



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL, MENCIÓN
RUMIANTES

“CARACTERÍSTICAS NUTRITIVAS DE LA SACCHARINA RÚSTICA CON DIFERENTES NIVELES DE UREA”

Tesis de Grado previa la
obtención del Título de Magister
en Producción Animal, mención
Rumiantes.

AUTORA:

Dra. Rocío del Carmen Herrera Herrera.

DIRECTOR:

Dr. Juan Humberto Avellaneda Cevallos Ph. D.

LOJA - ECUADOR

2014

**“CARACTERISTICAS NUTRITIVAS DE LA SACCHARINA RÚSTICA CON
DIFERENTES NIVELES DE UREA”**

Tesis presentada al Tribunal de Grado como requisito previo a la obtención del título de:

MAGISTER EN PRODUCCIÓN ANIMAL, MENCIÓN RUMIANTES



Dr. Héctor Francisco Castillo C, Mg. Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Dr. Juan Alberto Parra Ch, Mg. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Dr. José Venildo Sarango, Mg. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CERTIFICACIÓN

Dr. Juan Humberto Avellaneda Cevallos, Ph. D.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de investigación titulado: **“CARACTERÍSTICAS NUTRITIVAS DE LA SACCHARINA RÚSTICA CON DIFERENTES NIVELES DE UREA”**, realizado por la señora egresada Doctora Rocío del Carmen Herrera Herrera, previa la obtención del título de Magister Scientiae ha sido dirigido y rectificado prolijamente por lo que autorizo su presentación final para la sustentación y defensa correspondiente.

Loja, 18 de julio del 2014



.....
Dr. Juan Avellaneda Cevallos, Ph. D.
DIRECTOR DE TESIS

AUTORIA

Yo, **Rocío del Carmen Herrera Herrera**, declaro ser autora del presente trabajo de Tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma: 

Cédula: 1103813265

Fecha: 18 de julio de 2014

Autora: Rocío del Carmen Herrera Herrera

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, Rocío del Carmen Herrera Herrera, declaro ser autora de la tesis titulada **“CARACTERÍSTICAS NUTRITIVAS DE LA SACCHARINA RÚSTICA CON DIFERENTES NIVELES DE UREA”**, como requisito para optar al título de: **Magister Scientiae en Producción Animal mención Rumiantes**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dieciocho días del mes de julio del dos mil catorce, firma la autora.

Firma:.....

Autora: Rocío del Carmen Herrera Herrera

Número de cédula: 1103813265

Dirección: La Umbría Calles Diego Portales y Miguel Grau S/N

Correo electrónico: rocioherrera.1981@gmail.com

Teléfono: 2110 182

Celular: 0993007599

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Dr. Juan Humberto Avellaneda Cevallos. Ph. Dh.

Tribunal de Grado: Dr. Héctor Francisco Castillo Castillo. Mg. Sc

Dr. Juan Alberto Parra. Mg. Sc.

Dr. José Venidlo Sarango. Mg. Sc

AGRADECIMIENTO

Mi sentimiento de gratitud

A la Universidad Nacional de Loja por acogerme en tan valioso templo del saber y haberme permitido obtener un logro más en mi vida profesional.

Al Doctor Juan Avellaneda Director de tesis, Maestro quien dedicó parte de su tiempo y con su vasta experiencia y conocimiento científico dirigió y supervisó la presente investigación y por su intermedio al Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional de la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por la apertura para el desarrollo de este trabajo.

A Tania, amiga incondicional por el apoyo imperecedero en todo momento, por los ánimos de fortaleza y perseverancia para llegar a cumplir esta meta.

Rocío

DEDICATORIA

Este logro lo dedico:

A **mis padres** por ser parte fundamental de mi vida por sus consejos y bendiciones para llegar a superarme personal y profesionalmente.

A **mis hermanos** por ese apoyo ilimitado para cumplir mis sueños.

A los tesoros de mi vida, mis hijos **María de los Ángeles y Galito David**, inspiración para luchar el día a día, este triunfo es de ustedes.

Para ti **Galo Vinicio**, por tu amor, comprensión y apoyo incondicional, porque sentimental y profesionalmente me has enseñado a que no es fácil caminar sin tropezar para obtener lo que se propone.

Rocío

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenidos	Pág.
CERTIFICACIÓN DE TRIBUNAL DE GRADO.....	ii
CERTIFICACION DEL DIRECTOR.....	iii
AUTORIA.....	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 CAÑA DE AZÚCAR	3
2.1.2 Generalidades de la Caña de Azúcar	3
2.1.3 Composición y Valor Nutricional	4
2.1.4 Formas de Usarla en la Alimentación de Rumiantes	6
2.1.4.1 Se puede suministrar fresca como alimento de emergencia;	6
2.1.4.2 Saccharina rústica.....	7
2.1.4.3 Ensilaje de caña.....	7
2.1.4.4 Los subproductos fibrosos como el bagazo,	7
2.2 SACCHARINA	8
2.2.1 Generalidades	8
2.2.2 Tipos de Saccharina	9
2.2.3 Composición Química	9
2.2.4 Composición Microbiológica.....	10
2.2.5 Elaboración de Sacharían rústica.....	10
2.2.5.1 Sustrato de la caña de azúcar	10
2.2.5.2 Nivel de urea	11
2.2.5.3 Tiempo de fermentación	11
2.2.5.4 Preparación.....	11

2.3	CAPACIDAD DE LOS RUMIANTES PARA UTILIZAR FORRAJES	12
2.4	DIGESTIÓN MICROBIANA DE LA PARED CELULAR	13
2.5	DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD	13
2.5.1	Digestibilidad	13
2.5.2	Técnicas de Digestibilidad	14
2.5.3	Análisis Químico	19
3	MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1	MATERIALES	32
3.1.1	Materiales de Laboratorio	32
3.1.2	Materiales de Campo	33
3.1.3	Materiales de Oficina	33
3.1.4	Reactivos	33
3.2	MÉTODOS	34
3.2.1	Ubicación	34
3.2.2	Preparación de la muestra	34
3.2.3	Animales	35
3.2.4	Tratamientos	36
3.2.5	Diseño Experimental	36
3.2.6	Análisis estadístico	36
3.2.7	Variables en Estudio	37
3.2.8	Análisis Químico	37
3.2.9	Incubaciones <i>In Situ</i>	38
3.2.10	Determinación de la digestibilidad ruminal	38
4	RESULTADOS	46
4.1	DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SACCHARIANA	46
4.2	DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA	47
4.3	DIGESTIBILIDAD DE MATERIA ORGÁNICA	48
4.4	DIGESTIBILIDAD DE FIBRA DETERGENTE NEUTRA	49
4.5	DIGESTIBILIDAD DE FIBRA DETERGENTE ÁCIDA	50
4.6	DIGESTIBILIDAD DE PROTEÍNA	51
5	DISCUSIÓN	53
5.1	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SACCHARINA RÚSTICA	53
5.2	DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA	54

5.3	DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGÁNICA	56
5.4	DIGESTIBILIDAD DE FIBRA DETERGENTE NEUTRA	57
5.5	DIGESTIBILIDAD DE FIBRA DETERGENTE ÁCIDA.....	58
5.6	DIGESTIBILIDAD DE PROTEÍNA.....	59
6	RECOMENDACIONES.....	62
7	BIBLIOGRAFÍA	63
8	ANEXOS	68
8.1	Análisis bromatológico	68
8.2	Análisis del SAS.....	71
8.3	Fotografías de fase de campo y laboratorio	81

ÍNDICE DE CUADROS

Contenidos

Pág.

Cuadro 1. Composición química de la caña de azúcar entera	4
Cuadro 2. Composición nutricional de la saccharina rústica	10
Cuadro 3. Porcentajes de urea en los diferentes tratamientos	35
Cuadro 4. Descripción de los tratamientos	36
Cuadro 5. Esquema de varianza del experimento	36
Cuadro 6: Análisis de la composición química de la saccharina rústica con diferentes niveles de urea en base seca	46
Cuadro 7: Digestibilidad de la materia seca de la saccharina rústica	47
Cuadro 8: Digestibilidad de la materia orgánica de saccharina rústica	48
Cuadro 9: Digestibilidad de fibra detergente neutra de saccharina rústica	49
Cuadro 10: Digestibilidad de fibra detergente ácida en la saccharina rústica	50
Cuadro 11: Digestibilidad de proteína de la saccharina rústica	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenidos

Pág.

Figura 1: Esquema de análisis de fibra de van Soest (Van Soest 1967)	31
Figura 2: Digestibilidad de la materia seca de saccharina rústica.....	48
Figura 3: Digestibilidad de materia orgánica de saccharina rústica	49
Figura 4: Digestibilidad de la fibra detergente neutra de saccharina rústica	50
Figura 5: Digestibilidad de fibra detergente ácida de saccharina rústica	51
Figura 6: Digestibilidad de proteína de saccharina rústica	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis bromatológico de la saccharina al 1%	68
Anexo 2: Análisis bromatológico de la saccharina al 1,5%	69
Anexo 3: Análisis bromatológico de la saccharina al 2%	70
Anexo 4: Digestibilidad de materia seca a las 3 horas (DMS _{h3})	71
Anexo 5: Digestibilidad de materia seca a las 6 horas (DMS _{h6})	71
Anexo 6: Digestibilidad de materia seca a las 12 horas (DMS _{h12})	71
Anexo 7: Digestibilidad de materia seca a las 24 horas (DMS _{h24})	72
Anexo 8: Digestibilidad de materia seca a las 48 h(DMS _{h48})	72
Anexo 9: Digestibilidad de materia seca a las 72 horas (DMS _{h72})	72
Anexo 10: Digestibilidad de materia orgánica a las 3 horas (DMO _{h3})	73
Anexo 11: Digestibilidad de materia orgánica a las 6 horas (DMO _{h6})	73
Anexo 12: Digestibilidad de materia orgánica a las 12 horas	73
Anexo 13: Digestibilidad de materia orgánica a las 24 horas (DMO _{h24})	74
Anexo 14: Digestibilidad de materia orgánica a las 48 horas (DMO _{h48})	74
Anexo 15: Digestibilidad de materia orgánica a las 72 horas (DMO _{h72})	74
Anexo 16: Digestibilidad de fibra detergente neutra a las 3 horas (DFDN _{h3})	75
Anexo 17: Digestibilidad de fibra detergente neutra a las 6 horas (DFDN _{h6})	75
Anexo 18: Digestibilidad de fibra detergente neutra a las 12 horas (DFDN _{h12}) ..	75
Anexo 19: Digestibilidad de fibra detergente neutra a las 24 horas (DFDN _{h24}) ..	76
Anexo 20: Digestibilidad de fibra detergente neutra a las 48 horas (DFDN _{h48}) ..	76
Anexo 21: Digestibilidad de fibra detergente neutra a las 72 horas (DFDN _{h72}) ..	76
Anexo 22: Digestibilidad de fibra detergente acida a las 3 horas (DFDA _{h3})	77
Anexo 23: Digestibilidad de fibra detergente acida a las 6 horas (DFDA _{h6})	77
Anexo 24: Digestibilidad de fibra detergente acida a las 12 horas (DFDA _{h12})	77
Anexo 25: Digestibilidad de fibra detergente acida a las 24 horas (DFDA _{h24})	78
Anexo 26: Digestibilidad de fibra detergente acida a las 48 horas (DFDA _{h48}) ...	78
Anexo 27: Digestibilidad de fibra detergente acida a las 72 horas (DFDA _{h72})	78
Anexo 28: Digestibilidad de la proteína a las 3 horas (DPh ₃)	79
Anexo 29: Digestibilidad de la proteína a las 6 horas (DPh ₆)	79
Anexo 30: Digestibilidad de la proteína a las 12 horas (DPh ₁₂)	79
Anexo 31: Digestibilidad de la proteína a las 24 horas (DPh ₂₄)	80

Anexo 32: Digestibilidad de la proteína a las 48 horas (DPh48)	80
Anexo 33: Digestibilidad de la proteína a las 72 horas (DPh72)	80

INDICE DE FOTOS

Foto 1: Pesaje de muestras en balanza analítica.....	81
Foto 2: Muestras de FDN y FDA post incubación.....	81
Foto 3: Esterilización de bolsa de nylon en estufa.....	81
Foto 4: Colocación de muestras en analizador de fibra.....	81
Foto 5: Colocación de muestra para incubar.....	81
Foto 6: Extracción de muestras incubadas.....	81

RESUMEN

La caña de azúcar es una gramínea con un alto contenido energético que presenta limitaciones nutricionales debido a su bajo porcentaje de proteína, por lo que es necesario complementarla con una fuente proteica de rápida degradación a través de la elaboración de saccharina rústica, que representa una alternativa en la alimentación de rumiantes logrando mejorar su perfil nutricional. El objetivo del presente estudio fue evaluar los cambios en la composición química y digestibilidad *in situ* de la saccharina rústica por efecto de la adición de niveles de urea. Se utilizaron tres bovinos Brahman mestizos fistulados para determinar la digestibilidad *in situ* utilizando bolsas de nylon, con un diseño de bloques completamente al azar, con tres tratamientos, tres repeticiones y seis tiempos de incubación (3, 6, 12, 24, 48, 72 h) los animales de cada tratamiento recibieron saccharina elaborada con el 1, 1.5 y 2% de urea más sales minerales, determinando en cada tratamiento, la composición química y digestibilidad *in situ* de: materia seca (DISMS), materia orgánica (DISMO), fibra detergente neutra (DISFDN), fibra detergente ácida (DISFDA) y proteína (DISP). Los resultados de la composición química mostraron un incremento progresivo en los porcentajes de los componentes nutricionales de la saccharina con cada nivel de urea, lo que demuestra que fue mejorado el valor nutricional, mientras que los resultados de digestibilidad *in situ* arrojaron diferencia estadística significativa entre los tratamientos y horas de incubación, excepto la (DISP) que se vio afectada positivamente cuando ésta contenía el mayor nivel de urea (2%).

PALABRAS CLAVES: caña de azúcar, saccharina, digestibilidad *in situ*

ABSTRACT

Sugar cane is a grass with a high energy content having nutritional limitations due to its low percentage of protein, so it is necessary to supplement with a protein source for rapid degradation through the development of rustic saccharina, which represents an alternative ruminant feeding in achieving improve their nutritional profile. The aim of this study was to evaluate changes in chemical composition and digestibility in situ de saccharina rustic effect of adding urea levels. Three fistulated crossbred Brahman cattle were used to determine the digestibilidad in situ using nylon bags, with a design of randomized complete block with three treatments, three replicates six incubation times (3, 6, 12, 24, 48, 72 h) animals of each treatment received saccharina made with 1, 1.5 and 2% urea plus salts minerals, determining in each treatment, chemical composition and in situ digestibility of: dry matter (DISMS), organic matter (DISMO), fiber neutral detergent (DISFDN), acid detergent fiber (DISFDA) and protein (DISP). The results of the chemical composition showed a progressive increase in the percentage of nutritional components saccharina with each level of urea, which shows that it was improved nutritional value, while results of in situ digestibility yielded significant estadístico difference between and h incubation treatments except (DISP) which positively affected when it contained the highest level of urea (2%).

KEYWORDS: sugarcane, saccharina, in situ digestibility

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la alimentación de los rumiantes en su mayor porcentaje está basada en praderas, obteniendo bajos rendimientos productivos por la escasa disponibilidad de forrajes especialmente en los meses de verano por esta razón y factores como el aumento del valor de las tierras, insumos y mano de obra, así como la reducción del tamaño de las explotaciones, han hecho que los ganaderos se interesen en sistemas intensivos y semintensivos, con el objeto de aumentar la producción de kilos de carne y leche por hectárea aprovechando de mejor forma los recursos naturales de la finca, mejorando el rendimiento económico, por lo que se ha incrementado el interés por el cultivo de forrajes mejorados, sistemas de pastoreo, pasto de corte, leguminosas y caña de azúcar como forraje para la alimentación del ganado,(Torres, 2009).

