

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
ZOOTECNIA

“EVALUACIÓN QUÍMICA DEL ENSILADO DE NAPIER (*Pennisetum purpureum* var. *Schum*), Y CAÑA DE AZÚCAR (*Sacharum officinarum*), CON TRES NIVELES DE ADICIÓN DE NACEDERO (*Trichanthera gigantea*). CHIQUIMULA, 2010”.

WILO MIJAIL ARGUETA PEÑA

CHIQUIMULA, GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011

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

“EVALUACIÓN QUÍMICA DEL ENSILADO DE NAPIER (*Pennisetum purpureum* var. Schum), Y CAÑA DE AZÚCAR (*Sacharum officinarum*), CON TRES NIVELES DE ADICIÓN DE NACEDERO (*Trichanthera gigantea*). CHIQUIMULA, 2010”.

TESIS

PRESENTADA AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO

POR

WILO MIJAIL ARGUETA PEÑA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

ZOOTECNISTA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
ZOOTECNIA



RECTOR
LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS
CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Secretario:	Lic. Tobías Rafael Masters Cerritos
Representante de Docentes:	M.Sc. Edgar Arnoldo Casasola Chinchilla PhD. Felipe Nery Agustín Hernández
Representante de Egresados:	Lic. Zoot. Alberto Genesio Orellana Roldán
Representante de Estudiantes:	Br. Eibi Estephania Lemus Cruz MEPU. Leonel Oswaldo Guerra Flores
Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordon

COORDINADOR DE ZOOTECNIA
LIC. ZOOT. MERLIN WILFRIDO OSORIO LÓPEZ

TERNA EVALUADORA
M.Sc. Karen Judith Hernández
Lic. Zoot. Raúl Villeda Retolaza
Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini R.

Chiquimula, noviembre de 2011.

Señores:

Consejo Regional

Centro Universitario de Oriente

Presente,

Respetables señores:

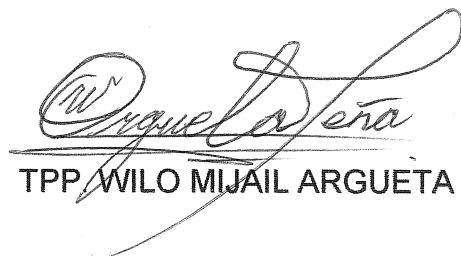
En cumplimiento a lo establecido por los estudios de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Centro Universitario de Oriente, presento a consideración de ustedes el trabajo de tesis titulado:

“EVALUACIÓN QUÍMICA DEL ENSILADO DE NAPIER (*pennisetum purpureum* var. *Schum*), Y CAÑA DE AZÚCAR (*Sacharum officinarum*), CON TRES NIVELES DE ADICIÓN DE NACEDERO (*Trichanthera gigantea*), EN EL MUNICIPIO DE CHIQUIMULA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA 2010”.

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

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

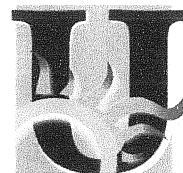
Atentamente,



TPP WILO MIJAIL ARGUETA PEÑA.



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



Chiquimula, noviembre de 2011.

Señor Director:
Nery Waldemar Galdámez Cabrera, MsC.
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 asesorar al joven **WILO MIJAIL ARGUETA PEÑA**, en el trabajo de graduación denominado: **“EVALUACIÓN QUÍMICA DEL ENSILADO DE NAPIER (*Pennisetum purpureum* var. Schum) Y CAÑA DE AZÚCAR (*Sacharum officinarum*), CON TRES NIVELES DE ADICIÓN DE NACEDERO (*Trichanthera gigantea*). 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 investigado plantea una nueva alternativa de alimentación para los ganaderos del país, adicionalmente, brinda información que destaca el aporte nutricional de una especie poco difundida en la región como lo constituye la *Trichanthera gigantea*.

Por lo anteriormente expuesto, en mi opinión, este trabajo 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 Wilfrido 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 el estudiante **WILO MIJAIL ARGUETA PEÑA** titulado **“EVALUACIÓN QUÍMICA DEL ENSILADO DE NAPIER (*Pennisetum purpureum* var. *Shum*), Y CAÑA DE AZÚCAR (*Sacharum officinarum*), CON TRES NIVELES DE ADICIÓN DE NACEDERO (*Trichanthera gigantea*). CHIQUIMULA, 2010”**, trabajo que cuenta con el Aval de la 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 diecisiete de noviembre de dos mil once.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI - USAC



c.c. Archivo

ars

TESIS QUE DEDICO

A DIOS

A GUATEMALA

A IPALA

A CHIQUIMULA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A EL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE

A LA CARRERA DE ZOOTECNIA

A MIS CATEDRÁTICOS UNIVERSITARIOS

A MIS ASESORES EN EL PRESENTE TRABAJO

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI FAMILIA EN GENERAL

A MIS COMPAÑEROS DE FORMACIÓN UNIVERSITARIA

A MIS AMIGOS EN GENERAL

ACTO QUE DEDICO

A Dios: por permitirme alcanzar este triunfo y por darme la sabiduría e iluminarme en cada momento de mi vida.

A mis padres: Rudy Edgardo Argueta Martínez y Aida Iracema Peña Roque de Argueta, por el esfuerzo económico y moral que han hecho para brindarme una educación profesional, por estar siempre a mi lado guiándome y apoyándome a seguir adelante. Con mucho amor y agradecimiento les dedico mi triunfo alcanzado. Que dios derrame muchas bendiciones sobre ellos.

A mis hermanos: Eva María, Melissa Iracema y Yunior Edgardo, por apoyarme en todo momento, que este triunfo sea una recompensa.

A mis sobrinos: Alejandro y José Pablo Pinto Argueta, que mi triunfo sea un ejemplo a seguir.

A mis abuelos: José Domingo Argueta Solís (Q.E.P.D.), María Gudelia Martínez Bárcenas (Q.E.P.D.). Hugo Osmundo Peña Pinto (Q.E.P.D.), Evalidia Roque Martínez, con todo respeto y cariño.

A mis tíos y primos: por los consejos y cariño incondicional que me han demostrado durante la vida de mi formación.

A mi cuñado: Abelardo Pinto Moscoso, gracias por compartir conmigo este triunfo.

A CUNORI: Templo del saber donde floreció mi educación.

A mis catedráticos: Por transmitirme sus conocimientos e influir en mi aprendizaje para ser un profesional de bien.

A mis compañeros: Oscar Duarte, Walter Espino, Fernando López, Carlos Moscoso, Vinicio Cabrera, Dayana Zuñiga, Elisa García, Paola Figueroa, Leonel Valdez, Edgar Muñoz, Mynor Pascual, con quienes compartí muchos momentos de alegría, estudio y trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la fortaleza, sabiduría e iluminar mis pasos que contribuyeron en mi formación académica y profesional.

A mis asesores, Lic. Zoot. Merlin Wilfrido Osorio López, Lic. Zoot. Carlos A. Suchini Ramírez, Lic. Zoot. Luis E. Vásquez Chegüén, por la asesoría, esfuerzo y dedicación brindada en esta investigación.

A los docentes de la carrera de Zootecnia, por transmitirme sus conocimientos e influir en mi formación profesional y personal.

A los miembros de la terna evaluadora M.Sc. Karen Judith Hernández, Lic. Zoot. Raúl Villeda Retolaza, Lic. Zoot. Mario Suchini. Por la orientación brindada durante el proceso de la investigación.

A la Finca “El Mango”, propiedad del Sr. Wenceslao Mayorga y familia, por brindarme la oportunidad de realizar mi Práctica Profesional Supervisada PPS.

A los socios de la Cooperativa Integral de Producción Láctea “UJIAPA R.L.” de Asunción Mita, Jutiapa, por permitirme desarrollar el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

Al Sr. José Adolfo Tobar, por su apoyo incondicional en el desarrollo de mi (EPS).

Al Ing. Agr. Abelardo Villafuerte, por su amistad, motivación, apoyo y consejos brindados.

Al Ing. Agr. René Villagrán por brindarme el apoyo en la realización de capacitaciones a los productores lecheros durante el EPS.

Al Laboratorio “Santa Luisa” propiedad de la Licda. Mayra Barrondo de Sánchez, por el apoyo en la elaboración de pruebas en leche durante el EPS.

Al Lic. Zoot. Marlon Yaeggy y la empresa Genética S.A., por brindarme el apoyo en la realización de capacitaciones a los productores lecheros durante el EPS.

A la Cooperativa Coosajo R.L. por brindarme el apoyo en la realización de capacitaciones a los productores lecheros durante el EPS.

Muy especialmente a la familia Guardado Argueta y a mi tía Gumercinda Martínez Bárcenas, por abrirme las puertas de su casa y expresarme su cariño y apoyo durante el desarrollo del EPS.

A Víctor Ricardo Peña Guerra y Diovel Francisco Aarón Argueta López, por el apoyo en la elaboración de la investigación durante la fase de campo.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
Índice general	i
Índice de cuadros en el texto	iv
Índice de cuadros en el apéndice	v
Índice de figuras en el texto	vi
Índice de figuras en el apéndice	vii
Resumen	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. OBJETIVOS	4
– General	4
– Específico	4
V. HIPÓTESIS	5
VI. MARCO TEÓRICO	6
6.1. Marco conceptual	6
6.1.2. Conservación de forrajes	6
6.1.2.1. Ensilado	7
6.1.2.2. Principios que rigen el proceso	7
6.1.2.3. Fases de fermentación del ensilado	9
6.1.2.3.1. Primera fase	9
6.1.2.3.2. Segunda fase	10
6.1.2.3.3. Tercera fase	11
6.1.2.3.4. Cuarta fase	12
6.1.2.3.5. Quinta fase	12
6.1.2.4. Factores que afectan el valor nutritivo del ensilado	13
6.1.2.5. Tipos de silos	14
6.1.3. Características del pasto napier (<i>Pennisetum purpureum</i> <i>var. Schum</i>)	15
6.1.4. Características caña de azúcar (<i>Sacharum officinarum</i>)	16
6.1.4.1. Calidad y valor nutritivo de la caña de azúcar	17

6.1.4.2. Características de la caña para uso en alimentación bovina	18
6.1.5. Características del nacedero (<i>Trichanthera gigantea</i>)	19
6.1.5.1. Clasificación botánica	19
6.1.5.2. Descripción botánica	19
6.1.5.3. Origen y distribución	20
6.1.5.4. Adaptación	21
6.1.5.5. Aspectos agronómicos de cultivo	21
6.1.5.5.1. Propagación	21
6.1.5.5.2. Altura de corte	22
6.1.5.5.3. Producción de biomasa	23
6.1.5.5.4. Composición química	24
6.1.5.5.5. Metabolitos secundarios	27
6.1.5.6. Usos	28
6.1.5.6.1. Medicinal	28
6.1.5.6.2. Forrajero	29
6.1.5.7. Plagas y enfermedades	29
6.1.5.8. Investigaciones en la utilización del nacedero en alimento en animales	29
VII. MARCO METODOLÓGICO	31
7.1. Localización	31
7.2. Clima y zona de vida	31
7.3. Manejo del experimento	31
7.3.1. Preparación de los follajes a ensilar	32
7.3.2. Corte de los materiales o forrajes y preparación de la mezcla base	32
7.3.3. Aleatorización de la unidad experimental	32
7.3.4. Preparación de microsilos con los diferentes niveles de nacedero	32
7.4. Materiales	33
7.5. Técnicas de observación	33
7.5.1. Variables a medir	33
7.5.2. Variables a evaluar	33
7.5.3. Tratamientos	34
7.6. Diseño estadístico	34
7.7. Técnicas de recolección y análisis de datos	34
7.7.1. Análisis químico	34
7.7.2. Análisis estadístico	35
7.7.3. Recolección de datos	36
VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	37
8.1. Variables a evaluar en el ensilado	37
8.1.1. Materia seca	37

