# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE ZOOTECNIA



**OSCAR ANTONIO DUARTE RECINOS** 

**ZOOTECNISTA** 

**CHIQUIMULA, AGOSTO DE 2010** 

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE ZOOTECNIA

EVALUACIÓN DE ENSILADO DE NAPIER (Pennisetum purpureum var. Schum), CON TRES NIVELES DE SUSTITUCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum), MUNICIPIO CHIQUIMULA DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA 2010.

TESIS

PRESENTADA AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO

POR

**OSCAR ANTONIO DUARTE RECINOS** 

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

**ZOOTECNISTA** 

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

**CHIQUIMULA, AGOSTO DE 2010** 

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE ZOOTECNIA



#### **RECTOR**

# LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

#### **CONSEJO DIRECTIVO**

Presidente: M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso

Secretario: M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera

Representante de Docentes: M.Sc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén

M.Sc. Benjamín Alejandro Pérez Valdés

Representante de Egresados Ing. Agr. Walter Orlando Felipe Espinoza

Representante de Estudiantes: PC. Giovanna Gisela Sosa Linares

PC. Edgar Wilfredo Chegüén Herrera

Coordinador Académico: Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón

#### **COORDINADOR DE ZOOTECNIA**

MC. MV. Raúl Jáuregui Jiménez

#### TERNA EVALUADORA

M.Sc. Karen Judith Hernández
M.Sc. Luis Javier Roche Pineda
Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez

Chiquimula, Agosto de 2010

Señores:

Consejo Regional
Centro Universitario de Oriente
Presente.

Respetables señores:

En cumplimiento a lo establecido por los estudios de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Centro Universitario de Oriente, presento a consideración de ustedes el trabajo de tesis titulado:

"EVALUACIÓN DE ENSILADO DE NAPIER (Pennisetum purpureum var. Schum), CON TRES NIVELES DE SUSTITUCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum), MUNICIPIO CHIQUIMULA DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA 2010".

Como requisito previo a optar el título profesional de Zootenista, en el Grado Académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo de investigación llene los requisitos para su aprobación,

Atentamente,

TPP. OSCAR ANTONIO DUARTE RECINOS



#### UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE **ZOOTECNIA** TELEFONO 78730300 EXT. 1014 y 1015



Chiquimula, Julio de 2010

Señor Director M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso Centro Universitario de Oriente Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director.

\*\*

En atención a la designación efectuada por la Comisión de Trabajos de Graduación, para que asesora al TPP OSCAR ANTONIO DUARTE RECINOS, en el trabajo de graduación denominado: "EVALUACION DE ENSILADO DE NAPIER (Pennisetum Purpureum var. Schum) CON TRES NIVELES DE SUSTITUCION DE CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum). **MUNICIPIO** DE **CHIQUIMULA** DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, 2010" tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a revisar y orientar al mencionado sustentante sobre el contenido de dicho trabajo.

En ese sentido el tema desarrollado propone la generación de una alternativa de alimentación bovina, que sustituya el uso de melaza u otros productos agroindustriales, para la incorporación de azúcares solubles al proceso del ensilado.

Por lo que en mi opinión reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual recomiendo su aprobación para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Zootecnista en el grado académico de Licenciado.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Lic. Zoot. Merlin Wifrido Osorio López Asesor Principal



EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el documento de la investigación que efectuó la estudiante OSCAR ANTONIO DUARTE RECINOS titulado "EVALUACIÓN DE ENSILADO DE NAPIER (Pennisetum purpureum var. Schum), CON TRES NIVELES DE SUSTITUCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum), MUNICIPIO CHIQUIMULA DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA 2010", trabajo que cuenta con Comisión de Trabajos de graduación de la carrera de Zootecnia. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria AUTORIZA que el documento sea publicado como Trabajo de Graduación, a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de Zootecnista.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a veintiséis de julio de dos mil diez.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

MSc. Mario Roberto Diaz Moscoso

DIRECTOR CUNORI

c.c. Archivo

# **TESIS QUE DEDICO**

#### **ACTO QUE DEDICO**

A DIOS POR HABERME DADO LA VIDA, Y DARME LA

OPORTUNIDAD DE GRADUARME.

A MIS PADRES CATARINO DUARTE Y DUARTE (Q.E.P.D.)

JOSEFINA RECINOS DE DUARTE

A MIS HERMANOS EVARISTO DUARTE RECINOS

ELICINIA DUARTE DE GUTIERREZ HILMA DUARTE DE ESTRADA CONSUELO DUARTE DE MURGA

A MIS SOBRINOS CON MUCHO CARIÑO

A MI ESPOSA MIRALVA GUEVARA DE DUARTE

A MIS HIJOS MAYRA LIZETH

INGRID KARINA ASTRID CAROLINA

OSCAR JOSÉ

A MI SUEGRA HERLINDA GARCIA DE GUEVARA

A MIS ASESORES Lic. Zoot. MERLIN WILFRIDO OSORIO LÓPEZ

Lic. Zoot. CARLOS ALFREDO SUCHINI RAMIREZ

Lic. Zoot. LUIS ELISEO VÁSQUEZ CHEGÜÉN

A MIS COMPAÑEROS JOSEMAR FIGUEROA

WALTER ESPINO
WILLO ARGUETA
FERNANDO LÓPEZ
VINICIO CABRERA
ELISA GARCIA
PAOLA FIGUEROA

A MI FAMILIA EN GENERAL

# ÍNDICE

Índice general	PAGINA
Índice de cuadros en el texto Índice de cuadros en el apéndice Índice de figuras en el texto Índice de figuras en el apéndice Resumen	iii iv v vi
I. INTRODUCCIÓN II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA III. JUSTIFICACIÓN IV. OBJETIVOS – Generales – Específicos	1 2 3 4 4 4
V. HIPÓTESIS VI. MARCO TEÓRICO 6.1 Marco conceptual 6.1.2 Conservación de forrajes 6.1.3 Henificación 6.1.4 Guatera	5 6 6 6 7
<ul> <li>6.2 Ensilado</li> <li>6.2.1 Proceso de ensilaje</li> <li>6.2.2 Etapa 1 - Fase aeróbica</li> <li>6.2.3 Etapa 2 - Fase de fermentación</li> <li>6.2.4 Etapa 3 - Fase estable</li> <li>6.2.5 Etapa 4 - Fase de deterioro aeróbico</li> <li>6.2.6 Cambios durante la conservación de las gramíneas en ensilado</li> <li>6.2.7 Factores que afectan el valor nutritivo del ensilado</li> <li>6.2.8 Tipos de silos</li> </ul>	7 7 8 8 8 9 10 10
<ul><li>6.3 Características del pasto napier (<i>Pennisetum purpureum var. Schum</i></li><li>6.4 Características de caña de azúcar</li><li>6.4.1 Calidad y valor nutritivo de la caña de azúcar</li></ul>	n) 13 14 15
<ul> <li>6.5 Características de la caña de azúcar para uso en alimentación bovin</li> <li>6.6 Costos de producción de la caña de azúcar por hectárea</li> <li>6.7 Utilización de la melaza</li> <li>6.7.1 Uso de melaza como aditivo en ensilaje</li> </ul>	a 16 17 18 19

VII. MARCO METODOLÓGICO 7.1 Localización 7.2 Clima y zona de vida 7.3 Población y muestra 7.4 Manejo del experimento 7.4.1 Preparación del forraje y ensilaje 7.4.2 Corte y picado 7.4.3 Preparación de micro silos 7.4.4 Identificación de los micro silos	21 21 21 21 22 22 22 22 23
<ul><li>7.5 Técnicas de observación</li><li>7.5.1 Las variables a medir en el proyecto fueron</li><li>7.5.2 Las variables evaluadas fueron</li><li>7.5.3 Tratamientos</li></ul>	23 23 23 24
<ul> <li>7.6 Diseño estadístico</li> <li>7.7 Técnicas de recolección y análisis de datos</li> <li>7.7.1 Análisis químico</li> <li>7.7.2 Análisis estadístico</li> <li>7.7.3 Materiales</li> <li>7.7.4 Recolección de datos</li> </ul>	24 25 25 25 25 25 26
<ul> <li>VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</li> <li>8.1 Evaluación organoléptica</li> <li>8.2 Variables, diferencia de peso, pH, temperatura y porcentaj pérdida en el ensilado</li> <li>8.2.1 Diferencia de peso</li> <li>8.2.2 pH</li> <li>8.2.3 Porcentaje de pérdida de ensilaje a la apertura</li> </ul>	27 27 je de 28 28 29 29
<ul> <li>8.3 Materia seca y humedad</li> <li>8.4 Proteína cruda, extracto de etéreo y extracto libre de nitróg</li> <li>8.4.1 Proteína cruda</li> <li>8.4.2 Extracto etéreo</li> <li>8.4.3 Extracto libre de nitrógeno</li> </ul>	geno 31 31 31 32 33
<ul><li>8.5 Fibra cruda, fibra ácido detergente y fibra neutro detergente</li><li>8.6 Energía digestible</li><li>8.7 Cenizas</li></ul>	te 34 36 37
IX. CONCLUSIONES X. RECOMENDACIONES XI. BIBLIOGRAFÍA XII. APÉNDICE	40 41 42 45

# **ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro No.		Pag.
En el texto		
1	Variación de la composición química del pasto napier de acuerdo a la edad de rebrote	14
2	Característica nutricional de la caña de azúcar.	16
3	Característica nutricional de diferentes alimentos forrajeros y fraccionados de la caña de azúcar	17
4	Costos de producción de la caña de azúcar en la relación a su rendimientos	18
5	Composición química de diferentes tipo de melaza	20
6	Valores promedios de los parámetros medidos a los tratamientos con diferentes niveles de melaza y caña de azúcar.	30
7	Concentración de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, fibra cruda, fibra ácido detergente, fibra neutro detergentes, energía digestiva, energía metabolizable y minerales, en el ensilaje de napier mezclado con melaza y diferentes niveles de caña de azúcar.	39

# ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
En el apéndice		
1A.	Guía para evaluación en ensilado color y olor	46
2A.	Guía para evaluación de ensilado color	47
3A.	Guía para evaluación de ensilado olor	47
4A.	Análisis de varianza para la variable de color	48
5A.	Análisis de varianza para la variable de olor	48
6A.	Registro de datos del estudio realizado en ensilado	49
7A.	Análisis de varianza para la variable humedad	50
8A.	Análisis de varianza para la variable MS	50
9A.	Análisis de varianza para la variable PC	50
10A.	Análisis de varianza para la variable EE	51
11A.	Análisis de varianza para la variable ELN	51
12A.	Análisis de varianza para la variable FC	51
13A.	Análisis de varianza para la variable FAD	52
14A.	Análisis de varianza para la variable FND	52
15A.	Análisis de varianza para la variable ED	52
16A.	Análisis de varianza para la variable EM	53
17A.	Análisis de varianza para la variable cenizas	53
18A.	Registro de datos del estudio realizado en base fresca y ensilado	54

