	**	**	**	**
Edad menor	24.5	55.4	5.0	79.9	14.1	52.3	46.0
Edad mayor	19.6	46.2	4.5	65.8	15.4	41.9	36.7
Pastos x niveles cáscara	ns	**	ns	ns	*	ns	ns
Kikuyo							
Cáscara de banano							
0 kg/d	26.0	54.7	5.2	80.7	13.8	53.7	47.5
7 kg/d	24.1	56.3	5.5	80.4	13.8	53.5	47.0
14 kg/d	25.4	55.2	5.4	80.6	13.3	53.9	47.6
21 kg/d	25.2	54.6	5.3	79.8	13.5	53.3	47.0
Estrella Africana							
Cáscara de banano							
0 kg/d	19.9	46.9	3.4	66.8	17.5	41.0	35.8
7 kg/d	18.7	49.0	4.3	67.7	16.2	39.6	34.5
14 kg/d	18.8	46.0	4.2	64.8	16.6	40.3	35.1
21 kg/d	18.5	47.0	4.8	65.5	14.4	41.6	36.2
Pastos x edades	**	**	ns	ns	ns	**	**
Kikuyo							
Edad menor	27.0	57.2	5.7	84.2	12.5	57.3	50.7
Edad mayor	23.3	53.1	5.0	76.4	14.2	49.8	43.8
Estrella Africana							
Edad menor	22.0	53.5	4.3	75.5	15.7	47.3	41.2
Edad mayor	15.9	39.3	4.1	55.2	16.6	33.9	29.5

FS= Fracción soluble, FD= Fracción degradable, TD= Tasa de degradación,

**= P≤ 0,01

La determinación se hizo en bolsas de Nylon con poros de 40 μm en 8 intervalos de incubación (0, 2, 6, 12, 24, 36,48 y 72 horas). La adición de los diferentes niveles de CBM, con un aporte máximo de 0.52 kg de carbohidratos no estructurales y 0.23 kg de extracto etéreo, no interfirió con la fracción degradable ni con la degradabilidad potencial (51 y 73% en promedio) de la MS de los pastos evaluados. Hubo interacción positiva (P<0.01) pastos-niveles de

DP= Degradación potencial, TM= Tiempo medio, D5 y D8= Degradabilidad efectiva a tasas de pasaje de 5 y 8%/h.

a, b= representan diferencias significativas (p≤0.05) entre itemes.

ns= no significativo (p>0.05).

^{*=} P≤ 0,05

CBM: el nivel de 7 kg incrementó en 2.9 y 4.5% la fracción degradable de kikuyo y estrella africana. La tasa de degradación aumentó en 15% con cualquier nivel de adición de CBM, sobresaliendo un incremento de 30% de la tasa de degradación para estrella africana con cualquier nivel de CBM. Unicamente los niveles de 7 y 21 kg redujeron, en promedio 6.5% del tiempo medio de la MS de los pastos. La degradabilidad específica estimada a 2 tasas. degradabilidad efectiva 5%/h y 8%/h (47 y 41 respectivamente), no se vio afectada por nivel de CBM. El pasto kikuyo fue superior a Estrella Africana en fracción soluble, fracción degradable, tasa de degradación, degradabilidad potencial, tiempo medio, degradabilidad efectiva 5%/h y 8%/h de la MS. Independientemente del pasto, la edad menor fue superior a la edad mayor para la fracción soluble, fracción degradable, tasa de degradación, degradabilidad potencial, tiempo medio, degradabilidad efectiva 5%/h y 8%/h de la MS. La interacción pasto-edades tuvo efecto significativo sobre la fracción soluble, fracción degradable y de la degradabilidad efectiva 5%/h y 8%/h; hubo una similitud entre la edad mayor (40 días) del pasto kikuyo y la menor (18 días) del estrella africana en fracción soluble, fracción degradable, tasa de degradación, degradabilidad potencial, tiempo medio y de la degradabilidad efectiva 5%/h y 8%/h de la MS; mientras que entre la edad mayor (21 días) de estrella africana y la menor (30 días) de kikuyo fue superior el kikuyo para fracción soluble, fracción degradable y de la degradabilidad efectiva 5%/h y 8%/h de la MS. Bajo las condiciones del experimento, la adición de CBM no deterioro la degradabilidad ruminal de los 2 pastos, pero si estimulo su velocidad de aprovechamiento ruminal. La edad del pasto tuvo efecto sobre el aprovechamiento ruminal, siendo comparables kikuyo y estrella africana a 40 y 18 días, respectivamente.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 MATERIAL

5.1.1 Material de Laboratorio

- Horno de laboratorio.
- Horno de Mufla.
- Balanza analítica.
- Balanza de precisión.
- Bolsas de nylon, marca ankon
- Espátula
- Pinzas para crisoles
- Fundas de basura
- Frascos de muestras de orina
- Bolsas de papel
- Molino Tomas Willey
- Crisoles
- Registros
- Mandil
- Marcadores
- Hilo de amarre
- Tijeras
- Ligas

5.1.2 Material de Campo

- 3 Bovinos fistulados, con su respectiva cánula.
- Cabos
- Libreta de anotaciones
- Baldes
- Hoz
- Guadaña
- Balanza romana

5.1.3 Materiales de oficina

- Calculadora
- Programa estadístico SAS
- Computadora
- Lápices
- Hojas A4
- Cinta masky

5.2 MÉTODOS

5.2.1 Ubicación

La recolección de muestras de forraje se realizó en la ciudad de Loja, en la Quinta Experimental Punzara, perteneciente al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, ubicada al suroeste de la ciudad a 2100 m.s.n.m, tiene una precipitación anual de 769.7

mm³, se encuentra dentro de la formación ecológica Bosque Seco Montano Bajo, el viento tiene una dirección al norte con una velocidad de 3.5 metros/ segundo y con una temperatura promedio de 18°C; así mismo se utilizó los laboratorios de Nutrición del área Agropecuaria de la UNL, donde se deseco las muestras, luego de esto se procedió al envío de las muestras correspondientes para los análisis bromatológicos, en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Posterior a esto se realizó el traslado a los Laboratorios de Nutrición de la Finca Experimental "La María" de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, donde se procedió a realizar los análisis de degradabilidad ruminal.

5.2.2 Muestras

Las forrajes que se evaluaron fueron: *Pennisetum clandestinum* (kikuyo) y *Cynodon dactylon* (grama). Cada muestra tuvo un peso de dos Kg, y fue cortada a dos centímetros del suelo. Las muestras fueron colectadas a los 40, 55 y 70 días de rebrote. Las muestras fueron desecadas en el horno de laboratorio, a 65°C por 48 h, que posteriormente fueron molidas en un molino Thomas Willey, con una criba de dos mm para los estudios de degradabilidad ruminal.

Cuadro 6. Calendario de recolección de muestras

		40 días	55 días	70 días	
Forraje	Fecha de corte de igualación Fecha de cor (cosecha)		Fecha de corte (cosecha)	Fecha de corte (cosecha)	
Kikuyo	18/02/2011	27/03/2011	11/04/2011	28/04/2011	
Grama	17/05/2011	25/06/2011	11/07/2011	25/07/2011	

5.2.3 Animales

Tres bovinos brahaman mestizos fistulados fueron utilizados para determinar la digestibilidad del forraje usando la técnica de las bolsas de nylon.

5.2.4 Incubaciones In Situ

Para los análisis de degradación ruminal, las bolsas utilizadas fueron de nylon (10 x 20 cm; tamaño del poro 45 µm) marca Ankon, las cuales fueron identificadas, para ser colocadas a la estufa por el lapso de tiempo de 48 horas a 65 °C, las que posteriormente fueron pesadas en balanza analítica y registrado su peso seco. Inmediatamente de ello se procedió a llenar las bolsas con 7 g (muestra con un 10% de humedad aproximada) de forraje previamente molido, luego de esto las bolsas de nylon fueron selladas usando bandas de goma. Cada muestra de forraje fue incubado en cada bovino por los periodos de tiempo: 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas. Después de la extracción del rumen, las bolsas de nylon fueron lavadas en agua corriente fría, hasta que el lavado las limpió y descoloró. Las bolsas fueron desecadas primeramente al ambiente, y luego fueron ingresadas a un horno de aire-forzado por 48 h a 65°C, para finalmente ser pesadas.

5.2.5 Cinética de la Digestión

La degradación de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO) estuvieron sujetos a una ecuación exponencial p = a+b (1- e^{-kd^*t}) donde \boldsymbol{p} (degradabilidad potencial) es la desaparición de MS y MO (g.g⁻¹) en el tiempo \boldsymbol{t} . Las

características de degradación de los alimentos fueron definidos como a= fracción degradable rápidamente, b= fracción degradable lentamente, y kd= tasa de degradación de b por hora. Para estimar los parámetro de la cinética ruminal se utilizó la función Solver de Microsoft Excel.