La caña de azúcar es una de las plantas del trópico más eficiente en la captura de la energía solar y su transformación en biomasa que por naturaleza muy succulenta y turgente, en la cual el agua y los azúcares totales (no reductores y reductores, sacarosa más otros azúcares) diluidos representan una fracción importante con un alto contenido de fibra; con una producción media anual de 100 t.ha⁻¹ que pueden variar conforme a la variedad, edad, condiciones de clima y otros factores, todo este material vegetativo es aprovechado por el ganado bovino, sin el riesgo de que pierda sus características nutricionales cuando madura, como sucede con otras gramíneas de corte, por lo cual constituye un forraje siempre disponible además de los subproductos que ofrece para la alimentación de animal.

Uno de los productos que es usado es la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) por su condición de forraje voluminoso convirtiéndola en una reserva para los animales, que a pesar de tener un alto contenido energético presenta limitaciones nutricionales en cuanto a proteína cuando se ofrece como único alimento, siendo necesario complementar con una fuente proteica de rápida degradación para su enriquecimiento nutritivo, a través de la

elaboración de saccharina rústica con diferentes niveles de urea logrando mejorar los niveles de proteína, digestibilidad, producción y productividad.

Por lo expuesto anteriormente se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar los cambios en la composición química de la saccharina rústica por efecto de diferentes niveles de urea.

- Estimar la digestibilidad *in situ* de la saccharina rústica

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CAÑA DE AZÚCAR

2.1.2 Generalidades de la Caña de Azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) procede originalmente de Asia, es una planta herbácea perenne, se adapta a condiciones climatológicas asociadas al clima tropical y subtropical, presenta una amplia tolerancia a la altura ya que se adapta desde el nivel del mar hasta los 1623 msnm (Gómez, 1983 citado por Daniel y González, 2012).

Clasificación Taxonómica:

Familia: *Gramíneae*

Tribu: *Andropogonea*

Género: *Saccharum*

Especies: *officinarum, barberi*

Nombre Científico: *Saccharum officinarum*

La caña de azúcar es posiblemente el cultivo tropical de mayor eficiencia en la fotosíntesis y en los mecanismos de producción de biomasa, por ser una planta de tipo C4 tiene la mayor capacidad para utilizar las altas intensidades de energía solar con un requisito reducido de agua y poder producir 3,8 veces más energía que los cereales. El ser un cultivo perenne le permite una captura permanente de la energía solar, a pesar que la cosecha de la planta se realiza aproximadamente cada año, su máxima capacidad de rebrotes le permite varias cosechas sucesivas a partir de la siembra inicial. Por lo general las renovaciones del cultivo se realizan cada 4 – 8 años, esto logra disminuir los costos de producción ya que permite hacer un uso más eficiente del agua y del suelo (Preston, 1980; Figueroa y Ly, 1990; citado por Daniel y González, 2012).

2.1.3 Composición y Valor Nutricional

Daniel y González (2012), indican “que la naturaleza química de la caña de azúcar presenta características que están representadas por la gran cantidad de azúcares solubles, específicamente sacarosa y por la presencia en cantidades considerables de azúcares insolubles de origen estructural especialmente celulosa, hemicelulosa y lignina. Hay que hacer notar el bajo nivel de materia seca al compararlo con los cereales, sin embargo, la superioridad que tiene la caña frente a los cereales en cuanto a rendimiento hace que éste bajo nivel de materia seca no se convierta en una limitante para ser incluido en la alimentación animal”.

Cuadro 1. Composición química de la caña de azúcar entera

	% MS
Materia Seca	29
Proteína Cruda (NX6.25)	2
Hemicelulosa	20
Celulosa	27
Lignina	7
Azúcares Solubles	40
Cenizas	5

Fuente: (Cuaron y Shimada 1981)

El contenido de materia seca (MS) de la caña de azúcar madura es de aproximadamente 30% y una vez madura conserva su valor nutritivo en el tiempo siempre que no sea afectada por heladas. Esto se explica por el aumento de azúcares fácilmente fermentecibles que compensan la disminución de la digestibilidad producida por la mayor lignificación. El incremento de azúcares puede incluso aumentar la digestibilidad total de la planta madura (los azúcares se reducen y se convierten en sacarosa, incrementándose los azúcares reductores). Su contenido en proteína bruta es muy bajo (menor al 4.5% de la MS total), al igual que el de grasas (EE) que es inferior al 2%, su

alto valor de hidratos de carbono de tipo “estructurales” (celulosa, hemicelulosa) y lignina convierte a la caña de azúcar en un forraje voluminoso de mediana calidad (valor medio de 58,9% de nutrientes totalmente digestibles-NTD), con valores de proteína bruta muy bajos (valor medio 3,8%).

Estas características (valor nutritivo relativamente bajo y aumento de su rendimiento en materia seca al madurar) permiten una cierta flexibilidad para la cosecha, convirtiéndola en una potencial reserva de forraje para los animales, la misma que hay que considerando su bajo contenido de proteínas, debido a que los microorganismos del rumen necesitan fuentes proteicas para su multiplicación (proteína microbiana) y para lograr eficientes fermentaciones a nivel ruminal, además de las fuentes de energía y de minerales. A la vez, por ser una fuente de hidratos de carbono fácilmente fermentecibles, es necesario complementarla con una fuente proteica de rápida degradación (Guerra, 2009).

Según Ortiz, (2002) citado por Collaguazo, (2009), la caña tiene un 85% de Materia seca, Digestibilidad de 27.5%, y rangos de Proteína totales de 2.7% hasta 3.5%, y puede alcanzar niveles de Energía metabolizable desde 3.8 MJ/Kg hasta 8.3 MJ/Kg. Mientras que Fundora, (2006); citado por Rodríguez,(2006) indica que la digestibilidad de la MS es alrededor de 60%, su consumo voluntario es relativamente bajo, lo que está relacionado con el contenido de fibra de las diferentes fracciones que la componen y con los azúcares presentes en el tallo. El mayor componente de fracción digestible está en forma de azúcares solubles (50% de la MS) y ésta deprime la celulosis ruminal, mientras que 30% de MS se encuentran en forma de fibra donde la digestibilidad disminuye hasta 20%, lo que influye negativamente en la digestión del material fibroso y el consumo del forraje.

Martín, (2005) menciona que la caña de azúcar de la misma manera que otras gramíneas pratenses y forrajeras tiene un valor como alimento en función de su edad, madurez, época y variedad o ecotipo dentro de ésta; además se conocen muy pocos datos como los de Banda y Valdés (1976), citados por Martín,

(2005) donde a los 16 meses la caña es más concentrada en azúcares y materia seca y menos en nitrógeno y lignina que a los 8 meses.

2.1.4 Formas de Usarla en la Alimentación de Rumiantes

La caña de azúcar puede utilizarse de diversas formas para la alimentación animal: cultivarse para forraje; usar el jugo en forma de melaza invertida, el bagazo como forraje basto (voluminoso) o como portador de la melaza. El ensilaje también es una alternativa, pero resulta difícil por la abundancia de azúcares, que puede provocar fermentaciones indeseables de tipo “alcohólicas”. Estas fermentaciones también se producen cuando se almacena caña picada por tiempo prolongado, sobre todo a la intemperie; por lo cual es recomendable picar y suministrar lo más rápido posible.

Tradicionalmente, la utilización de la caña de azúcar para la alimentación animal consiste en el corte, acarreo y suministro a los animales en forma entera directa en los potreros o picada en encierre. Se puede suministrar directamente en los potreros o en los corrales, colocando la caña en comederos con suficiente espacio para la cantidad de animales, en lo posible siempre en un mismo horario, recordando que la suplementación con caña debe incluir fuentes de proteínas, minerales (fundamentalmente azufre junto al nitrógeno para el crecimiento microbiano del rumen y vitaminas).

Es fundamental un período de adaptación al consumo de la caña para que pueda ser digerida adecuadamente. La mejor forma de hacerlo es encerrando los animales algunas horas al día en un lugar donde se les ofrezca caña picada hasta que se acostumbren. Este período de adaptación puede durar entre 10 y 15 días. La presencia de elevadas cantidades de azúcares reductores puede provocar “acidosis ruminal”.

2.1.4.1 Se puede suministrar fresca como alimento de emergencia; aunque debido a su corteza dura y fibrosa, es recomendable picarla. El picado

puede ser fino (5 mm), medio (entre 10-20 mm) o un troceado mayor a 5 cm. Tan pronto como la caña de azúcar se pica, empieza a fermentar (los azúcares se convierten en alcohol y ácidos orgánicos) y éste proceso ejerce un efecto negativo sobre el consumo. Por lo tanto, es importante que los animales consuman la caña picada lo más pronto posible teniendo en cuenta que el picado fino puede acelerar estos procesos de fermentación del jugo azucarado.

2.1.4.2 Saccharina rústica. Es una nueva forma de suministro, muy practicado en Cuba y consiste en un producto fermentado en estado sólido repicado con la previa adición de 5 Kg de sales minerales y 15 Kg de urea/ton de material verde para finalmente ser secado a la intemperie hasta lograr valores en materia seca que permitan su almacenamiento. Se obtiene un producto enriquecido que puede alcanzar hasta 14% de proteína bruta, 90% de materia seca.

2.1.4.3 Ensilaje de caña. Es el resultado de la fermentación anaeróbica de la planta entera de caña picada finamente y almacenada rápidamente en silos. Se logra obtener hasta 12% de proteína bruta cuando se incluye urea en el proceso (6 kg de urea/ton de caña repicada). Es esencial utilizar aditivos para evitar el desarrollo de levaduras, que convierten a los azúcares en ácidos orgánicos y alcohol, reduciendo su valor nutritivo. No es conveniente superar el 40-50% de la dieta con silaje de caña y hay que equilibrarla con alimentos energéticos (granos, subproductos industriales, etc.), proteicos (expeller de oleaginosas, semilla de algodón, urea, etc.) y minerales.

2.1.4.4 Los subproductos fibrosos como el bagazo, pueden constituir alrededor del 28% de la caña de azúcar. Posee baja digestibilidad por el alto contenido de lignina (20%) y a su vez presenta muy poco nitrógeno, lo que limita su utilización.

Al incluir la caña de azúcar como alimento se pueden producir desequilibrios nutricionales. Su alto contenido de hidratos de carbono rápidamente fermentecibles en el rumen, el bajo valor de proteína bruta (nitrógeno) y una

fracción fibrosa (FND) de digestibilidad bastante lenta, operan como factores limitantes del consumo. La relación de FDN/azúcares tiene que ser baja (menor a 3) para permitir un consumo adecuado por los animales.

2.2 SACCHARINA

2.2.1 Generalidades

La saccharina es un producto resultante de la fermentación aeróbica de la caña de azúcar en estado sólido ricos en proteína y sales minerales ideal para la alimentación de rumiantes y no rumiantes (Flota, 1998; citado por Herrera,2007); el objetivo que se persigue al fermentar la caña de azúcar, es obtener un producto de mayor calidad, por el nivel y tipo de proteínas que se producen durante el proceso en la biomasa proteica de microorganismos que se desarrollan a partir de la microfloraepifítica presente en la caña de azúcar, los que se nutren de los azúcares presentes y cuyo desarrollo se favorece con el aporte de pequeñas cantidades de urea y sales minerales.

Los procesos fermentativos, realizados en condiciones anaeróbicas, tienen un rendimiento de algo más de 3 moles de ATP por mol de glucosa fermentada. El ATP producido, es empleado por los microorganismos ruminales para su mantenimiento y multiplicación, mientras que el 90% de la energía del sustrato fermentado, se conserva en forma de ácidos grasos de cadena corta. La fermentación realizada en condiciones aeróbicas, resulta en cambio mucho más productiva en cuanto a la síntesis de ATP, logrando más de los 30 moles por mol de carbohidrato fermentado, superado las tasas de fermentación obtenidas en el rumen. Bajo estas condiciones, los procesos biotecnológicos relacionados con la fermentación aeróbica, son una alternativa interesante para resolver el problema de la relación proteína: energía demasiado estrecha que presenta la caña, en este proceso fermentativo para la obtención de la saccharina, participan levaduras y bacterias con un papel específico cada uno

de ellos, se atribuye a *Cándida Crusei* la actividad ureolítica, aunque no utiliza la sacarosa, depende de las otras para el sustrato energético, y desdobra la urea para aportar amoníaco para la síntesis proteica. Los grupos de bacterias que actúan en la fermentación una parte de ellas son autóctonas y el resto son adquiridas por la caña durante la manipulación, alguna de las cepas como *B. brines*, es capaz de actuar sobre la pared celular de las levaduras y producir la lisis de éstas (Vivas y Carvajal, 2004).

2.2.2 Tipos de Saccharina

Vivas y Carvajal (2004), indican que de acuerdo al procedimiento empleado para la fermentación y secado de la caña durante la elaboración de éste producto se obtienen tres tipos de saccharina (industrial, semi industrial, rústica): la industrial se obtiene al fermentar y secar el producto en condiciones controladas en fermentadores, mientras que la semi industrial se fermenta en condiciones también controladas (fermentadores) pero se seca al sol y en la saccharina rústica todo el proceso ocurre en patios de cemento, con la ventaja que la elaboración de la misma se la puede realizar en la propia finca debido a que no se necesita equipamiento sofisticado.

2.2.3 Composición Química

Elías *et al.* (1990), citado por Caraveo (2008), indica que usando el 98% de tallo de caña, 1.5% de urea y 0.5 de minerales, fermentándolo durante 24 horas, su contenido de proteína bruta (PB), proteína verdadera (PVE) y de fibra bruta (FB) está en el rango de 11.1 a 16.0%; 8.9 a 13.8% y de 24.6 a 26.6% respectivamente, mientras Reyes, *et al.* (2008) indica que el contenido de proteína de la saccharina es de alrededor del 11 al 16% y de ésta entre 8.9 y 13.9% es de proteína verdadera. La digestibilidad de la saccharina se encuentra en un rango de 45 a 64% (Geerkenet *al.* 1994; Valdés *et al.* 1994 citados por Torres, 2003).

Cuadro 2. Composición nutricional de la saccharina rústica

CONTENIDO	% BASE SECA	% BASE HÚMEDA
Humedad	-	14.43
Materia seca	100	85.57
Cenizas	4.40	3.77
Proteína	13.05	11.17
Grasa	0.54	0.46
Fibra	34.58	29.59
Carbohidratos totales	82.01	70.80
Energía digestible	-	2.54 Mcal

Fuente:(Carvajal, 2004)

2.2.4 Composición Microbiológica

Valiño *et al.* (1992), citado por Torres (2003), señala que al estudiar la dinámica de crecimiento de los microorganismos de la caña de azúcar en un proceso para obtener saccharina industrial sometida a procesos de aireaciones (temperatura ambiente y con aire caliente) durante 24 horas, encontraron que el máximo crecimiento de levaduras y bacterias se presentan a las 12 y 22 horas, después de iniciada la aireación. Así mismo reportaron un estudio de la composición de las especies bacterianas, que intervienen en el proceso para obtener saccharina industrialmente en el cual observaron que el 59.2% son gram positivos y el otro restante (40.3%) son gram negativos.

2.2.5 Elaboración de Sacharían rústica

2.2.5.1 Sustrato de la caña de azúcar

Torres (2003), para la elaboración de la saccharina se utilizan solo los tallos maduros de la caña de azúcar por la mayor cantidad de carbohidratos solubles disponibles, aunque Sánchez (1995), citado por Torres (2003), indica que también puede elaborarse con caña de azúcar quemada o parada, la cual por diferentes razones no son procesadas en los ingenios.

2.2.5.2 Nivel de urea

El nivel urea utilizado para la elaboración de la saccharina ha sido hasta 1.5%, con relación a la cantidad total de la caña molida con resultados diversos (Torres, 2003); mientras que cantidades de urea administrada (0,5; 1 y 1,5%) tienen una relación lineal positiva y buen crecimiento microbiano (Elías *et al.* 1990; citado por Torres, 2003).

2.2.5.3 Tiempo de fermentación

Lezcano y Martí (1997), citados por Torres (2003), mencionan que al estudiar la producción de saccharina elaborada a diferentes tiempos de fermentación (24, 36 y 48 h), con el 1% de urea, encontraron que a las 24 horas, se presenta la máxima síntesis proteica. De igual forma Carrasco *et al.* (2000, 1998, 1997 y 1996) citados por Torres (2003), obtuvieron mayores cantidades de proteína verdadera a las 48 horas de fermentación, cuando se elaboró la saccharina con la caña de azúcar y excretas bovinas en una proporción 70:30.