# **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura No.		Pág.
En el texto		
1.	Resultados obtenidos en las pruebas organolépticas par olor y color en los cuatro tratamientos	27
2.	Concentración de PC en ensilado de napier con melaza y caña de azúcar	32
3.	Concentración de EE en ensilado de napier con melaza y caña de azúcar	33
4.	Concentración de ELN en ensilado de napier con melaza y caña de azúcar	34
5.	Concentración de FC, FAD y FND en ensilado de napier con melaza y caña de azúcar	36
6.	Concentración de ED en ensilado de napier con melaza y caña de azúcar	37
7.	Concentración de Cenizas en ensilado de napier con melaza v caña de azúcar	38

# **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figuras No.		Pág.
En el apéndice		
1A.	Cubetas para microsilos	55
2A.	Perforación de cubetas	55
3A.	Napier para el proyecto	55
4A.	Caña de azúcar para el proyecto	55
5A.	Picado de napier	56
6A.	Picado de caña de azúcar	56
7A.	Compactado del micro silo	56
8A.	Napier con adhesión de melaza	56
9A.	Sellado del micro silo	57
10A.	Identificación de micro silo	57
11A.	Microsilos distribuidos aleatoriamente	57
12A.	Extracción de microsilos a 60 días	57
13A.	Muestras de ensilado	58
14A.	Laboratorio USAC	58
15A.	Análisis bromatológico	58
16A.	Análisis químico determinar PC	58
17A.	Análisis organoléptico del ensilado	59
18A.	Análisis organoléptico del ensilado por docentes	59
19A.	Prueba de pH en el ensilado	59
20A.	Análisis de pH	59

Duarte Recinos, O. 2010. "Evaluación de ensilado de napier (*Pennisetum purpureum var. Schum*), con tres niveles de sustitución de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), municipio Chiquimula departamento de Chiquimula 2010." Tesis Lic. Zoot. Chiquimula, GT, USAC 72 p.

Palabras claves: Ensilado, pasto napier, sustitución, caña de azúcar, melaza, microsilos, análisis bromatológicos, Materia seca (MS), Proteína cruda (PC), Fibra neutro detergente (FND), Energía digestible (ED), Ph, Costos de producción de ensilado, tratamientos, megacalorías

#### RESUMEN

En la presente investigación se realizó la evaluación química del ensilado de napier, con tres niveles de sustitución (15,30 y 45%) de materia verde de caña de azúcar, con el propósito de reemplazar la melaza y valorar las variables: materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND), energía digestible (ED) y pH. El estudio se realizó en la granja experimental, "El Zapotillo", del Centro Universitario de Oriente, Chiquimula, Guatemala.

Los tratamientos evaluados fueron, el testigo (forraje de napier picado más 4% de melaza); forraje de napier, más 15% de caña de azúcar; forraje de napier más 30% de caña de azúcar y forraje de napier más 45% de caña de azúcar. Para el efecto se utilizaron microsilos formados por cubetas plásticas de 5 galones de capacidad. La duración del estudio fue de 75 días.

Las variables evaluadas se obtuvieron de un análisis químico realizado en el laboratorio de bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se encontró que los tratamientos en los cuales existió alguna proporción de caña de azúcar el porcentaje de proteína cruda presentó un comportamiento diferente, menor al obtenido en el testigo. El contenido de fibra se ve incrementado, a medida que la proporción de caña de azúcar aumento en los tratamientos.

Finalmente se afirma que es factible utilizar la caña de azúcar en los niveles evaluados como sustito de la melaza, recomendándose realizar otros estudios como uso de lactobacilos, evaluación de respuesta animal y leguminosas para mejorar la calidad nutricional del ensilado.

# I. INTRODUCCIÓN

Dentro de las principales limitantes en los sistemas de producción bovina de doble propósito en Guatemala, se encuentra el déficit de alimentos que se producen en época seca, la edad de los pastos también influye en su valor nutritivo.

Actualmente los productores, disponen de varias opciones para contrarrestar los efectos de la baja disponibilidad de alimento en la época seca, una de ellas es el ensilado; la melaza es un aditivo importante del proceso de ensilaje, porque incrementa la disponibilidad de carbohidratos solubles para el proceso de elaboración del silo, sin embargo; el incremento de precio de la melaza en el mercado actual debido a la demanda energética, se ha convertido en un problema más para los productores.

En el presente trabajo se evaluó el uso de caña de azúcar (Saccharum officinarum), como sustituto de la melaza, en el ensilado de napier (Pennisetum purpureum var. Schum), con el propósito de determinar la posibilidad de reemplazar un producto agroindustrial que cada vez es más escaso, por otro que puede ser producido por los ganaderos haciéndolo accesible. La prueba se realizó utilizando forraje de napier (Pennisetum purpureum var. Schum), en micro-silos y los tratamientos fueron la incorporación de 15, 30 y 45 por ciento (%) de caña al ensilado.

La investigación se llevó a cabo en la granja pecuaria El Zapotillo, del Centro Universitario de Oriente –CUNORI-, durante el último semestre del año 2009, época en la que se observa mayor disponibilidad de forraje.

#### II.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los productores bovinos de doble propósito del municipio de Chiquimula, afrontan serios problemas para la alimentación de sus animales durante la época seca, dado que en esta época disminuye la disponibilidad de forrajes de pastoreo, se agudiza la escasez de melaza y se incrementa el precio de la misma, así como el de otros alimentos comerciales. Estas condiciones influyen en la productividad de los sistemas de la zona, dando como resultado la baja producción láctea, reproductiva y baja condición corporal de los animales.

En el proceso de ensilaje, el forraje más utilizado es el pasto napier (*Pennisetum purpureum*), pero el contenido de azúcares solubles del pasto, no es suficiente para obtener un buen producto, razón por la cual se hace necesaria la adición de fuentes concentradas de azúcares solubles como la melaza; este aditivo a su vez, cada día, resulta más oneroso y escaso, pues debido a la demanda energética del mercado internacional, ha alcanzado precios inaccesibles en el mercado local.

El uso de la caña de azúcar es una opción viable para sustituir la melaza en el proceso de ensilado; sin embargo, poco se conoce a nivel local, sobre el efecto que la adición de caña produce en la calidad química del ensilado y cuáles son los niveles absolutos o relativos necesarios para obtener un producto conservado de buena calidad.

# III. JUSTIFICACIÓN

En los sistemas de producción bovina de doble propósito del municipio de Chiquimula, cada día se hace más difícil producir, debido a la escasa disponibilidad de forraje en la época seca, lo cual constituye una limitante que no permite obtener una producción constante a niveles aceptables, obligando a muchos productores a recurrir a otras opciones de alimentación pero de mayor costo.

Es necesario entonces, generar información sobre opciones de alimentación de bajo costo, y que a la vez, sean viables para los pequeños y medianos productores ganaderos, permitiendo proporcionar a sus animales una alimentación apropiada para mantener la producción constante en ambas épocas del año.

El uso de ensilado de napier (*Pennisetum purpureum var. Schum*), utilizando melaza, es una tecnología que se ha venido practicando por parte de los productores desde hace algunos años, sin embargo, el incremento en el precio de la melaza y la dificultad para encontrarla en el mercado ha limitado su uso, disminuyendo la disponibilidad de alimento.

Con la evaluación del ensilado de napier (Pennisetum purpureum var. Schum) y la sustitución de tres niveles de caña de azúcar (Saccharum officinarum) como sustituto de la melaza, se buscó aprovechar la alta disponibilidad de forraje de napier en la temporada lluviosa para ser utilizado en la época seca. La inclusión de la caña de azúcar al ensilaje tiene por propósito sustituir el uso de productos agroindustriales de alta demanda energética por una alternativa de bajo costo y al alcance de todos los productores.

#### IV. OBJETIVOS

#### General:

Generar información sobre la utilización de la caña de azúcar (Saccharum officinarum), como sustituto de la melaza, en ensilado de napier (Pennisetum purpureum), en el municipio de Chiquimula.

# Específico:

Evaluar químicamente tres niveles de sustitución (15-30-45 %) de tallo de caña de azúcar (Saccharum officinarum), como sustituto de la melaza en ensilado de napier (Pennisetum purpureum), en función de materia seca (%), proteína cruda (%), fibra cruda (%), fibra neutro detergente (%), energía digestible (Mcl/kg.) y pH (niveles de concentración de Hidrógeno).

# V. HIPÓTESIS

El uso de tres niveles de caña de azúcar (Saccharum officinarum) en un ensilado a base de pasto napier (Penisetum purpureum), mejora la calidad nutricional del mismo, en función de materia seca (MS), proteína cruda (PC), energía digestible (ED), fibra cruda (FC), fibra neutro detergente (FND), y acidéz.

# VI. MARCO TEÓRICO

# **6.1 Marco conceptual**

# 6.1.2 Conservación de forrajes

Los sistemas de producción bovina en Guatemala emplean el pastoreo en potreros de forrajeras para la alimentación, debido a que este sistema demanda menor uso de mano de obra e insumos. Sin embargo, las praderas de pastoreo tienen como desventaja, la dependencia de las variaciones climáticas, condiciones físicas y químicas del suelo, que ocasionan considerables reducciones en la disponibilidad y calidad nutricional del forraje y acompaña las épocas secas la cual impacta negativamente en las tasas de crecimiento animal y de producción, además, reduce la presión de pastoreo y por ende la carga animal.

Por otra parte, durante la época de lluvias se presentan excedentes significativos de forraje que no se conserva, por lo tanto se hace necesario utilizar alguna tecnología para conservar los forrajes entre las que se pueden mencionar, la henificación, la guatera y el ensilado.

#### 6.1.3 Henificación

Al respecto señalan Silveira, Franco, 2006. Que la henificación fue el primer proceso ideado por el hombre para conservar, partes de los forrajes verdes, principalmente gramíneas y leguminosas sobrantes en la época de abundancia de los pastos con el fin de utilizarlos en los meses de escasez.

La hierba fresca contiene alrededor del 70 al 85% de humedad, y cuando ésta se corta se reduce a un 15-20% mediante el desecado natural al sol o métodos artificiales, pudiendo almacenarse en forma de heno sin riesgo de que se deteriore, siempre que naturalmente, se proteja de las lluvias. Un heno con un 85 a 90% de materia seca, puede conservarse sin peligro de que se fermente; la sencillez del proceso y su larga

tradición convierten la henificación en uno de los principales métodos de conservación de los forrajes.

#### 6.1.4 Guatera

Según Mejía (2002), En algunas zonas del Pacífico de Centroamérica es común conservar las plantas enteras y deshidratadas de sorgo o maíz y utilizarlas para la alimentación del ganado en la época seca. Estas formas de conservación de forraje son conocidas como guatera y guate o tunamil.

#### 6.2 Ensilado

Bertoia L. (2007) describe que el ensilado de forraje verde es una técnica de conservación que se basa en procesos químicos y biológicos generados en los tejidos vegetales cuando éstos contienen suficiente cantidad de hidratos de carbono fermentables y se encuentran en un medio de anaerobiosis adecuada. La conservación se realiza en un medio húmedo y debido a la formación de ácidos que actúan como agentes conservadores, es posible obtener un alimento suculento y con valor nutritivo cercano al valor del forraje original.