5.2.6 Análisis Químicos

La MS fue determinada por secado de las muestras de peso constante en un Horno de laboratorio a 130°C. La ceniza fue determinada luego de incinerar las muestras de MS en un horno de mufla a 600°C por 3 h. La concentración de nitrógeno contenida fue medida usando el método de Kjeldhal (AOAC, 1990). Proteína cruda fue calculada como N x 6.25. La fibra bruta, el extracto etéreo y extractos libres de nitrógeno fueron determinados, tanto como la proteína y la ceniza por el método de Weende. FDN y la FDA contenidas fueron determinadas por el Sistema Van Soest.

5.2.7 Variables en estudio

Análisis bromatológicos

- Materia Seca
- Humedad
- Cenizas
- Proteína bruta
- Extracto etéreo
- Fibra bruta

- Extractos libres de nitrógeno
- FDN
- FDA

Degradabilidad ruminal

- Materia Orgánica
- Materia Seca

5.2.8 Diseño experimental

Se aplicó un diseño de bloques al azar con un arreglo factorial 3x2 (edades de cosecha * especies de forrajes), donde se evaluó la cinética de degradación *in situ*, en siete tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas). Como se utilizaron tres bovinos fistulados, cada bovino representó un bloque, donde se evaluaron las degradabilidad de cada muestra.

5.2.8.1 Factores y niveles

En el experimento se evaluaron simultáneamente dos factores: Especie Forrajera (F) con dos niveles, y Edad de rebrote (E) también con dos niveles.

El detalle de cada uno de los factores y niveles se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 7. Descripción de factores y niveles.

FACTORES	NIVELES	SIMBOLOGÍA	
	Kikuyo	F0	
ESPECIE FORRAJERA (F)	Grama	F1	
	40 días de rebrote	E0	
EDAD DE REBROTE (E)	55 días de rebrote	E1	
	70 días de rebrote	E2	

5.2.8.2 Tratamientos:

De la combinación de los factores y niveles resultan los siguientes tratamientos:

Cuadro 8. Descripción de los tratamientos

N°	Símbolos	Descripción
01	f0e0	Kikuyo 40 días de rebrote
02	f0e1	Kikuyo 55 días de rebrote
03	f0e2	Kikuyo 70 días de rebrote
04	F1e0	Grama 40 días de rebrote
05	f1e1	Grama 55 días de rebrote
06	f1e2	Grama 70 días de rebrote

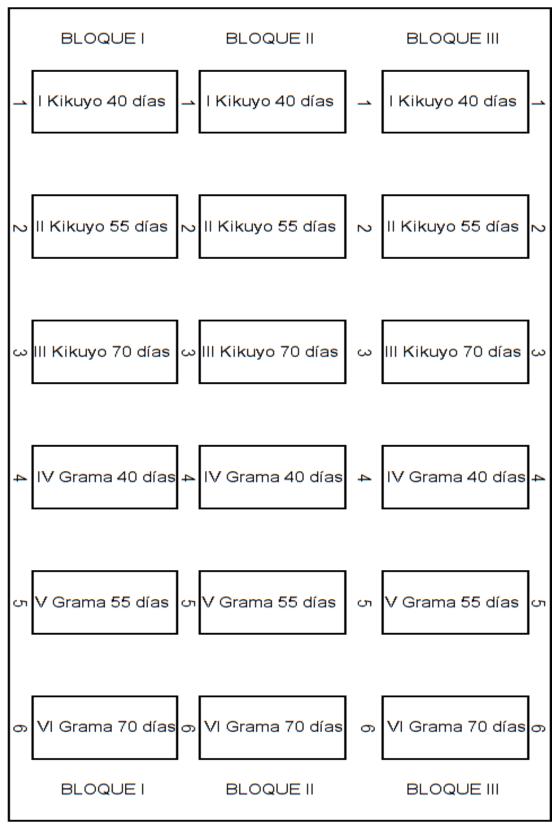


Figura 3. Mapa de bloques con sus respectivos tratamientos

5.2.9 Análisis estadístico

Para el análisis de la variable digestibilidad a las diferentes edades fenológicas, se realizó un análisis de varianza; así mismo para la diferencia entre las medias de los tratamientos se empleó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Para el efecto se usó el procedimiento de los modelos lineales generales (PROC GLM) de SAS (2003).

5.2.10 Pasantía y entrenamiento técnico para la investigación.

Para poder llevar a cabo la presente investigación, se necesitó, un período de dos semanas de entrenamiento en técnicas de laboratorio para determinar características nutricionales del forraje en estudio, así como adquirir destrezas en el uso del instrumental de laboratorio que es utilizado para realizar los exámenes bromatológicos, como los que se utilizaron en la técnica de digestibilidad in situ. Por esta razón con ayuda del Doctor Juan Avellaneda, PhD en nutrición de rumiantes, Investigador y Catedrático de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, se realizaron dichas prácticas en Laboratorios y espacios dedicados a la Nutrición que posee dicha Universidad.

6. RESULTADOS

6.1. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LOS PASTOS.

La composición química de los pastos Kikuyo y Grama a las edades de 40, 55 y 70 días de rebrote, están presente en el cuadro 4 y 5 respectivamente.

6.1.1. Composición Química del Pasto Kikuyo (Pennisetum clandestinum).

El kikuyo es el pasto naturalizado que mejor se ha adaptado a las condiciones medio ambientales y de suelo de nuestra hoya de Loja, de allí la importancia de conocer su valoración nutritiva a distintas edades fenológicas que permitirán considerar pautas de manejo y utilización de dicha pastura.

Cuadro 9. Composición química del kikuyo usado para la digestibilidad *in situ,* a tres edades de rebrote, en base a MS.

Análisis		Edades de rebrote	
Alialisis	40 días	55 días	70 días
MS %	91.1	91.36	91.67
Humedad %	8.9	8.64	8.33
PB (MS %)	21.66	18.39	19.5
EE (MS %)	2.15	1.71	2.74
ELN (MS %)	35.99	39.97	36.75
F (MS %)	26.44	27.46	27.7
Cenizas (MS %)	13.75	12.47	13.01
FDN (MS %)	62.01	67.15	66.23
FDA (MS %)	34.8	35.66	37.17

PB, Proteína bruta; EE, Extracto Etéreo; ELN, Extracto libre de Nitrógeno; F, Fibra bruta; FDN, Fibra Detergente Neutra; y FDA, Fibra Detergente Ácida en base a materia seca.

Fuente: Laboratorio de Nutrición, Estación Experimental Santa Catalina. INIAP

Origen de muestra: Finca Experimental Punzara de la UNL.

Los resultados de la composición química del kikuyo a 40, 55 y 70 días de rebrote, están presente en el cuadro 4; pudiendo observar en lo concerniente a la proteína que a 40 días tiene 21.66%, valor que desciende a la edad de 55 días a 18.39% y muestra una ligera elevación a la edad de 70 días de rebrote, de 19.5%, Fig. 4.

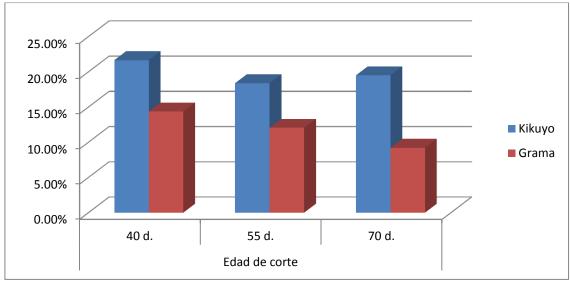


Figura 4. Comparación del valor de proteína de la grama y kikuyo a sus diferentes edades de corte.

La fibra bruta, como es lógico, presenta un incremento a medida que aumenta la edad de corte del Kikuyo: 26.44%, 27.46% y 27.7% de fibra a la edad de 40, 55 y 70 días, respectivamente. El extracto etéreo (EE), en el kikuyo de 40 días presenta un valor de 2.15%, en cambio, a los 55 días de rebrote este nutriente baja a 1.71%, pero finalmente a la edad de 70 días se halla en un valor de 2.74%, el cual es superior a las dos anteriores. En lo concerniente al extracto libre de nitrógeno (ELN), se puede observar a la edad de 40 días un valor de 35.99%, incrementándose a 39.97 a la edad de 55 días, para finalmente descender a 36.75% a la edad de 70 días de rebrote. La FDN (fibra detergente neutra) conforme aumenta la edad del pasto tiene un rango ascendente de 62.01 a 66,23%, Fig. 5. Y la FDA (fibra detergente ácida) indica que a mayor

edad el pasto se lignifica y se hace más indigestible, teniendo valores que van desde 34.8% a los 40 días de edad, 35.66% a los 55 días y 37.17% a los 70 días, Fig. 6.