8.1.2. Energía bruta	38
8.1.3. Energía digestible	39
8.1.4. Proteína cruda	40
8.2. Variables a medir en el ensilado	42
8.2.1. pH	42
8.2.2. Diferencia de peso	42
8.2.3. Porcentaje de pérdida de ensilado a la apertura	43
IX. CONCLUSIONES	45
X. RECOMENDACIONES	46
XI. BIBLIOGRAFÍA	47
XII. APÉNDICE	53

INDICE DE CUADROS

No. CUADRO	CONTENIDO	PÁGINA
En el texto		
1	Composición química del pasto napier (<i>Pennisetum purpureum</i> var. <i>Schum</i>).	16
2	Composición promedio de nutrimentos de la caña de azúcar (<i>Sacharum officinarum</i>) concentración de nutrimentos en base seca.	18
3	Composición química del nacedero (<i>Trichanthera gigantea</i>).	25
4	Análisis nutricional del nacedero (<i>Trichanthera gigantea</i>).	26
5	Composición química de forrajes y mezcla de forrajes (verdes y ensilados) de trópico medio.	27
6	Resultado de todas las variables evaluadas y medidas en la investigación.	44

INDICE DE CUADROS

No. CUADRO	CONTENIDO	PÁGINA
En el apéndice		
1A	Preparación de microsilos con sus respectivas cantidades de cada material (kg).	54
2A	Formulario bromato 7 informe de resultados de análisis (No. 113).	55
3A	Formulario bromato 7 informe de resultados de análisis (No. 114).	56
4A	Formulario bromato 7 informe de resultados de análisis (No. 115).	57
5A	Formulario bromato 7 informe de resultados de análisis (No. 116).	58
6A	Formulario bromato 7 informe de resultados de análisis (No. 117).	59
7A	Registro de datos del estudio realizado en el ensilado.	60
8A	Valores promedio de los parámetros medidos a los tratamientos con diferentes niveles de napier, caña de azúcar y nacedero.	61
9A	Análisis de varianza para la variable MS.	62
10A	Análisis de varianza para la variable EB.	62
11A	Análisis de varianza para la variable PC.	62
12A	Resultados de materia seca realizada a los tres materiales Utilizados en el experimento.	63
13A	Análisis químico de una muestra de cada tratamiento Evaluado en el estudio sobre diferentes niveles de Adición de nacedero.	63

INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.	CONTENIDO	PÁGINA
En el texto		
1	Materia seca en el ensilado de napier-caña con tres niveles de adición de nacedero.	37
2	Energía bruta en el ensilado de napier-caña de azúcar con tres niveles de adición de nacedero.	39
3	Energía digestible en el ensilado de napier-caña de azúcar con tres niveles de adición de nacedero.	40
4	Proteína cruda en el ensilado de napier-caña con tres niveles de adición de nacedero.	41

INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.	CONTENIDO	PÁGINA
En el apéndice		
1A	Distribución y semientierro de los microsilos aleatoriamente.	64
2A	Corte de uniformización del Napier.	65
3A	Corte de la caña de azúcar utilizada en el proyecto.	65
4A	Corte de nivelación del nacedero.	66
5A	Picado de los materiales a ensilar.	66
6A	Identificación de las unidades experimentales.	67
7A	Llenado de microsilos.	67
8A	Pesado de microsilos.	68
9A	Compactado del microsilo.	68
10A	Sellado del microsilo.	68
11A	Unidades experimentales puestas en reposo aleatoriamente.	69
12A	Material colectado para su procesamiento en el laboratorio.	69
13A	Muestras puestas en el horno de aire forzado.	70
14A	Determinación de pH.	70

RESUMEN

Argueta Peña, WM. 2011. “Evaluación química del ensilado de napier (*pennisetum purpureum* var. *Schum*), y caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), con tres niveles de adición de nacedero (*Trichanthera gigantea*)”. Chiquimula. Tesis Lic. Zoot. Chiquimula, GT, USAC. 70 p.

Con el objeto de contribuir al uso y manejo de nuevas especies forrajeras como alternativas para la alimentación animal en las condiciones agroclimáticas de la región oriental de Guatemala se realizó este trabajo investigativo para evaluar químicamente tres niveles de adición (20-40-60%) de nacedero *Trichanthera gigantea*, al ensilado de napier *Penisetum purpureum* var. *Schum*, más caña de azúcar *Saccharum officinarum*, en función de materia seca (MS), energía bruta (EB), proteína cruda (PC) y acidez (pH).

No está demás agregar que esta búsqueda de alternativas asequibles y rentables para los productores de bovino, se basó en la experiencia de Duarte (2010), quien encontró que la relación 55% de napier y 45% de caña de azúcar proporciona resultados energéticos similares a la melaza, pero que, su principal deficiencia constituyó el bajo contenido de proteína del ensilado y fue realizado en la granja experimental, “El Zapotillo”, del Centro Universitario de Oriente, Chiquimula, Guatemala.

Los tratamientos que se evaluaron fueron, T₁ 55% Napier y 45% de Caña de Azúcar (Testigo); T₂ Napier (55%), Caña de Azúcar (45%) y 20% adición de nacedero; T₃ Napier (55%), Caña de Azúcar (45%) y 40% adición de nacedero y T₄ Napier (55%), Caña de Azúcar (45%) y 60% adición de nacedero. Para ello se usaron microsilos en cubetas plásticas de 5 galones de capacidad las cuales fueron puestas en reposo semienterradas por un periodo de 60 días a la intemperie.

Para evaluar las variables consideradas se procedió a realizar el análisis químico del contenido de cada una de las unidades experimentales. La cantidad de material colectado como muestra para su procesamiento en el laboratorio de bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Usac, fue de 200 gramos por muestra de materia fresca.

En el análisis se encontró que la variable proteína cruda presenta diferencias estadísticas, altamente significativas y su tendencia es ascendente a medida que el nivel de adición de nacedero se incrementa en los tratamientos; por lo tanto todos los niveles evaluados superan el contenido de proteína del tratamiento testigo.

Palabras claves: Ensilado, pasto napier, caña de azúcar, nacedero, adición, microsilos, análisis bromatológico, materia seca (MS), proteína cruda (PC), energía bruta (EB), pH, diferencia de peso, porcentaje de pérdida de ensilado a la apertura.

I. INTRODUCCIÓN

Siempre que se aborda el tema de la producción bovina guatemalteca nos encontramos, reiteradamente, con el problema serio que representa la escasez de alimento apropiado para el ganado en el verano. Actualmente se encuentran en el mercado varias alternativas para paliar en parte, la problemática que enfrentan los productores en cada época seca, aunque algunas resultan onerosas, disminuyendo las utilidades de los productores bovinos, tal es el caso del ensilado, que requiere melaza para incrementar la disponibilidad de carbohidratos solubles necesario para el adecuado proceso de conservación pero este aditivo ha aumentado su precio en el mercado actual debido a la demanda energética en general.

En la búsqueda de alternativas asequibles para los productores, Duarte (2010) encontró que la relación 55% de napier y 45% de caña de azúcar proporcionó resultados energéticos similares a la melaza que fue utilizada como testigo, sin embargo, la principal deficiencia la constituye el bajo contenido proteico del ensilado.

Usando microsilos contruidos con cubetas plásticas, se elaboraron ensilados, los cuales tuvieron como base una mezcla de napier con caña en las proporciones de 55% y 45% respectivamente, a la cual se le adicionó el nivel 20%, 40% y 60% de nacedero con la intención de mejorar su calidad nutricional.

Se hizo una evaluación química al ensilado con los diferentes niveles de nacedero, con la intención de determinar cuál de éstos es el más indicado para la mezcla de napier con caña de azúcar, obteniendo como resultado que todos los niveles evaluados incrementan la proteína en el ensilado. Por otro lado, se logró determinar que la materia seca del ensilado varía inversamente proporcional al nivel de adición de nacedero. La energía bruta también tuvo una tendencia similar a la materia seca, ya que a medida que se incrementa el nivel de nacedero disminuye el contenido de ésta energía en el ensilado. Finalmente, logramos determinar que el uso de follaje de nacedero en el ensilado con napier y caña en los niveles evaluados es una buena opción para mejorarlo nutricionalmente en relación con el contenido de proteína.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la región oriental guatemalteca el problema de la alimentación bovina se torna cada vez más difícil, debido a que la disponibilidad y calidad del forraje disminuye considerablemente en la época seca. Los alimentos disponibles en esta época, además de ser escasos, son muy lignificados y de muy mala calidad nutricional. La falta de alimento apropiado influye en la productividad de fincas, debido a que baja la producción láctea y reproductiva, así también la pérdida de condición corporal de los animales y con ello las pérdidas económicas de los productores son grandes.

Por aparte, la insuficiente investigación en la búsqueda de alternativas viables de alimentación para la época seca de la región limita el acceso a la tecnología y obliga a los productores a adquirir alimentos balanceados comerciales que incrementan los costos de producción y disminuyen el margen de utilidades, en detrimento de las unidades productivas y de la actividad pecuaria en general.

III. JUSTIFICACIÓN

Un estudio reciente realizado en el Centro Universitario de Oriente Duarte (2010), ha generado información válida para la producción de ensilado de napier más caña de azúcar para la alimentación de ganado como alternativa para enfrentar la época seca. Dicha investigación determinó que el ensilado referido, contiene niveles aceptables de energía digestible para cubrir los requerimientos de los bovinos de la zona, pero con bajo contenido proteico.

Una opción de enriquecimiento del ensilado de napier más caña de azúcar, para suplir la deficiencia de proteína en la dieta, puede ser el uso de follaje de algunos árboles como el nacedero (*Trichanthera gigantea*), fuente potencial de proteína para los rumiantes. Esto beneficiaría de gran manera al ambiente porque con su utilización se incentivaría el crecimiento de la cobertura forestal y acercaría a los productores a la explotación de sistemas agropecuarios más sostenibles.

El presente estudio tiene como propósito evaluar tres niveles de adición del follaje del árbol nacedero (*Trichanthera gigantea*), como aditivo proteico para obtener un ensilado, adecuado para la dieta del ganado bovino, con la finalidad de mejorar la dieta alimenticia durante la época de verano y disminuir los costos por suplementación con alimentos balanceados comerciales.

IV. OBJETIVOS

General:

Generar información sobre la utilización del follaje de árboles y arbustos multipropósito, como nuevas opciones de alimentación bovina para mejorar el aporte proteico al ensilado elaborado a base de gramíneas.

Específico:

Evaluar químicamente tres niveles de adición (20-40-60%) de nacedero *Trichanthera gigantea*, al ensilado de napier *Penisetum purpureum* var. *Schum*, más caña de azúcar *Saccharum officinarum*, en función de materia seca (MS), energía bruta (EB), proteína cruda (PC) y acidez (pH).

V. HIPÓTESIS

Al menos uno de los niveles de Nacedero (*Trichanthera gigantea*), presenta valores nutricionales que mejoran la calidad nutricional del ensilado de napier con caña de azúcar.