## 6.2.1 Proceso de ensilaje

Weinberg y Muck, 1996, Merry 1997. Honig y Woolford, 1980, citado por Oude Elferink, SJWH; Driehuis, F; Gottschal, JC; Spoelstra, SF. 2001, describen que el ensilaje es una técnica de preservación de forrajes que se logra por medio de una fermentación láctica espontánea bajo condiciones anaeróbicas. Las bacterias epifitas de ácido láctico fermentan los carbohidratos hidrosolubles del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad, ácido acético. Al generarse estos ácidos, el pH del material ensilado baja a un nivel (pH < a 4.2) que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción. Una vez que el material fresco ha sido almacenado,

compactado y cubierto para excluir el aire, el proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas

#### 6.2.2 Etapa 1 - Fase aeróbica

En esta fase (que dura sólo pocas horas), el oxigeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los materiales vegetales y a los microorganismos aeróbicos y anaeróbicos facultativos como las levaduras y las enterobacterias. Además hay una actividad importante de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6,5-6,0).

#### 6.2.3 Etapa 2 - Fase de fermentación

Esta fase comienza al producirse un ambiente anaeróbico. Dura de varios días hasta varias semanas, dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad bacteriana proliferará y se convertirá en la población predominante. A causa de la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8 a 5,0.

## 6.2.4 Etapa 3 - Fase estable

Mientras se mantenga el ambiente sin aire, ocurren pocos cambios. La mayoría de los microorganismos de la fase dos, lentamente reducen su presencia. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. Sólo algunas proteasas y carbohidrasas, y microorganismos especializados, como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos pero a menor ritmo.

## 6.2.5 Etapa 4 - Fase de deterioro aeróbico

Esta fase comienza con la apertura del silo y la exposición del ensilado al aire libre. Esto es inevitable cuando se requiere extraer y distribuir el ensilado, pero puede ocurrir antes de iniciar el uso por daño de la cobertura del silo (p.ej. roedores o pájaros).

El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. Esto induce un aumento en el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, como algunos bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aeróbicos -también facultativos- como mohos y enterobacterias.

El proceso de descomposición aeróbico ocurre en casi todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire. Sin embargo, la tasa de deterioro depende de la concentración y de la actividad de los organismos que causan la fermentación en el ensilaje. Las pérdidas por deterioro, que oscilan entre 1,5 y 4,5 por ciento de materia seca diarias, pueden ser observadas en áreas afectadas. Estas pérdidas son similares a las que pueden ocurrir en silos herméticamente cerrados y durante períodos de almacenaje de varios meses.

Para evitar fracasos, es importante controlar y optimizar el proceso de ensilaje de cada fase. En la fase 1, las buenas prácticas para llenar el silo permitirán minimizar la cantidad de oxígeno presente en la masa ensilada. Las buenas técnicas de cosecha y de puesta en silo permiten reducir las pérdidas de nutrientes carbohidratos hidrosolubles inducidas por respiración aeróbica, dejando así mayor cantidad de nutrientes para la fermentación láctica en la Fase 2. Durante las Fases 2 y 3, el ganadero no tiene medio alguno para controlar el proceso de ensilaje. Para optimizar el proceso en las fases 2 y 3 es preciso recurrir a aditivos que se aplican en el momento del ensilado y cuyo uso se discutirá más adelante. El deterioro durante la apertura del silo puede minimizarse manteniendo abierto el silo el menor tiempo posible. También se

pueden agregar aditivos en el momento del ensilado, que permiten reducir las pérdidas por deterioro durante la explotación o uso del silo.

#### 6.2.6 Cambios durante la conservación de las gramíneas en ensilado

Según Galleano, (2004), la manera de aplicar los principios que controlan la conservación de las gramíneas como ensilado, en la práctica varían dentro y entre las regiones y países. Consideraciones relativas al clima, estructura productiva y económica son las principales, de un amplio rango de factores que otorgan importancia relativa al ensilado de gramíneas de invierno. Uno de los factores de mayor incidencia es el contenido de agua del forraje, que además se relaciona con el estado de madurez y con la facilidad de llenado del silo y con los niveles de sustrato energético fermentable.

Los cambios durante la conservación de los ensilados son fundamentalmente ocasionados por procesos de respiración. Las oportunidades para modificar estos cambios se relacionan con el sistema de llenado de los silos durante la elaboración, con un rápido marchitado previo del cultivo y con el uso estratégico y adecuado de aditivos.

## 6.2.7 Factores que afectan el valor nutritivo del ensilado

Muchos factores pueden causar variaciones en esta característica, pero fundamentalmente es la calidad del forraje fresco en la cosecha y sus modificaciones durante el proceso de ensilaje y conservación, las que mayormente influyen. Tenemos que pensar que por lo general, la calidad del ensilado es menor a la del forraje fresco antes de la cosecha, por lo tanto, la decisión del momento de corte y el balance entre volumen y calidad deben ser considerados cruciales.

Cuando las gramíneas maduran, la proporción de pared celular y sus fracciones constituyentes aumentan y el contenido celular se reduce. La caída en la calidad del forraje es resultado además de la disminución relativa de las hojas en el cultivo.

La digestibilidad del pasto cosechado para ensilar disminuye con el avance del estado de crecimiento, particularmente a partir del inicio de la emergencia de las panojas o espigas. El día de emergencia de panojas o espigas varía entre localidades y años por efecto de las condiciones ambientales. Las altas temperaturas diurnas pueden adelantar la aparición de espigas o panojas y además pueden disminuir la digestibilidad de las paredes celulares. Se debe considerar además que los pastoreos o cortes previos pueden alterar significativamente la calidad por el momento o por la intensidad de los mismos. La tasa de caída de la calidad de los pastos que normalmente se incrementa a partir del inicio del espigado, se ve incrementada por altos niveles de fertilización o en cultivos de alto rendimiento.

La exposición al oxígeno durante el período de llenado del silo y el suministro inadecuado de forraje es el origen de las mayores diferencias de calidad en el forraje antes y después del ensilado. El efecto primario es permitir la respiración de las plantas y los microorganismos, con la pérdida de material digestible y la producción de dióxido de carbono, agua y calor. Durante el llenado del silo la respiración de las plantas es la forma dominante de remover el oxígeno. Esta respiración consume los azúcares de la planta, que constituyen el principal sustrato para las bacterias lácticas, si el llenado se prolonga se tendrán, inconvenientes en lograr un rápido descenso del pH. Un marchitado adecuado y un llenado rápido del silo, disminuyen el efecto del oxígeno.

El tamaño de partícula, impacta indirectamente en el valor nutritivo del ensilaje por sus efectos en la compactación, liberación de contenidos celulares, velocidad de la fermentación, y directamente a través de sus efectos en la ingesta, la tasa de pasaje, digestibilidad y producción animal. Las gramíneas, en sistemas reales se ensilan con partículas con tamaños menores a 4 mm.

#### 6.2.8 Tipos de silos

Jiménez, Moreno, 2000, citan a Cedeño (1970) quien distingue diferentes tipos de silos y la elección de cualquiera de ellos, dependerá de los aspectos relacionados

con cada explotación como, el tamaño de la misma, la disponibilidad o la facilidad en la mecanización, los niveles de pérdida durante la conservación y, la capacidad de inversión.

El silo de torre, presenta una mejor compactación del forraje, menores pérdidas superficiales del ensilaje pero produce mayores pérdidas por lixiviación de jugos. Estos silos son más costosos y requieren maquinaria complicada para llenarlos y vaciarlos.

El silo de trinchera o bunker, en su construcción resulta más barato que la de los silos de torre. Se cargan y descargan fácilmente usando maquinaria más variada. Hay menos pérdidas por lixiviación, pero por la mayor superficie expuesta a las condiciones ambientales, pueden aumentar las pérdidas. Se necesita de buena experiencia para llenarlo y lograr una buena expulsión del aire, la cual depende de la distribución del forraje, de la compactación y del tapado o sellado.

El silo de bolsa, consiste en colocar el material que se va a ensilar dentro de bolsas de plástico calibre 4 a 6 y capacidad de 30 a 40 kilogramos, y después de extraer, mediante una adecuada compactación, la mayor cantidad posible de aire, se deben cerrar herméticamente.

El silo de montón, es elaborado directamente sobre la tierra, no poseen paredes, el forraje se acumula en forma circular o trapezoidal; el piso puede ser la misma tierra, o cubierto por un plástico. En la medida que el forraje se va acumulando se compacta mediante pisoteo o se utiliza un rodillo u otro equipo. Una vez finalizado el proceso se cubre con plástico y se colocan materiales pesados encima para ayudar a la compactación (Bertoia L., 2007).

# 6.3 Características del pasto napier (Pennisetum Purpureum var. Schum)

Según Franco, 2008; el napier es de origen africano, su principal característica es que posee originalmente en su componente genético un gen recesivo que le da una coloración púrpura de donde obtiene su segundo nombre en la clasificación de la respectiva especie. Además, se caracteriza por tener un crecimiento erecto desde la base alcanzando una altura promedio de 1,8 a 2 metros en su madurez fisiológica (EMF = edad a la que se registra su mayor tasa de crecimiento), desarrollando tallos y hojas delgados, más largas las hojas que los tallos. Su madurez de cosecha (EMC = edad a la que alcanza su floración, fructificación o semillamiento) se da dependiendo la región y época del año entre el día 50 y 70 después de la cosecha anterior, momento en el que produce su inflorescencia la cual es en forma de espiga con abundante grano que no es viable.

Su punto verde óptimo (PVO = edad en la que debe ser cosechado el pasto) se da dependiendo de la región y época del año entre el día 45 y 60 (Cuadro 1) después de la cosecha anterior. Su producción por unidad de área de cultivo o rendimiento de cosecha está tasada en un rango que varía según la región y época del año entre 60 y 90 toneladas de pasto fresco por hectárea, por año. Debido a su gen recesivo que le transmite coloración púrpura, y a su gen dominante que le transmite una coloración verde, puede presentar colores que van desde un verde amarilloso, pasando por un verde intenso, o un verde oscuro sólido o con vetas moradas, o predominantemente púrpura (Franco, 2008).

Cuadro 1. Variación de la composición química del pasto napier de acuerdo a la edad de rebrote.

Edad en	Proteína cruda	Fibra cruda	Extracto libre
semanas	(%)	(%)	de nitrógeno
6	9.7	29.2	43
8	7.4	34.3	42.2
12	4.4	38.4	42.4
14	4.4	36.6	45.7
15	4.5	40	42

Fuente: Galdámez et al (1979)

# **6.4 Características de caña de azúcar** (Saccharum officinarum)

Al respecto Albarracín, Matta, Gustavo, (2003); describen que la caña de azúcar es una gramínea con una alta productividad de biomasa que se puede cultivar desde 0 hasta 2000 metros sobre el nivel del mar, sin embargo la altura óptima varía entre 0 a 1600 metros mientras que la temperatura óptima oscila entre 25 y 27 °C con un rango de variación entre 10 y 30 °C.