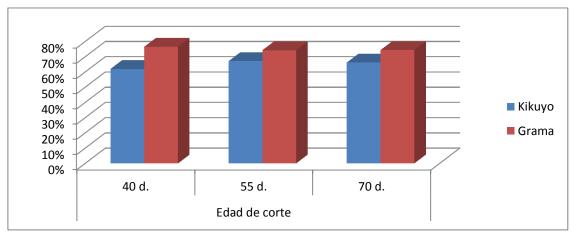


Figura 5. FDN de la grama y kikuyo en sus diferentes edades de corte

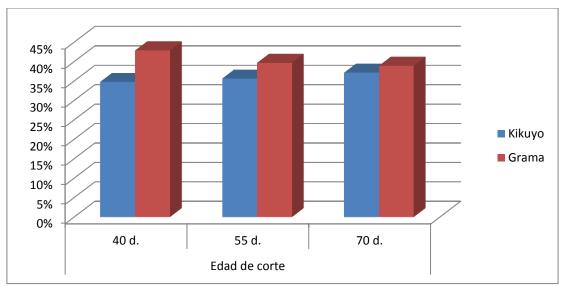


Figura 6. FDA de la grama y kikuyo en sus diferentes edades de corte.

En lo referente a la ceniza se pudo observar una reducción de su porcentaje en los forrajes de mayor edad (Cuadro 4).

6.1.2. Composición Química del Pasto Grama (Cynodon dactylon).

La grama dulce es una especie perenne que forma un césped denso, que puede resistir el anegamiento temporal y las sequías prolongadas, además que tolera los suelos salinos y una fuerte presión de pastoreo. Es un pasto que se ha adaptado a las condiciones de la hoya de Loja, y conocer su valor nutricional puede ser de gran ayuda, para poder valorar o no su potencial, como alimento para los rumiantes que se alimentan con este forraje.

Cuadro 10. Composición química de la grama usada para la digestibilidad *in situ,* a tres edades de rebrote, en base a MS.

Análisis		Edades de rebrote	
Analisis	40 días	55 días	70 días
MS %	89.74	90.54	90.8
Humedad %	10.26	9.46	9.2
PB (MS %)	14.36	12.05	9.22
EE (MS %)	1.86	1.38	1.45
ELN (MS %)	38.23	47.18	45.04
F (MS %)	35.36	29.6	35.37
Cenizas (MS %)	10.18	9.79	8.91
FDN (MS %)	76.57	74.31	74.42
FDA (MS %)	42.89	39.72	38.96

PB, Proteína bruta; EE, Extracto Etéreo; ELN, Extracto libre de Nitrógeno; F, Fibra bruta; FDN, Fibra Detergente Neutra; y FDA, Fibra Detergente Ácida en base a materia seca. Fuente: Laboratorio de Nutrición, Estación Experimental Santa Catalina. INIAP

Origen de muestra: Finca Experimental Punzara de la UNL.

En lo referente a la composición química de la grama dulce en las diferentes edades analizadas, y en lo que respecta al porcentaje de proteína bruta, se puede ver un descenso, a medida que aumenta el tiempo de corte, 14.36%, 12.05% y 9.22% a la edad de 40, 55 y 70 días, respectivamente. La FDN para el caso de la grama tuvo un comportamiento descendente de 76.57% a 74.31%

a medida que aumentó la edad, de igual manera, sucedió con la FDA con un rango descendente de 42.89% a 38.96%, a medida que la edad de corte aumentó. La fibra bruta fue similar a la edad de 40 y 70 días (35.3 %) y disminuyó a 29.6% a la edad de 55 días. El extracto etéreo a los 40 días fue de 1.86%, disminuyendo a la edad de 55 días (1.38%) e incrementando nuevamente su valor a los 70 días (1.45%). El extracto libre de nitrógeno en la grama dulce de 40 días muestra un valor de 38.23%, a los 55 días incrementa al valor de 47.18% y finalmente a los 70 días se observa un ligero descenso, presentando un 45.04%. El porcentaje de ceniza disminuyó, a medida que la edad de corte aumentó, con un 10.18% a los 40 días, 9.79% a los 55 días y 8.91% a la edad de 70 días.

6.2. DEGRADABILIDAD RUMINAL

6.2.1. Digestibilidad Ruminal de la Materia Seca

La degradabilidad *in situ* de la materia seca (MS) de los forrajes kikuyo y grama dulce fue diferente (p<0.005) a las 0, 3 y 72 horas por efecto de la edad de la planta, siendo mayores las respuestas para el pasto kikuyo a los 40, 50 y 70 días de rebrote, con valores de 17.09, 18.24 y 16.89% a las 0 horas; 18.67, 19.17 y 18% a las 3h, y 71.45, 72.07 y 69.65 % a las 72 horas después de incubación ruminal, respectivamente; en comparación con la grama dulce a las 40, 55 y 70 días de rebrote, la cual presentó valores de 13.52, 15.59 y 14.97 % para las 0 horas; 13.97, 17.34 y 16.87% para el tiempo 3 horas después de la

incubación ruminal y 59.30 %, 63.75 %, y 60.91 % para el tiempo 72 horas después de la degradación ruminal.

Cuadro 11. Degradabilidad *in situ* y cinética de degradación de MS del pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum) y grama (Cynodon dactylon) cosechadas a tres edades de rebrote (40, 55 y 70 días).

									P<	
Variable	G40	G55	G70	K40	K55	K70	EEM	Forraje	Edad	For. X Edad
Hora de incubación*										
0	13.52	15.59	14.97	17.09	18.24	16.89	0.4095	<.0001	0.0089	0.1841
3	13.97	17.34	16.87	18.67	19.17	18.00	0.3995	<.0001	0.0046	0.0036
6	15.87	18.64	19.38	22.60	23.92	21.48	0.8463	<.0001	0.0981	0.0553
12	25.94	29.57	28.72	34.65	34.41	32.26	1.2751	0.0003	0.3836	0.1577
24	43.36	47.00	44.67	54.94	56.97	53.28	1.5769	<.0001	0.1517	0.6532
48	53.55	59.63	55.39	67.95	68.53	66.86	1.5002	<.0001	0.0981	0.2345
72	59.30	63.75	60.91	71.45	72.07	69.65	0.8339	<.0001	0.0162	0.0851
Fracciones										
а	10.027	12.257	12.417	13.17	13.92333	12.747	0.4711	0.0012	0.0286	0.0286
b	56.533	58.993	54.347	64.777	65.00	64.333	1.0641	<.0001	0.0887	0.2218
С	33.433	28.75	33.237	20.715	21.08333	22.92	1.29829	<.0001	0.0834	0.352
K_d	0.0333	0.0333	0.0333	0.0367	0.036667	0.0367	0.0018	0.0493	1.0000	1.0000

^{*} Promedios con letras iguales no definidas estadísticamente según Tukey (P<0.05) Simbología: a, Fracción soluble; b, Fracción insoluble pero potencialmente fermentable; Kd, tasa constante de degradación y c Fracción insoluble. EEM: error estándar de la media.

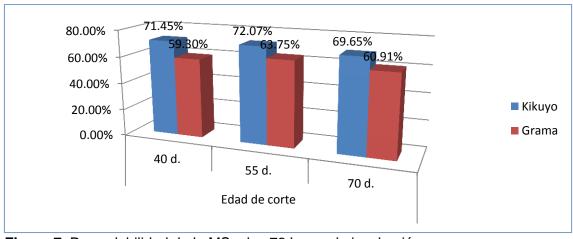


Figura 7. Degradabilidad de la MS a las 72 horas de incubación.

En cuanto al estudio de la cinética de la degradación ruminal de la MS del kikuyo y la grama dulce, se produjo el efecto de la edad (p<0.05) en la fracción soluble (a); no hallándose efecto alguno sobre las demás fracciones: fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) y (c). El efecto forraje fue marcado en las tres fracciones: a, b y c; siendo mayor para el pasto kikuyo.

6.2.2. Digestibilidad Ruminal de la Materia Orgánica

Cuadro 12. Degradabilidad in situ y cinética de degradación de Materia Orgánica del pasto kikuyo (*Penisetum clandestinum*) y grama (*Cynodon dactylon*) cosechadas a tres edades de rebrote (40, 55 y 70 días).