VI. MARCO TEORICO

6.1. Marco conceptual

6.1.2. Conservación de forrajes

En el oriente de Guatemala se presentan variaciones en la disponibilidad de pastos y forrajes a nivel de finca, éstas variaciones son consecuencia de cambios en muchos factores, especialmente de aquellos asociados con el clima, que en particular tienen que ver con la cantidad y la distribución de las lluvias, la temperatura, el fotoperiodo y la intensidad lumínica, principalmente; esos elementos también afectan la calidad nutricional del alimento producido. En consecuencia, durante el período lluvioso, con temperaturas más elevadas y días más largos se produce mayor cantidad de forraje de mejor calidad mientras que en la época seca, con días más cortos y en parte con temperaturas menores, se produce muy poco pasto y de menor calidad. En general, la magnitud de esta reducción puede llegar al orden del 75 al 85%, (Gutiérrez 1996).

El productor entonces se verá forzado a recurrir a alternativas más caras, como pagar repasto, o tener que comprar forrajes y concentrados para suplir sus necesidades, vender animales cuando no están listos para el mercado y/o los precios no sean los más convenientes. Para que la conservación de forrajes cumpla a cabalidad con sus objetivos, será imprescindible contar con información básica que permita cuantificar la cantidad de alimento que se deba almacenar, (Gutiérrez 1996).

Cattani (2008), describe que la calidad de los forrajes conservados dependerá directamente del material original y del cuidado en los procesos de conservación, en consecuencia, todos los forrajes tendrán una calidad inferior al material original. Existen diferentes posibilidades de elección de técnicas para la conservación de forrajes; entre las que merecen ser mencionadas están el ensilaje, la henificación, la guatera y la reserva en pie.

6.1.2.1. Ensilado

Según Gutiérrez (1996), existe la costumbre de usar indistintamente los términos ensilado, ensilaje y silo, por lo que se iniciará definiéndolos de manera correcta. Ensilado es el forraje (o alimento) conservado, resultante de haberlo expuesto al proceso del ensilaje. Ensilaje es un método de conservación de forrajes en estado fresco, a través de un proceso de fermentación anaeróbica que produce un grado de acidez que inhibe la acción de cualquier otro microorganismo. Silo es la estructura física donde se colocan los forrajes para ser conservados a través del proceso del ensilaje.

Bertoia (2007) señala 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 succulento y con valor nutritivo cercano al valor del forraje original.

6.1.2.2. Principios que rigen el proceso

Cuando ciertos materiales verdes recién cortados, como por ejemplo, el césped o los desperdicios de legumbres, se colocan en montones o pilas, se produce gran cantidad de calor. Esto se debe a una serie de procesos químicos y biológicos, y si el montón permanece sin alteración, se transformará finalmente en abono orgánico.

La conservación de una cosecha por medio del ensilaje comienza de manera semejante, con el hacinamiento del producto verde en un depósito de cierta forma o haciendo montones a manera de rimero, pero es de importancia manifiesta que el procedimiento deberá ser de tal naturaleza que los cambios mencionados puedan ser regulados, y que el alimento no llegue hasta la condición de abono. En consecuencia,

es necesario meditar cuidadosamente en el motivo o causas de las alteraciones del material vegetal original si se desea lograr con éxito la conservación de los productos cosechados, (Watson y Smith 1975).

El principio fundamental que rige este proceso es la creación de un ambiente anaeróbico esterilizado, donde no se pueda producir alguna actividad de microorganismos que conduzca a la degradación o pérdida del forraje almacenado. La esterilización se consigue mediante la formación natural de suficiente cantidad de ácido láctico que lleve el pH entre 3,5 y 4,0, o mediante la adición del mismo o de agentes que actúen como anestésicos y/o esterilizantes del material a guardar, los que pueden ser: el ácido fórmico, formaldehído, bisulfuro de carbono, anhídrido carbónico y ácidos inorgánicos, (Gutiérrez 1996).

Cuando un cultivo se ensila la respiración aerobia continua en cierto tiempo en las células vivas, por cuya razón se producen agua y bióxido de carbono y gran cantidad de calor. El aumento de la temperatura dependerá de la cantidad de oxígeno disponible, es decir, del grado de compactación de la masa ensilada. La respiración disminuirá si la consolidación impide la entrada del aire, con lo cual se acumulará el bióxido de carbono. Esta respiración terminará al morir las células, pero continuará la oxidación parcial o respiración anaerobia, (Watson y Smith 1975).

La anaerobiosis se consigue compactando el material para eliminar el oxígeno del ambiente interno del silo y efectuando un buen sellado al final. Una vez se consiga lo anterior y persista cerrado el silo, puede mantenerse conservado el forraje por mucho tiempo; experiencias de campo a nivel latinoamericano y en condiciones tropicales han permitido establecer que un ensilado puede conservarse por un período de 2 a 5 años, sin embargo, información de Estados Unidos de Norte América afirma que lo han podido mantener hasta por 20 años. Ello permite que, si en un año muy benigno sobra comida, este alimento pueda continuar almacenado para un año adicional o más, aspecto que hace de esta alternativa muy atractiva, (Gutiérrez 1996).

Las bacterias desempeñan un papel preponderante en el proceso del ensilaje, producen enzimas y atacan a una gran variedad de compuestos orgánicos complejos. La energía necesaria (para estos procesos) se obtiene a través de la descomposición de dichos compuestos hasta sustancias más sencillas, quedando de este modo la actividad de los microbios, como una función de la temperatura y la acidez del medio. Las bacterias que producen ácido láctico a partir de los carbohidratos son los *lactobacilos*; se encuentran profusamente distribuidas en la naturaleza y a veces, su presencia se descubre inclusive en el cultivo verde, (Watson y Smith 1975).

La formación natural de ácido láctico en el forraje dentro del silo es un proceso que tiene sus requisitos y necesita de tiempo, condiciones que pueden proveerse mediante un manejo apropiado del forraje. Bajo esas circunstancias, se dará una serie de procesos bioquímicos que si son adecuadamente conducidos, llevarán a obtener un material que debe llenar los estándares siguientes: tener un pH de 4,2 o menor; un contenido de ácido butírico menor de 0,1% de la materia seca y el nitrógeno amoniacal menor del 11% del nitrógeno total. El contenido de ácido láctico puede variar entre 3 y 13% de la materia seca y deberá ser siempre mayor que la de los ácidos grasos volátiles.

En el trópico falta mucha información respecto al proceso, pero desde un punto de vista práctico se han obtenido muy buenos resultados de conservación en el ambiente natural sin tener que recurrir a preservativos especiales y costosos. A veces el pH no ha sido tan bajo, pero ha permitido conservar el forraje en buen estado de un año a otro, (Gutiérrez 1996).

6.1.2.3. Fases de fermentación del ensilado

6.1.2.3.1. Primera fase

Según Gutiérrez (1996), da inicio en el forraje inmediatamente después de cortado y almacenado, la que comprende procesos de respiración celular, producción

de anhídrido carbónico y producción de calor. Las células permanecen vivas por cierto tiempo y como disponen de oxígeno a nivel de tejido y entre los espacios que deja el forraje amontonado, continúan respirando; durante ese tiempo las enzimas de la planta siguen actuando; también hay respiración intramolecular dándose acciones diastásicas que en conjunto producen ácido carbónico, alcohol y elevación de la temperatura; también pueden producirse ácidos málico y cítrico que le confieren al material un olor característico. Las células comienzan a morir y romperse, lo que produce líquidos (efluentes) que fluyen hacia el fondo del silo.

6.1.2.3.2. Segunda fase

Garcés *et al* (2004), puntualiza que se inicia al producirse un ambiente anaerobio. Puede durar de días a semanas dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones ambientales en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad de las bacterias que producen ácido láctico (BAC) proliferará y se convertirá en la población predominante. Debido a la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8 a 5,0.

Las BAC pertenecen a la microflora epifítica de los vegetales. Los componentes BAC que se asocian con el proceso de ensilaje pertenecen a los géneros (*Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Streptococcus*). La mayoría de ellos son mesófilos, o sea que pueden crecer en un rango de temperaturas que oscila entre 5° y 50 °C, con un óptimo entre 25° y 40 °C. Son capaces de bajar el pH del ensilaje a valores entre 4 y 5, dependiendo de las especies y del tipo de forraje.

El tipo de fermentación estará regido primordialmente por las temperaturas que se den en el seno del forraje, las que dependerán del grado de compactación que se le haya dado al material; si falta compactación y quedó suficiente aire dentro del forraje se eleva mucho, si se compacta en exceso limitando la disponibilidad de oxígeno, casi no aumenta. La temperatura deseable tiene que variar entre 30 y 52°C, pues con ella se estimula la actividad de las bacterias lactogénicas desde el inicio, aunque en esta fase

cuando la situación es correcta, se producirá ácido acético porque en el ambiente aún hay aire y la temperatura puede estar inicialmente entre 20 y 30°C, (Gutiérrez 1996).

6.1.2.3.3. Tercera fase

Es cuando comienza la formación de ácido láctico. Las bacterias lactogénicas (*Bacillus subtilis*) y (*Bacillus fluorescens*) empiezan a actuar bajo condiciones anaeróbicas y cuando la temperatura ha llegado a un mínimo de 30-32°C, la cual bajo condiciones normales y correctas tendrá que elevarse un poco más. Estas primeras tres fases deben estarse completando en los primeros cuatro días de sellado el silo y el pH, si todo va bien, deberá llegar alrededor de 4,2. Esto es importante que suceda rápidamente, pues de lo contrario se pueden desarrollar microorganismos que descomponen la materia orgánica, como las clostridias, que atacan a las proteínas y otros componentes celulares, produciendo ácido butírico que es muy indeseable, así como otros inocuos y aminos, (Gutiérrez 1996).

Según Bertoia (2007) es una fase de transición donde las bacterias acéticas dan lugar a las productoras del ácido láctico, las que aumentan su población debido al continuo descenso del pH. La tasa de fermentación depende de la cantidad y tipo de bacterias ácido lácticas presentes en el cultivo a ensilar, y del contenido de humedad del silaje. Si la cantidad de hidratos de carbono en la planta es bajo, se produce una escasa cantidad de ácido láctico, lo que atenta contra la calidad del forraje conservado.

En ensilados bien conservados, por lo menos el 70% de los ácidos presentes es el láctico, necesitando este tipo de bacterias de los azúcares para multiplicarse. Durante la fermentación, el contenido de los azúcares disminuye; llegando al extremo de que si se agotan, el descenso del pH se detiene y puede llegar a no existir suficiente ácido que logre estabilizar el forraje, (Bertoia 2007).

6.1.2.3.4. Cuarta fase

Se caracteriza por la producción abundante de ácido láctico, llevando el pH de 4,2 hasta un mínimo de 3,5, momento en el cual su concentración limitará incluso la actividad propia de los microorganismos lactogénicos y su supervivencia. En ese momento la cantidad de ácido láctico presente, actuando como esterilizante natural, no permitirá el desarrollo de algún microorganismo, asegurándose con ello, la preservación satisfactoria del forraje. Las temperaturas ideales para máxima actividad lactogénica están entre 48 y 52°C, si la temperatura excede ligeramente del límite señalado, es decir que se llegue a 54-55°C, se propiciará fermentación alcohólica, que conduce a obtener lo que se conoce como un ensilado dulce, el cual no tendrá la perdurabilidad del anterior, que se conoce como ensilado ácido, (Gutiérrez 1996).