La caña destinada para la producción de azúcar se corta entre 12 y 18 meses según las condiciones ambientales y varietales, que hacen que los azúcares presentes en el tallo se concentren de manera variable en forma de sacarosa, la utilización de la caña como forraje en la alimentación animal hacen necesaria esta conversión ya que los azúcares en forma de glucosa y fructuosa se asimilan con facilidad por los rumiantes y monogástricos.

Las variedades de caña de azúcar tienen comportamientos variables acordes con las condiciones ambiéntales de las diferentes regiones del país las cuales determinan variaciones en la producción de forraje.

Estas variaciones obedecen a factores que afectan la fotosíntesis de la planta tales como luz, temperatura, bióxido de carbono, disponibilidad de agua y nutrientes, edad de la planta y variedad utilizada.

En la formación y acumulación de almidón en las hojas es importante la luminosidad, y por ello, a mayor brillo solar, mayor actividad fotosintética, así como el incremento de la población de caña y azúcares en la misma.

La temperatura es un factor importante para el desarrollo de la caña y para la elaboración y acumulación de la sacarosa, existiendo una relación directa entre la elongación del tallo y la temperatura media máxima. Cuando la temperatura media es inferior a 20°c, se retarda el crecimiento de la planta, los entre nudos son más cortos y se alarga el periodo vegetativo, disminuyendo la producción de biomasa por unidad de superficie.

El agua es fundamental para la formación de los azúcares la disolución de metabolitos y la turgencia de los tejidos también es indispensable durante el periodo del crecimiento (germinación y macollamiento) por las altas exigencias de las plántulas. En general se requiere una cantidad de 8 a 9 milímetros de agua por día, durante los periodos secos y cálidos, y entre 3 o 4 milímetros de agua en las épocas más frías. Los vientos fuertes y calientes aumentan la transpiración y el desecamiento del suelo, incrementando las necesidades de agua en la planta. (Albarracín Matta Gustavo 2003).

# 6.4.1 Calidad y valor nutritivo de la caña de azúcar

Al respecto Aranda, Ramos, Mendoza (2003). Vargas. (1984), mencionan que una de las características nutricionales principales de la caña de azúcar, es su alto contenido de azúcares y fibra; sin embargo, tiene bajo, contenido de proteína y minerales originando una baja digestibilidad de la fibra en el animal; y como consecuencia no se recomienda utilizarla como única fuente de alimento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Característica nutricional de la caña de azúcar

Nutrimento	Promedio, base seca
Proteína cruda	4.93
Calcio	0.21
Fósforo	0.1
Energía Digestible	2641 Kilocalorías/Kg.

Fuente: Vargas (1984.)

# 6.5 Características de la caña de azúcar para uso en alimentación bovina

Al respecto Albarracín, Matta, Gustavo, (2003); citan Albarracin *et al.* (2000) (Cuadro 3), indicando que las variedades de caña con potencial para la alimentación de rumiantes deben poseer características de producción y calidad nutricional que combinen la obtención de altos rendimientos de biomasa por unidad de superficie, con altos niveles de consumos y producción animal. Cuando se use la caña de azúcar como un alimento complementario en los bovinos, debemos agregarle proteína para mejorar el valor nutricional de la dieta, la cual puede ser en forma de urea disuelta en agua y mezclada con la caña picada, o con suplementos como la harina de sangre, la harina de carne, la pasta de coco y otros.

Cuadro 3. Características nutricionales de diferentes alimentos forrajeros fracciones de la caña de azúcar.

Material	Proteína Cruda (%)	Fibra en detergente neutro (%)	Fibra en detergente ácido (%)	Calcio (%)	Fósforo (%)
Caña RD 7511	4.02	52.55	29.74	0.32	0.15
Cogollo RD 7511	4.74	53.85	28.46	0.33	0.16
Tallo de Caña POJ					
2878	3.85	59.87	21.74	0.11	0.16
Cogollo POJ 2878	4.32	66.92	42.03	0.12	0.15
Ensilaje cogollo-					
melaza	7.72	66.92	42.03	0.38	0.15
Ensilaje pasto king					
grass o Elefante	9.39	58.27	38.98	0.72	0.14
Torta de soya	47.64	8.57	5.16	0.18	1.17

Fuente: Albarracin Matta Gustavo (2000).

## 6.6 Costos de producción de la caña de azúcar por hectárea

Según Ibáñez, Ramos, Mendoza (2000); el costo de producción de una tonelada de caña de azúcar dependerá del rendimiento obtenido y esto está relacionado con el manejo y tecnología aplicada al cultivo. Los costos están relacionados con la preparación del terreno, costo de la semilla, trasporte, fertilizante, control de malezas (manual o químico).

En términos generales, el establecimiento de una hectárea en 1998 fue de \$8,600.00 el costo de producción de un kilogramo o de una tonelada de caña varia si es plantilla, soca o resoca disminuyendo en este último como se observa en el cuadro 4.

Cuadro 4. Costos de producción de la caña de azúcar en relación a su rendimiento

Rendimiento	Plantilla	Plantilla	Soca	Resoca
Por hectárea	Costo/ton	Costo/kg	Costo/ton	Costo/kg
MV	\$	\$	\$	&
40 ton	215	0.21	140	0.14
60 ton	144	0.14	93	0.09
80 ton	108	0.11	70	0.07
100 ton	86	0.08	56	0.05

Fuente: Ibáñez, Ramos, Mendoza 2000.

#### 6.7. Utilización de la melaza

Según Chen, J. (1991). Los aspectos económicos de la utilización de la melaza están relacionados con el precio en el mercado, mismo que fluctúa de tiempo en tiempo. En la provincia de Guangdong, China hacen uso de la melaza para producir levadura y etanol por fermentación. En Estados Unidos utilizan la melaza para producir pienso en el ganado, para ser mezclado con otros forrajes como una fuente de carbohidratos y dar un buen sabor a la mezcla de alimentos, ya que esta aumenta el consumo de agua en los animales como también el contenido de vitaminas, sales minerales y proteínas.

En los alimentos comerciales como concentrados para bovinos la melaza se utiliza como aglutinante. El alcohol etílico (es un combustible), se puede producir a partir de la melaza y esto se efectúa frecuentemente en aquellas áreas donde escasea el petróleo.

Al respecto GEPLACEA (Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar), (1991). describe que la melaza se utiliza para alimentación del ganado bovino (carne/leche) y porcino, como fuente energética, como agente

laxante, para dar palatabilidad a las dietas y para hacer menos polvorientas las dietas molidas. La suplementación de melaza ha sido enfocada en dos aspectos. En primer lugar, la necesidad de suplir energía y otros nutrientes al ganado en la época seca del año en que los pastos son deficientes, en segundo lugar la suplementación de melazas enriquecidas a vacas reproductoras en su periodo pre y post partum, por la deficiencia en los pastos de proteínas y minerales.

## 6.7.1 Uso de melaza como aditivo en ensilaje

Al respecto Chen, J. 1991; clasifica la melaza como un subproducto (o producto final) ya sea de la fabricación o la refinación del azúcar crudo o panela; es el líquido denso y viscoso que se separa de la masa cosida final a partir del cual no es posible cristalizar azúcar adicional mediante los métodos corrientes. La melaza contiene la mayor porción de los azúcares del jugo de la cual se deriva junto a una porción de sacarosa y azúcares reductores. Los principales azúcares que se encuentran en la melaza son: sacarosa, dextrosa y levulosa.

Según GEPLACEA, (1991); menciona que dentro de la composición de la melaza; además del agua y los azucares o carbohidratos, hay compuestos minerales y orgánicos, en este caso compuestos nitrogenados (proteínas, aminoácidos); ácidos no nitrogenados (ácido aconítico, cítrico, málico); vitaminas (vitamina A, riboflabina, tiamina, ácido pantoténico); ceras, esteroles y fosfótidos.

Al respecto Martín (1990) cita a Figueroa y Ly 1990; indicando que existen diferentes melazas: desde la que contiene todo el azúcar (rica), hasta la que resulta al completar el proceso de extracción en el ingenio (final). Hay una gran diferencia en la composición química de estas melazas. A manera de ejemplo, en el Cuadro 5 se presenta el análisis de un promedio de 130 muestras en Cuba.

Cuadro 5. Composición química de diferentes melazas; Cuba 1990.

Indicador, %	Rica	Final
Materia Seca	85.00	83.50
Nitrógeno	0.26	0.44
Cenizas	2.80	9.80
Azucares Totales	86.10	58.30
Sacarosa	28.60	40.20
Glucosa	29.30	8.90
Fructuosa	28.20	9.20
Extracto libre de nitrógeno	95.60	87.40
Sustancias orgánicas no identificadas	9.50	29.10

Fuente: Martin (1990).

Según Jiménez y Moreno (2006). Citado por Oude Elferink, Driehuis, Gottschal, Spoelstra (2001). Refieren que la melaza de caña (75 % MS) es un subproducto ampliamente usado, agregándole hasta un 10 por ciento de peso, para suplir carbohidrato fácilmente fermentable a ensilajes de forrajes tropicales. Su aplicación directa es difícil debido a su alta viscosidad, por lo que se recomienda diluirla, preferiblemente con un pequeño volumen de agua tibia para minimizar las pérdidas por escurrimiento. Su aplicación en el ensilado de pastos tropicales, precisa una dosis alta de melaza (4 a 5 %).

En forrajes de cultivos con muy bajo contenido de MS, una parte considerable del aditivo puede perderse en el efluente del silo en los primeros días del ensilaje (Hfinerson, 1993). Sin embargo, Woolford (1984) considera que el hecho de suplir azúcar no es suficiente para permitir que la actividad bacteriana pueda competir exitosamente con otros componentes de la microflora del ensilaje y asegurar una buena preservación. Incluso, bajo condiciones de alta humedad, la melaza puede también inducir un deterioro clostridial, especialmente en forrajes muy enlodados.

# VII. MARCO METODOLÓGICO

#### 7.1 Localización

El presente estudio se llevó a cabo en la granja pecuaria El Zapotillo, del Centro Universitario de Oriente, en el municipio de Chiquimula situada en el kilómetro 169 carretera CA-10; ubicada geográficamente en latitud norte a 12° 47′ 58" y longitud oeste a 89° 31′ 05".

# 7.2 Clima y zona de vida

La región corresponde a la zona de vida Bosque Seco Subtropical (Zonas de vida Holdrige), a una altura de 360 msnm (De la Cruz, 1982). Según los datos de la Estación Meteorológica tipo "B" del Centro Universitario de Oriente, la precipitación pluvial anual es de 825 mm; una temperatura media anual de 29 °C (con una máxima de 37.8 °C y una mínima de 20.3°C) y una humedad relativa de 60% en época seca (noviembre a abril) y de 75% en época lluviosa (mayo a octubre). (Centro Universitario de Oriente, 1995).