			C70						P<	
Variable 	G40 G55		G70	K40	K55	K70	EEM	Forraje	Edad	For. X Edad
Hora de										
incubación*										
0	15.74	17.35	17.16	22.31	22.67	21.83	0.39623	<.0001	0.0889	0.0983
3	16.29	19.07	19.01	23.78	23.55	22.88	0.39908	<.0001	0.0252	0.0023
6	18.73	20.35	21.46	27.48	28.05	26.14	0.77986	<.0001	0.3994	0.0644
12	27.64	31.04	30.56	38.76	37.96	36.29	1.18072	<.0001	0.5227	0.103
24	44.80	48.11	46.10	57.78	59.30	56.06	1.46779	<.0001	0.1896	0.6028
48	58.09	60.47	56.54	68.72	70.24	68.83	1.28813	<.0001	0.1503	0.6228
72	62.19	64.51	61.92	73.25	73.58	71.45	0.99056	<.0001	0.1047	0.5935
Fracciones										
а	12.20	14.09	14.673	18.78	18.68	17.93	0.45286	<.0001	0.142	0.0138
b	59.35	57.76	52.947	60.31	61.04	60.5	1.5017	0.0094	0.1308	0.133
С	28.44	28.143	32.38	20.91	20.28	21.56	1.71814	<.0001	0.2745	0.5903
K _d	0.03	0.0333	0.0333	0.037	0.04	0.037	0.00211	0.0091	0.3277	0.6702

^{*} Promedios con letras iguales no definidas estadísticamente según Tukey (P<0.05) Simbología: a, Fracción soluble; b, Fracción insoluble pero potencialmente fermentable; Kd, tasa constante de degradación y c Fracción insoluble.

La degradabilidad de la materia orgánica (MO) del kikuyo y de la grama dulce fue diferente (P<0.05) únicamente a las 3 horas de incubación por efecto de la edad de la planta, los valores para el kikuyo, fueron 23.78, 23.55 y 22.88 %, en tanto que para la grama 16.29, 19.07 y 19.01%, a los 40, 55 y 70 días

respectivamente. En lo que respecta al forraje, se pudo constatar que hubo un efecto (p< 0.005) notorio de este sobre la degradabilidad, siendo el kikuyo a sus diferentes edades de rebrote superior a la grama dulce, cuadro 12.

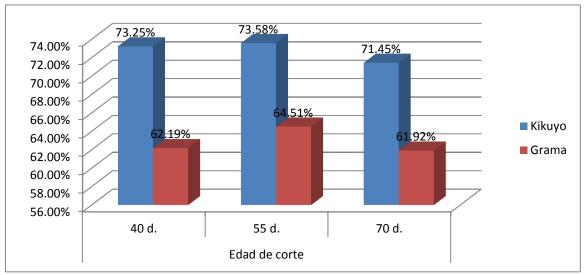


Figura 8. Degradabilidad de la MO a las 72 horas de incubación.

La degradabilidad de la materia orgánica, fue progresiva al tiempo de incubación, para las tres edades de rebrote. Así tenemos que el kikuyo de 40 días, a 24 horas de incubación tuvo un degradabilidad ruminal de la materia orgánica de 57.78%, luego ascendió a 68.72% a las 48 horas, hasta llegar finalmente a 73.25% a las 72 horas, lo que nos da una pauta de los nutrientes que podrán estar disponibles a las 24, 48 y 72 horas, luego de haber ingerido el alimento. Así mismo en la grama de 40 días a 24 horas de incubación hubo una degradabilidad de 44.8%, luego a las 48 horas incremento a 58.09% y finalmente a las 72 horas alcanzo un valor de 62.19%. Este ascenso se puede observar en todas las edades de rebrote, tanto de la grama como del kikuyo, mientras aumenta el tiempo de incubación, como lo verifica el cuadro 12.

En la cinética de la MO, no hubo efecto (p<0.005) en ninguna de las fracciones por efecto de la edad. En lo que refiere al efecto forraje, sí se pudo observar en todas las fracciones, siendo mayor para las del kikuyo.

La fracción soluble (a) en la cinética de degradabilidad de la MO, para el caso de la grama ascendió, a medida que aumentó la edad de la planta con valores de 12.2, 14.09 y 14.67% (40, 55 y 70 días respectivamente), en tanto que en el caso del kikuyo se pudo observar un mayor ascenso de la fracción soluble, a medida que aumentaba la edad, así se pudo observar valores de 18.78, 18.68 y 17.93% (40, 55 y 70 días, respectivamente). La fracción insoluble pero potencialmente degradable descendió en la grama al tiempo que aumentó la edad, teniendo 59.34, 57.76 y 52.94% (40, 55 y 70 días respectivamente); en el caso del kikuyo a la edad de 40 días la fracción *b* fue de 60.31%, luego a la edad de 55 días ascendió a 61.04%, para finalmente descender a 60.5%. La fracción insoluble en la grama fue la siguiente 28.44, 28.14 y 32.38% (40, 55 y 70 días respectivamente), pudiendo observarse un incremento considerable de 55 a 70 días de rebrote; para el caso del kikuyo se pudo observar que a los 70 días tuvo su mayor fracción insoluble (21.56%), seguida por la edad de 40 días con 20.91%, y finalmente a la edad de 55 días una fracción *c* de 20.28%.

7. DISCUSIÓN

7.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA

En lo concerniente al porcentaje de proteína se observa una clara superioridad del kikuyo frente a la grama dulce. Correa (2006) señala para el kikuyo valores máximos, mínimos y promedio de la proteína cruda de 27.1%, 15.4% y 20.5%; para el extracto etéreo de 4.71%, 1.63% y 3.63%; para la ceniza de 13.9%, 8.65%, y 10.6%; para la FDN de 66.9%, 51.7% y 58.1%; y para la FDA de 32.8%, 28.3% y 30.3%, respectivamente; pudiendo observar que los valores de proteína presentes en esta investigación están entre ese rango que presenta el autor, en tanto que al extracto etéreo se puede observar en pequeños valores. En todo caso, son superiores al valor mínimo (1,63%) encontrado por Correa, mientras que para los otros componentes se puede ver datos superiores (Cuadro 4) a los que reporta Correa (2006).

Combellas, et al. (1972), señalan valores para la grama dulce de 39, 53 y 67 días de rebrote en base a MS, de PC: 11.7%, 11.3% y 9.1%; para FAD de 40%, 39.6% y 39%; finalmente, para la ceniza valores de 9.2%, 9.4% y 9.4%, respectivamente. Siendo los valores de proteína ligeramente inferiores a los obtenidos en la presente investigación (Cuadro 5); mientras que los valores de FDA son bastante similares a la presente investigación, y finalmente los valores de la ceniza en esta investigación a los 40, 55 y 70 días son ligeramente superiores a los obtenidos por Combellas, et al, y esto puede deberse al tipo de suelo diferente en que se desarrolló este pasto. Flores, et al. (2006) indican valores para el *Cynodon dactylon* (grama dulce), a una edad temprana, media y

tardía de 17.4%, 12.8% y 8.9% para la PC; 68.2%, 72.3% y 74.2% para la FDN y 33.4%, 37.1% y 38.9% para la FDA, respectivamente; valores no muy lejanos a los obtenidos en la presente investigación (Cuadro 5) y, más aún, casi similares en la edad de 45 y 70 días, en relación con las edades media y tardía que presenta el autor antes mencionado.

7.2. DEGRADACIÓN RUMINAL DE LA MATERIA SECA

La degradabilidad *in situ* de la materia seca (MS) de los forrajes kikuyo y grama dulce fue diferente (p<0.005) a las diferentes edades de incubación, y esto se debió indudablemente al efecto de la edad de la planta, siendo mejores las respuestas de degradación a los 55 días para luego ir declinando a una edad de 70 días de rebrote; el pasto kikuyo frente a la grama dulce es el que presenta los más altos valores de degradación y es así que el kikuyo a las 72 horas y con una edad de 55 días alcanza un valor máximo de degradación de 72.07%, frente a la grama que alcanza 63.75 %. En este ámbito, Barcena *et al.* (2002), reportaron una digestibilidad total para la grama dulce de 75.7%, que fue mayor a los porcentajes de degradación ruminal obtenidos en la presente investigación, que estuvieron en un rango de 59.3 a 63.75%, a 72 horas de incubación en función de la edad de rebrote; este mayor valor encontrado por Barcena *et al.* pudiera responder a la acción de la digestión posruminal, y que, con ella, los valores de la presente investigación demostrarían una relación cercana entre ambos datos.

En cuanto al estudio de la cinética de la degradación ruminal de la MS del kikuyo y la grama dulce, se produjo un efecto de la edad (p<0.05) en la fracción soluble (a); no hallándose efecto alguno sobre las demás fracciones: fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) y fracción indegradable (c). El efecto forraje fue marcado en las tres fracciones: a, b y c; siendo mayor para el pasto kikuyo.

Barrientos y Vásquez, (2009), señalan valores obtenidos de la degradabilidad de la MS del kikuyo para la fracción soluble de 26.02% y 21.36% (P = 0.27); para la fracción potencialmente degradable por los microorganismos fueron: 52.52% y 53.89% (P = 0.124) y un valor de tasa de degradación de 0.03% y 0.04% (P = 0.364) para la técnica *in vitro* e *in situ*, respectivamente, correspondiendo el primer valor a la técnica de producción de gas y el segundo valor corresponde a la técnica *in* situ; siendo los valores mayores en el factor *a*, valores menores del factor *b* y valores similares de la tasa constante de degradación (Kd) de *b*; frente a los obtenidos en la presente investigación (cuadro 6).