Estas cuatro fases se desarrollan en unas tres semanas (de 17 a 21 días), pero las tres primeras terminan en unos tres días. Si el material ha sido bien ensilado, la producción de ácido láctico ha sido adecuada y no queda aire, el ensilado permanecerá estable y en buenas condiciones durante largo tiempo (diez o más años). Por otra parte, el ensilado permanecerá estable mientras el aire exterior no pueda penetrar, ya que una vez abierto puede degradarse por el desarrollo de mohos persistentes a estados de fuerte acidez que pueden ocasionar pérdidas graves de materia orgánica, (Silveira y Franco 2006).

6.1.2.3.5. Quinta fase

Va a depender de la cantidad de ácido láctico formado; si se formó suficiente cantidad (del 3 al 13% de la materia seca), el ensilado permanecerá constante, si se formó una cantidad insuficiente, comenzará la producción de ácido butírico y las proteínas se pueden degradar, trayendo como consecuencia que el forraje se pierda en exceso o totalmente. En conclusión, todas las acciones durante el proceso deberán conducir a que se favorezca la producción de agentes conservadores y se opongan a los agentes de putrefacción, (Gutiérrez 1996).

6.1.2.4. Factores que afectan el valor nutritivo del ensilado

Según Galleano (2004), 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 debe ser considerada crucial. 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 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 del silo. 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”.

Vieira (2009) citado por Mier (2009), describe que el tratamiento físico del forraje antes de ser ensilado es muy importante para conseguir una buena conservación, el tamaño de partícula es una de las principales precauciones para ensilar forrajes. Si el forraje tiene gruesos y grandes tallos, sino se pica, pueden quedar bolsas de aire con más facilidad ya que la compactación del material es más difícil y consecuentemente, pueden producirse fermentaciones de tipo aeróbico principalmente, aumentando la temperatura y elevándose el pH, que deteriora el ensilaje.

6.1.2.5. Tipos de silos

Gutiérrez (1996), señala que existen tipos diversos de silos, desde los más simples y baratos hasta los más complejos para construirlos y de alto costo como el silo superficial, que se construye sobre la superficie de un terreno compacto o duro, en el cual no se gasta en construir algunas infraestructuras, excepto en polietileno para taparlo, pero donde las pérdidas de materia seca son altas debido a la cantidad de forraje que se expone al aire y al sol.

El silo tipo trinchera, este es muy difundido en Guatemala, del cual hay varias modalidades, totalmente debajo de la superficie del suelo, o sobre la misma (a veces conocido como bunker), o compartiendo en diferentes grados el espacio aéreo y el subterráneo; puede ir revestido o no. En el primer caso, el piso deberá tener dos pendientes, una hacia el centro de la trinchera en corte transversal y otra, hacia las puntas, las que pueden ser del 0,5 al 1,5% de pendiente. A lo largo de ese silo y por en medio es conveniente construir un drenaje que evacúe los efluentes producidos.

Los taludes de las paredes pueden variar de 1:1 hasta 1:5, dependiendo de la textura del suelo y, de si el silo es revestido o no. En suelos arenosos debe ser 1:1, en suelos arcillosos estables y en silos revestidos, pueden ser de 1:5. En otras texturas de suelo, el talud debe ser intermedio, (Gutiérrez 1996).

El silo tipo cilíndrico, puede ser tipo foso o tipo torre, en ambos casos permiten minimizar las pérdidas de forraje, su costo por lo general es elevado y es raro encontrarlos en Guatemala. La operación de vaciado o de llenado, respectivamente, puede ofrecer ciertas dificultades o mayor requerimiento de mano de obra, (Gutiérrez 1996).

Según Bernal (1992) citado por Intriago y Paz (2000), el silo de compresión al vacío, este tipo de silo es una forma de realización de ensilajes. El forraje se coloca en un depósito de plástico de tamaño variable y se extrae el aire mediante la utilización de

una bomba de vacío. Es necesario que el forraje se compacte en bolsas individuales y luego se lleve al depósito. Para la realización del vacío se puede utilizar una aspiradora para retirar el aire de la bolsa plástica.

6.1.3. Características del pasto napier (*Pennisetum purpureum* var. *Schum*)

Forrajera de corte, originaria de África del Sur; posee hábito de crecimiento erecto, formando macollas que en algunos casos superan los tres metros de altura. Los tallos son cilíndricos, sólidos, con entrenudos llenos de médula blanda y jugosa cuando esta tierno; las hojas miden hasta un metro de largo y 5 cm de ancho, con nervadura central blanca y acanalada en la parte superior, así como abundante pubescencia en ambos lados. La inflorescencia es una espiga cilíndrica compacta, de color amarillo dorado o amarillo pardo, de 10 hasta 30 cm de largo, con espiguillas perfectas que poseen en la base una corona de pelos, (Pineda 1994).

La especie es muy variable en tamaño, pues dentro de la misma se tienen tipos bajos y compactos como la variedad Enano que se usa a veces para pastoreo directo, los de tallos más altos como la variedad Elefante que se usa para corte; el logro genético más significativo con esta especie es posiblemente la creación en Georgia del híbrido denominado variedad Costa Rica, que se diferencia de los demás por poseer tallos más gruesos, hojas más anchas y de textura menos tosca, permitiéndole ser uno de los más productivos, (Pineda 1994).

Se adapta bien desde el nivel del mar hasta los 1800 metros de altitud, aunque su mejor rango es hasta los 1000 metros; prefiere clima cálido con temperaturas entre 18 y 30 °C y precipitaciones de 1000 a 4000 mm anuales; aunque tolera suelos ligeramente ácidos o alcalinos y de baja fertilidad, su respuesta no es la mejor bajo estas condiciones. Se propaga usando material vegetativo que pueden ser tallos completos o fracciones de estos con tres o cuatro nudos; en el primer caso se siembran horizontalmente en cadenas simple, dobles o triples y en el segundo, ligeramente inclinados en surcos de 80 a 100 cm y a 30 cm sobre surcos; se necesitan para el

primer método cinco toneladas por hectárea, mientras que para el segundo solamente 2,5 toneladas, (Pineda 1994).

Esta planta forrajera probablemente sea la más productora de principios nutritivos por unidad de área y la que mejor responde a los programas de fertilización en general. Puede utilizarse para suministrarla en verde o para ensilar, principalmente cuando se cultiva asociada con leguminosas; si se cosecha a 1,5 metros de altura con cortes a ras del suelo, se obtienen hasta 50 toneladas de forraje verde por hectárea por corte, con 10 por ciento de proteína cruda en base seca, pudiendo programarse entre seis y ocho cortes al año, dependiendo de la zona y las prácticas de manejo, (Pineda 1994).

Cuadro 1. Composición química del pasto Napier (*Pennisetum purpureum*) Clasificación NRC: 2 referencia: ICTA-INCAP procedencia: Escuintla.

PC %	TND %	ED BOVINOS, Mcal /kg	FND %	FAD %	LIGNINA %	CELULOSA %	HEMICELULOSA %
6.50	55.40	2.44	77.20	53.46	10.68	39.42	23.86

Fuente: Rodenas, MA *et al.* 1999.

6.1.4. Características caña de azúcar (*Sacharum officinarum*)

Es una gramínea perenne con 10 o 12 años de vida, originaria de Nueva Guinea y que crece en todas las áreas tropicales y subtropicales del mundo. Posee tallo grueso, sólido y jugoso, generalmente cubierto por una cutícula dura de color verde, amarilla o morada, dependiendo de la variedad; las hojas son anchas, alternas, largas, duras, ásperas y con bordes filosos, reduciéndose las inferiores a vainas triangulares o semienvolventes; la inflorescencia es una panícula terminal, piramidal, difusa, pubescente y de color blanquecino, cuyas últimas ramificaciones delgadas están provistas de espiguillas con una flor; el sistema radicular es de corta duración, permaneciendo en constante renovación, (Pineda 1994).

Es una planta tropical que se desarrolla mejor en regiones, calientes, con amplia radiación solar y precipitaciones entre 1000 y 2000 mm anuales; prefiere suelos profundos, fértiles y bien drenados, aunque puede crecer en otro tipo de suelos y climas pero el rendimiento será afectado significativamente. Junto con el maíz, son probablemente las especies que han sido sometidas a un mejoramiento genético más intenso. Como la especie *officinarum* acarreó consigo fuertes ataques de parásitos y enfermedades ha sido necesario crear hibridaciones con las especies *robustum*, *spontaneum* y *barbari* que son poseedoras de genes de rusticidad, adaptabilidad, rendimiento y firmeza en el rebrote, (Pineda 1994).

La propagación se efectúa por medio de tallos completos sembrados en forma horizontal o por fitómeros plantados a 10 cm de distancia, horizontalmente o con cierto grado de inclinación sobre el borde de los surcos trazados a 1,5 metros; para el efecto se necesitan entre cinco y seis toneladas de tallos por hectárea, los cuales deben ser seleccionados cuidadosamente. Con fines forrajeros se utiliza la planta íntegra, pero con mayor constancia los subproductos como la melaza, el bagazo y la punta o cogollo; el cultivo puede tener una vida útil de tres a cuatro años, observando rendimientos promedio entre 80 y 90 toneladas de materia verde por hectárea, cuyo valor nutricional radica en la alta concentración de carbohidratos solubles, más que en el contenido de proteína cruda, (Pineda 1994).

6.1.4.1. Calidad y valor nutritivo de la caña de azúcar

El valor nutritivo es relativamente bajo y el aumento de su rendimiento en materia seca al madurar permite una cierta flexibilidad para la cosecha, convirtiéndola en una potencial reserva de forraje para los animales. Esto se explica por el aumento de azúcares fácilmente fermentables 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, (INTA 2009).

Cuadro 2. Composición promedio de nutrimentos de la caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), concentración de nutrimentos en base seca.

Presentación	MS (%)	ED (MCal kg ⁻¹)	EM (MCal kg ⁻¹)	TND (%)	PC (%)	FC (%)	Ca (%)	P (%)
Bagazo seco	92	1.24	0.80	28	1.8	48	0.90	0.29
Ensilada	22	2.62	2.15	59	4.1	39	0.35	0.18
Fresca-madura	27	2.56	2.10	58	4.3	32	-	-
Hojas y puntas	26	2.09	1.71	47	5.2	33	0.35	0.27

Fuente: Shimada, 1987.

6.1.4.2. Características de la caña para uso en alimentación bovina

Al respecto el INTA (2009), indica que al usar la caña como alimento, debe tenerse muy presente 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 fermentables, es necesario complementarla con una fuente proteica de rápida degradación. La urea puede ser una alternativa por su alta velocidad de degradación pero hay que tener cuidado con su toxicidad.

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, (INTA 2009).

6.1.5. Características del Nacedero (*Trichanthera gigantea*)

6.1.5.1. Clasificación Botánica (Leonard, 1951, citado por Gómez *et al* 2002).

Reino: Vegetal

División: Spermatophyta

Clase: Dicotiledoneae

Orden: Tubiflorales

Familia: Acanthaceae

Subfamilia: Acanthoideae

Serie: Contortae

Tribu: Trichanthereae

Género: Trichanthera

Especie: gigantea

6.1.5.2. Descripción botánica

La primera descripción botánica la realizó José Selestino Montis en 1779. En 1809 es descrito y clasificado por Humbolt y Bompland bajo el nombre de *Ruellia gigantea*, con base en muestras colectadas a lo largo del Río Magdalena, Colombia (Leonard, 1951 citado por Gómez *et al* 2002), luego apareció el género *Trichanthera* que quiere decir plantas con anteras peludas.