2.2.5.4 Preparación

La caña de azúcar, libre de hojas y paja, es desmenuzada sin extraerle el jugo en una máquina que efectúa picado y triturado, esta es distribuida en un patio de asfalto o concreto, con un espesor de 5 a 15 cm, por cada tonelada de caña se prepara una mezcla de 15 Kg de urea y 5 Kg de sales minerales de las que se emplean en ganadería, las mismas que se esparce sobre la caña de modo uniforme de forma manual o mecanizada, después de esparcida la mezcla de urea y sales minerales se une con la caña. El proceso puede comenzarse en horas de la mañana con volteo cada 2 horas, al siguiente día en las horas de la mañana el producto puede recogerse rápidamente en forma húmeda y darlo a rumiantes.

La operación de secado puede lograrse en un plazo de 48 horas aproximadamente, si las condiciones climáticas son favorables. Ya seco el producto, se recoge y se puede someter a molturación, y en forma de harina se puede incorporar en los concentrados esta harina puede ser empleada, mezclada con otros productos disponibles inmediatamente para el consumo animal o almacenarse por espacio de 5-6 meses en sacos de yute o nylon, siempre y cuando su humedad no supere el 14%. Para una mayor eficiencia del proceso, la caña troceada finamente debe disponerse en una capa de un grosor de 10 a 15 cm con un tiempo de fermentación de 24 horas, ya que la prolongación de dicho tiempo no da lugar a una mayor síntesis (Vivas y Carvajal, 2004).

2.3 CAPACIDAD DE LOS RUMIANTES PARA UTILIZAR FORRAJES

Los rumiantes se caracterizan por su capacidad para alimentarse de pasto o forraje, esta característica se basa en la posibilidad de poder degradar los hidratos de carbono estructurales del forraje, como celulosa, hemicelulosa y pectina, muy poco digestibles para las especies de estómago simple o no-rumiantes, basada en esta diferencia fundamental, la fisiología digestiva del rumiante adquiere características particulares. La degradación del alimento se realiza mayoritariamente por digestión fermentativa y no por acción de enzimas digestivas, y los procesos fermentativos los realizan diferentes tipos de microorganismos a los que el rumiante aloja en sus divertículos estomacales (rumen, retículo y omaso), por esta razón tenemos que tener presente que al alimentar a los rumiantes primero estamos alimentando a los microorganismos rúmiales, y que para su buen desarrollo tiene que haber un medio ruminal favorable para ello de esta forma hay una simbiosis entre las bacterias y el animal (Relling y Mattioli, 2002- 2003).

Los microorganismos presentes en el rumen, como bacterias, protozoos y hongos son capaces de transformar la celulosa, hemicelulosa y la pectina, presentes en los alimentos fibrosos, en ácidos grasos volátiles (AGV's) que

constituyen la principal fuente de energía para los animales, además permite un aprovechamiento de fuentes de nitrógeno no proteico para su conversión en proteína microbiana, y sintetizan vitaminas “K” y las del complejo “B” (Weimer 1998, citado por Silva, 2010).

2.4 DIGESTIÓN MICROBIANA DE LA PARED CELULAR

La estrategia alimenticia de los rumiantes se basa en la simbiosis establecida entre los microorganismos ruminales y el animal. Mientras que el rumiante aporta alimentos y las condiciones medio ambientales adecuadas, los microorganismos degradan los forrajes y aportando productos de fermentación con valor nutritivo para los rumiantes (Calsamiglia, 1997).

Los procesos de digestión microbiana de los polisacáridos (paredes celulares) son llevadas a cabo en el rumen, con la asociación de los microorganismos a un alimento en particular, el acoplamiento al sustrato ocurre a través de la adhesión íntima de los microorganismos a las estructuras vegetales, luego por la colonización hasta la acción enzimática de dichas estructuras que termina con la liberación de los nutrimentos (Fondevilla 1998, citado por Silva, 2010).

2.5 DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD

2.5.1 Digestibilidad

La definición más simple de digestibilidad es “La medición de la cantidad de nutrimentos que después de pasar por tubo digestivo no aparecen en las heces” (Castellanos et al. 1990, citados por Martínez, 2002); mientras que para Ramírez, (2003); citado por Cuenca, (2011) 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 los procesos metabólicos.

La digestibilidad de una ración es influenciada por factores como digestión de la materia seca, la tasa de pasaje de partículas, el pH de la digesta y a la naturaleza de la población microbial existente en el rumen (Evans, 1981; citado por Martínez, 2002). El proceso productivo con los rumiantes depende del consumo voluntario del forraje y su digestibilidad, aun existiendo disponibilidad de éste, el consumo puede estar limitado por su calidad (bajo contenido de proteínas y alto contenido de componentes estructurales) (Obispo *et al*, 2001; citado por Silva, 2010).

2.5.2 Técnicas de Digestibilidad

Para calcular la digestibilidad de los forrajes y alimentos para rumiantes se han descrito las técnicas *in vivo*, *in vitro* e *in situ*.

2.5.2.1 Técnica *IN VIVO*

Silva (2010), menciona que después de consumir un alimento, hay residuos indigeridos que son excretados en la heces, los cuales significan una merma en términos de la utilización del mismo, por lo que la primera pérdida impuesta al alimento está representada por la parte que no es digerida ni absorbida en el animal.

Con las pruebas de digestibilidad o de balance se cuantifican los nutrimentos que son ingeridos y absorbidos por el tracto digestivo, así como las cantidades que se eliminan en las heces. Para esto es necesario conocer tanto la cantidad del alimento ingerido como excretado, siendo la diferencia entre ambas cantidades la parte que se supone que fue digerida y absorbida por el animal, que al ser expresada como porcentaje resulta ser el coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca o de cada uno de los componentes de los alimentos (Church y Pond, 1987; Maynard y Col, 1986; Shimada, 1983; citados por Sanguinés, 2001).

Torres *et al.* (2009), citado por Silva (2010), señala que en la técnica de in vivo, se dispone de jaulas metabólicas dotadas con separadores de heces y orina, los animales deben tener un manejo previo de adaptación. Se pesa el alimento ofrecido, el rechazado, el peso de las heces y todo esto se conserva para su posterior análisis químico. Los animales deben ser alimentados cada día, a la misma hora y con la misma cantidad de alimento más un 10% de rechazo.

2.5.2.2 Técnica *IN VITRO*

En esta técnica se lleva a cabo una fermentación anaerobia, utilizándose un sustrato en una solución amortiguadora similar a la composición de la saliva, en el líquido ruminal filtrado, saturando todo el medio de CO₂, ya que los microorganismos ruminales requieren de condiciones anaerobias. Los productos finales de la fermentación son principalmente bióxido de carbono, metano, ácidos grasos volátiles (AGV's) y masa microbiana. La producción de gases o de AGV's puede inhibir el proceso de fermentación; por lo tanto, debe de mantenerse una temperatura constante (39-40°C) y agitación de vez en cuando con las muestras (Tilley y Terry, 1963; citados por Sanguinés, 2001).

Silva (2001), indica que después de la introducción de la técnica en 1963 por Tilley y Terry, han sido modificadas según el tipo de alimento a analizar (forrajes o concentrados) y se han convertido en procedimientos más exactos para la predicción de la digestibilidad en rumiantes. Existen métodos que sustituyen el líquido ruminal por celulasas y otras enzimas obtenidas de cultivos de hongos como *Trichoderma viride* y *Aspergillus niger*, sin embargo pese a que éstas técnicas eliminan el problema de los animales fistulados, se mantiene la cuestión de variabilidad de los resultados entre series, dado que la actividad de las enzimas también es variable (Jones y Hayward, 1975; Roughan y Holland, 1977; Dowman y Collins, 1982; De Boeveret *al.*, 1988; citados por Maroto, *et al.* 2011).

2.5.2.3 Técnica *IN SITU*

La técnica de la bolsa de la fibra artificial, ha sido utilizada durante varios años para proporcionar valores estimados de la tasa de desaparición de los constituyentes alimenticios en el rumen (Orskov y Col, 1980; citados por Sanguinés, 2001). La técnica consiste en colocar cierta cantidad de muestra dentro de una bolsa bien cerrada y colocarla en el rumen de los animales fistulados por cierto periodo de tiempo y permite determinar simultáneamente la cantidad de muestra que es digerida y la tasa a la cual esta digestión se realiza, esta 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).

Para la técnica *in situ* se debe considerar los siguientes aspectos técnicos.

➤ **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; citado por Cuenca, 2011).

➤ **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, por consiguiente 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).

➤ **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; citado por Cuenca, 2011).

➤ **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; citado por Cuenca, 2011). 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, lo 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 materia seca como del nitrógeno 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 sustrato, por lo que 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).

➤ **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; citado por Cuenca, 2011).

➤ **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 digestibilidad 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).

➤ **Dieta del animal**

Ramírez (2003); citado por Cuenca (2011), indica que 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.

2.5.3 Análisis Químico

2.5.3.1 Determinar el valor de los alimentos.

Los alimentos son sustancias, que tras ser ingeridas por los animales, pueden ser digeridas, absorbidas y metabolizadas. Los componentes químicos que pueden ser utilizados por los animales se denominan nutrientes.

➤ 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.

➤ **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.

- Cenizas: materiales inorgánicos en general.
- Proteína bruta (PB): proteínas, péptidos, aminoácidos (Aas), bases nitrogenadas, amidas, nitrógeno vitamínico.
- Extracto etéreo (EE) o grasa bruta (GB): grasas, ceras, resinas, lípidos complejos, pigmentos, vitaminas liposolubles...
- Fibra bruta (FB): celulosa, hemicelulosa, lignina insoluble, cutina.
- 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).

2.5.3.2 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.

➤ 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.

➤ Material (MS de laboratorio)

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

➤ 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).

➤ **Cálculo.**

- $\% \text{ MS} = ((T + \text{MS}) - T) / \text{MF} \times 100$
- $\% \text{ Humedad} = 100 - \% \text{ MS}$

➤ **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.

2.5.3.3 Determinación de las diferentes fracciones del alimento por el método Weende

➤ Cenizas

✓ 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

- 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).
- Se lleva a la mufla entre 2 y 6 h a 550 °C.
- 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

- $\% \text{ CzsMF} = ((T + \text{Czs}) - T / \text{MF}) \times 100$
- $\% \text{ Materia Orgánica MF} = \% \text{ MS} - \% \text{ Czs}$

➤ 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.
- Aparato Kjeldahl de destilación y valoración.
- Ácido sulfúrico concentrado.
- Catalizador.
- Solución de hidróxido sódico (30%).
- Ácido bórico con indicador.
- 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.
- 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.
- 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

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

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

NHCl = 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.

➤ 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

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

✓ Método

- 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.
- Calentar el ácido sulfúrico. Colocar los crisoles en el FiberTech 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.
- 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.
- Tras media hora, apagar la fuente de calor y lavar tres veces con agua destilada y una última con acetona. Sacar los crisoles del Fiber Tech y ponerlos a secar en la estufa a 100 – 105°C durante más de 8 horas.
- Poner los crisoles en el desecador. Dejar enfriar. Pesarlos (Crisol + Residuo) y colocarlos en la mufla para obtener las cenizas.
- Introducir los crisoles en la estufa para regular su temperatura, llevarlos al desecador para enfriar y pesar de nuevo (Crisol + Czs.).

✓ Cálculos

$$\% \text{FBMF} = 100 \times ((\text{crisol} + \text{residuo}) - (\text{crisol} + \text{Czs.})) / \text{g MF muestra}$$

➤ **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**

- Aparato extractor Soxhlet.
- Estufa de desecación.
- Baño María con regulación de T^a.
- Éter de petróleo 40-60 °C.
- Matraces.

✓ **Técnica**

- 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.
- 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.
- 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**

% EEMF = $100 \times ((\text{Matraz} + \text{Grasa}) - T) / \text{g MF Muestra}$.

✓ **Resultados**

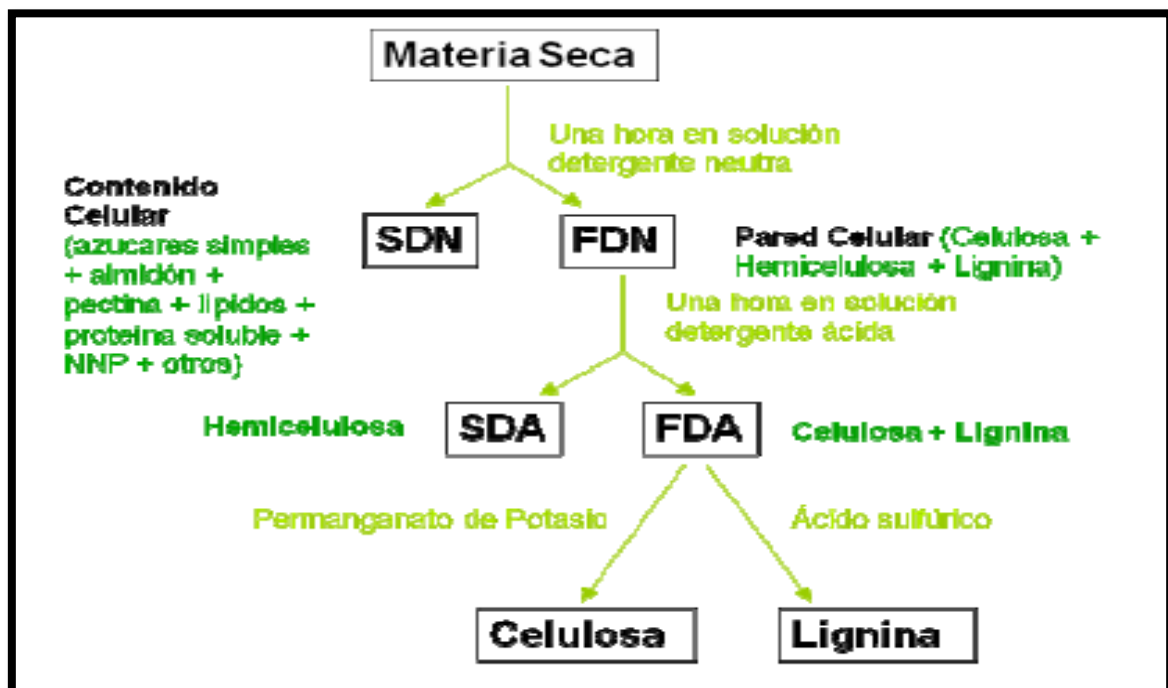
Generalmente, la composición de los alimentos se expresa en materia seca (MS), ya que facilita la comparación nutritiva. Una vez obtenidos los resultados de los diferentes análisis (expresados sobre materia fresca (MF), se deben de calcular sobre materia seca (MS).

2.5.3.4 Análisis de fibras de Van Soest

En este método ideado por Van Soest *et al.* (1967) en el laboratorio de investigación del Departamento de los Estados Unidos (USDA), la materia seca del alimento se separa en dos fracciones, una altamente digestible y la otra de baja digestibilidad. En este procedimiento se utiliza un detergente neutro para separar el contenido de la célula (Solubles Detergentes Neutros. SDN), de la pared celular (Fibra en Detergente Neutro, FDN). El SDN está compuesto por azúcares, almidones, lípidos, carbohidratos solubles y otros materiales hidrosolubles. La FDN está compuesta por hemicelulosa, celulosa, lignina,

cenizas y proteína ligada. De todas las fracciones fibrosas, la FDN es la que mejor se correlaciona con el consumo voluntario (Figura.1).

La fibra detergente ácido FDA es el residuo remanente de la solubilización de alimento en detergente ácido. Este detergente provoca la solubilización de los mismos componentes del detergente neutro más la hemicelulosa. (Van Soest et al) citados por (Silva, A. 2010).



Fuente:(Silva, A. 2010).