Noguera, et al. 2006; señalan parámetros de la cinética de la degradación de la MS del kikuyo cortado a 45 días de rebrote, los valores de 75.45% para la fracción soluble (a) y potencialmente degradable (b) (Fracción degradable: S = a+b), y 24.55 % para la fracción indigestible (c); y de la cinética de la degradación de la MO, 77.24 %, para la fracción degradable (S) y 22.76 % para la fracción indigestible; en comparación con los obtenidos en la presente investigación del kikuyo de 40 días de rebrote, fracción degradable 77.94 % y la

fracción indigestible 20.715 % en la degradación de MS, que son bastante cercanos; en comparación con la fracción soluble 79.09 % y para la fracción indegradable 20.91% de la MS del kikuyo de 40 días de la presente investigación, que son valores muy cercanos a los obtenidos por Noguera. Hemberte, et al. (1998), manifiestan que la degradabilidad de la MS de kikuyo (30 y 40 días) a menor edad tiene mayor fracción soluble y mayor fracción degradable, los resultados de la fracción soluble (a) de la presente investigación concuerdan con esta aseveración; pero en la fracción b se pudo observar un pequeño aumento a los 55 días terminando con un valor ligeramente superior a los 70 días (Cuadro 6).

En lo que concierne al forraje hubo un claro efecto (p<0.05) de este, siendo el kikuyo el que mejor tasas de degradabilidad tuvo. Flores, et al. (2006); señalan valores para el *Cynodon dactylon* (grama dulce), a una edad temprana, media y tardía para los factores de la cinética de la degradación de la MS; para la fracción soluble (a), 20.6%, 16.6% y 13% respectivamente; fracción insoluble pero potencialmente degradable (b), 60.6%, 54.7% y 56.4%; fracción indegradable (c), 19.0%, 28.7% y 30.6%; y tasa constante de degradación (kd), 0.059%, 0.04% y 0.028%, respectivamente. Relacionando estos resultados con los obtenidos en el presente estudio para la fracción a: 10.027%, 12.257% y 12.417%; para la fracción b: 56.533%, 58.993% y 54.347%; para la fracción indegradable (c) y para la tasa constante de degradación kd, se obtuvo un valor similar de 0.03% para el kikuyo de 40, 55 y 70 días de edad; se puede observar que los datos se alejan a los obtenidos por Flores, en el kikuyo de menor edad, y se acercan con el kikuyo de mayor edad, además se puede observar que la

tasa de degradación permanece más constante, en relación a la tasa descendente que señala Flores.

7.3. DEGRADACIÓN RUMINAL DE LA MATERIA ORGÁNICA (DMO)

Marais (2001) reporta un valor de 59.5% para DMO ruminal del kikuyo de 42 días de rebrote, también Álvarez, et al. (2009) señalan valores de la degradabilidad ruminal de la MO en un rango de 59.6 a 61.8%, y una digestión total de 75.7 a 76.5%. En tanto que los resultados obtenidos en la presente investigación son de 73.25, 73.58 y 71.45% de DMO ruminal para el kikuyo de 40, 55 y 70 días respectivamente, valores que se alejan de los valores de DMO ruminal que reportan los dos autores, pero que si se acercan a los valores de digestibilidad total que Álvarez et. al. reportan.

8. CONCLUSIONES

- El kikuyo, en cuanto al contenido proteico, extracto etéreo y degradabilidad es superior a la grama, en sus diferentes edades de corte.
- La grama tiene un mayor contenido de fibra, FDN y FDA, con respecto al kikuyo, lo que tiene relación con su menor degradabilidad frente al kikuyo.
- Tanto el kikuyo como la grama, a la edad de 55 días de rebrote, mostraron mayores porcentajes de degradabilidad, aunque no son muy significativos, teniendo en cuenta que en la presente investigación no se cuantificó la proporción hojas-tallo, por tanto, se puede suponer que la relación hoja-tallo pudo ser menor a la edad de 40 días, lo que determinó los resultados obtenidos.
- La fracción soluble (a) de la MO de la grama es inferior a la del kikuyo, pudiendo observarse en la grama a la edad de 55 días el mejor valor, frente al mejor valor del kikuyo a los 40 días, siendo en todo caso valores bajos, por lo que una suplementación con una fuente de carbohidratos de rápida degradación sería deseable para ambos casos; y en las tres edades de rebrote aquí estudiadas; la fracción soluble de la materia seca tuvo un comportamiento bastante parecido a la de la MO, tanto para el kikuyo como para la grama.

- La fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) de la MO del kikuyo fue superior a la de la grama, observándose que la grama obtuvo la fracción b más alta a la edad de 40 días, frente al kikuyo de 55 días que obtuvo su mejor valor.
- La fracción b de la MS fue superior en el kikuyo con relación a la grama,
 observándose el mejor valor a los 55 días para ambos forrajes.
- La fracción indegradable (c) de la MO y de la MS fue menor en el kikuyo con relación a la grama.

9. RECOMENDACIONES

- De acuerdo con los resultados bromatológicos obtenidos y a los niveles de proteína en el kikuyo y grama de 40 días, se recomienda utilizar estos dos pastos en animales en crecimiento, como en vacas lecheras en pico de producción; aunque el kikuyo de 55 días también sería recomendado para las vacas en producción, por estar más equilibrado en sus nutrientes. En caso de poseer kikuyo y grama de 70 días sería recomendable suministrarles a vacas secas.
- En cuanto al extracto etéreo, el kikuyo se debe suplementar con una fuente oleaginosa del mismo modo en la grama, cuando el fin es maximizar crecimiento y producción de leche.
- El kikuko, en comparación con la grama, posee un desbalance proteínacarbohidratos, por lo que se recomienda suplementar con una fuente de carbohidratos de rápida degradación, para no perder cantidades importantes de proteína, como también cantidades de energía, que se requieren para metabolizar el extra de amoniaco que no se puede utilizar.
- Se recomienda realizar más investigaciones en cuanto a la calidad nutritiva y de degradabilidad de forrajes de la hoya de Loja.
- Para poder tener datos más exactos sobre la calidad y degradabilidad se recomienda en estudios posteriores tener en cuenta las proporciones de

tallo y hojas de los forrajes, y tomarlos a cada uno de estos como una muestra independiente.

10. BIBLIOGRAFÍA

- ALPA y RISPAL. (1990). Nutrición de Rumiantes. Guía metodológica de investigación.
- 2. ÁLVAREZ, Carlos. (2007). Fisiología digestiva comparada de los animales domésticos.
- 3. ÁLVAREZ, Enrique; et al. (2009). Valor alimenticio comparativo del pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum, var. Whittet) en dos estaciones de crecimiento con ryegrass (Lolium multiflorum) y sudán (Sorgum sudanense) ofrecido a novillos holstein.
- **4.** BARCENA-GAMA, et al. (2002). Efecto de la Fuente de Forrajes en la cinética ruminal y pasaje de dietas mixtas para novillos.
- 5. BARRIENTOS, Isabel; et al. (2009). Comparación de la cinética fermentativa del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) utilizando la técnica *in vitro* de la producción de gas y la técnica *in vivo* de la bolsa de nylon.
- BERNAL, Javier. (2003). Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo.
- COMBELLAS, J.; et al. (1972). Rendimiento y valor nutritivo de forrajes tropicales. 1. Bermuda cv. Coastal (Cynodon dactylon) (L) Pers. Agron. Trop. Vol. 22: 231-238.
- 8. CORREA, H. J. Posibles factores nutricionales, alimenticios y metabólicos que limitan el uso del nitrógeno en la síntesis de proteínas lácteas en hatos lecheros de Antioquia. Livestock Research for Rural Development. Volumen 18, Disponible en

- http://www.lrrd.org/lrrd18/3/corr18043.htm (Consulta: 5 de Octubre de 2011).
- 9. CORREA, Hector J. (2004). RUMENAL: Procedimiento para estimar los parámetros de cinética ruminal mediante la función Solver de Microsoft Excel®. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, Vol. 17, No 3.
- 10. CORREA, Hector J.; et al. (2006). Valor nutricional del pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal.
- 11. CUNNNINGHAM, James. (2003). Fisiología Veterinaria.
- **12.** Esencias Lecheras de la Universidad de Wisconsi-Madison. Fascículo 1, 2 y 3. s.f.
- **13.** FLORES, R; et al. (2006). Quality characteristics and in situ dry matter disappearance kinetics of bahiagrass and three varieties of bermudagrass harvested during the summer and early fall in west-central Arkansas.
- 14. HERBERT, Donnondl; et al. (1998). Efecto de cuatro niveles de cascara de banano maduro sobre la degradabilidad ruminal de la materia seca de los pastos kikuyo (Pennisetum clandestinum) y estrella africana (cynodon nlemfluensis) en vacas jersey.
- **15.** LÓPEZ, Gustavo; et al. (2000.) SAS: Aplicaciones en el campo agropecuario y de los recursos naturales. CATIE.
- **16.** LÓPEZ, S. (2005). In vitro and in situ techniques for estimating digestibility. In: Dijkstra, J., Forbes, J.M. and France, J. Quantitative