El nacedero es un árbol mediano que alcanza de 4 a 12 metros de altura y copa de 6 m de diámetro muy ramificado, las ramas poseen nudos pronunciados, hojas opuestas aserradas y vellosas de color verde oscuras por el haz y más claras en el envés, las flores dispuestas en racimos terminales, son acampanadas de color amarillo dorado con anteras pubescentes que sobre salen a la corola, el fruto es una cápsula pequeña redonda con varias semillas orbiculares, (Gómez *et al*. 2002).

En un trabajo realizado en el Parque Nacional Soberanía de Panamá, relacionando el número de granos de polen en los estigmas de las flores de nacedero, con el número de semillas maduras en cada fruto, se encontró que necesitaban un mínimo de 8 granos de polen para un fruto madre y el promedio de semillas maduras fue menos de una (de un máximo de 8). Estos resultados sugieren que la polinización es un factor limitante en la producción de semillas de esta especie en esta zona. También se determinó que las flores de esta especie no se auto polinizan, (Gómez *et al.* 2002).

6.1.5.3. Origen y distribución

El nacedero *Trichanthera gigantea*, pertenece a la familia Acanthaceae, constituida por cerca de 200 géneros con más de 2000 especies y su mayoría nativas de los trópicos (Heywood 1985 citado por Jiménez 2006). Las Acanthaceas son plantas que crecen en forma vistosa y que pueden ser cultivadas para fines específicos, son cosmopolitas en el trópico y subtrópico y están especialmente bien desarrolladas en los Andes Americanos, (Benavides 1990 citado por Jiménez 2006).

En América todas las especies forrajeras pastoriles son hierbas, arbustos o trepadoras, además se encuentran muchas especies de árboles en los géneros *Trichanthera*, *Bravaisia*, *Suessenguthia*, *Eritrina*, *Gliricidia*, entre otras, Gentry (1993) CATIE (1998) citado por Jiménez (2006). Se ha registrado la existencia de *Trichanthera* en Venezuela, Panamá, Costa Rica. Leonard (1951) citado por Gómez *et al.* (2002). Bolivia, Guatemala y Brasil (Pérez Arbelaez 1990 citado por Gómez *et al.* 2002). En Colombia se encuentra distribuida desde el nivel del mar hasta los 250 m.s.n.m., Ríos (1993), en diversos agroecosistemas con precipitaciones que van desde menos de 600 mm anuales en el cañón de Chicamocha, hasta 4,500 mm anuales en la costa pacífica.

6.1.5.4. Adaptación

Tiene un rango muy amplio de distribución y por lo tanto posee una gran capacidad de adaptarse a diferentes ecosistemas, (Gómez *et al.* 2002). Crece en suelos profundos, aireados y de buen drenaje (Acero, E. 1985 citado por Gómez *et al.* 2002), tolera valores de pH ácidos (5.0) y bajos niveles de fósforo y otros elementos tradicionalmente asociados a los suelos tropicales de baja fertilidad (Murgueitio 1988). La siembra por material vegetativo tiene de 80 a 85% de enraizamiento. El trasplante puede realizarse entre 2 y 3 meses de edad, el primer corte se hace a los ocho meses y posteriormente, de 60 a 90 días, (IDIAP 2009).

A pesar de no ser de la familia leguminosa, tiene también la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico mediante simbiosis con bacterias del género *Frankia* y *Actinomicetos* (Dommergues 1982; citado por Botero 1988 y Jiménez 2006).

6.1.5.5. Aspectos agronómicos de cultivo

6.1.5.5.1. Propagación

La germinación por semilla es muy baja del 0 al 2% (Parent 1989 citado por Gómez *et al.* 2002), de allí que su multiplicación se haya hecho vegetativamente ya sea por ramas que se doblan y en contacto con el suelo forman raíces rápidamente convirtiéndose en una nueva planta.

Rivera y Jaramillo (1991), encontraron que las características de la estaca más favorables para propagar esta especie eran: longitud de 20 cm, diámetro: 2.2 – 2.8 cm, número de nudos 3, observándose que si el corte de la parte que va a ser enterrada se hace debajo del nudo hay una mayor proliferación de raíces. Las plántulas pueden ser producidas en vivero sembrando las estacas en bolsas de 1 kg lo que permite un mejor desarrollo de las raíces, para su llenado se puede utilizar una mezcla de arena, tierra y abono orgánico en relación 3:3:1.

Las siembras de las estacas pueden hacerse directamente en el campo asegurándose buenas condiciones iniciales (control de maleza y agua) a fin de permitir un buen establecimiento y desarrollo de las plantas. También puede realizarse trasplante a raíz desnuda, previo enraizamiento de las estacas, después de haber retirado parte del follaje para evitar deshidratación al ser establecida en el campo. Estas dos prácticas disminuyen altamente los costos en comparación al sistema de vivero (siembra en bolsas y trasplante al campo) (Gómez *et al.* 2002).

En lugares donde las condiciones climáticas como precipitación y temperatura, se combina de manera favorable (bosque húmedo tropical, bosque montano y pre-montano) para el desarrollo del cultivo, se puede sembrar en un mismo estrato combinado con especies de árboles leguminosas, que harán aportes benéficos a la asociación como fijación de nitrógeno, barrera contra el ataque de los insectos, aporte de hojarascas que actuará como cobertura e incorporación de nutrientes al descomponerse y mejora regulación hídrica (Gómez *et al.* 2002).

En condiciones de bosque seco tropical es necesario modificar el sistema de cultivo para que la especie desarrolle al máximo su potencial, utilizando un substrato alto que le proporcione sombra, evite la acción directa del sol y los vientos facilitando una mayor conservación de la humedad (Gómez *et al.* 2002).

6.1.5.5.2. Altura de corte

En diferentes ensayos realizados con respecto a la altura de corte se concluyó que la altura ideal es de un metro (por control de malezas), el corte se realiza dejando un tallo principal y teniendo cuidado de no atrofiar los puntos de crecimiento (nudos) para la formación de follaje en los posteriores cortes. A través del tiempo y dependiendo de los parámetros productivos y el estado del cultivo se puede ir rotando el tallo principal (Gómez *et al.* 2002). El manejo de las alturas de corte está estrechamente relacionado con las condiciones climáticas, por ejemplo en sitios donde las temperaturas son elevadas y el régimen de lluvias escasos es necesario manejar

estratos entre 1.3 y 1.5 m para que proporcione un clima adecuado que permita mejores rendimientos en la producción (Gómez *et al.* 2002).

El conocimiento que tengamos del comportamiento de una determinada especie o cualquiera de los fenómenos que afectan en menor o mayor grado su crecimiento, nos permita establecer un mejor sistema de manejo cuyo objetivo será la máxima eficiencia o producción por unidad de área y tiempo (Pérez y Melendes 1980 citado por Jiménez 2006).

En estudios realizados por Gómez y Murgueitio (1990), sobre el efecto de la altura de corte sobre la producción de biomasa de nacedero se encontró que la producción de biomasa /corte en este ensayo fluctuó entre 8 y 16 ton/mv/ha con cortes cada 90 días, equivalente a una producción anual del orden de 50 ton/mv/ha. Al parecer la altura de corte no es factor crítico en el rendimiento, pero sí en control de malezas, siendo superior el corte a un metro. El potencial productivo de la planta no se desarrolla totalmente cuando las condiciones climáticas no lo permiten; así, cuando el corte es realizado en épocas en las que la humedad es limitante, el rebrote es muy lento.

6.1.5.5.3. Producción de biomasa

En Buga Valle, Colombia se han obtenido producciones de forraje verde de 9.2 ton/mv/año (que corresponden a un total de 4 cortes cada 3-4 meses) por kilómetro lineal, equivalente a 92 ton/mv/ha/año. Los árboles estaban sembrados en hileras bordeando cultivos de caña y matarratón (Madre Cacao) dispuestos en franjas. En cultivo intensivo de árboles sembrados a distancias de 1.00 m x 1.00 m (entre surcos y entre plantas) con intervalos de corte mayores de 3 meses se obtuvieron 460 g de hoja verde y 1100 g de tallos para una producción de 1500 g de biomasa total/árbol/corte equivalente a 60 toneladas de biomasa total/ha/año (Gómez *et al.* 2002).

En material propagado por estaca, sembrado a espacio de 0.5 m (20,000 plantas/ha) y cortado una vez a los 4, 6, 8 o 10 meses después de trasplantado al campo, se obtuvieron producciones de 4.16, 7.14, 15.66 y 16.74 toneladas/ha de forraje verde respectivamente; mientras que a menor densidad (10,000 plantas/ha) que corresponde a distancias de 1m x 1m, las producciones fueron respectivamente 0.79, 3.52, 3.92, 3.23 toneladas/ha (Rivera y Jaramillo 1991).

Sánchez y Álvarez (2003), citado por Moreno Osorio y Molina Restrepo (2007), determinaron que la producción del nacedero en base a toneladas por año, producción por árbol, densidad de árboles por hectárea y cortes por año, es de 60 ton/MV/año, es decir de 6 – 12 kg/árbol/año en una densidad de siembra de 5,000 – 10,000 arboles/ha, haciendo 3 – 4 cortes/año. Esto bajo condiciones adaptables a suelos ácidos pero profundos, aireados y necesita fertilización orgánica, los árboles de nacedero se han encontrado desde 0 hasta 2.400 msnm, con precipitación de 600 mm, en zonas de vida bosque húmedo tropical y bosque sub tropical.

6.1.5.5.4. Composición química

Rivera y Jaramillo (1991), reportaron que el contenido de materia seca y de proteína varía dependiendo de los intervalos de corte. El contenido de materia seca se aumentó y el de proteína se redujo al aumentar el tiempo del primer corte desde 4 a 10 meses.

En una revisión de los análisis del valor nutricional de *Trichanthera gigantea* efectuados desde 1989, se encontró una gran variación en la composición química de hojas y tallos (Rosales, 1997). Los datos mostraron que el contenido de proteína cruda de las hojas varió desde el 15.0 al 22.5%. Los contenidos de agua y materia orgánica variaron del 20 al 27% y de 16 al 20% respectivamente.

El contenido de minerales en las hojas, varió de 23 a 43 g/kg de calcio, 2.6 a 9.2 g/kg de fósforo, 24 a 37 g/kg de potasio y desde 7.5 a 12 g/kg de magnesio. En los

tallos, la variación fue de 21 a 64 g/kg de Ca, 21 a 42 g/kg de P, 24 a 37 g/kg de K y 5.8 a 7.2 g/kg Mg (Rosales 1997).

Rivera y Jaramillo (1991), reportaron que el contenido de fenoles en las hojas varia con la edad de corte así: 22.2, 23.3, 33.5, 32.9 mg/kg de materia seca (expresado como ácido caféico) a los 4, 6, 8 y 10 meses respectivamente. Sus altos niveles de Ca y P lo hacen ideal para animales en lactancia. Además, por sus componentes químicos, puede considerarse como un forraje apto para suplementar recursos alimenticios tropicales de bajo contenido de nitrógeno, en zonas donde no se produzca Madre Cacao (*Gliricidia sepium*), (Galindo *et al.* 1989).

Galindo *et al.* 1989, en un ensayo sobre la degradabilidad en el rumen, usando la técnica de las bolsas de nylon, se reportaron valores de 52, 70 y 77% de pérdida de materia seca de las hojas a las 12, 24 y 48 hrs respectivamente. El Nacedero tiene un alto contenido de nitrógeno orgánico, en forma de nitratos, nitritos y amonio éste N puede ser fácilmente degradado por las bacterias del rumen. Gómez *et al.* 2002, reporta que la composición química del forraje varía de acuerdo al tipo de suelo, a los intervalos de corte y las condiciones climáticas, como se puede ver en el siguiente cuadro 3.