Figura 1. Esquema de análisis de fibra de van Soest (Van Soest 1967)

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Materiales 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
- Aparato digestor de fibra
- Crisol Gooch
- Bomba de vacío
- Vaso Berzelius
- Alargadera o extensión para crisol
- Balanza analítica
- Matraz Kitasato
- Trampa de humedad
- Fibra o lana de vidrio

- Sellador
- Disecador de bolsa plegable

3.1.2 Materiales de Campo

- 3 Bovinos fistulados, con su respectiva cánula
- Caña de azúcar
- Urea
- Sal mineral
- Cabos
- Libreta de anotaciones
- Baldes
- Balanza romana
- Picadora
- Machetes
- Lona
- Palas

3.1.3 Materiales de Oficina

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

3.1.4 Reactivos

- Solución detergente neutra
- Ethylene diaminetetraacetic
- Dihidrato de sodio
- Borato de sodio

- Difosfato básico de sodio
- Glicol de triethylene
- Agua destilada
- Alphaamylase bacteriano
- Sulfito de sodio
- Solución detergente ácida + 20 g. de cetilmomuro de Trimethylammonium
- Solución de amilasa
- Acetona
- Solución de detergente ácido
- Antiespumante Dekalin (decahidronaftaleno)

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Ubicación

La preparación de la saccharina con niveles de urea al 1, 1.5, y 2% se lo 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 msnm, tiene una precipitación anual de 769.750 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. Las muestras fueron trasladadas a los Laboratorios de Rumiología y Metabolismo Nutricional de la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, donde se procedió a realizar los análisis bromatológicos y digestibilidad ruminal.

3.2.2 Preparación de la muestra

Se utilizó el tallo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) variedad PR 632 Puerto Rico, de 12 meses de edad libre de hojas y pajas, luego se la picó en una máquina que efectuó el picado de 0.5 a 1 cm aproximadamente.

La caña picada fue distribuida en un tendal, con un espesor de 5 a 10 cm, luego se pesó 45 kg de caña picada para cada tratamiento aplicando los porcentajes de urea y sal mineral según se explica en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Porcentajes de urea en los diferentes tratamientos

Tratamientos	Caña de azúcar	Urea	Sal mineral
Saccharina al 1%	45 Kg	0.45 Kg	0.25 Kg
Saccharina al 1.5%	45 Kg	0.68 Kg	0.25 Kg
Saccharina al 2%	45 Kg	0.90 Kg	0.25 Kg

La mezcla de urea y sales minerales de cada tratamiento se esparció sobre la caña de modo uniforme.

El proceso de secado se realizó en un tiempo de 72 horas aproximadamente, una vez seco el producto se empacó 2 Kg de muestra por cada tratamiento y se envió al laboratorio para realizar los análisis correspondientes, las mismas que fueron posteriormente molidas en un molino Thomas Willey, con una criba de dos mm para los estudios bromatológicos y digestibilidad ruminal.

3.2.3 Animales

Se utilizaron tres bovinos Brahman mestizos fistulados para determinar la digestibilidad de la saccharina con los tres niveles de urea usando la técnica de las bolsas de nylon.

3.2.4 Tratamientos

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Ración
Tratamiento uno	Saccharina con urea 1%
Tratamiento dos	Saccharina con urea 1,5%
Tratamiento tres	Saccharina con urea 2%

3.2.5 Diseño Experimental

Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con tres tratamientos, tres repeticiones y seis tiempos de incubación (3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas) con un total de 54 unidades experimentales (UE). Se utilizaron tres bovinos fistulados, cada bovino representó un bloque, donde se evaluó la digestibilidad de cada muestra.

3.2.6 Análisis estadístico.

Para el análisis de la digestibilidad de los diferentes niveles de urea en la saccharina, se realizó el análisis de varianza (ADEVA).

Cuadro 5. Esquema de varianza del experimento

Factor variación	Fórmula	G.L
Tratamientos	t-1	2
Bloques	r-1	2
Error experimental	(t-1)(r-1)	4
Total	(t.r)-1	8

Para la diferencia entre las medias de los tratamientos se empleó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, para lo cual se utilizó el programa estadístico del SAS (2003).

3.2.7 Variables en Estudio

Las variables que se consideraron para el análisis de la composición química de la saccharina rústica son:

- Materia Seca
- Humedad
- Cenizas
- Proteína cruda
- Extracto etéreo
- Fibra cruda
- Extractos libres de nitrógeno
- Fibra detergente neutra (FDN)
- Fibra detergente ácida (FDA)

Para el estudio de la digestibilidad ruminal las variables que se consideraron fueron:

- Materia Orgánica
- Materia Seca
- Fibra detergente neutra (FDN)
- Fibra detergente ácida (FDA)
- Proteína

3.2.8 Análisis Químico

La materia seca se la determinó 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 materia seca en un horno de mufla a 600 °C por tres horas. La concentración de nitrógeno contenida se midió usando el método de Kjeldhal (AOAC, 1990).

La Proteína cruda se calculó como $N \times 6.25$. El método de Weende se utilizó para determinar la fibra bruta, el extracto etéreo y extractos libres de nitrógeno así como la proteína y la ceniza, la Fibra Detergente Neutra y la Fibra Detergente Ácida contenidos se las determinó por el Sistema Van Soest.

3.2.9 Incubaciones *In Situ*

Para los análisis de degradación ruminal, las bolsas que se utilizaron fueron de nylon (10 x 20 cm; tamaño del poro 45 μm) marca Ankon, las cuales se las identificó para ser colocadas en la estufa por el lapso de tiempo de 48 horas a 65 °C, las que posteriormente se las pesó en balanza analítica y luego se registró su peso seco.

Consecuentemente a esto se procedió a llenar las bolsas con 10 gramos de la muestra con un 10% de humedad aproximada de saccharina rústica previamente molida, luego de esto las bolsas de nylon fueron cerradas con ligas las mismas que fueron sujetadas a una cadena con hilo nylon para la posterior colocación en el rumen a través de la cánula ruminal, cada muestra de saccharina rústica se incubó en cada bovino por los periodos de tiempo: 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas. Después de la extracción del rumen, las bolsas de nylon se las lavaron en agua corriente fría, hasta que se obtenga agua cristalina. Las bolsas se desecaron primeramente al ambiente, y luego se las ingresó a un horno de aire forzado por 48 h a 65 °C, para finalmente ser pesadas.

3.2.10 Determinación de la digestibilidad ruminal

3.2.10.1 Digestibilidad de la materia seca (MS) y orgánica (MO)

Los porcentajes de digestibilidad de la MS y MO, se calcularon mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ digestibilidad} = \frac{Q_1(\text{g}) - Q_2(\text{g})}{Q_1(\text{g})} * 100$$

Dónde:

Q_1 = Cantidad inicial antes de la incubación ruminal

Q_2 = Cantidad residual después de incubación ruminal

Para la determinación de la digestibilidad de la MS, se procedió a llevar las bolsas a un horno de aire forzado a 65° C por un tiempo de 48 horas, luego se colocaron en un desecador y después se registró su peso. La pérdida de peso se consideró como el valor de digestibilidad.

La digestibilidad de materia orgánica, se calculó en un segundo análisis. Para el efecto se pesó 1 g de muestra en un crisol desecado en estufa a 135° C por dos horas. El crisol más la muestra, se colocaron en una estufa a 65 °C por 48 horas, después de este tiempo fueron extraídos y colocados en un desecador por 15 minutos. Por diferencia se determinó el porcentaje MS, usando las siguientes formulas:

$$H = \frac{(\text{peso húmedo muestra} - \text{peso seco muestra})}{\text{peso húmedo muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Materia Seca} = 100 - H$$

Luego, los crisoles con la muestra seca, se colocaron en una mufla a 600 °C por 3 horas. Extraídos los crisoles de la mufla se colocaron en un desecador por 10 minutos y se pesaron. En el cálculo del contenido de cenizas y materia orgánica se usaron las siguientes expresiones matemáticas:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{peso crisol} + \text{cenizas}) - (\text{peso crisol vacío})}{\text{Peso muestra seca}} * 100$$

$$\% \text{ Materia Orgánica} = 100 - \text{Cenizas totales}$$

3.2.10.2 Digestibilidad de fibra detergente neutra (FDN) y ácida (FDA).

Para determinar la fibra detergente neutra y ácida se utilizó el procedimiento de la tecnología de Ankom.

➤ Digestibilidad de la fibra detergente neutra (FDN)

✓ Preparación de la muestra

- La muestra fue molida en un micro molino que contenga un tamiz de abertura de 1 mm y que a través de él pase un 95% del producto.
- Se transfirió rápidamente la muestra molida y homogenizada a un recipiente herméticamente cerrado, hasta el momento de análisis.
- Se secó las bolsas filtro F57 a 65 °C por 48 horas.
- Las bolsas fueron posteriormente pesadas y rotuladas.
- Para colocar la muestra en las bolsas filtro se pesó aproximadamente de 300 a 500 mg.

✓ Procedimiento

- Preparación de la solución detergente neutra

- Se pesó 120 g de solución detergente neutra
- En un matraz con 2000 ml de agua destilada se agregó 120 g de solución detergente neutra
- Para lograr su total disolución se removió con un agitador la misma que se dejó en reposo por 24 horas

- A las 24 horas se verificó la acidez con un potenciómetro y se calibró el pH con una solución de hidróxido de sodio a 6.0 a 7.1
- Se colocó las bolsas filtro con muestra en las celdas que se encuentran en el interior del equipo analizador de fibra.
- Se adicionó la solución detergente neutra (2 lt) en la cisterna del equipo analizador de fibra y se selló
- Se activó los botones rojo (Calentar) y azul (agitar)
- Luego se dejó que suba la temperatura a 100 °C y se esperó un tiempo de 75 minutos.
- Luego del tiempo de análisis se realizó 3 enjuagues con agua a 70 °C
- Posteriormente se escurrió las bolsas y se depositó en 200 ml de acetona por 15 minutos
- Las bolsas fueron secadas a 65 °C por 48 horas en una estufa, y luego pesadas en balanza analítica

✓ **Cálculos:**

El contenido de fibra detergente neutra en los alimentos se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$CC = \frac{PMH - PMS}{PMS} \times 100$$

$$FDN = 100 - CC$$

Siendo:

C.C = Contenido celular.

P.M.H = Peso de muestra húmeda.

P.M.S = Peso seco de la muestra.

FDN = Fibra detergente neutra.

➤ Digestibilidad de la fibra detergente ácida (FDA)**✓ Preparación de la muestra**

La muestra fue preparada de acuerdo a los pasos de la fibra detergente neutra (FDN)

✓ Procedimiento**- Preparación de la solución detergente neutra**

- Se pesó 40 g de solución detergente neutra
- En un matraz con 2000 ml de agua destilada se agregó 40 g de solución detergente neutra
- Para lograr su total disolución se removió con un agitador
- En 2000 ml de solución de detergente ácido se agregó 56 ml de ácido sulfúrico y se dejó reposar por el lapso de 24 horas
- A las 24 horas se verificó la acidez con un potenciómetro y se calibró el pH con una solución de hidróxido de sodio a 6.0 a 7.1
- Se colocó las bolsas filtro con muestra en las celdas que se encuentran en el interior del equipo analizador de fibra.
- Se adicionó la solución detergente neutra (2 L) en la cisterna del equipo analizador de fibra y se selló

- Se activó los botones rojo (Calentar) y azul (agitar)
- Luego se dejó que suba la temperatura a 100 °C y se esperó un tiempo de 75 minutos.
- Seguido del tiempo de análisis se realizó 3 enjuagues con agua a 70 °C
- Posteriormente se escurrió las bolsas y se depositó en 200 ml de acetona por 15 minutos
- Las bolsas fueron secadas a 65 °C por 48 horas en una estufa, y luego pesadas en balanza analítica

✓ **Cálculos:**

El contenido de fibra detergente acida en los alimentos se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Muestra seca} = \frac{\text{BMS} (\text{BMS} - \text{BS})}{\text{MSFDN} - \text{MSFDA}}$$

$$\text{H} = \frac{\text{MSFDN} - \text{MSFDA}}{\text{MSFDN}} \times 100$$

$$\text{FDA} = \text{FDN} - \text{H}$$

Siendo:

B.M.S = Bolsa más muestra seca

B.S. = Bolsa seca

H = Hemicelulosa

M.S. FDN = Muestra seca fibra detergente neutra

M.S. FDA = Muestra seca fibra detergente ácida

3.2.10.3 Digestibilidad de proteína

➤ Preparación de la muestra

- Las muestras secas (henificadas) fueron molidas en un molino a 1 o 2 mm
- Se pesó 300 miligramos de la muestra los mismos que fueron depositados en los tubos digestores, luego a cada uno de estos se agregó 5 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4).
- Se depositó una pastilla catalizadora Kjeldahl, marca PANREAC en el tubo digestor con la muestra y el ácido sulfúrico (H_2SO_4).

✓ Proceso de digestión de la muestra.

- Se colocó los tubos con la muestra, ácido sulfúrico y la pastilla catalizadora al digestor y programar los siguientes tiempos:

150 °C x 30 minutos.

280 °C x 50 minutos.

400 °C x 60 minutos.

- Se encendió la bomba al vacío las que contienen 2 botellas con 600 ml de agua destilada y 150 g de carbonato sódico (Na_2CO_2) en cada botella, en la cisterna de la bomba al vacío contiene 10 l de agua destilada más 10 g de carbonato sódico (Na_2CO_2).
- Luego de que se cumplieron los tiempos de digestión se dejó enfriar por el lapso de 1 hora.
- Luego de que los tubos estuvieron fríos con la muestra digerida y con un color verde claro se agregó 10 ml de agua destilada a cada tubo y se utilizó un agitador automático para la muestra

✓ **Proceso de destilación.**

- El destilador de proteína contenía en los tanques una solución de 2 lt de agua destilada y 500 g de hidróxido de sodio y también 2 lt de agua destilada con 100 g de ácido bórico. El nivel de agua destilada fue verificada constantemente
- Se colocó un tubo con la muestra digerida en el destilador por 4 minutos y se recogió la solución destilada en un matraz de 250 ml.

✓ **Proceso de titulación.**

- Se llenó una bureta con una solución de ácido sulfúrico al 0.02 N (1000 ml de agua destilada con 2.8 ml de ácido sulfúrico).
- Se colocó 3 gotas de catalizador que contiene una solución de 100 ml de alcohol al 96% más 100 mg de Methyl Red y 75 mg de Bromocresol Green.
- Luego se aplicó del ácido sulfúrico en la solución destilada hasta que se obtuvo un color rojo violeta.

4 RESULTADOS

4.1 DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SACCHARIANA RUSTICA

Cuadro 6: Análisis de la composición química de la saccharina rústica con diferentes niveles de urea en base seca

CONTENIDO	1%	1.5%	2%
MS	83.89	85.12	87.52
MO	94.98	95.98	96.17
Proteína cruda	5.01	11.87	13.22
E.E	2.01	3.45	4.47
Ceniza	5.43	4.59	3.90
Fibra cruda	24.62	25.01	27.30
FDN	66.89	67.69	68.71
FDA	41.47	39.69	41.24
ELNN	62.93	55.08	51.11
Energía Bruta (Kcal/Kg)	4250.71	4473.18	4693.54

En el cuadro seis se señalan los resultados de la composición química de la sacharían en el mismo se puede evidenciar que de acuerdo a los niveles de urea el valor nutritivo fue incrementando, es así que con la adición del 1% de urea en base seca se obtuvo un porcentaje de 83.89% y 94.98% de Materia Seca (MS) y Materia Orgánica (MO) respectivamente, Proteína cruda de 5.01%, Extracto Etéreo (EE) 2.01%, Cenizas 5.43%, Fibra cruda 24.62%, FDN 66.89, FDA 41.47, 62.93% de Extracto Libre de Nitrógeno (ELNN) y de Energía Bruta 4250.71 Kcal/Kg. Mientras que con la adición de 1.5% de urea alcanzó porcentajes de materia Seca (MS) y Materia Orgánica (MO) de 85.12% y 95.98%, Proteína 11.87%, Extracto Etéreo (EE) 3.45%, Cenizas 4.59%, Fibra 25.01%, FDN y FDA 67.69 y 39.69, Extracto Libre de Nitrógeno (ELNN) 55.08% y de Energía Bruta 4473.18 Kcal/Kg. Los porcentajes de Materia Seca

(MS) y Materia Orgánica (MO) con la adición del 2% de urea son de 87.52% y 96.17% según corresponde, Proteína 13.22%, Fibra cruda 27.30%, FDN y FDA 68.7% y 41.24% Extracto Etéreo (EE) 4.47%, Cenizas 3.90%, Extracto Libre de Nitrógeno (ELNN) 51.11% y Energía Bruta 4693.54 Kcal/Kg.