- Aspects of Rumiant Digestion and Metabolism. CAB International, pp 87-121.
- 17. Manual Merck de Veterinaria. (2007).
- **18.** MARAIS, J.P. (2001). Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (Pennisetum clandestinum)- a review. Tropical Grasslands. Volumen 35, 65-84.
- 19. NOGUERA, R.R. y POSADA, S.L. (2007). Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias; 20:174-182.
- 20. NOGUERA R. R.; et al. (2006). Efecto de la inclusión de papa (Solanum tuberosum) en la cinética de fermentación in vitro del pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum).
- **21.** NRC. (2001). Nutrient Requirement of Dairy Cattle, 7th ed. Natl. Academic Press. Washington, D.C., USA.
- 22. ØRSKOV, E. R. (2000). The in situ technique for the estimation of forage degradability in ruminants. In: Givens, D.I.; Owen, E.; Axford, R.F.E. and Omed H.M. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. CAB International.
- **23.** RAMÍREZ, Roque. (2003). Nutrición de rumiantes. Sistemas extensivos.
- **24.** RELLING, Alejandro. (2006). Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes.
- **25.** TIAN-MING, Hu. (2010). Cinética de degradación in vivo de forraje del Tíbet. Ital J Animal SCI vol.9:e46.

- 26. TŘINÁCTÝ, et al. (2005). Comparison of apparent and true digestibility of nutrients determined in dairy cows either by the nylon capsule or *in vivo* method. <u>Czechjournal of animal science</u>. 50, (9): 402–410.
- 27. Universidad de Cordova. Lección 3. Análisis de los alimentos.
 Disponible en www.uco.es [Consulta: 18 de enero de 2011]
- 28. VALLS, Joan; BADIELLA, Llorenç y Servei d'Estadística UAB.
 Manual de Introducción al SAS. s.f.
- **29.** X Curso de especialización FEDNA. (1994). Dinámica del metabolismo de los hidratos de carbono y del nitrógeno en el rumen.

11. ANEXOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TESIS: "VALOR NUTRITIVO Y DIGESTIBILIDAD DE DOS GRAMÍNEAS DE CLIMA TEMPLADO O SIERRA: KIKUYO (*PENNISETUM CLANDESTINUM*) Y GRAMA (*CYNODON DACTYLON*) A TRES EDADES DE COSECHA"

Anexo 1

1. Degradabilidad de la MS de los forrajes en sus diferentes horas de incubación

The SAS	System									
	Factor	Factor								
0bs	A	В	Bloque	DMSh0	DMSh3	DMSh6	DMSh12	DMSh24	DMSh48	DMSh72
1	K	40	1	17.85	17.96	21.55	34.56	63.33	64.35	72.83
2	K	55	1	18.68	19.34	23.20	39.18	61.64	70.54	73.30
3	K	70	1	17.19	17.83	22.19	33.18	59.09	65.75	71.34
4	G	40	1	13.04	13.61	17.14	25.37	47.78	55.15	58.23
5	G	55	1	16.47	18.07	19.59	31.22	52.62	61.90	63.79
6	G	70	1	15.39	17.37	21.21	30.03	48.00	56.35	61.97
7	K	40	2	16.31	19.29	22.19	33.32	44.49	68.67	68.67
8	K	55	2	18.31	18.70	25.87	29.97	51.98	64.40	71.65
9	K	70	2	17.18	17.43	20.88	28.73	47.47	62.83	67.59
10	G	40	2	13.74	14.60	14.13	26.50	38.32	47.59	56.98
11	G	55	2	15.79	17.54	16.89	29.67	44.68	56.13	63.36
12	G	70	2	13.86	15.84	17.43	27.53	42.17	53.62	58.62
13	K	40	3	17.10	18.75	24.06	36.08	57.00	70.84	72.85
14	K	55	3	17.73	19.47	22.70	34.08	57.28	70.65	71.25
15	K	70	3	16.31	18.74	21.36	34.86	53.29	71.99	70.01
16	G	40	3	13.79	14.33	16.34	25.94	43.98	57.92	62.69
17	G	55	3	14.51	16.42	19.45	27.81	43.70	60.86	64.11
18	G	70	3	15.66	17.39	19.50	28.61	43.85	56.20	62.15

2. Medias y desviación estándar de la degradabilidad de la MS

The SAS System

The GLM Procedure

Level of	Level of			DM	Sh0	DMS	h3
FactorA	FactorB	N		Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
G	40	3	13.523	3333	0.41932485	13.9700000	0.36000000
G	55	3	15.590	0000	0.99518842	16.9300000	0.98909049
G	70	3	14.970	0000	0.97072138	16.8666667	0.88917565
K	40	3	17.086	6667	0.77008658	18.6666667	0.66890458
K	55	3	18.240	0000	0.47885280	19.1700000	0.41218928
K	70	3	16.893	3333	0.50520623	18.0000000	0.67134194
Level of	Level of			DM	Sh6	DMS	h12
FactorA	FactorB	N		Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
G	40	3	15.870	0000	1.55907024	25.9366667	0.56500737
G	55	3	18.643	3333	1.52004386	29.5666667	1.70734687
G	70	3	19.380	0000	1.89285499	28.7233333	1.25384741
K	40	3	22.600	0000	1.30426224	34.6533333	1.38236512
K	55	3	23.923	3333	1.70429849	34.4100000	4.61385956
K	70	3	21.476	6667	0.66274681	32.2566667	3.16759109
Level of	Level of			DM	Sh24	DMS	h48
FactorA	FactorB	N		Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
G	40	3	43.360	0000	4.76037814	53.5533333	5.34689006
G	55	3	47.000	0000	4.89166638	59.6300000	3.07536990
G	70	3	44.673	3333	3.00093874	55.3900000	1.53469867
K	40	3	54.940	0000	9.58744492	67.9533333	3.30382102
K	55	3	56.966	6667	4.83761649	68.5300000	3.57710777
K	70	3	53.283	3333	5.81000287	66.8566667	4.67920221
	Level	of	Level of		DMS	5h72	
	Factor	A	FactorB	N	Mean	Std Dev	
	G		40	3	59.3000000	3.00161623	
	G		55	3	63.7533333	0.37634204	
	G		70	3	60.9133333	1.98812307	
	K		40	3	71.4500000	2.40757139	
	K		55	3	72.0666667	1.08666155	
	K		70	3	69.6466667	1.90121891	

3. Degradabilidad de la MO de los forrajes en sus diferentes horas de incubación

The SAS System

	Factor	Factor								
Obs	Α	В	Bloque	DM OhO	DMOh3	DMOh6	DMOh12	DMOh24	DMOh48	DMOh72
1	K	40	1	23.02	23.12	26.49	38.68	65.64	66.60	74.54
2	K	55	1	23.09	23.72	27.36	42.48	63.72	72.14	74.75
3	K	70	1	22.11	22.72	26.81	37.15	61.53	67.79	73.04
4	G	40	1	15.26	15.82	19.25	27.27	49.12	56.29	59.30
5	G	55	1	18.21	19.79	21.28	32.66	53.61	62.69	64.55
6	G	70	1	17.57	19.50	23.24	31.83	49.34	57.47	62.95
7	K	40	2	21.58	24.37	27.09	37.51	47.99	66.89	70.64
8	K	55	2	22.73	23.11	29.89	33.76	54.59	66.33	73.18
9	K	70	2	22.11	22.35	25.59	32.97	50.59	65.04	69.52
10	G	40	2	15.98	16.52	18.47	27.83	39.89	58.99	63.64
11	G	55	2	17.55	19.26	18.63	31.14	45.83	57.05	64.13
12	G	70	2	16.08	18.01	19.55	29.40	43.66	54.82	59.69
13	K	40	3	22.32	23.86	28.85	40.10	59.71	72.68	74.56
14	K	55	3	22.19	23.83	26.89	37.65	59.60	72.25	72.81
15	K	70	3	21.28	23.57	26.03	38.74	56.07	73.66	71.80
16	G	40	3	15.98	16.52	18.47	27.83	45.40	58.99	63.64
17	G	55	3	16.30	18.17	21.13	29.32	44.88	61.68	64.86
18	G	70	3	17.83	19.52	21.58	30.45	45.30	57.32	63.12