# 7.3 Población y muestra

El experimento se realizó a través de la implementación de 16 microsilos que fueron elaborados con cubetas plásticas de 18.9 litros de capacidad y de un peso aproximado de 10 kg, de forraje ensilado. Estos fueron perforados en el fondo para facilitar el drenaje de exceso de agua (Figuras 1A y 2A) y los mismos fueron enterrados en el suelo hasta 20 cm. de profundad con la finalidad de evitar la entrada de aire, constituyendo cada uno, una unidad experimental; distribuidas aleatoriamente.

# 7.4 Manejo del experimento

# 7.4.1 Preparación del forraje a ensilar

Previo al trabajo experimental, se realizó un corte de uniformización del napier para ser cortado a los 70 días (Figura 3A) tiempo ajustado de acuerdo con el crecimiento de la caña de azúcar (Figura 4A), dado que solo se utilizó la caña o tallo debido a su alto contenido de azúcares solubles, condición que no presentan otra fracción de la planta; de manera que ésta se encontrara en el momento del corte del napier en su período óptimo de utilización; ninguno de los forrajes utilizados fue fertilizado para simular el manejo que le otorga el productor a los mismos.

# 7.4.2 Corte y picado

Al cumplir las condiciones el forraje, se procedió al corte respectivo haciendo el mismo con machete al ras de suelo, el cual fue transportado inmediatamente para ser picado en partículas de 4 cm aproximadamente (Figuras 5A y 6A). Esta actividad se realizó en forma separada para posteriormente hacer las combinaciones respectivas.

#### 7.4.3 Preparación de micro silos

Cada uno de los micro silos o unidades experimentales se llenó y se pesó de acuerdo al resultado de la aleatorización; fue compactado apropiadamente con el fin de eliminar las bolsas de aire (Figura 7A). De igual manera se realizó la unidad experimental con melaza (Figura 8A), Inmediatamente después se selló herméticamente con su respectiva tapadera y un sellante a base de silicón (Figura 9A) luego cada una de las unidades experimentales fueron puestas en reposo por un periodo de 60 días para luego obtener la muestra de cada uno de los tratamientos que se analizaron químicamente.

#### 7.4.4 Identificación de los microsilos

Previo al llenado se identificaron los respectivos microsilos según el tratamiento que correspondiente (Figura 10A) los cuales se distribuyeron completamente al azar (Figura 11A). Para el proceso de llenado se prepararon los diferentes niveles de adición de caña de azúcar y melaza, los cuales se agregaron al napier y se colocó en el micro silo en tres capas para facilitar la compactación. Se compactó cada capa lo suficiente hasta estar seguro de haber eliminado la mayor cantidad de aire entre las partículas del forraje. El micro silo se selló de manera que se pueda evitar el ingreso de aire.

#### 7.5 Técnicas de observación

#### 7.5.1 Las variables a medir en el proyecto fueron:

- Peso forraje fresco (kg.)
- Peso del ensilado (kg.)
- Materia seca (%)
- pH (niveles de concentración)
- Temperatura (°C)

#### 7.5.2 Las variables evaluadas fueron:

- Humedad (%)
- Materia seca MS (%)
- Proteína cruda PC (%)
- Extracto etéreo EE (%)
- Energía libre de nitrógeno ELN (%)
- Fibra cruda FC (%)
- Fibra ácido detergente FAD (%)
- Fibra neutro detergente FND (%)

- Energía digestible ED (%)
- Energía metabolizable EM (%)
- Cenizas o minerales (%)
- Color (Característica cualitativa)
- Olor (Característica cualitativa)
- Deterioro (%)

#### 7.5.3 Tratamientos:

**T<sub>0</sub>** = Forraje napier (*Pennisetum purpureum*) más 4 % de melaza (testigo)

T<sub>1</sub> = Forraje napier 15 % del total de caña de azúcar (Saccharum officinarum)

T<sub>2</sub> = Forraje napier 30 % del total de caña de azúcar (Saccharum officinarum)

T<sub>3</sub> = Forraje napier 45 % del total de caña de azúcar (Saccharum officinarum)

#### 7.6 Diseño estadístico

El diseño que se utilizó fue el completamente al azar, realizando cuatro tratamientos con cuatro repeticiones.

$$Yij = \mu + T_i + \epsilon ij$$
.

Y <sub>ij</sub>:= Variable respuesta de la ij – ésimo unidad experimental

 $\mu$ : = Efecto de la media general

Ti:= Efecto de i – ésimo tratamiento

εij:= Efecto del error experimental asociado a la ij – ésimo unidad experimental

# 7.7 Técnicas de recolección y análisis de datos

# 7.7.1 Análisis químico proximal

Para evaluar las variables consideradas se procedió a realizar dos análisis químicos proximales, uno previo al proceso de ensilado y el segundo, al material ensilado después de 60 días (Figura 12A).

La cantidad de material tomado como muestra para su análisis en el laboratorio de bromatología de la Escuela de Zootecnia de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, fue de 200 gramos (Figura 13A y 14A).

El contenido de materia seca se determinó por secado en horno de aire forzado a 60 grados Celsius por 48 horas; la proteína cruda se determinó a través del método de micro-Kjeldahl y las otras variables estimadas en el estudio, por medio del método de Van Soest.

#### 7.7.2 Análisis estadístico

Los datos obtenidos para las diferentes variables evaluadas se analizaron a través de un ANDEVA (análisis de varianza) usando para el mismo, el programa estadístico SAS (sistema de análisis estadístico), en donde aquellas variables que mostraron diferencias estadísticas, se sometieron a la prueba de medias Tukey.

#### 7.7.3 Materiales

Los materiales usados fueron los siguientes

- Cubetas plásticas
- Picadora

- Nylon polietileno
- Machete
- Mazo para compactar
- Pita de nylon
- Balanza

#### 7.7.4 Recolección de datos

La recolección de la información inició a partir de la determinación de los pesos de los forrajes recién cortados de napier y caña de azúcar a utilizar para cada uno de los tratamientos, los datos sirvieron para determinar los respectivos porcentajes en los mismos. Luego del proceso de picado, se determinó el peso fresco del material a ser ensilado por cada unidad experimental y tratamiento; y posterior al proceso de conservación, se determinó el peso del material ensilado, con el fin de establecer las pérdidas de humedad por lixiviación de efluentes dentro del material a las mismas unidades.

El contenido de materia seca de la materia fresca picada, como del material ensilado, para cada uno de los tratamientos, se llevó a cabo por medio de secado en horno de aire forzado (60°C por 48 horas ó hasta peso constante (Figura 15A).

El análisis químico se efectuó, determinando el porcentaje de proteína cruda (PC) a través del método de micro-Kjeldahl; (Figura 16A) la fibra ácido detergente (FAD) bajo la metodología de Van Soest y a través del procedimiento por lotes indicado por Ankom Technology. A partir de la fibra ácido detergente se calculó la energía metabolizable utilizando las ecuaciones a cada repetición.

#### **VIII. DISCUSION DE RESULTADOS**

# 8.1 Evaluación organoléptica

Las características organolépticas, como el olor y color del ensilado son importantes ya que inciden en la palatabilidad del material; un ensilado con olor y color agradable, se espera que incremente el consumo (Figura 17A).

Para evaluar las variables olor y color (Cuadros 1A, 2A y 3A) se corrió una prueba Friedman, en donde 10 profesionales familiarizados con la producción de ensilado (Figura 18A) determinaron que estas variables no se ven modificadas por efecto de los tratamientos, concluyendo que es factible sustituir la melaza por caña de azúcar, lo cual se ilustra en la figura siguiente.

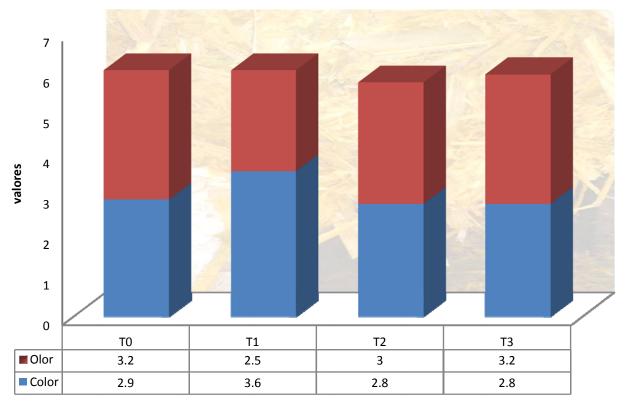


Figura 1 Resultados obtenidos en las pruebas organolépticas para olor y color en los cuatro tratamientos

Al efectuar el análisis de varianza para las variables color y olor, no se encontró diferencia estadística entre los tratamientos (Cuadro 4A y 5A.), con ello se puede inferir que cualquiera de los tratamientos utilizados ofrecen los mismos resultados que el tratamiento testigo, para estas variables.

Al comparar los resultados finales de la evaluación organoléptica en cuanto a las variables de olor, se confirma que estas fueron de buena calidad, (Cuadro 3A.), tal como lo expresan Betancourt, Gonzáles, Martínez (2006); quienes determinaron que un ensilaje de buena calidad en cuanto al olor, es agradable, con ligero olor a vinagre y no deja residuos en las manos al ser tocados; y con respecto al color, este debe ser verde amarillento, los tallos con tonalidad más pálida que las hojas.

#### 8.2 Variables a medir en el ensilado

# 8.2.1 Diferencia de peso

Al evaluar la variación del peso antes y después del proceso de ensilado (Cuadro 18A), se determinó diferencia en peso de 0.2 Kg., en el tratamiento testigo y de 0.6 kg, para los demás tratamientos, lo que representa un 0.56 kg, como promedio general, en micro silos con un peso promedio de 9.54 kg, de peso fresco. Esto representa una pérdida de peso por drenado de efluentes de un 5.87%, lo cual se considera razonable. (Cuadro 18A).

Según Gutiérrez (1996), la pérdida de peso depende del grado de humedad o madurez del pasto a ensilar; o de la adición agregada y dependerá del tipo de silo, del proceso de drenado y compactado como también del ambiente que le rodea, por lo tanto es normal que haya pérdida de humedad.

#### 8.2.2 pH

El análisis de pH se realizó inmediatamente después de haber abierto los micro silos (Figura 19A) los valores promedio observados en los cuatro tratamientos fueron, para el (T0) 3.25, para el (T1) 2.88, para el (T2) 3.00 y para el (T3) 3.13, respectivamente (Figura 20A).

Los valores observados permiten determinar que existió un buen proceso de compactación y rápido llenado evitando la respiración prolongada y propiciando una buena fermentación acido láctica, según Gutiérrez (1996) el ensilaje debe presentar un pH de 4.2 o menor, lo que ofrece un ensilado de calidad aceptable evidenciándose que se ha logrado su estabilidad fermentativa.

# 8.2.3 Porcentaje de pérdida de ensilaje a la apertura

Con referencia a las pérdidas por degradación del ensilado, se determinó que dos de las unidades experimentales presentaron pérdidas sustanciales (T0 y T3, 14.28 y 14.62 % respectivamente), (Cuadro 6A) acumuladas en la parte superior del micro silo; sin embargo, su efecto a nivel de tratamiento no es significativo.