4.2 DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA

Cuadro 7: Digestibilidad de la materia seca de la saccharina rústica

Incubación	Tratamientos			EEM	P<
	Saccharina 1% Urea	Saccharina 1.5% Urea	Saccharina 2% Urea		
3 horas	60.25 a ^{1/}	59.95 a	61.01 ^a	0.32	0.4632
6 horas	62.22 a	61.69 a	61.94 a	0.40	0.8695
12 horas	66.18 a	64.34 a	65.51 a	0.57	0.4822
24 horas	68.92 a	66.57 a	67.79 a	0.38	0.1535
48 horas	70.99 a	71.001 a	70.12 a	0.54	0.7683
72 horas	73.81 a	72.04 a	73.44 a	0.41	0.2934

1. EEM = error estándar de la media,

2. ^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p \leq 0.05$)

En el cuadro siete se indica los resultados de DMS donde se puede evidenciar que no existe diferencia estadística entre los tratamientos ni horas de incubación, es importante mencionar que a las 72 horas de incubación se presentó un alto valor de digestibilidad en los 3 tratamientos estudiados, los valores que fluctuaron del promedio desde las 3 horas a 72 horas para el T1, T2 y T3 fueron 67.06, 65.93 y 66.63 %.

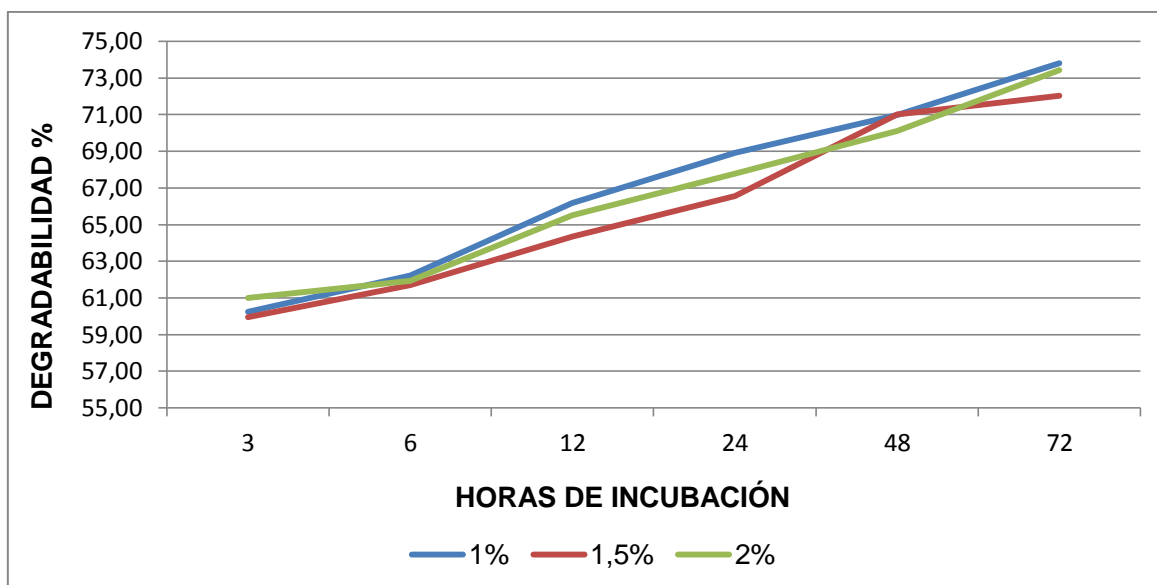


Figura 2. Digestibilidad de la materia seca de saccharina rústica

4.3 DIGESTIBILIDAD DE MATERIA ORGÁNICA

Cuadro 8: Digestibilidad de la materia orgánica de saccharina rústica

Incubación	Tratamientos			EEM	P<
	Saccharina 1% Urea	Saccharina 1.5% Urea	Saccharina 2% Urea		
3 horas	59.47 a	58.49 a	60.03 a	0.25	0.1521
6 horas	63.44 a	60.72 a	61.23 a	0.56	0.2302
12 horas	64.63 a	63.40 a	63.46 a	0.26	0.2215
24 horas	68.24 a	67.82 a	67.12 a	0.36	0.5187
48 horas	71.27 a	71.05 a	69.75 a	0.26	0.1454
72 horas	73.64 a	72.15 a	72.12 a	0.23	0.0972

1. EEM = error estándar de la media,

2. ^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p \leq 0.05$)

El cuadro ocho detalla los resultados de DMO mismo que indica que no hay diferencia estadística entre los tratamientos, obteniendo de esta manera promedios a partir de las 3 a 72 horas de incubación para los T1, T2 y T3 de

66.78%; 65.60% y 65.61% respectivamente con porcentajes de 1, 1.5 y 2% de urea para cada tratamiento.

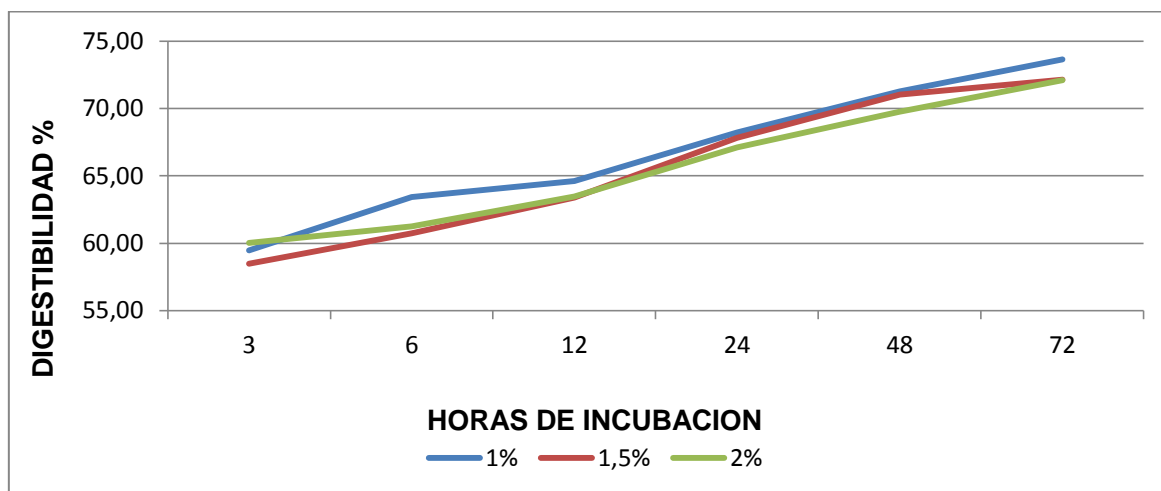


Figura 3. Digestibilidad de materia orgánica de saccharina rústica

4.4 DIGESTIBILIDAD DE FIBRA DETERGENTE NEUTRA

Cuadro 9: Digestibilidad de fibra detergente neutra de saccharina rústica

Incubación	TRATAMIENTOS			EEM	P<
	Saccharina 1% Urea	Saccharina 1.5% Urea	Saccharina 2% Urea		
3 horas	63.38 a	62.44 a	64.26 a	0.34	0.2122
6 horas	58.62 a	57.81 a	57.79 a	0.32	0.5489
12 horas	61.92 a	60.34 a	59.87 a	0.25	0.0666
24 horas	65.54 a	64.54 a	63.41 a	0.36	0.1692
48 horas	68.48 a	69.02 a	66.22 a	0.63	0.2726
72 horas	70.90 a	69.44 a	68.61 a	0.32	0.1084

1. EEM = error estándar de la media,

2. ^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p \leq 0.05$)

Del cuadro nueve se desprenden los resultados de la DFDN mediante los cuales se demuestran que no difieren estadísticamente entre horas de incubación y los tratamientos, obteniendo así promedios entre las 3 y 72 horas para el T1, T2 y T3 a los cuales se les adicionó diferentes niveles de urea,

porcentajes de 64.80%, 63.93% y 63.36% según corresponde, respaldando con esto la estadística mencionada anteriormente considerando los rangos mínimos entre los mismo.

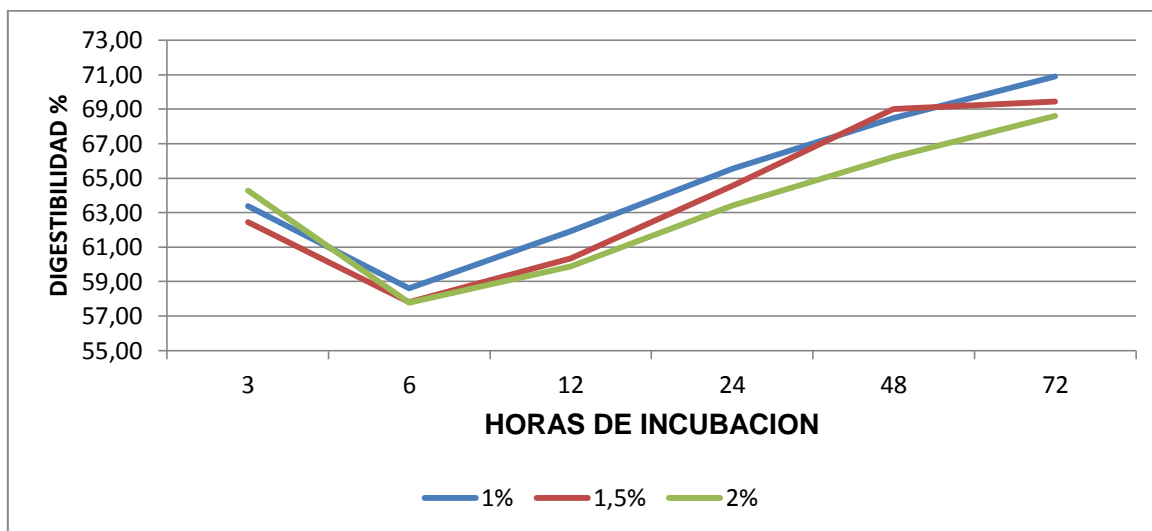


Figura 4. Digestibilidad de la fibra detergente neutra de saccharina rústica

4.5 DIGESTIBILIDAD DE FIBRA DETERGENTE ÁCIDA

Cuadro 10: Digestibilidad de fibra detergente ácida en la saccharina rústica

Incubación	Tratamientos			EEM	P<
	Saccharina 1% Urea	Saccharina 1.5% Urea	Saccharina 2% Urea		
3 horas	60.71 a	64.88 a	65.62 a	1.44	0.4109
6 horas	71.96 a	69.88 a	68.95 a	0.76	0.3560
12 horas	72.09 a	70.82 a	70.13 a	0.59	0.4702
24 horas	74.12 a	73.67 a	74.44 a	0.72	0.9107
48 horas	75.23 a	75.75 a	73.12 a	0.43	0.1400
72 horas	77.69 a	78.11 a	76.39 a	1.44	0.8826

1. EEM = error estándar de la media,

2. ^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p \leq 0.05$)

En los resultados de la DFDA de la saccharina rústica presentados en el cuadro diez se evidencia que los periodos de incubación y los tratamientos con los diferentes porcentajes de urea no difieren estadísticamente, obteniendo así promedios estimados a partir de las 3 a 72 horas de incubación de 71.96% para el T1, T2 de 72.18% y T3 con 71.44%.

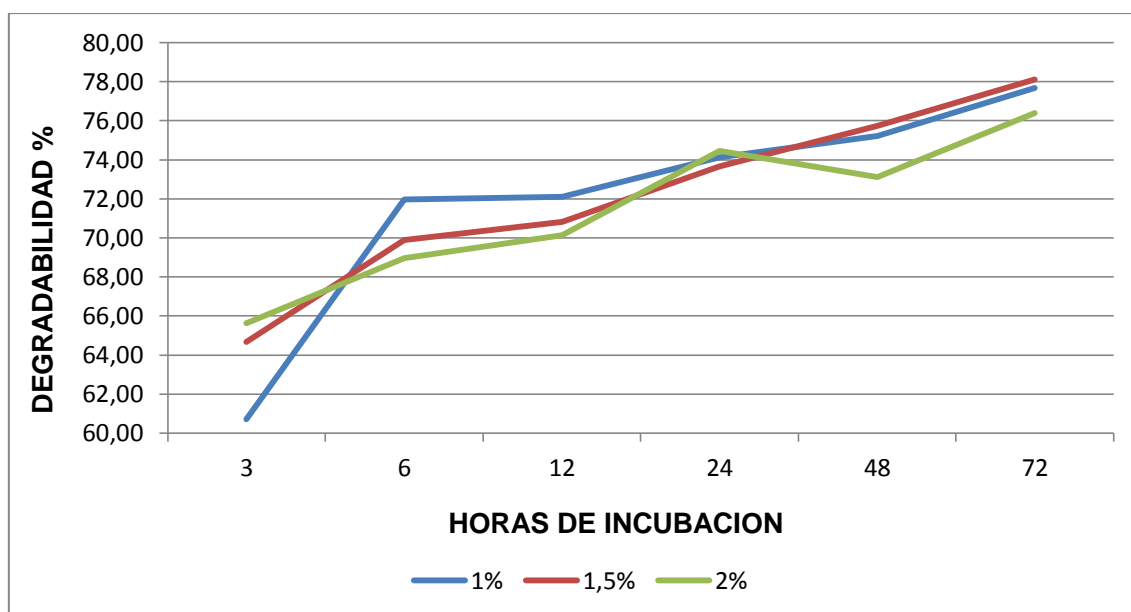


Figura 5. Digestibilidad de fibra detergente ácida de saccharina rústica

4.6 DIGESTIBILIDAD DE PROTEÍNA

Cuadro 11: Digestibilidad de proteína de la saccharina rústica

Incubación	Tratamientos			EEM	P<
	Saccharina 1% Urea	Saccharina 1.5% Urea	Saccharina 2% Urea		
3 horas	83.30 b ^{1/}	85.01 b	91.59 a	0.71	0.0190
6 horas	83.11 c	85.88 b	92.31 a	0.07	<.0001
12 horas	87.97 b	87.34 b	93.67 a	0.29	0.0017
24 horas	87.74 ab	86.30 b	91.74 a	0.49	0.0240
48 horas	88.63 ab	85.06 b	93.90 a	0.91	0.0404
72 horas	86.63 b	90.58 ab	92.84 a	0.58	0.0301

1. EEM = error estándar de la media,

2. ^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p \leq 0.05$)

Como se demuestra en el cuadro 11 la digestibilidad de la proteína total de la saccharina rústica es mayor cuando ésta contenía el nivel del 2% de urea. Tanto en el menor tiempo de incubación (3 horas) y el de mayor (72 horas) se evidencia que se presentó diferencia estadística entre los diferentes tratamientos, aun en función del tiempo no se vio un crecimiento progresivo y marcado, es así que a las 3 horas de incubación el T3 presentó una digestibilidad 91.59%, seguido del T2 con un 85.01% y finalmente con un 83.30%, igualmente para las 6 horas el T3 alcanza una digestibilidad de 92.31%, 85.88% para T2 y 83.11% el T1; en cambio en lo que concierne a las 12 horas el T3 registro 93.67%, mientras que para el T1 y T2 los porcentajes fueron 87.97 y 87.34%; se registra a las 24 horas una digestibilidad alta del 91.74% en el T3, descendiendo a un 87.74% para el T1 y T2 un 86.30%, secuencialmente a las 48 horas se observa que el T3 obtiene un 93.90%, en cambio que el T1 el 88.63% y 85.06% de digestibilidad para el T2 y finalmente para el último periodo que fue a las 72 horas de incubación, el T3 presenta un 92.84%, seguido de 90.58% para el T2 y un 86.63% correspondiente al T1.