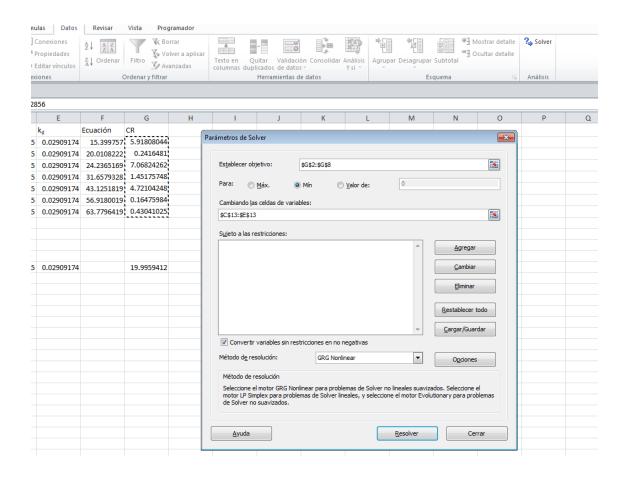
4. Medias y desviación estándar de la degradabilidad de la MO

The SAS System

The GLM Procedure

Level of	Level of			DMC	0h0	DMO	h3
FactorA	FactorB	N		Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
G	40	3	15.740	0000	0.41569219	16.2866667	0.40414519
G	55	3	17.353	3333	0.97006873	19.0733333	0.82597417
G	70	3	17.160	0000	0.94429868	19.0100000	0.86608314
K	40	3	22.306	6667	0.72009259	23.7833333	0.62851677
K	55	3	22.670	0000	0.45299007	23.5533333	0.38785736
K	70	3	21.833	3333	0.47920072	22.8800000	0.62553977
Level of	Level of			DMC)h6	DMO	h12
FactorA	FactorB	N		Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
G	40	3	18.730	0000	0.45033321	27.6433333	0.32331615
G	55	3	20.346	6667	1.48856754	31.0400000	1.67224400
G	70	3	21.456	6667	1.84808910	30.5600000	1.21872885
K	40	3	27.476	6667	1.22659420	38.7633333	1.29700938
K	55	3	28.046	6667	1.61357781	37.9633333	4.36843603
K	70	3	26.143	3333	0.61784572	36.2866667	2.98030759
Level of	Level of			DMC	h24	DMO	h48
FactorA	FactorB	N	- 0	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev
G	40	3	44.803	3333	4.64383821	58.0900000	1.55884573
G	55	3	48.106	6667	4.78963812	60.4733333	3.00739644
G	70	3	46.100	0000	2.92328582	56.5366667	1.48856754
K	40	3	57.780	0000	8.98188733	68,7233333	3.42954041
K	55	3	59.303	3333	4.57222411	70.2400000	3.38660597
K	70	3	56,063	3333	5.47000305	68.8300000	4,40310118
	Level	of	Level of		DMC	h72	
	Factor	A	FactorB	N	Mean	Std Dev	
	G		40	3	62.1933333	2.50570017	
	G		55	3	64.5133333	0.36637867	
	G		70	3	61.9200000	1.93310631	
	K		40	3	73.2466667	2.25746170	
	K		55	3	73.5800000	1.03000000	
	K		70	3	71.4533333	1.78542245	

Uso de SOLVER--Excel para determinar las fracciones de la cinética de la degradabilidad.



6. Valores Ordenados de las fracciones de la cinética de la degradabilidad de la MS, tal como corre en SAS

The SAS System

		Factor	Factor						
	Obs	A	В	Blogue	a	b	kd	C	SCEP
	1	K	40	1	12.25	63.02	0.04	24.73	186.61
	2	K	55	1	13.16	65.36	0.04	21.49	117.89
	3	K	70	1	12.40	63.13	0.04	24.47	109.35
	4	G	40	1	8.93	53.87	0.04	37.19	80.34
	5	G	55	1	12.24	56.55	0.04	31.21	81.94
	6	G	70	1	12.76	53.09	0.04	34.15	31.48
	7	K	40	2	14.10	65.95	0.03	19.94	53.07
	8	K	55	2	15.32	65.13	0.03	19.56	49.91
	9	K	70	2	13.50	64.50	0.03	22.00	43.59
	10	G	40	2	11.12	54.06	0.03	34.82	39.15
	11	G	55	2	12.71	58.34	0.03	28.95	43.65
	12	G	70	2	11.33	53.32	0.03	35.35	23.35
	13	K	40	3	13.16	65.36	0.04	21.49	51.89
	14	K	55	3	13.29	64.51	0.04	22.20	85.49
	15	K	70	3	12.34	65.37	0.04	22.29	75.31
	16	G	40	3	10.03	61.67	0.03	28.29	45.62
	17	G	55	3	11.82	62.09	0.03	26.09	28.20
	18	G	70	3	13.16	56.63	0.03	30.21	21.07
G		40	3 44	. 8033333	4.64383	821	58.0900000	1.6	55884573
G		55	3 48	. 1066667	4.78963	812	60.4733333	3.0	0739644
G		70	.73 A 1533	.1000000	2.92328	(C) (C) (C)	56.5366667		8856754
K		40	- FF 30 SATES	.7800000	8.98188		68.7233333	25.50	2964041
K		55	(A) ((A)	. 3033333	4.57222		70.2400000		8660597
K		70	3 56	.0633333	5.47000	305	68.8300000	4.4	10310118

7. Medias de las fracciones de la cinética de la degradabilidad de la MS.

The	SAS	System	
-----	-----	--------	--

The GLM Procedure

Level of	Level of				1	b	
	FactorB	N	М	lean	Std Dev	Mean	
G 4.44949810		3	10.0266	667	1.09500381	56.5333333	
G 2.82719531		3	12.2566	667	0.44523402	58.9933333	
G 1.98076585	70	3	12.4166	667	0.96209840	54.3466667	
K 1.54965588	40	3	13.1700	000	0.92504054	64.7766667	
K 0.43965896	55	3	13.9233	333	1.21129407	65.0000000	
K 1.12926230	70	3	12.7466	667	0.65309519	64.3333333	
Level of	Level of			<u></u>	<u>(d</u>	c	
FactorA Std Dev	FactorB	N	М	lean	Std Dev	Mean	
G 4.60919010	40	3	0.03333	333	0.00577350	33.4333333	
G 2.56585268	55	3	0.03333	333	0.00577350	28.7500000	
G 2.68896510	70	3	0.03333	333	0.00577350	33.2366667	
K 2.44418357	40	3	0.03666	667	0.00577350	22.0533333	
K 1.36617471	55	3	0.03666	667	0.00577350	21.0833333	
K 1.35014814	70	3	0.03666	667	0.00577350	22.9200000	
	Level of		Level of			GCEP	
			FactorB	N	Mean	Std Dev	
	G		40	3	55.0366667	22.1508292	
	G		55	3			
	G		70	3	25.3000000	5.4721020	
	K		40	3	97.1900000	77.4422391	
	K		55	3	84.4300000	34.0023940	
	K		70	3	76.0833333	32.8868201	

8. Valores Ordenados de las fracciones de la cinética de la degradabilidad de la MO, tal como corre en SAS.

The SAS System

	Factor	Factor						
Obs	A	В	Bloque	a	b	kd	С	SCEP
1	K	40	1	17.77	59.06	0.04	23.17	163.83
2	K	55	1	18.14	60.50	0.05	21.36	89.27
3	K	70	1	17.61	59.37	0.04	23.02	96.73
4	G	40	1	11.26	52.50	0.04	36.24	76.29
5	G	55	1	14.08	55.37	0.04	30.55	78.55
6	G	70	1	15.00	51.72	0.04	33.27	29.88
7	K	40	2	19.94	60.62	0.03	19.44	17.65
8	K	55	2	19.91	61.59	0.03	18.50	44.65
9	K	70	2	18.64	60.66	0.03	20.70	38.56
10	G	40	2	13.02	65.46	0.02	21.51	28.85
11	G	55	2	14.53	57.12	0.03	28.34	41.81
12	G	70	2	13.62	51.95	0.03	34.44	22.17
13	K	40	3	18.62	61.25	0.04	20.13	45.60
14	K	55	3	17.99	61.02	0.04	20.99	76.47
15	K	70	3	17.55	61.48	0.04	20.96	66.62
16	G	40	3	12.33	60.10	0.03	27.58	43.28
17	G	55	3	13.66	60.79	0.03	25.54	27.03
18	G	70	3	15.40	55.17	0.03	29.43	20.00

Medias de las fracciones de la cinética de la degradabilidad de la MO.