Cuadro 3. Composición química del nacedero, Colombia.

Item	MS	N*6.25	N	P	K	Ca
Tallo grueso	27	4.6	0.36	3.8	2.19	0.48
Tallo delgado	17	8.7	0.42	6.96	2.61	0.48
Hoja	20	18	0.37	3.76	2.34	0.75

Fuente: Gómez *et al.* 2002.

En investigaciones hecha por Roa *et al.* (2000), sobre suplementación alimenticia de vacas de doble propósito con morera (*Morus alba*), nacedero (*Trichanthera gigantea*) y pasto King grass (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*) en el pie de monte llanero, Colombia, reportaron los siguientes valores para el nacedero cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis nutricional del nacedero, Colombia (2000).

Nutrientes	Nacedero (%)
Materia seca	20.2
Proteína cruda	19.2
Grasas	4.3
Fibra cruda	2.8
Cenizas	16.2
FDN	42.8
FDA	22.0

Fuente: Roa *et al.* 2000.

En este sentido, Sánchez y García (2003), obtuvieron incrementos importantes en la calidad de los productos obtenidos, al ensilar cogollo de caña y king grass mezclados con leguminosas y recursos arbóreos de las áreas cañeras del occidente de Cundinamarca. En efecto, al ensilar proporciones de 30% de leucaena (*Leucaenale ucocephala*), Madre Cacao (*Gliricidia sepium*) y Nacedero (*Trichanthera gigantea*) con cogollo de caña o pasto king grass, utilizando como aditivo melaza al 3%, se obtuvo un incremento importante en la calidad del producto obtenido al mejorar los niveles de proteína cruda y reducir los de pared celular, respecto al forraje verde, sin afectar temperatura ni el pH de los ensilajes resultantes (cuadro 5), ventajas que se reflejaron en la productividad animal y del sistema de producción.

Cuadro 5. Composición química de forrajes y mezcla de forrajes (verdes y ensilados) de trópico medio Colombia.

Forrajes y mezclas	Composición e indicadores					
	PC	FDN	FDA (%)	LIGN	pH	T(°C)
Cogollo de caña	6.20	65.42	47.72	7.18		
Ensilaje Cogollo + Leguminosa						
Cogollo + Leucaena (70:30)	11.98	55.73	44.78	7.15	4.60	23
Cogollo + Madre cacao (70:30)	14.71	55.22	40.52	5.49	4.60	23
Cogollo + Nacedero (70:30)	11.78	56.84	41.75	6.61	4.30	23
King grass (55 días)	11.80	57.60	39.13	6.34		
Ensilaje King grass + leguminosa						
King grass + Leucaena (70:30)	17.32	44.24	36.72	6.40	4.30	23
King grass + Madre cacao (70:30)	14.67	55.77	37.26	4.06	4.20	23
King grass + Nacedero (70:30)	12.86	54.63	38.61	6.23	4.50	23

Fuente: Sánchez y García, 2003.

6.1.5.5.5. Metabolitos secundarios

Es importante, cuando se trata de dietas tropicales con base en árboles forrajeros, determinar por lo menos la presencia de compuestos anti-nutricionales como son fenoles, saponinas, alcaloides y esteroides; mediante pruebas rápidas con base en cambios de coloración. En una prueba cualitativa de escrutinio (prueba fitoquímica preliminar) para determinar la presencia de factores anti-nutricionales, no se encontraron alcaloides ni taninos condensados en *Trichanthera gigantea* y los contenidos de saponinas y esteroides fueron bajos.

En otros ensayos de laboratorio más sensibles, se encontraron contenidos de fenoles totales y esteroides de 450 ppm y 0.062 % respectivamente (Rosales, M. 1997).

La ausencia de estos compuestos se ha corroborado en ensayos realizados con nacedero para alimentación animal, en los cuales no se ha presentado ningún síntoma de toxicidad (Galindo *et al.* 1989).

La concentración de fenoles varía con la edad de la planta y es mayor en las hojas que en los tallos; en las hojas fue en aumento hasta los 8 y 10 meses después de la siembra con 33,000 ppm y en los tallos varió alrededor de 5,000 ppm (Rivera y Jaramillo 1991).

6.1.5.6. Usos

Se reportan 77 usos diferentes de este árbol, agrupados en los siguientes temas; protección de fuentes de agua, cerco vivo, medicina para humanos y animales, recuperación y conservación de suelo, construcción, forraje, entre otros. Los nombres de nacedero y madre de agua, significan que el árbol crece en los nacimientos de las aguas (Pezo 1990 citado por Jiménez 2006). El uso más generalizado es como cerca viva y como planta destinada a proteger y mantener nacimientos de agua. Esta especie se ha incorporando con gran énfasis en programas de reforestación y protección de cuencas que realizan entidades estatales, privadas y comunitarias en Colombia (Ríos 1993).

6.1.5.6.1. Medicinal

Tradicionalmente tiene gran uso como planta medicinal para curar hernias, bajar la tensión, reducir peso, contra fiebres, para arrojar la placenta en equinos y contra algunas enfermedades de los cerdos; es también un árbol melífero (Pérez 1990 citado por Jiménez 2006). La madera no es muy utilizada porque no es durable y es susceptible a la pudrición (Acero 1985 citado por Gómez *et al.* 2002).

6.1.5.6.2. Forrajero

Los árboles y arbustos son aquellos cuyas partes comestibles (hoja, tallo, vainas y semillas), son apetecidas por el ganado brindando un buen forraje que contemple su alimentación en la época seca (Rosales, 1997). Se reporta como alimento de especies en cautiverios, especialmente mamíferos, usando las hojas como forraje (Patiño 1990).

6.1.5.7. Plagas y enfermedades

En el transcurso de las investigaciones realizadas y en los cultivos establecidos no se han encontrado problemas generalizados por el ataque de plagas o presencia de enfermedades, esto se debe en una buena medida a la asociación con otras especies vegetales y a la no utilización de agrotóxicos que han permitido un equilibrio en las poblaciones naturales de insectos. En la vereda la Virgen, municipio de Dagua Valle del Cauca, Colombia, después de tres años de cultivo, ha aparecido un gusano comedor de follaje no clasificado hasta la fecha; su importancia económica está en observación (Gómez *et al.* 2002).

6.1.5.8. Investigaciones en la utilización del nacedero en alimento en animales

El nacedero cuando se utiliza en la alimentación animal, permite reemplazar parte de los concentrados comerciales y reducir los costos de producción, de esta manera se facilita la cría de animales en las fincas. En el contexto de fincas campesinas, esta posibilidad de producir proteína animal a partir de los recursos locales permite fortalecer la seguridad alimentaria (Arango 1990).

En investigaciones hecha por Roa *et al.* (2000), sobre suplementación alimenticia de vacas de doble propósito con morera (*Morus alba*), nacedero (*Trichanthera gigantea*) y pasto king grass (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*) en el pie de monte llanero, Colombia, se encontró que la producción de leche aumento cuando las vacas fueron suplementadas con nacedero. La palatabilidad de los forrajes fue muy buena y

los costos de producción por kilogramos de leche fueron menores. El suministro de nacedero en vacas lecheras mejoró la ganancia de peso del animal, suplementación de 7 kg. de M.V. aproximadamente de este forraje fue suficiente para animales con producciones menores a 8 kilos/ día.

En estudios realizados, por Sarria (1994), con nacedero como reemplazo parcial de soya en cerdas en gestación se encontró que aunque el nacedero es apetecible por las cerdas, no puede reemplazar completamente el suplemento convencional a partir de la soya. Sin embargo, los resultados indican que hasta un 30% de sustitución es factible durante la fase de gestación (alrededor de 1 kg/día de hojas de nacedero).

En una investigación realizada en rumiantes por Hess y Domínguez (2002), los resultados de este trabajo demuestran el efecto positivo de suplementar henos de gramínea de baja calidad con follaje de nacedero (*Trichanthera gigantea*). La suplementación con este árbol incrementó significativamente el consumo de MS y de N, y la FDN (41.9%) y FDA (37.8%). La suplementación con el 20% de nacedero parece ser suficiente para mejorar el consumo y la digestibilidad de la ración basada en heno de Angleton (*Dichanthium aristatum*). El nacedero presentó niveles altos de PC (18.6%), S (1.71%), Ca (2.41%) y P (0.25%) y una degradabilidad ruminal de 73.5% a las 48 h.

Se concluye que el follaje de *Trichanthera gigantea* es de buena calidad para uso en suplementación de rumiantes alimentados con gramíneas de baja calidad y contribuye a aliviar las deficiencias de proteína y minerales en la dieta.

VII. MARCO METODOLÓGICO

7.1. Localización

El presente estudio se llevó a cabo en la granja pecuaria El Zapotillo, del Centro Universitario de Oriente, Chiquimula situada en el kilómetro 169 carretera CA-10; ubicada geográficamente en latitud norte a 14° 48' 07" y longitud oeste a 89° 31' 52". (SIG, 2010).

7.2. Clima y zona de vida

La región corresponde a la zona de vida Bosque Seco Subtropical (zonas de vida según clasificación de Holdridge), a una altura de 300 msnm (De la Cruz, 1982). Datos de la Estación Climatológica tipo "B" del Centro Universitario de Oriente indican que, la precipitación pluvial anual es de 825 mm; una temperatura media anual de 27.5 °C (con una máxima de 37.5 °C y una mínima de 21°C) y una humedad relativa de 60% en época seca (noviembre a abril) y de 75 – 90% en época lluviosa (mayo a octubre). (CUNORI, 2010).

7.3. Manejo del experimento

El experimento se realizó mediante la elaboración de 16 microsilos que fueron preparados utilizando cubetas plásticas de cinco galones de capacidad y de un peso aproximado de 10 a 15 kilogramos, de ensilado. Las cubetas fueron perforadas en el fondo para facilitar el drenaje de efluentes y también fueron enterrados en el suelo a unos 20 cm de profundidad con la finalidad de evitar el ingreso de aire, constituyéndose cada uno, en una unidad experimental; las que se distribuyeron en un perímetro de 27 m² (Figura 1A).

7.3.1. Preparación de los follajes a ensilar

Para iniciar el proceso se realizó un corte de uniformización en el napier, para ser cortado a los 70 días posteriores (Figura 2A), de manera que éste coincidiera con el corte de caña de azúcar a los 12 meses de edad (Figura 3A). Así mismo, se realizó un corte de nivelación al nacedero de manera que a los 90 días estuvo listo para su utilización (Figura 4A). Ninguno de éstos materiales fue fertilizado para simular el manejo que le otorga el productor a los mismos.

7.3.2. Corte de los materiales o follajes y preparación de la mezcla base

Se cortó y picó el napier y la caña de azúcar para preparar la mezcla base en proporciones de 55 % de napier y 45 % de caña de azúcar. Esta proporción es resultado de la evaluación hecha por Duarte en el 2010, quien determinó que esta relación o nivel es el mejor tratamiento de los evaluados. Aparte se le agregó a la mezcla base los niveles de adición de 20 %, 40 % y 60 % de nacedero (*Trichanthera gigantea*) picado (Figura 5A).