Al respecto Vélez (2002) cita a Wilkinson (1983) quien menciona que en cuanto a las pérdidas por efecto del manejo mecánico y por respiración, estas pueden ser de hasta un 6% por respiración y fermentación en el afluente y por descomposición en la superficie hasta un 14%; concluye además que todo en conjunto puede alcanzar una pérdida hasta de 25 %.

Cuadro 6 Valores promedio de los parámetros medidos a los tratamientos con diferentes niveles de melaza y caña de azúcar.

Tratamiento	Diferencia de peso (kg)	рН	Temperatura (°C)	(%) perdida de ensilaje
	( <del>X</del> )	( <del>X</del> )	( <del>X</del> )	a la
				apertura
				del mismo
T0	0.2	3.25	27.5	3.57
T1	0.6	2.88	27.75	0.00
T2	0.6	3.00	28.25	0.00
Т3	0.6	3.13	28.75	3.57

Fuente: propia

# 8.3 Materia seca y humedad

Un ensilaje de buena calidad puede medirse también por el contenido de materia seca y humedad; la evaluación de estas variables en el presente estudio determinó que no existe diferencia significativa (p□0.05) entre tratamientos para la variable materia seca, (Cuadro 7A y 8A.); sin embargo, el tratamiento testigo fue el que mostró una tendencia hacia un mayor contenido de materia seca con un valor promedio de 21.17% (Cuadro 7), esto es explicable dado el alto contenido de humedad de la caña, lo que afecta la proporción de materia seca.

Vélez (2002) indica que un contenido de materia seca de 20% y de humedad de un 80%, ofrece buenas características químicas, aunque estos valores pueden variar desde 20% hasta un 60% de MS y de 40% hasta 80% de humedad dependiendo del tipo material a ensilar.

# 8.4 Proteína cruda, extracto etéreo y extracto libre de nitrógeno

#### 8.4.1 Proteína cruda

Con respecto a la proteína cruda los datos denotan que existió diferencia significativa (p□0.05) (Cuadro 9A.), vale resaltar que la cantidad más alta de proteína cruda la presentó el tratamiento testigo (T0, 3.71%) en el cual no existió caña de azúcar. También es importante hacer notar que los tratamientos en los cuales existió alguna proporción de caña de azúcar el porcentaje de proteína cruda presentó un comportamiento diferente siendo estos menores, al obtenido con el testigo (T1 2.81%, T2 2.78%, T3 3.04%) esto puede ser resultado del bajo contenido de PC de la caña de azúcar (Figura 2)

Sin embargo, es de hacer notar que todos los tratamientos mostraron un contenido deficiente de PC, lo que hace suponer que el napier utilizado fue de baja calidad y sin fertilización.

En el análisis químico efectuado en la fase pre-experimental, la proteína cruda obtenida en base seca del tratamiento T<sub>3</sub> (45 % de caña de azúcar y un 55% de napier) fue de 4.64%. y en el mismo tratamiento 60 días después del ensilado los resultados fueron en promedio de 3.04%. Observándose una diferencia en pérdida de 1.60% de PC, probablemente como resultado del proceso microbiano, (Cuadro 18A).

Según Ibáñez, Juárez, Martínez,(2003); la característica principal de la caña de azúcar, es su alto contenido de azúcares y fibras, pero bajo contenido de proteína cruda y minerales; los autores anteriores citan a Vargas (1984), quien indica además que el contenido de proteína cruda en la caña de azúcar es de alrededor de 4.93% en planta completa, en base seca. Esto lo confirma Albarracín (2003) en un cuadro de características nutricionales de alimentos forrajeros evaluando diferentes fracciones de la caña de azúcar cuyo contenido en tallos es de 3.85% en base seca. La variable de

PC. de los tratamientos ensilados, resultó inferior a las referencias expresadas anteriormente, (Figura 2).

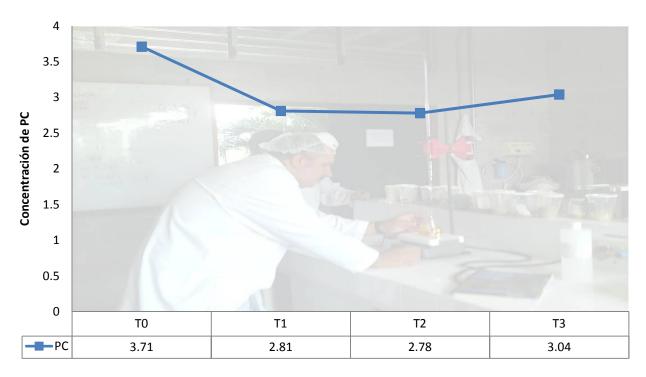


Figura 2 Concentración de proteína cruda en ensilaje de napier con melaza y caña de azúcar.

#### 8.4.2 Extracto etéreo

Se puede observar en la Figura 3 que a medida que se incrementan los niveles de caña de azúcar, disminuye el contenido de Extracto Etéreo. Este incremento probablemente se debe al hecho que el contenido de EE en el napier es superior al de la caña de azúcar en base seca, lo que se confirma en el comportamiento de la variable en los diferentes tratamientos. Cabe hacer notar que existió diferencia significativa entre tratamientos para esta variable (p. 0.05), (Cuadro 10 A).

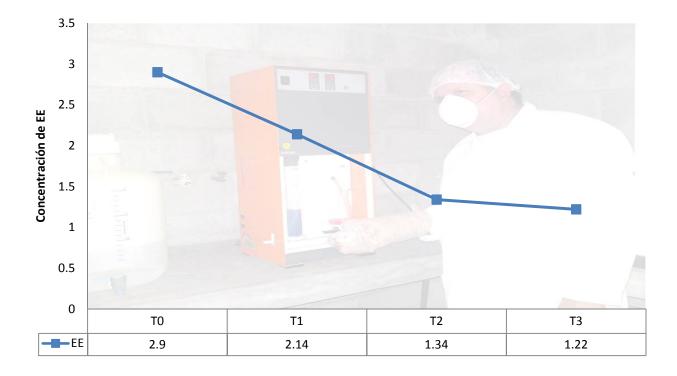


Figura 3 Concentración de extracto etéreo en ensilado de napier con melaza y caña de azúcar.

Al respecto Vélez (2002), en lo que se refiere al EE del napier a una edad de 57 a 70 días, indica que este es de 2.4% en MS y en la caña de azúcar es de 0.3%. En lo que respecta al Extracto Etéreo en la melaza, Morales (1993) en tres muestras analizadas de melaza los resultados de Extracto Etéreo fueron (0.12, 0.25, 0.33) con promedio de 0.23, respectivamente por tratamiento.

# 8.4.3 Extracto libre de nitrógeno

La variable extracto libre de nitrógeno (ELN) no presentó diferencia significativa (p. 0.05), entre tratamientos, (Cuadro 11A.). Es de señalar que a medida que se incrementa la proporción de caña en los tratamientos, disminuye la concentración de extracto libre de nitrógeno debido a que esta variable está directamente relacionada con la presencia de fibra aportada por la caña de azúcar, (Figura 4).

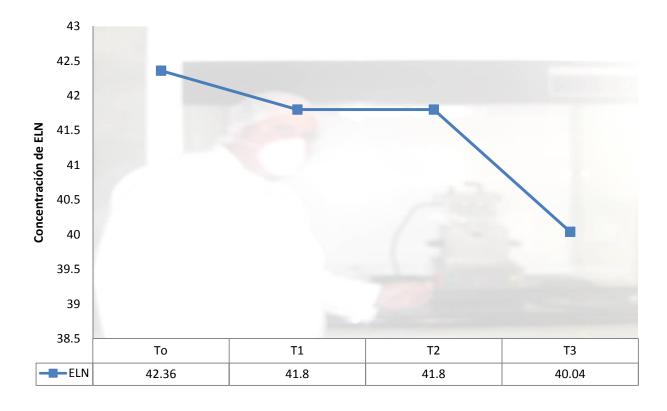


Figura 4. Concentración de extracto libre de nitrógeno en ensilaje de napier con melaza y caña de azúcar.

El resultado en los cuatro tratamientos evaluados fue en promedio de 41.48% (Cuadro 7). Vélez (2002), indica, en referencia al contenido de ELN en pasto napier a una edad de 57 a 70 días, confirmando lo evaluado. Además, el mismo autor indica que la caña de azúcar presenta valores promedio de 87.22% de ELN.

# 8.5 Fibra cruda, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente

En relación con las variables fibra cruda, fibra ácido detergente y fibra neutro detergente, los resultados se muestran directamente relacionados con la proporcionalidad de la caña dentro de los tratamientos, incrementándose a medida que se incrementa la proporción de caña (Figura 5). Además el análisis de varianza presenta diferencia significativa (p□0.05) entre los mismos, (Cuadros 12A, 13A y 14A.).

En el pre experimento que se realizó comparando la FC en materia verde con un 45 % de caña de azúcar y un 55% de napier de igual manera en ensilado por un periodo de fermentación de 60 días, los resultados fueron: en base verde FC 44.41% y en ensilado FC de 47.31%, lo que aumenta la fibra a un 3 %; y en la de un material no ensilado a un ensilado, por que las bacterias hacen más disponibles la fibra y hacen que se expresen mejor químicamente (ver cuadro No.18A).

Al respecto Galdámez *et al.* (1979), citado por Franco (2008), afirman que en relación a la composición química del pasto napier, a edad de rebrote de ocho semanas, posee en promedio 34.3%; de FC; y a las doce semanas 38.4%, mostrando tendencia a incrementarse a medida que el pasto madura.

Además Albarracín (2003), citado por Matta, Gustavo, 2003; en un cuadro de características nutricionales de diferentes fracciones de caña de azúcar, indican que en cuanto a FAD en tallos de caña de azúcar, el contenido promedio es de 21.74% y de FND 59.87%.

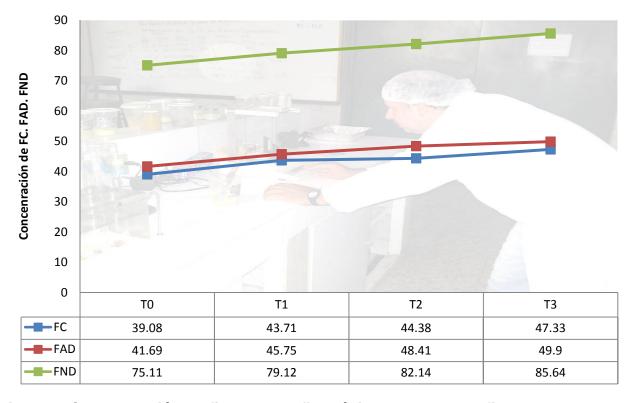


Figura 5 Concentración de fibra cruda, fibra ácido detergente y fibra neutro detergente en ensilaje de napier con melaza y caña de azúcar.

# 8.6 Energía digestible

El análisis de resultados para esta variable evidenció que no existió diferencia significativa (p□0.05) entre tratamientos (Cuadro 15A); sin embargo, se muestra una leve tendencia de incremento de la energía, a medida que se incrementa la proporción de caña de azúcar (Figura 6).