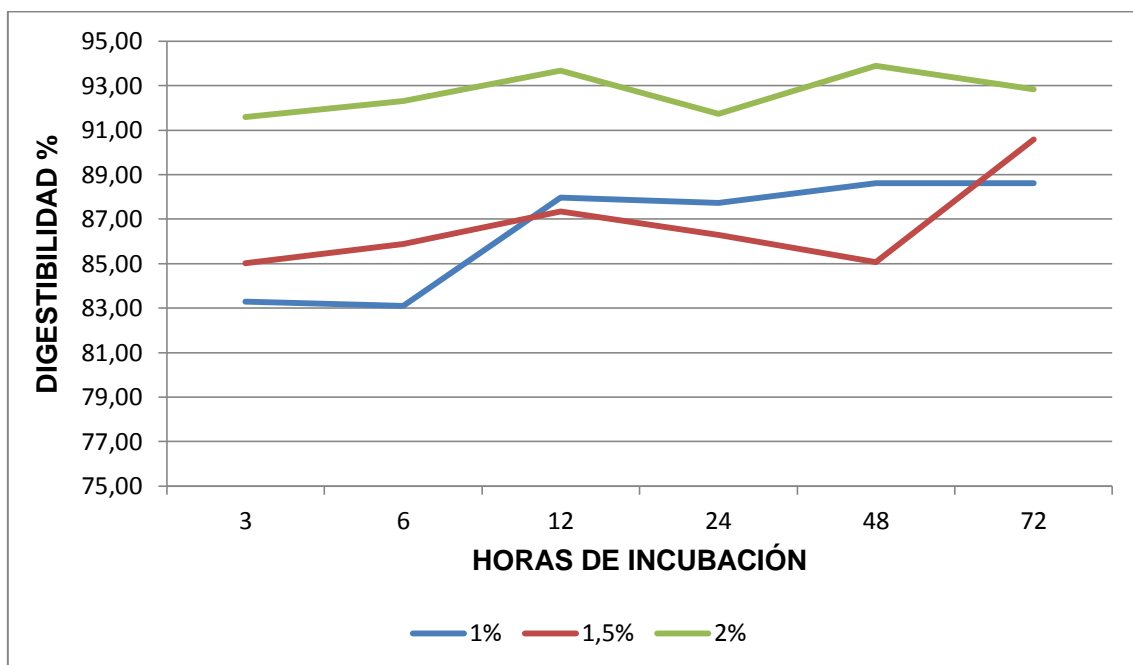


Figura 6. Digestibilidad de proteína de saccharina rústica

5 DISCUSIÓN

5.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SACCHARINA RÚSTICA

El porcentaje de los nutrientes de la saccharina rústica fueron ascendiendo gradualmente de acuerdo al porcentaje de urea (1, 1.5 y 2%) adicionado al T1, T2 y T3 respectivamente buscando mejorar el potencial nutricional de la caña de azúcar, especialmente en su contenido proteico. Los rangos obtenidos de MS fueron de 83.89 a 87.52%, este último resultado corresponde a la adición del 2% de urea siendo similar a investigaciones realizadas por Zamora y Lozano, (1994) y Herrera, (2007) obtenidas con la adición de 1.5% superando con estos resultados el contenido de MS que se debe contener la caña de azúcar para el consumo de los animales que es del 50%.

En el presente trabajo el nivel proteico fue mayor con el nivel del 2% de urea se alcanzó el 13.22% PC lo que coincide con los resultados obtenidos por Carvajal, (2004) 13.05%; y Elías, (1990) citado Herrera, (2007) 13.5%. El incremento del contenido de proteína cruda que se logró cuando la caña se convirtió en saccharina por la adicción de la fuente de nitrógeno no proteico (urea). Según Carvajal, (2004) durante la fermentación en estado sólido de productos ricos en azúcares, la energía de los carbohidratos disponibles y la urea como fuente de nitrógeno son utilizadas para el crecimiento de la microflora epifítica de la caña lo que hace obtener un incremento en la población de bacterias y levaduras como la *Cándida pentolopesii*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Cándida crusei* entre otras, a esta última se le atribuye la actividad ureolítica, la misma que desdobra la urea para aportar amoniaco para la síntesis proteica.

El mayor porcentaje de E.E. lo reporto el nivel del 2% de adición de urea con el 4.47%, cuyo resultado es similar al presentado por Zamora y Solano, (1994), e inferior al de Carvajal, (2004) en el estudio de saccharina en base seca. Los resultados de ceniza descendieron conforme incrementó los niveles de urea

para los tratamientos y se obtuvo porcentajes de 5.43, 4.59 y 3.90% respectivamente concordando con Elías, (1990) citado por Herrera, (2007) el cual manifiesta rangos entre 3.3 – 4.0%.

La fibra cruda alcanzó porcentajes de 24.62%, 25.01% y 27.30% para cada tratamiento según la adición de los porcentajes de urea, resultados que se enmarcan dentro de los obtenidos en investigaciones realizadas por Valdivie *et al.* (1997) 26.0%; y Herrera, (2007); 24.6%. Los resultados de los tres tratamientos de FDN y FDA de la presente investigación son superiores a los obtenidos por Aguirre *et al.* (2010), en el estudio de caña de azúcar entera y verde fermentada con aditivo, los valores de fibra que presenta la sacarina rústica se alude al proceso de elaboración de la misma, en el cual existe pérdida de materia seca debido a la fermentación de carbohidratos solubles, por los que los contenidos de fibra se concentran.

El EELN descendió gradualmente con la adición de los niveles de urea, el mayor porcentaje alcanzó el de la adición del 1% de urea 62.93%; en lo referente a EB se obtuvo rangos de 4250.71 a 4693.54 Kcal/Kg, siendo los resultados de esta investigación superiores a los obtenidos por Zamora y Solano, (1994); Flota, (1998); citado por Herrera, (2007) en el estudio de sacarina rústica, corroborando que esta tecnología mediante el estado sólido enriquece el valor nutritivo de la caña de azúcar.

5.2 DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA

La digestibilidad de la materia seca (MS) no presentó diferencia estadística ($P < 0,05$) entre los tratamientos, los valores tuvieron un rango de 59.95% hasta un 73.81% de digestibilidad. Este último valor corresponde al T1 (sacarina con 1% de urea) a las 72 horas de incubación, cuyo resultado es similar al obtenido por López (2003) donde señala que el porcentaje de digestibilidad *in situ* de MS a la misma hora de incubación del tallo de la caña de azúcar en ocho variedades alcanza un promedio de 70.25%, debido a que mientras más

porcentaje de tallo tiene una variedad mayor es la digestibilidad por la alta concentración de azúcares de fácil fermentación, y al porcentaje de NNP de rápida digestibilidad ruminal que aporta la urea que según Fernández (2008) este NNP se descompone en el rumen, en amoníaco y que junto a las cadenas carbonadas provenientes de la descomposición de los azúcares solubles y del almidón generan en el rumen energía indispensable para la síntesis de energía microbiana y para la multiplicación de bacterias y microorganismos

Los datos mencionados por Ruíz (2005) en el estudio de raciones integrales basada en saccharina rústica (0.75% de sulfato de amonio) para ovinos con la inclusión del 20% de polvo de arroz, en el cual se muestra el comportamiento de la digestibilidad aparente de la MS a las 48 h del 66% que es inferior al de esta investigación con la adición del 1% de urea con 70.99 a la misma hora de incubación lo que se le aduce al porcentaje de nitrógeno que contiene la urea (46%) frente al sulfato de amonio (21%), que de acuerdo a lo que señalan Garriz y López (2002), que para maximizar la síntesis de proteína microbiana en el rumen, se requiere la oportuna disponibilidad de fuentes adecuadas de N y de Hidratos de Carbono para un rápido crecimiento bacteriano ya que la consecuencia de un asincronismo en la digestión de las fuentes de N y de energía es un aumento en la absorción del amoníaco ruminal dentro del torrente sanguíneo y conversión a urea en el hígado, y que para detoxificación hepática del exceso de amoníaco ruminal se requiere un gasto calórico para los rumiantes de 0,2 Mcal de Enl/100 gr de exceso de proteína cruda consumida.

Mientras que Aguirre *et al.* (2010) mencionan el valor obtenido en digestibilidad *in vitro* de la caña de azúcar entera y verde fermentada con aditivo (1.1% de urea, 0.5 de minerales y 0.5% de zeolita) alcanzando a las 48 horas el 50.57% de digestibilidad, siendo todos estos resultados inferiores a los obtenidos en la presente investigación que es de 70.99% a las mismas horas de incubación; considerando las diferencias en los valores pueden atribuirse entre otros factores al contenido de fibra presente en el tallo de la caña de azúcar utilizada

para la saccharina cosechada a los 12 meses de edad considerando que la estructura y función de la pared celular está controlada por sus componentes, así como el tamaño de partícula y el pasaje de la misma.

Muñoz y Gonzáles (1998) citados por Aguirre, (2010) confirman que con la presencia de carbohidratos solubles en la caña de azúcar, la digestibilidad de MS será mayor a los de pastos tropicales, versión que se la contrasta con los resultados obtenidos por Fernández (2009) en el estudio de DISMS de forraje elefante (*Pennisetum purpureum*) más sacchapulido con niveles de urea al 1,1.5 y 2% a las 72 horas de incubación en el cual obtuvo porcentajes de 59.32; 61.92 y 65.16% respectivamente, los mismos que son inferiores a los resultados obtenidos en la presente investigación en el mismo tiempo de incubación y con los mismos niveles de urea donde se obtuvo porcentajes de digestibilidad de 73.81; 72.04 y 73.44%, superando en este sentido lo mencionado por Molina *et al.* (1999) citado por Aguirre (2010) donde afirma que la caña de azúcar para uso animal debe tener un mínimo de 50% de DMS.

5.3 DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGÁNICA

La digestibilidad de la materia orgánica no presenta diferencia estadística entre los tratamientos (1; 1.5 y 2% de urea) obteniendo rangos entre 58.49% T2 a las 3 horas y T1 73.64% a las 72 horas siendo este resultado similar al estudio de DIVMO de la caña de azúcar con aditivo (1.1% de urea, 0.5% de minerales, 0.5% de zeolita) por Aguirre, *et al.* (2010) de 71.13%, coincidiendo con los datos de Reyes (2012) en ensilado de caña de azúcar al 1% de inóculo y aditivo con pasta de soya con el 73.01% a las 72 horas en estudio de DISMO.

Mientras que Pancoti, *et al.* (2011) en el estudio de la digestibilidad aparente de materia orgánica en caña de azúcar más la adición del 1% de urea y sulfato de amonio inmediatamente antes de colocar el forraje obtuvieron un 75.32% de DAMO. Fernández, (2009) en la investigación realizada de DISMO a las 72 horas de incubación de forraje elefante (*Pennisetum purpureum*) más

sacchapulido con niveles de urea al 1,1.5 y 2%obtiene porcentajes de digestibilidad de 51.35; 54.13; 55.01%, respectivamente; siendo estos resultados inferiores a los de la presente investigación alcanzando porcentajes de 73.64; 72.15 y 72.12% de digestibilidad con los mismos niveles de urea y en los mismos tiempos de incubación.

Valores altos de MO se asocian a la disminución de la tasa de pasaje e incremento de la tasa de ingestión de la misma, lo que permite que la MO se mantenga en el rumen para su degradación e incrementando el rendimiento microbiano total.

5.4 DIGESTIBILIDAD DE FIBRA DETERGENTE NEUTRA

La digestibilidad de la fibra detergente neutra no presentó diferencia estadística entre tratamientos alcanzando rangos de 62.44% en el T2 a las 3 horas a 70.90% en el T1a las 72 horas de incubación, siendo similar al dato obtenido en la investigación de DISFDN realizada por Reyes, (2012) en ensilado de caña de azúcar al 1% de inóculo y aditivo con pasta de coco a la misma hora de incubación donde obtiene un 70.12%. Mientras que Aranda, *et al.* (2004) a las 72 horas de incubación en DISFDN de tres variedades de caña de azúcar alcanzó el 35.23% de digestibilidad y Olivera, (2013) en DISFDN en residuos de caña mecanizada tratada con el 0.1% de hongo *Fomes sp. EUM1* a los 10 días de crecimiento un 48.11% siendo estos datos inferiores a los rangos obtenidos en esta investigación.

Contrastando con los resultados de Robles, (2009) en el estudio de DISFDN a las 03 y 72 horas de incubación en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) previamente tratados con detergente neutro en el cual alcanzan porcentajes de digestibilidad de 53.21 a 59.08% respectivamente resultados inferiores a la DISFDN de saccharina rústica incubada en los mismos tiempos.

Los porcentajes altos de digestibilidad de la FDN están en función de la digestibilidad ruminal, la misma que no solo depende la composición química del sustrato, sino también del tamaño y forma de la partícula, tasa de pasaje y digestión, pH ruminal que permitan la actividad de los microorganismos. Calsamiglia (1997); citado por Reyes (2012) el cual menciona que la fibra se fermenta en el rumen lentamente por acción de las bacterias celulíticas y el proceso de degradación de la misma se inicia con la adhesión de las bacterias a la pared vegetal, proceso que se realiza a una velocidad inversamente proporcional al grado de lignificación de dicha pared. La utilización de ciertos aditivos como los productos nitrogenados no proteicos permite mejorar la digestibilidad ruminal de la fibra como es el caso de la urea que es una fuente de nitrógeno para los rumiantes.

Por su parte Fernández, (2009) en un estudio de la DISFDN del forraje Elefante (*Pennisetum purpureum*) más sacchapulido con el 1% de urea a las 72 horas de incubación obtiene un 55.88% de digestibilidad siendo este dato inferior a los obtenidos en la presente investigación, la misma que no dispone de la adición de fuentes de almidones por lo que se alude la obtención de valores altos de digestibilidad de FDN corroborando lo que (Grant y Metens, 1992, Sveinbjornsson et al 2006) citados por (Bach y Calsamiglia 2006) señalan que la digestibilidad de FDN pueden disminuir con la adición de almidón debido a un efecto directo de este sobre la digestibilidad de FDN, o bien por un efecto indirecto a través de la reducción del pH ruminal consecuencia de una disminución de la producción de saliva o bien por una producción exagerada de AGV en el rumen.

5.5 DIGESTIBILIDAD DE FIBRA DETERGENTE ÁCIDA

La digestibilidad de la fibra detergente ácida no presentó diferencia estadística en los tratamientos (1, 1.5 y 2% de urea) obteniendo rangos de 60.71% en el T1 a las 3 horas a 78.11% en el T2 a las 72 horas, siendo superiores al dato obtenido por Reyes, (2012) en el estudio de la DISFDA de la caña de azúcar

fresca alcanzando un 29.32% y 53.21% en ensilado de caña de azúcar al 1% de inóculo y aditivo con pasta de coco a las 72 horas de incubación. Así mismo a los datos obtenidos por Olivera, (2013) en la investigación de la DISFDA en residuos de caña mecanizada tratada al 0.1% con hongo *Fomes* sp. EUM1 a los 10 días de crecimiento obtiene un 43.43% al mismo tiempo de incubación y a los de Aranda, et al (2004) en la DISFDA de tres variedades de caña de azúcar a las 72 horas de incubación alcanza un 8.9% siendo estos resultados inferiores a los de la presente investigación.

Comparando con la investigación de Robles, (2009) en la DISFDA a las 3 y 72 horas de incubación en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) previamente tratados con detergente neutro en el que alcanzan porcentajes de digestibilidad de 9.12% y 41.26% respectivamente y a los resultados obtenidos por Fernández, (2009) en un estudio de la DISFDA del forraje Elefante (*Pennisetum purpureum*) más sacchapulido con el 1.5% de urea a las 72 horas de incubación obtiene un 43.44% siendo estos resultados inferiores a los obtenidos en la presente investigación de digestibilidad de la saccharina rústica con diferentes niveles de urea. El incremento de la digestibilidad ruminal de la FDA se asume que es por el efecto de la suplementación nitrogenada, principalmente en forma de nitrógeno no proteínico, en el cual se podría explicar en función a la cantidad del amoniaco liberado en el rumen y que es utilizado por las bacterias celulíticas para la degradación de la fibra

5.6 DIGESTIBILIDAD DE PROTEÍNA

La digestibilidad de la proteína presentó diferencias estadísticas entre tratamientos alcanzando un porcentaje de digestibilidad de 83.30% a las 3 horas de incubación en el T1 a 92.84% en el T3 a las 72 horas de incubación, siendo este último dato superiores a los citados por Gutiérrez (2012) en el estudio de digestibilidad de proteína bruta en el follaje de *Moringa oleífera* a las 100 horas de incubación que obtuvo un 79.92% de digestibilidad y al estudio realizado por Fernández, (2009) de la digestibilidad *in situ* de la proteína bruta

del forraje elefante (*Pennisetum purpureum*) más sacchapulido con un nivel de urea del 2% a las 72 horas de incubación logrando alcanzar un 60.68% de digestibilidad, mientras que Pancoti, *et al.* (2011) en el estudio realizado en digestibilidad aparente de proteína bruta en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con la adición del 1% de urea y sulfato de amonio inmediatamente antes de colocar el forraje obtiene un 75.44%.