7.3.3. Aleatorización de la unidad experimental

Cada microsilo constituyó una unidad experimental las cuales fueron identificados con sus respectivos tratamientos (Figura 6A) y previo al llenado se efectuó la aleatorización en la que cada unidad experimental fue distribuida, utilizando para ello la función de números aleatorios del programa Excel de Microsoft Office 2007.

7.3.4. Preparación de microsilos con los diferentes niveles de nacedero

Los microsilos o unidades experimentales fueron identificados por tratamiento, se llenó cada uno y se pesó, de acuerdo al resultado de la asignación del proceso de aleatorización (Figuras 7A y 8A); luego fue compactado apropiadamente con el fin de eliminar las bolsas de aire (Figura 9A). Para el llenado de las unidades experimentales

se prepararon los diferentes niveles de adición (20%, 40% y 60%) de nacedero (*Trichanthera gigantea*), los cuales fueron agregados a la mezcla base de napier y caña de azúcar (55% Napier, 45% caña de azúcar), (Cuadro 1A). Inmediatamente después se selló herméticamente con su respectiva tapadera y un sellante a base de silicón (Figura 10A), luego, cada una de las unidades experimentales fueron puestas en reposo semienterradas por un periodo de 60 días a la intemperie (Figura 11A), para que al final de los 60 días obtener la muestra correspondiente de cada uno de los tratamientos evaluados.

7.4. Materiales

- Picadora
- Cubetas plásticas (5 galones)
- Machete
- Mazo para compactar
- Pita de nylon
- Balanza
- Silicón
- Costales

7.5. Técnicas de observación

7.5.1. Variables medidas

- Peso fresco (kg)
- Peso del ensilado (kg)
- Humedad (%)
- pH (niveles de concentración)
- Energía digestible (%)

7.5.2. Variables evaluadas

- Materia seca (%)
- Proteína cruda (%)
- Energía bruta (%)

7.5.3. Tratamientos

T_1 = 55% Napier y 45% de Caña de Azúcar (Testigo)

T_2 = Napier (55%), Caña de Azúcar (45%) y 20% adición de *Trichanthera gigantea*.

T_3 = Napier (55%), Caña de Azúcar (45%) y 40% adición de *Trichanthera gigantea*.

T_4 = Napier (55%), Caña de Azúcar (45%) y 60% adición de *Trichanthera gigantea*.

7.6. Diseño estadístico

El diseño utilizado fue completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Cada microsilo representa una unidad experimental. El modelo estadístico es el siguiente:

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

Y_{ij} : Variable de respuesta de la ij – ésima unidad experimental

μ : Efecto de la media general

T_i : Efecto de i – ésimo tratamiento del ensilaje de napier, caña de azúcar y nacedero

ε_{ij} : Efecto del error experimental asociado a la ij – ésima unidad experimental

7.7. Técnicas de recolección y análisis de datos

7.7.1. Análisis químico

Para evaluar las variables consideradas se procedió a realizar el análisis químico del contenido de cada una de las unidades experimentales después de los 60 días de reposo. La cantidad de material colectado como muestra para su procesamiento en el laboratorio de bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Usac, fue de 200 gramos por muestra de materia fresca (Figura 12A).

El contenido de materia seca se determinó por secado en horno de aire forzado a 60 grados Celsius hasta peso constante (Figura 13A), la de proteína cruda a través del método de micro-Kjeldahl.

La determinación de la energía bruta se obtuvo por medio de bomba calorimétrica. La concentración de acidez, se evaluó utilizando papel tornasol o papel pH, al ponerlo en contacto con el ensilado, basándose en la escala de pH la cual está clasificada en distintos colores y tipos (Figura 14A).

Para la determinación de la energía digestible, se realizó por procedimientos matemáticos donde se usó ecuaciones para calcular el contenido de Fibra Acido Detergente (FAD), para luego determinar el Total de Nutrientes Digestibles (TND) y finalmente la Energía Digestible (ED). Las ecuaciones utilizadas fueron: (FC = Fibra cruda).

$$\%FAD = \frac{\%FC - 3.56}{0.75} =$$

Dado el valor de FAD, se usó la ecuación de (Agricultural Service Laboratory, US. 1996), para calcular el contenido de Total de Nutrientes Digestibles (TND), de los tratamientos:

$$TND = 83.088 + (PC * 0.0353) - (FAD * 0.788) =$$

Y por último, la determinación de energía digestible (ED), utilizando la ecuación de (Rodenas, MA *et al.* 1999).

$$E.D. = TND * 0.04409 =$$

7.7.2. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos para las variables (MS, EB, y PC) evaluadas fueron sometidas a un (ANDEVA) (análisis de varianza) usando para el mismo, el programa SAS (sistema de análisis estadístico), y aquellas que mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$), como materia seca, energía digestible y proteína cruda, se sometieron a la prueba de medias de Tukey.

7.7.3. Recolección de datos

La colección de la información se efectuó a partir de la determinación de los pesos de los follajes recién cortados de napier (*Pennisetum purpureum*), caña de azúcar (*Sachauum officinarum*) y nacedero (*Trichanthera gigantea*), a utilizar para cada uno de los mismos. Luego del proceso de picado, se determinó el peso fresco del material a ser ensilado por cada unidad experimental 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 del material, a las mismas unidades.

Cumplidos los 60 días de conservación se determinó el porcentaje de pérdida de material ensilado por putrefacción, a través de la recolección del material descompuesto con presencia de mohos en la parte superior e inferior del microsilo, pesándolo en una balanza para luego tener los datos correspondientes.

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.1. Variables evaluadas en el ensilado

Las variables analizadas estadísticamente fueron las variables materia seca, energía bruta y proteína cruda. Adicionalmente la energía digestible a manera de referencia.

8.1.1. Materia seca

Los datos obtenidos en relación a la variable materia seca de los tratamientos evaluados, fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA), determinando que existen diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.01$), (cuadro 9A). La siguiente figura muestra el comportamiento de la materia seca en los diferentes tratamientos.

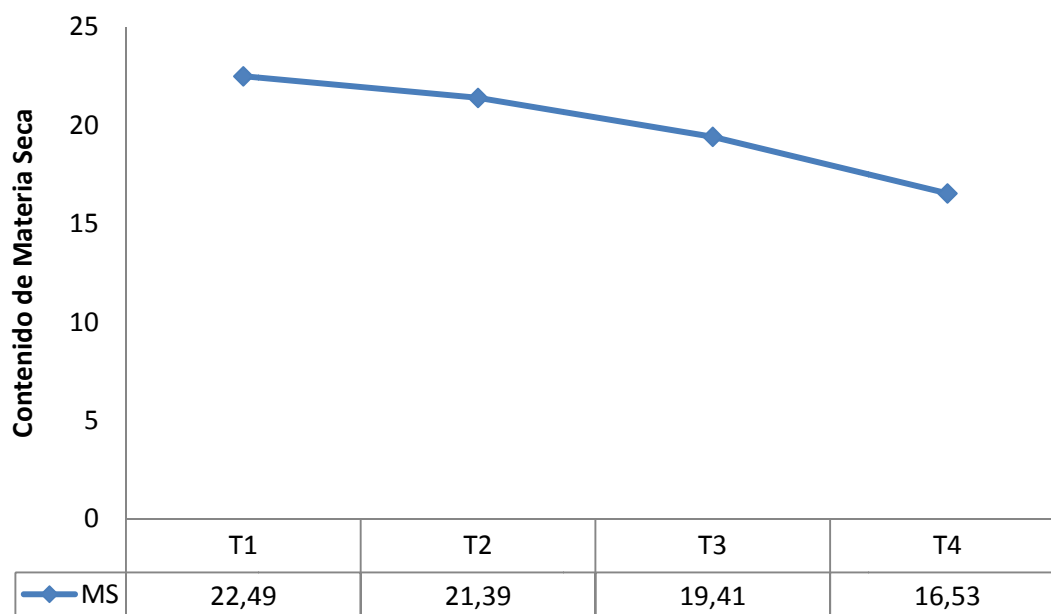


Figura 1. Materia seca en el ensilado de napier-caña con tres niveles de adición de nacedero.

El análisis evidencia que la proporción de materia seca en el ensilado, disminuye a medida que los niveles de adición de nacedero se incrementan. Esto se debe a que

la mezcla base (napier-caña) contienen mayor concentración de materia seca (22.49%), mientras el nacedero es una planta suculenta con bajo contenido de la misma (12.28%), (Cuadro 12A).

La figura 1, muestra también, que la mayor concentración de materia seca se presentó en el tratamiento en donde no se incluye nacedero (testigo); y que la tendencia en valores absolutos muestra que a mayor contenido de nacedero menor contenido de materia seca.

Al efectuar el análisis de medias a través la prueba de Tukey se determinó que no existe diferencia significativa entre el tratamiento T1 (testigo) y T2 (20% nacedero). Sin embargo los tratamientos T3 (40% nacedero) y T4 (60% nacedero) mostraron diferencias estadísticas entre sí y con respecto al T1 y T2. (Cuadro 6).

Vélez (2002) reporta que un contenido de materia seca de 20%, ofrece buenas características para un buen ensilado, aunque estos valores pueden variar desde 20% hasta un 60% de MS. Duarte (2010), hace énfasis en que no existió diferencia significativa entre tratamientos evaluando diferentes proporciones de caña-napier, para la variable materia seca, sin embargo el tratamiento testigo (solo napier con melaza) evaluado por él, mostró un mayor contenido de materia seca, con un valor promedio de 21.17%.

8.1.2. Energía bruta

En cuanto al contenido de energía bruta, el presente estudio denota la existencia de diferencias altamente significativas en los tratamientos evaluados ($p \leq 0.01$), (Cuadro 10A). El mayor contenido de energía bruta lo reporta el tratamiento testigo (4,492 Kcal/kg), mientras que el tratamiento con adición del 60% de nacedero (2,800 Kcal/kg), presentó la menor proporción de energía bruta (Cuadro 6).

Al realizar la prueba de medias de Tukey se estableció que todos los tratamientos mostraron diferencias significativas entre sí (Cuadro 6).

El comportamiento de la concentración de energía bruta en los tratamientos evaluados es similar al de la materia seca, ya que a medida que se incrementa el nivel de adición de nacedero en el ensilado este nutriente disminuye en el tratamiento.

La razón de dicha disminución está vinculada a los bajos contenidos de materia seca y energía bruta de la planta de nacedero, con respecto a la caña de azúcar y napier.

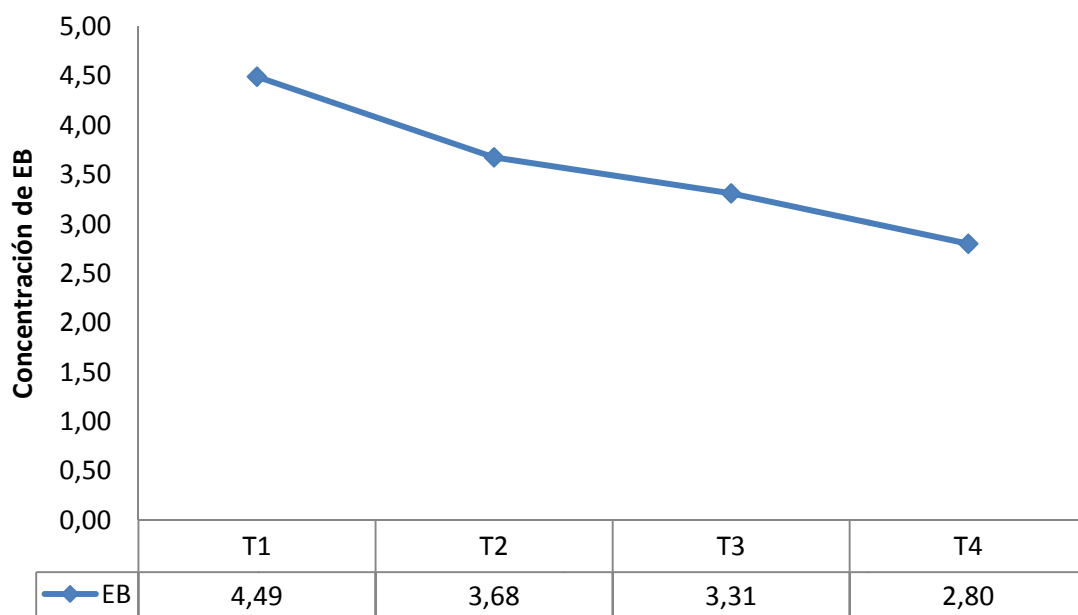


Figura 2. Energía bruta en el ensilado de napier-caña de azúcar con tres niveles de adición de nacedero.