En el pre experimento realizado, al comparar la ED en base seca, del tratamiento T<sub>3</sub>, (45 % de caña de azúcar y 55% de napier) los resultados fueron para ED, de 2.08 Mcal/Kg; y para el ensilado del mismo tratamiento después de un periodo de fermentación de 60 días, fue de 2.06 Mcal/Kg. Está perdida de 0.2 Mcal/Kg, probablemente se debe al gasto de energía necesario para llevar a cabo el proceso fermentativo en el ensilado (Cuadro 18A).

Según Vargas (1984) citado por Aranda Ibáñez, Ramos, Mendoza, 2003 afirma en un cuadro de característica nutricional de la caña de azúcar i que la ED de la caña es 2.64 Megacalorías/kg, promedio en base seca.

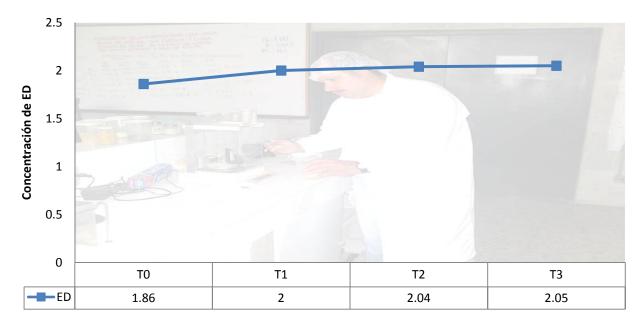


Figura 6 Concentración de energía digestible en ensilado de napier con melaza y caña de azúcar.

#### 8.7 Cenizas

El análisis estadístico, en relación al contenido de cenizas mostró que existen diferencias significativas entre tratamientos (p□0.05), (Cuadro 17A.), y el contenido de estas varía proporcionalmente en función de la presencia de napier, en el cual los minerales se hacen más evidentes. A medida que se incrementa la proporción de pasto napier en los tratamientos, el contenido de cenizas disminuye (Figura 7).

Al respecto Vélez (2002) tomando en cuenta la edad de 57 a 70 días del pasto napier, menciona que el contenido de cenizas o minerales tiene valores promedio de 14%; y además, en Cuba, Martin, (1990) menciona que el contenido de cenizas o

minerales de la caña de azúcar es de 9.80%, lo que hace suponer que incrementar la proporción de pasto napier en los tratamientos, el contenido de cenizas disminuye.

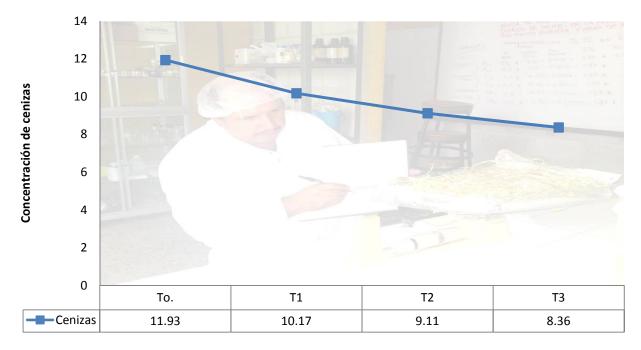


Figura 7 Concentración de cenizas en ensilaje de napier con melaza y caña de azúcar.

Cuadro 7. Concentración de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, fibra cruda, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente, energía digestible, energía metabolizable y minerales, en el ensilado de pasto napier mezclado con melaza y diferentes niveles de caña de azúcar.

Variables -		Tratami	ientos	
variables –	T0	T1	T2	Т3
MS real - %	21.17 a	19.47 a	20.50 a	20.22 a
PC %	3.71 a	2.81 b	2.78 b	3.04 b
EE %	2.91 a	2.14 ab	1.35 b	1.22 b
ELN %	42.36 a	41.8 a	41.8 a	40.04 a
FC %	39.09 c	43.72 b	44.39 b	47.34 a
FAD %	41.69 c	45.75 b	48.42 a	49.91 a
FND %	75.11 d	79.12 c	82.14 b	85.64 a
ED Mcal/Kg %	1.87 a	2.02 a	2.04 a	2.06 a
EM Mcal/Kg %	1.53 a	1.64205 a	1.6719 a	1.6872 a
Minerales %	11.94 a	10.17 b	9.12 bc	8.37 c

Letras diferentes entre filas, muestran diferencia significativa entre tratamientos ( $p\Box 0.05$ ).

#### **CONCLUSIONES**

- No existe diferencia estadística para la variable materia seca (MS) en los tratamientos evaluados.
- La concentración de proteína cruda se ve disminuida en los tratamientos, a medida que se incrementan los niveles de caña. (T0) 3.71%, (T1) 2.81%, (T2) 2.78%, (T3) 3.04%.
- El efecto de niveles crecientes de caña de azúcar incrementa la fibra cruda en los tratamientos (T0) 39.08%, (T1) 43.71%, (T2) 44.38%, (T3) 47.33%.y fibra neutro detergente (T0) 75.11%, (T1) 79.12%, (T2) 82.14%, (T3) 85.64%.
- La energía digestible no se vio afectada por los diferentes niveles de sustitución de caña de azúcar en los tratamientos. (T0) 1.87 Mcal/kg, (T1) 2.0 Mcal/kg, (T2) 2.04 Mcal/kg, (T3) 2.06 Mcal/kg.
- Los valores promedios observados en el pH en los cuatro tratamientos (T0) 3.25,
   (T1) 2.88, (T2) 3.00 y (T3) 3.13, permite deducir que existió un buen proceso de compactación y rápido llenado, proporcionando una buena fermentación ácido láctica.
- De manera general se puede afirmar que es factible sustituir la melaza del ensilado, por caña de azúcar en proporciones de un 15% a un 45 %, dependiendo, de la disponibilidad, el manejo que le otorgan los productores y la vida útil de los cultivos en áreas representativas.
- El olor y color del ensilado se encuentra dentro del rango adecuado en los diferentes tratamientos; por lo tanto, es factible sustituir la melaza por caña de azúcar con los niveles evaluados.

#### **RECOMENDACIONES**

- En futuras investigaciones se sugiere llevar a cabo pruebas de respuesta animal que permitan evaluar las características organolépticas de color, olor y palatabilidad del ensilado en diferentes proporciones de napier y caña de azúcar, así como el aporte nutricional del mismo.
- Para efectos prácticos, se sugiere utilizar la caña de azúcar para ensilar, en un estado de madurez avanzado, calidad que permitirá incrementar su contenido de materia seca total.
- Para futuras investigaciones se sugiere utilizar pasto napier fertilizado, no mayor de 60 días, para garantizar el aporte importante de proteína en el ensilado.
- Es importante sugerir que para el caso de las fibras (FC, FAD, FND) en futuras investigaciones se evalúe la inoculación del ensilado con lactobacilos u otros agentes microbianos que disminuyan el contenido de fibras y mejoren la digestibilidad, la disponibilidad de energía y el consumo.
- En futuras investigaciones es recomendable incorporar a la mezcla napier-caña de azúcar, forraje de leguminosas locales o introducidas, que permitan compensar el déficit proteico mostrado por la mezcla, en la presente investigación.

# **BIBLIOGRAFÍA**

Albarracín, LC; Matta, LS; Gustavo, GG. 2003. Caña de azúcar ensilada, una alternativa de alimentación para ganado bovino en confinamiento (en línea). Santa Fé de Bogotá, Corpoica. 60 p. Consultado 10 oct. 2008. Disponible en <a href="http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Revista/Caadeazucarensiladap54.PDF">http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Revista/Caadeazucarensiladap54.PDF</a>

Aranda Ibáñez, E; Ramos Juárez, J; Mendoza Martínez, G. 2003. Caña de azúcar en alimentación de bovinos. México, Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. 22 p.

\_\_\_\_\_. 2003. Caña de azúcar en alimentación de bovinos. México, Instituto para el Desarrollo de sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. 12 p.

Bertoia, L. 2007. Artículos técnicos, agricultura: algunos conceptos sobre ensilajes (en línea). Argentina, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ciencias Agrarias. Consultado 22 ago. 2007. Disponible en <a href="http://www.engormix.com/">http://www.engormix.com/</a> algunos conceptos sobre ensilaje s articulos 1716 AGR.htm

Betancourt, M; González, I: Martínez, M. 2006. Evaluación de la calidad de los forrajes. Maracaibo, VE, INIA. Consultado 20 abr. 2010. Disponible en <a href="http://www.engormix.com/evaluacion\_calidad forrajes\_s\_articulos\_1110\_AGR.htm">http://www.engormix.com/evaluacion\_calidad forrajes\_s\_articulos\_1110\_AGR.htm</a>

CUNORI (Centro Universitario de Oriente, GT). 1995. Datos climatológicos de 1995. Chiquimula, GT, USAC, CUNORI, Estación climatológica tipo "B.

Cruz, J. De La. 1982. Clasificación de zonas de vida de a nivel de reconocimiento. Guatemala, DIGESA. 42 p.

Chen, J. 1991. Manual del azúcar de caña. México, Editorial Limusa. 1,200 p.

Franco, MR. 2008. Pastos del trópico para corte (en línea). Colombia, Cultura Empresarial Ganadera. Consultada 28 ago. 2008. Disponible en <a href="http://www.engormix.com/pastos">http://www.engormix.com/pastos</a> corte tropico s articulos 2047 GDC.htm

Galdámez, FE *et al.* 1979. Las plantas forrajeras; revisión bibliográfica. Chiquimula, GT, USAC – CUNORI. p. 45-48.

Galleano, A. 2004. Avances en producción y conservación de gramíneas (en línea). Argentina, Universidad Nacional del Rosario Santa Fe. Consultado 30 ago. 2009. Disponible en <a href="http://www.ipcva.com.ar/files/Avances%20en%20producci%3n%20y%20conservacion%20de%20gram%EDneas.doc">http://www.ipcva.com.ar/files/Avances%20en%20producci%3n%20y%20conservacion%20de%20gram%EDneas.doc</a>

GEPLACEA (Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar, MX). 1991. La diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar. México, GEPLACEA/PNUD. 172 p.

\_\_\_\_\_. 1989. La melaza como recurso alimenticio para producción animal. México, GEPLACEA/PNUD. 340 p.

Gutiérrez Orellana, MA. 1996. Pastos y forrajes en Guatemala su manejo y utilización, base de la producción animal. Guatemala, Editorial E y G. 318 p.

Jiménez, AF; Moreno, MJ. 2000. El ensilaje una alternativa para la conservación de forrajes (en línea). Bucaramanga, CO, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 25 p. Consultado 20 oct. 2008. Disponible http://www.agronet.gov.co/www/docs\_si2/20061024155617\_El%20ensilaje%20conserv acion%20de%20forrajes.pdf

Mejía, N. 2002. Guateras: una alternativa para la alimentación del ganado en la época seca (en línea). San Salvador, SV, CENTA. 12 p. Consultado 25 ago. 2009. Disponible en <a href="http://www.centa.gob.sv/publicacionespecial/doc/Guateras.PDF">http://www.centa.gob.sv/publicacionespecial/doc/Guateras.PDF</a>

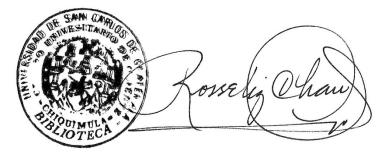
Morales Sánchez, JA. 1993. Banco de datos laboratorio de bromatología. Guatemala, USAC, Facultad de Medicina Veterinaria.