La mayor digestibilidad de la proteína está relacionada generalmente, con un mayor nivel de amoniaco en el rumen contribuyendo este al crecimiento de población y a la actividad microbiana ruminal (Gutiérrez, 2012).

Garriz y López (2002) expresa que el recurso rico en NNP más difundido es la urea que es un suplemento de rápida degradación ruminal, a las dos horas de ingestión se produce el pico de amoniaco en el rumen por lo que el aprovechamiento de la síntesis de proteína microbiana dependerá, entre otros factores, del aporte simultaneo de energía en el rumen lo que permitirá incrementar la digestibilidad, tamaño de pasaje y consumo de MS. El éxito para lograr un nivel constante de amoniaco en el rumen evitando excesos de los mismos, será la suplementación balanceada entre NNP (urea) y una fuente de proteína poco degradable en el rumen (maíz) y una fuente energética de fácil degradación ruminal (cebada) que serán aprovechados por las bacterias, equilibrando el aporte de energía – nitrógeno.

6 CONCLUSIONES

Considerando los resultados de las variables de estudio se concluye:

- La saccharina rústica elaborada con la adición del 2% de urea presentó la mejor composición química en función del valor proteico (13.22%).
- La digestibilidad de materia seca no presentó diferencia estadística, observando el mayor porcentaje con la adición del 1% de urea alcanzando 67.06%; mientras que el menor porcentaje se registró en el nivel 1.5% con 65.93% hasta las 72 horas de incubación.
- La saccharina rústica presentó una digestibilidad de materia orgánica con estadística no significativa, es importante señalar que con el nivel 1% se alcanzó el mayor porcentaje con el 66.78% seguido del 2% y 1.5% con 65.61 y 65.60% respectivamente.
- Los niveles de urea no afectaron la digestibilidad de fibra detergente neutra hasta las 72 horas de incubación, sin embargo numéricamente se observa que fue mayor con el nivel 1% de urea con 64.80% y menor con el 2% 63.36%.
- La digestibilidad de fibra detergente ácida no presentó diferencia estadística, siendo el nivel 1.5% el que alcanzó el mayor porcentaje de digestibilidad con 72.18% y menores para el 2% y 1% con el 71.96% y 71.44 según corresponde.
- La digestibilidad de proteína fue numéricamente superior con la inclusión del 2% de urea con 92,84% hasta las 72 horas de incubación, evidenciado tanto en el menor (3 horas) y mayor (72 horas) tiempo de incubación diferencia estadística entre los tratamientos.

7 RECOMENDACIONES

Basado en los resultados obtenidos en la presente investigación se recomienda lo siguiente:

- Utilizar el nivel de 1% de urea en la preparación de saccharina rústica toda vez que no existió diferencia estadística entre los mayores niveles, y por lo tanto tendría menor costo en la preparación relacionado con los niveles de urea.
- Realizar nuevas investigaciones que posibiliten obtener el grado de digestibilidad de saccharina rústica proveniente de diferentes variedades de caña de azúcar y en diferentes edades de cosecha.
- Difundir los resultados a la comunidad con la finalidad de dar a conocer alternativas para la alimentación de rumiantes.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. **AGUIRRE, J; MAGAÑA, R; MARTÍNEZ, S; GÓMEZ, A; RAMÍREZ, J; BARAJAS, R; PLASCENCIA, A; BARCENA, R; GARCÍA, D. (2010).** Caracterización nutricional y uso de la caña de azúcar y residuos transformados en dietas para ovinos. *Zootecnia Tropical*, Vol. 28, N° 4, p. 489 – 497
2. **ARANDA, E; RUÍZ, P; MENDOZA, G; MARCOFF, C; RAMOS, J; ELÍAS, A. (2004).** Cambios en la digestión de tres variedades de caña de azúcar y sus fracciones de fibra. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Vol.38, N°2, pp.137 – 144.
3. **AVALOS, C. (2010).** Utilización de la caña de azúcar fresca y picada (20, 40, 60 y 80%) más alfalfa en crecimiento y engorde de cuyes. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba – Ecuador. pp. 7 – 19.
4. **BACH, A y CALSAMIGLIA, S. (2006).** La fibra en los rumiantes: Química o física. FEDNA, Barcelona - España. pp. 99 – 113.
5. **CALSAMIGLIA, S. (1997)** Nuevas bases para la utilización de la fibra en dieta para rumiantes. FEDNA, Madrid - España. pp. 1 – 15.
6. **CARAVEO, A. (2008).** Efecto de los niveles de urea en la caña fermentada con pulidura de arroz (sacchapulido). Colegio de posgraduados.
7. **COLLAGUAZO, A. (2009).** Utilización de forraje de caña de azúcar más urea, suplementada con (maíz, salvado de trigo, norgold), en sistemas de crecimiento – ceba con toretes mestizos Holstein estabulados. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba - Ecuador. pp. 4 – 43.

8. **CUENCA, L. (2011).** Valor nutritivo y digestibilidad de dos gramíneas de clima templado o sierra: Kikuyo (*Penisetum clandestinum*) Grama (*Cynodon dactylon*) a tres edades de cosecha. Universidad Nacional de Loja. Loja – Ecuador. pp. 12 – 51.
9. **DANIEL, A y GONZALEZ, B. (2012).** La caña de azúcar en la alimentación de cerdos. Facultad de Agronomía, Universidad central de Venezuela. pp.1- 5 Disponible en http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_porcina/00produccion_porcina_general/35-cania_azucar.pdf.
10. **FERNANDEZ, A. (2008).** Urea, Suplementación con nitrógeno no proteico en rumiantes. EEA INTA Bordenave. pp. 1 – 5.
11. **FERNANDEZ, C. (2009).** Efecto de los niveles de urea en el sacchapulido sobre los patrones de fermentación ruminal. Programa en Producción González, (1997), en el Trópico. pp. 27 – 52.
12. **GALARZA, P y QUIROZ, R. (2010).** Evaluación de la saccharina artesanal (rústica) (*Saccharum officinarum*) como suplemento en la alimentación de vacas mestizas en producción de leche. Escuela Superior politécnica Agropecuaria de Manabí. pp. 17 – 31.
13. **GARRIZ, M y LÓPEZ, A. (2002).** Suplementación con nitrógeno no proteico en rumiantes. pp. 1 – 24. Disponible: http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_proteico/07-suplementacion_con_nitrogeno.pdf
14. **GUERRA, S. (2009).** Que debemos tener en cuenta para incorporar la caña de azúcar en la dieta de nuestros animales. EEA INTA. Rafaela. Pp. 1 – 2.

15. **GUTIERREZ, P; LESTER, R; REYES,N; PAREDES, V; MENDIETA, A. (2012).** Tasa de degradación ruminal de follaje de Moringa oleífera en vacas reyna usando la técnica in sacco. Revista Científica La Calera. Vol. 12 N° 18, pp. 37 – 44.
16. **HERRERA, H. (2007).** Uso de la saccharina más aditivos en la alimentación de cuyes y su efecto en las etapas de gestación, lactancia, crecimiento y engorde. Escuela de ingeniería Zootécnica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. pp. 26 – 34.
17. **LÓPEZ, I; ARANDA, E; RAMOS, J; MENDOZA, G. (2003).**Evaluación nutricional de ocho variedades de caña de azúcar con potencial forrajero. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Vol. 37, N° 4. Pp. 381 – 386.
18. **MAROTO, F; GÓMEZ, A; GERRERO, E; GARRIDO, A; PEREZ, D (2011).** La valoración nutricional de los alimentos para animales. Génesis de la información. Universidad de Córdoba. Campus de Excelencia Internacional Agroalimentaria. Madrid.
19. **MARTÍN, P.C. (2005).** El uso de la caña de azúcar para la producción de carne y leche. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol.39, N° especial, p 427 – 437.
20. **MARTINEZ, R. (2002).**Caracterización nutricional de gandul (Cajanuscajan) basados en sus componentes químicos, desaparición in situ y cinética digestiva. Posgrado interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima. Colima, México.
21. **OLIVERA, A. (2013).**Evaluación del hongo Fomes sp. EUM1 en los residuos de cosecha mecanizada de la caña de azúcar. Colegio de postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Cárdenas – Tabasco. pp. 13 – 32.

22. **PANCOTII, C; BORGESII, A; LOPESIII, F; SILVAI, R; CAMPOSI, M. (2011).** Valor nutritivo da caña de azúcar adicionada con óxido de calcio para novillas Holandés x Cebú. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. Vol. 63 N°.4.
23. **RELLING, A. y MATTIOLI, G. (2002- 2003)** Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata. Disponible en:
<http://ecaths1.s3.amazonaws.com/catbioquimicavet/fisio%20dig%20rumiantes.pdf>
24. **REYES, J. (2012).** Evaluación de la digestibilidad in situ de los nutrientes y variables ruminales del ensilado de caña de azúcar con diferentes fuentes de proteína. Universidad de Guadalajara. Jalisco – México. pp. 12 – 62.
25. **REYES, N; MENDIETA, B; FARIÑAS, T; MENA, M. (2008).** Guía de suplementación alimenticia estratégica para bovinos en época seca. Guía Técnica N° 12. Managua.
26. **RODRÍGUEZ, D. (2009).** Caña de azúcar en dieta completa o suplementada con concentrados en raciones de ceba. Comportamiento biológico y evaluación económica. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba. Disponible en: <http://www.ica.edu.cu/biblioteca/Tesis/duniesky.pdf>
27. **ROBLES, J. (2009).** Digestión del forraje íntegro y de las paredes celulares en los pastos *Pennisetum purpureum* CT115, *Brachiaria humidicola* y en *Saccharum officinarum*. Colegio de Postgraduados. Institución de enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillo – Texcoco – México.
28. **RUIZ, M; RUIZ, J y TORRES, V. (2005).** Efecto del polvo de arroz en el consumo y la digestibilidad de raciones integrales basadas en saccharina

rústica para ovinos. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. Vol 39, N° 4, p 575 - 579


29. **SANGUINÉS, L. (2001).** Potencial nutricional del follaje de *Buddleiaskutchii* (hojas y peciolas) en la alimentación de ovinos y análisis de las variables ruminales. Posgrado interinstitucional en ciencias pecuarias. Universidad de Colima. Colima. México. pp. 25 -80.
30. **SILVA, A. (2010).** Digestibilidad in vitro y valor nutritivo del *King grass* CT-115 y CT-169 (*Pennisetum purpureum* XP. *Thyp Hoides*) a diferentes edades de corte. Universidad del Mar. Puerto escondido, Oaxaca. pp. 30 – 50.
31. **TORRES, J (2009).** Manejo de la caña de azúcar para forraje en la producción de carne bovina San José Costa Rica. pp. 9 – 65.

TORRES, N. (2003). Comportamiento productivo de vacas de doble propósito alimentadas con saccharina elaborada con caña de azúcar quemada. Colegio de postgraduados. Montecillo – Texaco. pp. 8 – 43.
32. **VIVAS, N y CARVAJAL, J. (2004).** Saccharina rústica una aplicación biotecnológica para la alimentación animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Vol 2. N°1, p 43 - 48

9 ANEXOS

9.1 Análisis bromatológico

Anexo 1: Análisis bromatológico de la saccharina al 1%



AGROLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AGROPECUARIO

RESULTADOS: ANÁLISIS DE BROMATOLÓGICO


Datos del cliente				Referencia	
Cliente:	Dra. Rocio Herrera Herrera			Número Muest.:	3847
Tipo muestra:	Saccharina 1.0 %			Fecha Ingreso:	16/01/2014
Identificación:				Impreso:	03/02/2014
No. Laboratorio:	Desde:	000 1	Hasta:	Fecha entrega:	04/02/2014

BASE	COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA					
	HUMEDAD	PROTEINA	EXT. ETereo	CENIZA	FIBRA	E.L.N.N OTROS
	%	%	% Grasa	%	%	%
Húmeda	10.58	4.48	1.80	4.86	22.02	56.27
Seca	0.00	5.01	2.01	5.43	24.62	62.93


MINERALES											Energía
MATERIA SECA (%)						ppm				pH	Bruta
N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	%	Kcal/kg
											4250.71

50.1 20.1 54.3 246.2 629.3

NOTA: Los datos de cada uno de los parámetros del análisis están reportados en base húmeda y base seca




Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA
AGROLAB



Dirección:
Calle Río Chambira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Araujo margen izquierdo)
Teléfono: 2752-607 Cel. 0993 095 309 / 0999 164 889

e-mail: lmartinez@wic.edu.ec
enarb@yahoo.com

Anexo 2: Análisis bromatológico de la saccharina al 1,5%



AGROLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AGROPECUARIO

RESULTADOS: ANÁLISIS DE BROMATOLÓGICO


Datos del cliente				Referencia	
Cliente:	Dra. Rocío Herrera Herrera			Número Muest.:	3848
Tipo muestra:	Saccharina 1.5 %			Fecha ingreso:	18/01/2014
Identificación:				Impreso:	03/02/2014
No. Laboratorio:	Desde: 000 1	Hasta:		Fecha entrega:	04/02/2014

BASE	COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA					
	HUMEDAD	PROTEINA	EXT. ETereo	CENIZA	FIBRA	E.L.N.N OTROS
	%	%	% Grasa	%	%	%
Húmeda	10.03	10.68	3.10	4.13	22.50	49.58
Seca	0.00	11.87	3.45	4.59	25.01	55.08


MINERALES											Energía	
MATERIA SECA (%)						ppm					pH	Bruta
N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	%	Kcal/kg	
											4473.18	

118.7 34.5 45.9 250.1 550.8

NOTA: Los datos de cada uno de los parámetros del análisis están reportados en base húmeda y base seca




Dra. Rocío Herrera
LABORATORISTA
AGROLAB



Dirección:
Calle Río Chambira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Araujo margen izquierdo)
Teléfono: 2752-607 Cel. 0993 095 309 / 0999 164 880

e-mail: lmartinez@ute.edu.ec
enjar6@yahoo.com

Anexo 3: Análisis bromatológico de la saccharina al 2%



AGROLAB
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AGROPECUARIO


RESULTADOS: ANÁLISIS DE BROMATOLÓGICO

Datos del cliente				Referencia			
Cliente: Dra. Rocio Herrera Herrera				Número Muest.: 3849			
Tipo muestra: Saccharina 2.0 %				Fecha Ingreso: 16/01/2014			
Identificación:				Impreso: 03/02/2014			
No. Laboratorio: Desde: 0001 Hasta:				Fecha entrega: 04/02/2014			


BASE	COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA					
	HUMEDAD	PROTEINA	EXT. ETHERO	CENIZA	FIBRA	E.L.N.N OTROS
	%	%	% Grasa	%	%	%
Húmeda	9.80	11.92	4.03	3.52	24.82	46.10
Seca	0.00	13.22	4.47	3.90	27.30	51.11

132.2		44.7		39		273		511.1			
MINERALES										Energía	
MATERIA SECA (%)						ppm				pH	Energía Bruta
N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	%	Kcal/kg
											4593.54

NOTA: Los datos de cada uno de los parámetros del análisis están reportados en base húmeda y base seca



Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA
AGROLAB



Dirección:
Calle Río Chambira N° 602 y Zarnora. (A dos cuadras de la Clínica Arzujo margen izquierdo)
Teléfono: 2752-607 Cel. 0993 095 309 / 0999 164 889

e-mail: lmartinez@ute.edu.ec
enjar6@yahoo.com

9.2 Análisis del SAS

Anexo 4: Digestibilidad de materia seca a las 3 horas (DMS_{h3})

Variable dependiente: DMS _{h3}					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	4.97044444	1.24261111	1.31	0.3996
Error	4	3.79031111	0.94757778		
Total correcto	8	8.76075556			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DMS _{h3} Media	
	0.567353	1.611590	0.973436	60.40222	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	3.19135556	1.59567778	1.68	0.2947
Tratamientos	2	1.77908889	0.88954444	0.94	0.4632

Anexo 5: Digestibilidad de materia seca a las 6 horas (DMS_{h6})

Variable dependiente: DMS _{h6}					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	9.83484444	2.45871111	1.67	.3163
Error	4	5.89937778	1.47484444		
Total correcto	8	15.73422222			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DMS _{h6} Media	
	0.625061	1.960201	1.214432	61.95444	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	9.40762222	4.70381111	3.19	0.1485
Tratamientos	2	0.42722222	0.21361111	0.14	0.8695

Anexo 6: Digestibilidad de materia seca a las 12 horas (DMS_{h12})

Variable dependiente: DMS _{h12}					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	25.55884444	6.38971111	2.16	0.2370
Error	4	11.82991111	2.95747778		
Total correcto	8	37.38875556			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DMS _{h12} Media	
	0.683597	2.631661	1.719732	65.34778	
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	20.35208889	10.17604444	3.44	0.1351
Tratamientos	2	5.20675556	2.60337778	0.88	0.4822

Anexo 7: Digestibilidad de materia seca a las 24 horas (DMS_h24)

Variable dependiente: DMS _h 24					
Suma de Cuadrado de					
Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	44.64146667	11.16036667	8.39	0.0316
Error	4	5.32353333	1.33088333		
Total correcto	8	49.96500000			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DMS _h 24 Media	
	0.893455	1.703207	1.153639	67.73333	
Cuadrado de					
Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	36.37620000	18.18810000	13.67	0.0163
Tratamientos	2	8.26526667	4.13263333	3.11	0.1535

Anexo 8: Digestibilidad de materia seca a las 48 h(DMS_h48)

Variable dependiente: DMS _h 48					
Suma de Cuadrado de					
Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	25.82093333	6.45523333	2.38	0.2113
Error	4	10.87166667	2.71791667		
Total correcto	8	36.69260000			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DMS _h 48 Media	
	0.703710	2.331620	1.648611	70.70667	
Cuadrado de					
Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	24.28926667	12.14463333	4.47	0.0956
Tratamientos	2	1.53166667	0.76583333	0.28	0.7683

Anexo 9: Digestibilidad de materia seca a las 72 horas (DMS_h72)

Variable dependiente: DMS _h 72					
Suma de Cuadrado de					
Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	8.21604444	2.05401111	1.33	0.3956
Error	4	6.19624444	1.54906111		
Total correcto	8	14.41228889			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DMS _h 72 Media	
	0.570072	1.702643	1.244613	73.09889	
Cuadrado de					
Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	2.97242222	1.48621111	0.96	0.4567
Tratamientos	2	5.24362222	2.62181111	1.69	0.2934

Anexo 10: Digestibilidad de materia orgánica a las 3 horas (DMOh3)

Variable dependiente: DMOh3						
Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	4	9.70693333	2.42673333	4.15	0.0984	
Error	4	2.33846667	0.58461667			
Total correcto	8	12.04540000				
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DMOh3 Media		
	0.805862	1.288656	0.764602	59.33333		
Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F	
Bloque	2	6.05006667	3.02503333	5.17	0.0777	
Tratamientos	2	3.65686667	1.82843333	3.13	0.1521	

Anexo 11: Digestibilidad de materia orgánica a las 6 horas (DMOh6)

Variable dependiente: DMOh6						
Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	4	19.38073333	4.84518333	1.68	0.3144	
Error	4	11.55646667	2.88911667			
Total correcto	8	30.93720000				
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DMOh6 Media		
	0.626454	2.750389	1.699740	61.80000		
Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F	
Bloque	2	6.84826667	3.42413333	1.19	0.3943	
Tratamientos	2	12.53246667	6.26623333	2.17	0.2302	

Anexo 12: Digestibilidad de materia orgánica a las 12 horas

Variable dependiente: DMOh12						
Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	4	17.49213333	4.37303333	6.87	0.0443	
Error	4	2.54446667	0.63611667			
Total correcto	8	20.03660000				
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DMOh12 Media		
	0.873009	1.249456	0.797569	63.83333		
Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F	
Bloque	2	14.63006667	7.31503333	11.50	0.0219	
Tratamientos	2	2.86206667	1.43103333	2.25	0.2215	

Anexo 13: Digestibilidad de materia orgánica a las 24 horas (DMOh24)

Variable dependiente: DMOh24						
Fuente	Suma de Cuadrado de	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo		4	13.30013333	3.32503333	2.71	0.1788
Error		4	4.90826667	1.22706667		
Total correcto		8	18.20840000			
	R-cuadrado		Coef Var	Raiz MSE	DMOh24 Media	
	0.730439		1.635509	1.107730	67.73000	
Fuente	Cuadrado de	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque		2	11.39326667	5.69663333	4.64	0.0907
Tratamientos		2	1.90686667	0.95343333	0.78	0.5187

Anexo 14: Digestibilidad de materia orgánica a las 48 horas (DMOh48)

Variable dependiente: DMOh48						
Fuente	Suma de Cuadrado de	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo		4	18.48411111	4.62102778	7.38	0.0393
Error		4	2.50444444	0.62611111		
Total correcto		8	20.98855556			
	R-cuadrado		Coef Var	Raiz MSE	DMOh48 Media	
	0.880676		1.119320	0.791272	70.69222	
Fuente	Cuadrado de	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque		2	14.42082222	7.21041111	11.52	0.0219
Tratamientos		2	4.06328889	2.03164444	3.24	0.1454

Anexo 15: Digestibilidad de materia orgánica a las 72 horas (DMOh72)

Variable dependiente: DMOh72						
Fuente	Suma de Cuadrado de	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo		4	22.05977778	5.51494444	10.77	0.0204
Error		4	2.04791111	0.51197778		
Total correcto		8	24.10768889			
	R-cuadrado		Coef Var	Raiz MSE	DMOh72 Media	
	0.915052		0.985016	0.715526	72.64111	
Fuente	Cuadrado de	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque		2	17.53868889	8.76934444	17.13	0.0109
Tratamientos		2	4.52108889	2.26054444	4.42	0.0972

Anexo 16: Digestibilidad de fibra detergente neutra a las 3 horas (DFDNh3)

Variable dependiente: FDNh3

Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	4.84606667	1.21151667	7.08	0.0422
Error	4	0.68493333	0.17123333		
Total correcto	8	5.53100000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FDNh3 Media
0.876165	0.606365	0.413803	68.24333

Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	2.40080000	1.20040000	7.01	0.0493
Tratamientos	2	2.44526667	1.22263333	7.14	0.0479

Anexo 17: Digestibilidad de fibra detergente neutra a las 6 horas (DFDNh6)

Variable dependiente: FDNh6

Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	1.97391111	0.49347778	2.92	0.1622
Error	4	0.67644444	0.16911111		
Total correcto	8	2.65035556			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FDNh6 Media
0.744772	0.597132	0.411231	68.86778

Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	0.13975556	0.06987778	0.41	0.6869
Tratamientos	2	1.83415556	0.91707778	5.42	0.0726

Anexo 18: Digestibilidad de fibra detergente neutra a las 12 horas (DFDNh12)

Variable dependiente: FDNh12

Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	3.33546667	0.83386667	0.85	0.5622
Error	4	3.94073333	0.98518333		
Total correcto	8	7.27620000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FDNh12 Media
0.458408	1.444640	0.992564	68.70667

Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	2.23206667	1.11603333	1.13	0.4076
Tratamientos	2	1.10340000	0.55170000	0.56	0.6104

Anexo 19: Digestibilidad de fibra detergente neutra a las 24 horas (DFDNh24)

Variable dependiente: FDNh24						
Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	4	1.83077778	0.45769444	1.07	0.4745	
Error	4	1.71051111	0.42762778			
Total correcto	8	3.54128889				
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FDNh24 Media		
	0.516981	0.947606	0.653933	69.00889		
Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F	
Bloque	2	0.24748889	0.12374444	0.29	0.7632	
Tratamientos	2	1.58328889	0.79164444	1.85	0.2697	

Anexo 20: Digestibilidad de fibra detergente neutra a las 48 horas (DFDNh48)

Variable dependiente: FDNh48						
Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	4	2.62306667	0.65576667	12.63	0.0154	
Error	4	0.20773333	0.05193333			
Total correcto	8	2.83080000				
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FDNh48 Media		
	0.926617	0.330833	0.227889	68.88333		
Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F	
Bloque	2	0.06326667	0.03163333	0.61	0.5876	
Tratamientos	2	2.55980000	1.27990000	24.65	0.0056	

Anexo 21: Digestibilidad de fibra detergente neutra a las 72 horas (DFDNh72)

Variable dependiente: FDNh72						
Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	4	5.54213333	1.38553333	1.93	0.2698	
Error	4	2.87066667	0.71766667			
Total correcto	8	8.41280000				
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FDNh72 Media		
	0.658774	1.233717	0.847152	68.66667		
Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F	
Bloque	2	1.54606667	0.77303333	1.08	0.4224	
Tratamientos	2	3.99606667	1.99803333	2.78	0.1748	

Anexo 22: Digestibilidad de fibra detergente acida a las 3 horas (DFDAh3)

Variable dependiente: FDAh3

Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	117.5592444	29.3898111	1.57	0.3374
Error	4	75.1054444	18.7763611		
Total correcto	8	192.6646889			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FDAh3 Media
0.610175	6.798077	4.333170	63.74111

Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	75.49175556	37.74587778	2.01	0.2487
Tratamientos	2	42.06748889	21.03374444	1.12	0.4109

Anexo 23: Digestibilidad de fibra detergente acida a las 6 horas (DFDAh6)

Variable dependiente: FDAh6

Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	16.99797778	4.24949444	0.80	0.5808
Error	4	21.12191111	5.28047778		
Total correcto	8	38.11988889			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FDAh6 Media
0.445908	3.270194	2.297929	70.26889

Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	2.72028889	1.36014444	0.26	0.7848
Tratamientos	2	14.27768889	7.13884444	1.35	0.3560

Anexo 24: Digestibilidad de fibra detergente acida a las 12 horas (DFDAh12)

Variable dependiente: FDAh12

Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	34.55451111	8.63862778	2.67	0.1821
Error	4	12.92951111	3.23237778		
Total correcto	8	47.48402222			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FDAh12 Media
0.727708	2.531712	1.797881	71.01444

Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	28.62775556	14.31387778	4.43	0.0968
Tratamientos	2	5.92675556	2.96337778	0.92	0.4702

Anexo 25: Digestibilidad de fibra detergente acida a las 24 horas (FDAh24)

Variable dependiente: FDAh24

Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	93.4545111	23.3636278	4.98	0.0746
Error	4	18.7716444	4.6929111		
Total correcto	8	112.2261556			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FDAh24 Media
0.832734	2.924376	2.166313	74.07778

Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	92.55582222	46.27791111	9.86	0.0284
Tratamientos	2	0.89868889	0.44934444	0.10	0.9107

Anexo 26: Digestibilidad de fibra detergente acida a las 48 horas (FDAh48)

Variable dependiente: FDAh48

Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	24.27984444	6.06996111	3.50	0.1264
Error	4	6.94431111	1.73607778		
Total correcto	8	31.22415556			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FDAh48 Media
0.777598	1.763807	1.317603	74.70222

Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	12.66142222	6.33071111	3.65	0.1255
Tratamientos	2	11.61842222	5.80921111	3.35	0.1400

Anexo 27: Digestibilidad de fibra detergente acida a las 72 horas (FDAh72)

Variable dependiente: FDAh72

Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	57.0116444	14.2529111	0.76	0.6015
Error	4	74.9967111	18.7491778		
Total correcto	8	132.0083556			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FDAh72 Media
0.431879	5.594517	4.330032	77.39778

Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	52.18095556	26.09047778	1.39	0.3477
Tratamientos	2	4.83068889	2.41534444	0.13	0.8826

Anexo 28: Digestibilidad de la proteína a las 3 horas (DPh3)

Variable dependiente: DPRh3

Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	123.1171111	30.7792778	6.71	0.0462
Error	4	18.3619778	4.5904944		
Total correcto	8	141.4790889			

R-cuadrado	0.870214	Coef Var	2.472959	Raiz MSE	2.142544	DPRh3 Media	86.63889
------------	----------	----------	----------	----------	----------	-------------	----------

Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	8.2716222	4.1358111	0.90	0.4753
Tratamientos	2	114.8454889	57.4227444	12.51	0.0190

Anexo 29: Digestibilidad de la proteína a las 6 horas (DPh6)

Variable dependiente: DPRh6

Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	140.8778000	35.2194500	622.25	<.0001
Error	4	0.2264000	0.0566000		
Total correcto	8	141.1042000			

R-cuadrado	0.998396	Coef Var	0.273143	Raiz MSE	0.237908	DPRh6 Media	87.10000
------------	----------	----------	----------	----------	----------	-------------	----------

Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	7.2200000	3.6100000	63.78	0.0009
Tratamientos	2	133.6578000	66.8289000	1180.72	<.0001

Anexo 30: Digestibilidad de la proteína a las 12 horas (DPh12)

Variable dependiente: DPRh12

Suma de Fuente	Cuadrado de DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	109.6638444	27.4159611	34.80	0.0023
Error	4	3.1509778	0.7877444		
Total correcto	8	112.8148222			

R-cuadrado	0.972069	Coef Var	0.989857	Raiz MSE	0.887550	DPRh12 Media	89.66444
------------	----------	----------	----------	----------	----------	--------------	----------

Cuadrado de Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	36.86835556	18.43417778	23.40	0.0062
Tratamientos	2	72.79548889	36.39774444	46.21	0.0017

Anexo 31: Digestibilidad de la proteína a las 24 horas (DPh24)

Variable dependiente: DPRh24						
Suma de		Cuadrado de				
Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	4	59.89626667	14.97406667	6.87	0.0444	
Error	4	8.72153333	2.18038333			
Total correcto	8	68.61780000				
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DPRh24 Media		
	0.872897	1.666668	1.476612	88.59667		
Cuadrado de						
Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F	
Bloque	2	12.33780000	6.16890000	2.83	0.1715	
Tratamientos	2	47.55846667	23.77923333	10.91	0.0240	

Anexo 32: Digestibilidad de la proteína a las 48 horas (DPh48)

Variable dependiente: DPRh48						
Suma de		Cuadrado de				
Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	4	132.9411111	33.2352778	4.45	0.0886	
Error	4	29.8567778	7.4641944			
Total correcto	8	162.7978889				
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DPRh48 Media		
	0.816602	3.062894	2.732068	89.19889		
Cuadrado de						
Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F	
Bloque	2	14.1949556	7.0974778	0.95	0.4594	
Tratamientos	2	118.7461556	59.3730778	7.95	0.0404	

Anexo 33: Digestibilidad de la proteína a las 72 horas (DPh72)

Variable dependiente: DPRh72						
Suma de		Cuadrado de				
Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F	
Modelo	4	88.2043111	22.0510778	7.11	0.0419	
Error	4	12.4073778	3.1018444			
Total correcto	8	100.6116889				
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	DPRh72 Media		
	0.876681	1.956484	1.761205	90.01889		
Cuadrado de						
Fuente	DF	Tipo I SS	la media	F-Valor	Pr > F	
Bloque	2	29.06548889	14.53274444	4.69	0.0895	
Tratamientos	2	59.13882222	29.56941111	9.53	0.0301	

9.3 Fotografías de fase de campo y laboratorio



Foto 1: Pesaje de muestras en balanza analítica



Foto 2: Muestras de FDN y FDA post incubación



Foto 3: Esterilización de bolsa de nylon en estufa



Foto 4: Colocación de muestras en analizador de fibra



Foto 5: Colocación de muestra para incubar



Foto 6: Extracción de muestras incubadas