The SAS System

The	CU M	D-	-		4	
I ne	121.00		œ	CH	ю	1100

Level of	Level of				1	b
FactorA Std Dev	FactorB	N		Mean	Std Dev	Mean
G 6.51218345	40	3	12,203	3333	0.88681077	59.3533333
G 2.76609834	55	3	14.090	00000	0.43508620	57.7600000
G 1.92889433	70	3	14.673	3333	0.93388079	52.9466667
K 1.12743071	40	3	18.776	66667	1.09345020	60.3100000
K 0.54519110	55	3	18.680	00000	1.06784830	61.0366667
K 1.06368855	70	3	17.933	3333	0.61272615	60.5033333
Level of	Level of				<u>d</u>	
FactorA Std Dev	FactorB	N		Mean	Std Dev	Mean
G 7.40285305	40	3	0.0300	00000	0.01000000	28.4433333
G 2.51078341	55	3	0.0333	33333	0.00577350	28.1433333
G 2.62089679	70	3	0.0333	3333	0.00577350	32.3800000
K 1.98454865	40	3	0.0366	6667	0.00577350	20.9133333
K 1.55545277	55	3	0.0400	00000	0.01000000	20.2833333
K 1.27106255	70	3	0.0366	66667	0.00577350	21.5600000
	Level	of	Level of		s	DEP
	Factor	A	FactorB	N	Mean	Std Dev
	G		40	3	49.4733333	24.3188493
	G		55	3	49.1300000	26.5285582
	G		70	3	24.0166667	5.1924208
	K		40	3	75.6933333	77.5973881
	K		55	3	70.1300000	22.9757002
	K		70	3	67.3033333	29.0910198

Anexo 2

FOTOGRAFÍAS



Foto 1. Determinación de áreas forrajeras.



Foto 2. Corte y recolección del kikuyo



Foto 3. Corte de la grama



Foto 4. Mezcla de la muestra de grama para desecarla.



Foto 5. Bolsas de papel con muestra de forraje listas para desecarlas



Foto 6. Molida de forraje para posteriores análisis bromatológicos.



Foto 7. En supervisión de trabajo



Foto 8. Preparación para las pruebas de degradabilidad



Foto 9. Utilización de bovinos fistulados para análisis de degradabilidad ruminal.



Foto 10. Bolsas de nylon después de la incubación ruminal



Foto 11. Supervisión del trabajo de investigación por parte del Dr. Juan Avellaneda de la Universidad Estatal de Quevedo.

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

LABORATORIO DE RUMIOLOGÍA Y METABOLISMO NUTRICIONAL (RUME



Teléfonos (593 5) 2750320 / 2751430 / 2752177 (593 9) 7938144 / 4463709 Fax

E-mail

(593 5) 2753300 / 2753301 / 2752177 pastos forrajes y rumiologia@gmail.com

juan avellaneda@yahoo.com subdecano fep uteq@yahoo.com

Dirección Km 1.5 via Quevedo - Santo Domingo Ouevedo-Los Rios-Ecuador



OFICIO: 007-APF-y-L RUMEN-2011 22 de noviembre de 2011

CERTIFICACIÓN

El suscrito Prof. Juan H. Avellaneda Cevallos; M. C., Dr. C., JEFE DEL AREA DE PASTOS, FORRAJES Y LABORATORIO DE RUMIOLOGÍA Y METABOLISMO NUTRICIONAL (RUMEN) de la UNIDAD DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA y TECNOLÓGICA de la UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO, Certifica:

Que el señor Luis Alfredo Cuenca Ludeña, egresado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Loja, cumplió satisfactoriamente una pasantía de investigación en el periodo comprendido entre 2 de agosto y el 11 de octubre del 2011, con orientación en las siguientes actividades:

- Capacitación en las metodologías de investigación en Rumiología y Metabolismo Nutricional, con énfasis en las técnicas de degradabilidad in situ de la materia seca, orgánica y fracciones de fibra.
- Ejecución de su trabajo de tesis intitulada "Valor nutritivo y digestibilidad de dos gramíneas de clima templado o sierra: Kikuyo (Pennisetum clandestinum) y Grama (Cynodon dactylon) a tres edades de cosecha", que permitirá la obtención del título profesional de Médico Veterinario y Zootecnista.

Cabe indicar, que las actividades antes mencionadas estuvieron bajo la supervisión estricta del suscrito y de varios investigadores del equipo de especialistas en Nutrición de Rumiantes del área de Pastos, Forrajes y Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN).

Atentamente,

Prof. Juan H. Avellaneda Cevallos; M. C., Dr. C.

- SUBDECANO FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
- JEFE ÁREA PASTOS, FORRAJES Y LABORATORIO DE RUMIOLOGÍA Y METABOLISMO NUTRICIONAL (RUMEN)
- DIRECTOR MACROPROYECTO "RUMIOLOGÍA, CONSERVACIÓN DE FORRAJES, RESIDUOS Y RESIDUALES AGROINDUSTRIALES

Página I de I

Anexo 4

MC-LSAIA-2201-03

INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS ancana Sur Km. 1. CutuglaguaThs. 2690691-3007134. Fax 3007134 DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD

Casilla postal 17-01-340

INFORME DE ENSAYO No: 11-287

INSTITUCION:

ATENCION:

LSALA/DNC/EESC

Particular Sr. Luis Cuenca

	E.L.N.	FIBRA	PROTEINA"
PROXIMAL, FDN, FC	00	ANALISIS SOLICITADO	
11h30	SM:	HORA DE RECEPCIOI	
05 de agosto de 2011	ON:	FECHA DE RECEPCIO	

E.L.N. FIBRA

MO-LSA/A-01.03

U. FLORIDA 1970

METODO MOLSAIA-01.01 MOLSAIA-01.02

UNIDAD

11.0852 11.0852 11.0852 11.0854

CENIZAS

ANALISIS HUMEDAD METODO REF. U. FLORIDA 1970

30 de agosto de 2011 19 al 30 de agosto de 2011

FECHA DE EMISION: FECHA DE ANALISIS:

Sr. Luis Cuenca

NOMBRE PETICIONARIO:

DIRECCION:

Loga

IDENTIFICACIÓN MO-LSAIA-01.06 MO-LSAIA-01.04 MO-LSAIA-01.05

SRAMA (CYNODON DACTYLON 40 DIAS) (DANG OF NO.PYTOAG MOGOWYO) KIKUYO 46 DIAS DE REBROTE KIKUYO 55 DIAS DE REBROTE 22,46 22,76 32,96 32,37

MO-USAIA-02

MO-LSAIA-02.01

F.D.N.

ANALISIS

METODO

UNIDAD

11-0852 11-0853 11-0854 11-0855

F.D.A.

A 12 00 13

24.30 35.66 37,17 39,72 38,96

67,15 66,23 76,57

LABORATORIO LSAIA 1.N.I.A.P. RESPONSABLES DEL INFORME

RESPONSABLE TECNICO C Dr. Ivan Semaniego

EXP. SANTA CATALINA

Esta documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorgo Los resultados arribe indicados solo están relacionados com el objeto de enseyo

PESPONSABLE DE CALIDAD

Los ensayos marcados con O se reportan en base seca OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

NOTA DE DESCARGO. La información containtás en este informe de ensayo es de carácter conhábricial, está dirigidinamente al destinatario de la misma y existo podrá eser usadas por este. Si el lector de este configuencio de la carácter de esta el destinatario de la mismo esta de destinatario de la mismo esta en configuencio copia de esta esta encuentra tratamente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor configuencio de esta entende esta mismo enclos y elimine la información. anta al remitanta por este mismo medio y elimine la informacion



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y BROMATOLOGÍA

SECCIÓN NUTRICIÓN ANIMAL

Informe de Análisis Químico Proximal

Para: Sr. Egdo. Luis Cuenca

FDA	×	10.29		4.66	39.72	12.92	38.96
FDN	×	18.38		8.72	74.31	24.69	74.42
ELN	×	9.17		5.54	47.18	14.94	45.04
5	×	35.35	2	3.47	29.60	11.73	35.37
P.C.	3¢	3.45		1.41	12.05	3.06	9.22
E.E.	×	1.06	20.4	0.16	1.38	0.48	1.45
ŏ	×	2.44	10.10	1.15	9.79	2.96	8.91
M. S.	R	24.00	100,001	11.73	100,0	33.17	100,00
Base	Cálculo	00 a	3	100	88	TCO	88
Procedencia			Punzara, Loja		Punzara, Loja		Punzara, Loja
Nombre común y	clentifico	GRAMA (Cynodon dactilon)), partes	aéreas, 40 dias de maduración	GRAMA (Cynodon	aéction), partes aéreas,55 días de maduración	GRAMA (Cynodon	dactiion)), partes aéreas,70 d'as de maduración
Nº de	Muestra		н		2		m
Nº de	Laboratorio		2506		2541		3544

3551 4	3552 5	3477 6
KIXUYO (Pennisetum clandestinun), partes aéreas, , 40 días de maduración	KIXUYO (Pennisetum clandestinun), partes aéreas., 55 días de maduración	KIKUYO (Pennisetum clandestinun), partes aéreas, , 70 días de maduración
Punzara, Loja	Punzara, Loja	Punzara, Loja
TCO BS	TCO BS	TCO 88
15.40	22.92	16.42
2.12	2.86	2.14
2.15	0.39	2.74
3,34	4.22	3.20
4.07	6.29	4.55
5.54	9.16 39.97	6.08 36.75
9.55	15.39	10.88 66.23
5.36	8.17	6.10 37.17



Responsablede laboratorio