Oude Elferink, SJWH; Driehuis, F; Gottschal, JC; Spoelstra, SF. 2001. Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación (en línea). *In* Conferencia electrónica de la FAO, sobre el ensilaje en los trópicos (1999, Roma). 2001. Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. Ed. por Len't Mannetje. Roma, FAO. p. 17-30. (Serie estudio FAO Producción y Protección Vegetal no. 161). Consultado 26 feb. 2009. Disponible en <a href="http://www.fao.org/docrep/005/X8486S">http://www.fao.org/docrep/005/X8486S</a> / x8486s04.htm

Sánchez, F. 1992. Materia prima: caña de azúcar. México, Editorial del Manual Azucarero. 789 p.

Silveira, E; Franco, R. 2006. Conservación de forrajes (en línea). Revista Electrónica de Veterinaria 7 (10): 4-24. Consultado 20 ago. 2009. Disponible en <a href="http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111106/110605.pdf">http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111106/110605.pdf</a>

Vélez, M. 2002. Producción de ganado lechero en el trópico. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 320 p.



# IX. APENDICE

# CUADRO 1A. GUIA PARA EVALUACIÓN DE ENSILADO COLOR Y OLOR

				TRATAMI	ENTOS			
EVALUADOR	TESTIGO (	(4% MELAZA)	15%	DE CAÑA	30% [	DE CAÑA	45% DE	CAÑA
	COLOR	OLOR	COLOR	OLOR	COLOR	OLOR	COLOR	OLOR
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

# **CUADRO 2A GUIA PARA EVALUACIÓN DE ENSILADO COLOR**

EXCELENTE (4 puntos)	BUENO (3 puntos)	REGULAR (2 puntos)	MALO (1 punto)
Verde aceituna	Verde amarillento	Verde oscuro	Casi negro
Tallos y hojas	Tonalidad más	Tallos y hojas	
Igual tonalidad	pálida en tallos	igual tonalidad.	
	que hojas.		

Fuente: Betancourt, González, Martínez 2006.

# **CUADRO 3A GUIA PARA EVALUACIÓN DE ENSILADO OLOR**

EXCELENTE (4 puntos)	BUENO (3 puntos)	REGULAR (2 puntos)	MALO (1 punto)
Agradable a fruta madura	Olor: agradable.	Acido, olor fuerte a vinagre.	Desagradable o putrefacto
	Ligero olor a vinagre	Manteca rancia	Manteca rancia
			Olor a humedad

Fuente: Betancourt, González, Martínez 2006.

Cuadro 4A. Análisis de varianza para la variable de color de evaluación del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum var. schum*), con tres niveles de sutitución de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), como sustituto de melaza. Chiquimula, 2009.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Modelo	12	8.60	0.72	0.75	0.69
Error	27	25.90	0.96		
Total	39	34.50			

C.V. 39.17

Cuadro 5A. Análisis de varianza para la variable de olor de evaluación del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum var. schum*), con tres niveles de sustitución de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), como sustituto de melaza. Chiquimula, 2009.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Modelo	12	7.15	0.60	0.51	0.89
Error	27	31.35	1.16		
Total	39	38.50			

C.V. 43.1

# CUADRO 6A. REGISTRO DE DATOS DEL ESTUDIO REALIZADO EN ENSILADO

	pesos de ensilado kg. en MV.											
											%perdida do	
No			peso	peso							ensilaje a la	
cubeta	Trat	Rep	inicial	final	diferencia	Promedio	PH	Promedio	Temperatura	Promedio	apertura	
13	То	1	9.54	9.38	0.16	0.2	3	3.25	28	27.5	0	
14	To	2	9.54	9.34	0.20	0.2	3.5	3.25	26	27.5	14.28	
15	To	3	9.54	9.43	0.11	0.2	3.5	3.25	27	27.5	0	
16	To	4	9.54	9.03	0.51	0.2	3	3.25	29	27.5	0	
1	T1	1	9.54	8.92	0.62	0.6	3	2.88	29	27.75	0	
2	T1	2	9.54	8.92	0.62	0.6	2.5	2.88	28	27.75	0	
3	T1	3	9.54	8.86	0.68	0.6	3	2.88	26	27.75	0	
4	T1	4	9.54	8.92	0.62	0.6	3	2.88	28	27.75	0	
5	T2	1	9.54	8.92	0.62	0.6	3	3	28	28.25	0	
6	T2	2	9.54	8.89	0.65	0.6	3	3	28	28.25	0	
7	T2	3	9.54	8.89	0.65	0.6	3	3	28	28.25	0	
8	T2	4	9.54	8.94	0.60	0.6	3	3	29	28.25	0	
9	T3	1	9.54	8.92	0.62	0.6	3	3.13	28	28.75	0	
10	T3	2	9.54	8.98	0.56	0.6	3	3.13	30	28.75	0	
11	T3	3	9.54	9	0.54	0.6	3.5	3.13	30	28.75	14.62	
12	T3	4	9.54	8.86	0.68	0.6	3	3.13	27	28.75	0	

T0 = 4% melaza + napier

T2 = 30% caña de azúcar + 70% napier

T1 = 15% caña de azúcar + 85% de napier

T3 = 45% caña de azúcar + 55% de napier

Cuadro 7A. Análisis de varianza para la variable de humedad de evaluación del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum var. schum*), con tres niveles de sustitución de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), como sustituto de melaza. Chiquimula, 2009

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Modelo	3	3.67	1.22	1.14	0.37
Error	12	12.85	1.07		
Total	15	16.53			

C.V. 1.28

Cuadro 8A. Análisis de varianza para la variable materia seca de evaluación del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum var. schum*), con tres niveles de sustitución de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), como sustituto de melaza. Chiquimula, 2009.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Modelo	3	5.93	1.98	1.73	0.21
Error	12	13.68	1.14		
Total	15	19.60			

C.V. 5.25

Cuadro 9A. Análisis de varianza para la variable de proteína cruda de evaluación del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum var. schum*), con tres niveles de sustitución de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), como sustituto de melaza. Chiquimula, 2009.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Modelo	3	2.26	0.75	8.10	0.0032
Error	12	1.11	0.09		
Total	15	3.37			

C.V. 9.88

Cuadro 10A. Análisis de varianza para la variable de extracto etéreo de evaluación del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum var. schum*), con tres niveles de sustitución de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), como sustituto de melaza. Chiquimula, 2009.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Modelo	3	7.39	2.46	5.10	0.017
Error	12	5.79	0.48		
Total	15	13.18			

C.V. 36.47

Cuadro 11A. Análisis de varianza para la variable de extracto libre de nitrógeno de evaluación del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum var. schum*), con tres niveles de sustitución de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), como sustituto de melaza. Chiquimula, 2009.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Modelo	3	14.89	4.96	2.26	0.13
Error	12	26.41	2.20		
Total	15	41.30			

C.V. 3.58

Cuadro 12A. Análisis de varianza para la variable de fibra cruda de evaluación del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum var. schum*), con tres niveles de sustitución de caña de azúcar (*sacharum officinarum*), como sustituto de melaza. Chiquimula, 2009.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Modelo	3	139.92	46.64	30.15	0.0001
Error	12	18.57	1.55		
Total	15	158.49			

C.V. 2.85

Cuadro 13A. Análisis de varianza para la variable de fibra acido detergente de evaluación del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum var. schum*), con tres niveles de sustitución de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), como sustituto de melaza. Chiquimula, 2009.

Fuente	GL	SC	СМ	FC	Pr > F
Modelo	3	155.85	51.95	38.34	0.0001
Error	12	16.26	1.35		
Total	15	172.11			

C.V. 2.51

Cuadro 14A. Análisis de varianza para la variable de fibra neutro detergente de evaluación del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum var. schum*), con tres niveles de sustitución de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), como sustituto de melaza. Chiquimula, 2009.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Modelo	3	240.26	80.09	105.43	0.0001
Error	12	9.11	0.76		
Total	15	249.38			

C.V. 1.08

Cuadro 15A. Análisis de varianza para la variable de energía digestible de evaluación del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum var. schum*), con tres niveles de sustitución de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), como sustituto de melaza. Chiquimula, 2009.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Modelo	3	0.09	0.03	1.76	0.21
Error	12	0.21	0.02		
Total	15	0.30			

C.V. 6.58

Cuadro 16A. Análisis de varianza para la variable de energía metabolizable de evaluación del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum var. schum*), con tres niveles de sustitución de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), como sustituto de melaza. Chiquimula, 2009.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Modelo	3	0.06	0.02	1.76	0.21
Error	12	0.14	0.01		
Total	15	0.20			

C.V. 6.58

Cuadro 17A. Análisis de varianza para la variable de minerales de evaluación del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum var. schum*), con tres niveles de sustitución de caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), como sustituto de melaza. Chiquimula, 2009.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Modelo	3	28.77	9.59	34.90	0.0001
Error	12	3.30	0.27		
Total	15	32.07			

C.V. 5.30

# CUADRO 18A. REGISTRO DE DATOS DEL ESTUDIO REALIZADO EN BASE FRESCA Y ENSILADO

	PC	EE	ELN	FC	FAD	FND	ED	EM	Cenizas
TRATAMIENTOS		%	%	%	%	%	Mcal/Kg.	Mcal/Kg.	%
Material en base fresca mezcla de 55%									
napier 45 % caña de azúcar	4.64	1.00	41.64	44.41	30.29	69.81	2.08	1.7056	8.31
Material en base ensilada, 60 días									
Mezcla de 55% napier									
45% caña de azúcar	3.04	1.22	40.04	47.34	49.91	85.64	2.06	1.6872	8.37

Fuente: Análisis realizado en Laboratorio de Bromatología de la Escuela de Zootecnia de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010



Figura 1A Cubetas para microsilos

Figura 2A Perforación de cubetas



Figura 3A Napier para el proyecto

Figura 4A Caña de azúcar para el proyecto





Figura 5A Picado de napier

Figura 6A Picado de caña de azúcar





Figura 7A Compactado del micro silo

Figura 8A Napier con adhisión de melaza



Figura 9A Sellado del micro silo

Figura 10A Identificación de micro silo



Figura 11 A Microsilos distribuidos aleatoriamente Figura 12 A Extracción de microsilos a 60 días



Figura 13A Muestras de ensilado

Figura 14A Laboratorio USAC



Figura 15A Análisis bromatológico

Figura 16A Análisis químico determinar PC



Figura 17A Análisis organoléptico del ensilado Figura 18A Análisis organoléptico del ensilado



Figura 19A Prueba de pH en el ensilaje

Figura 20A Análisis de pH