8.1.3. Energía digestible

Como dato de referencia se determinó la energía digestible en una muestra de cada tratamiento mediante fórmula matemática, Agricultural Service Laboratory, US. 1996 ($\%FAD = \%FC - 3.56 - 0.75$), $TND = 83.088 + (PC * 0.0353) - (FAD * 0.788)$ y Rodenas, MA *et al.* 1999 ($ED = TND * 0.04409$). Observándose que a medida que se incrementó la proporción de nacedero en cada uno de los tratamientos, la energía digestible se vio incrementada, producto de la alta digestibilidad del nacedero, lo cual contrasta con el comportamiento de la energía bruta.

El mayor contenido de energía digestible lo reporta el tratamiento T4 (2.76 Mcal/kg), mientras que el tratamiento testigo T1 (2.08 Mcal/kg), es el que presentó menor proporción de energía digestible, este comportamiento está relacionado con el contenido de fibra cruda (Cuadro 13A), ya que cuando los niveles de FC son bajos la digestibilidad se incrementa.

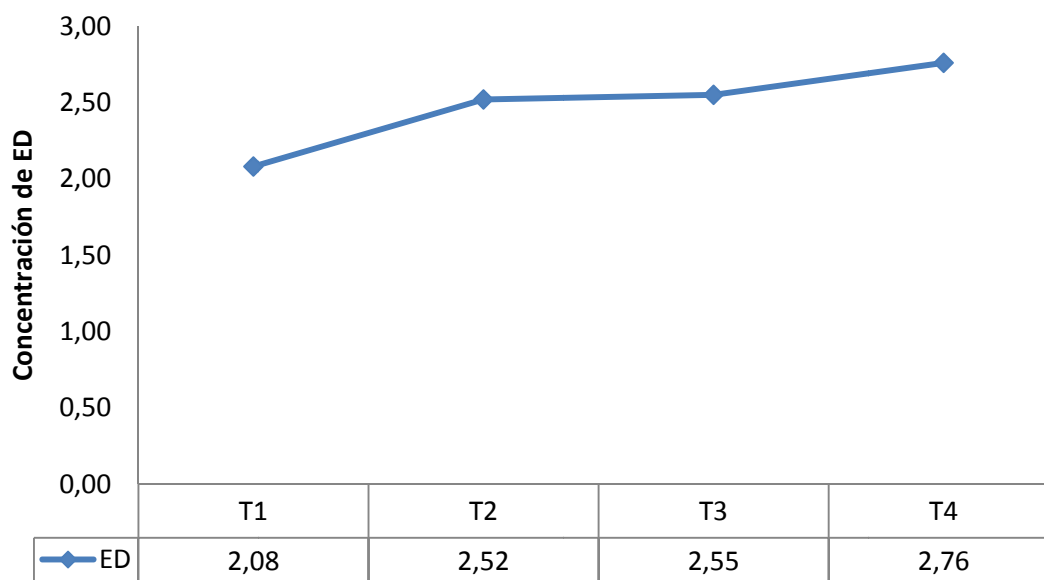


Figura 3. Energía digestible en el ensilado de napier-caña de azúcar con tres niveles de adición de nacedero.

Según Vargas (1984), el contenido de energía digestible en la caña de azúcar es de 2.640 Mcal/kg, promedio en base seca. Shimada, (1987), afirma, que dentro de la composición química de la caña de azúcar, la concentración de energía digestible es de 2.620 Mcal/kg. Duarte (2010), reporta 2.06 Mcal/kg en la proporción de 55:45 de napier-caña. Roa *et al.* (2000), reporta el contenido energía digestible en dietas experimentales utilizando la mezcla *Bracharia decumbens* más nacedero obteniendo 2.93 Mcal/kg MS.

8.1.4. Proteína cruda

Al efectuar el análisis estadístico de la proteína cruda a los tratamientos evaluados, se determinó que el mayor contenido de éste nutriente se encuentra en el

tratamiento cuatro (11.52%), donde el nivel de adición de nacedero a la mezcla de napier-caña fue de 60%. También se determinó que existe diferencia altamente significativa entre todos los tratamientos ($p \leq 0.01$), (Cuadro 11A).

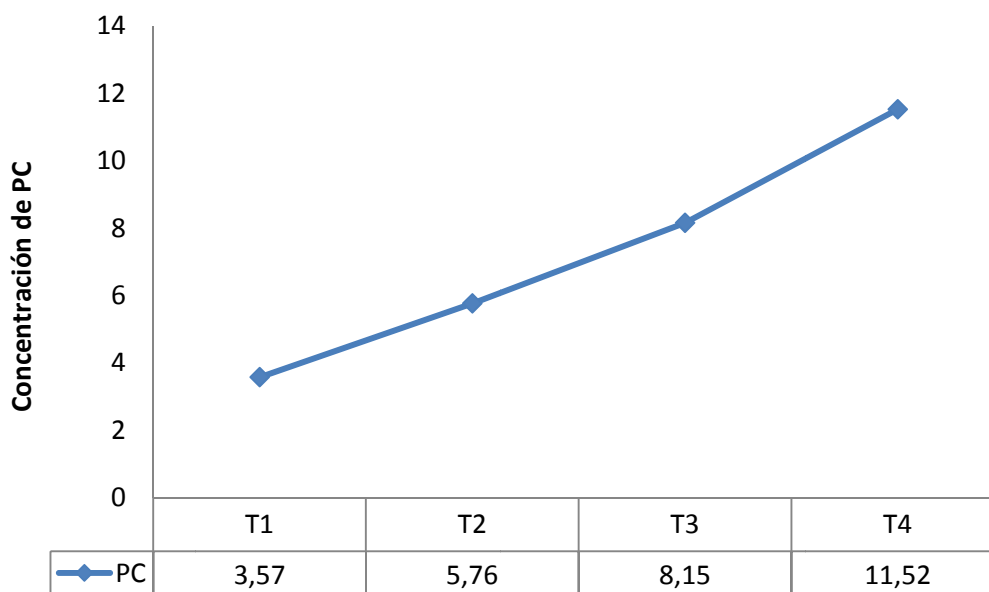


Figura 4. Proteína cruda en el ensilado de napier-caña con tres niveles de adición de nacedero.

La figura cuatro ilustra la influencia que tiene la concentración de proteína del nacedero (21.65%) comparado con el napier (8.37%) y la caña (2.98%), (tratamiento testigo); ya que la tendencia de la proteína es a incrementarse a medida que se incrementa la adición de nacedero. Puede observarse también que el tratamiento testigo, en donde se usa solo napier-caña, obtuvo el menor porcentaje de proteína cruda (3.57%), esto debido a que el contenido de proteína del napier y la caña de azúcar, sin fertilización es bajo.

Al desarrollar la prueba de medias de Tukey se estableció que todos los tratamientos mostraron diferencias significativas entre sí (Cuadro 6). Sin embargo, existe una incidencia por efecto de los niveles de adición de nacedero en los tratamientos.

El INTA (2009), indica que al usar la caña como alimento, debe tenerse muy presente su bajo contenido de proteína, siendo su característica principal el alto contenido de azúcares y fibra. Respecto de la proteína, Sánchez y García (2003), obtuvieron incrementos importantes al ensilar cogollo de caña con nacedero en una proporción de (70:30), presentando niveles de 11.78% de proteína cruda; en la presente investigación el mayor contenido de PC, es menor al caso citado.

En un análisis químico realizado por Duarte (2010), en la proporción de napier-caña 55:45% este presentó 3.04 % de PC después de 60 días de ensilado.

8.2. Variables a medir en el ensilado

8.2.1. pH

El pH obtenido en las observaciones fue de 4.5 % en promedio, no existiendo diferencia entre tratamientos, sin embargo los valores presentados se encuentran en el nivel máximo aceptable.

Rodríguez y Carrasquel (1983), expresan que el ensilado bien preservado posee un pH por debajo de 4,5. Por su parte Jiménez A; Moreno M, (1999), agregan que un ensilado puede conservar su calidad cuando su pH es inferior a 4,2; sin embargo, valores hasta 5.0 son aceptables, siempre y cuando exista una proporción elevada de materia seca.

8.2.2. Diferencia de peso

Al determinar el peso del ensilado antes y después de ser elaborados, se encontraron variaciones en los cuatro tratamientos. Hay que hacer notar que el peso inicial promedio de cada microsilo era de 11.81 kg. En el primer caso (T1) la diferencia

de peso fue de 0.4 kg. En cuanto a los otros tratamientos (T2 y T3) fue de 0.3 kg, y en el cuarto caso (T4) la diferencia fue de 0.2 kg.

Se observó que la pérdida de peso total es de 0.3 kg en promedio equivalente al 2.54% de total ensilado. (Cuadros 7A y 8A).

Gutiérrez (1996), indica que la pérdida de peso es normal en cualquier proceso de ensilaje y que la pérdida va a depender del medio ambiente, del drenado, tipo de silo y el grado de humedad y madurez de los materiales forrajeros. Las pérdidas por efluentes que se producen normalmente puede estar en el orden de 0.0 a 14.0%. Según Vélez (2002), las pérdidas por respiración y fermentación, en el afluente y por descomposición en la superficie puede ser hasta 14%.

8.2.3. Porcentaje de pérdida de ensilado a la apertura

Al registrar las pérdidas contenidas al momento de la apertura, se encontró que, las pérdidas acumuladas tanto en la parte superior e inferior de los microsilos, para los tratamientos T1 (4.00%), T2 (5.02%), T3 (4.82%) y para el T4 (3.88%) respectivamente.

Estas pérdidas posiblemente se dieron como consecuencia a fallas en el proceso de ensilado, especialmente en el momento del compactado, sin embargo, los porcentajes presentados se encuentran dentro del rango de perdidas normales en un proceso de ensilado. (Cuadros 7A y 8A).

Watson y Smith (1975), agregan que cuando se pone especial cuidado en hacer el ensilado, las pérdidas denominadas inevitables son mucho mayores que las debidas a desperdicios y al drenaje; estas dos últimas categorías pueden llegar del 3 al 4% cada una, mientras que las pérdidas totales en términos de materia seca son usualmente del orden del 15 al 30%.

Cuadro 6. Resultado de las variables evaluadas y medidas en la investigación.

Tratamientos	Variables						
	M.S. (%)	E.B. Kcal/kg (%)	E.D. Mcal/kg (%)	P.C. (%)	pH (%)	Diferencia de peso ($\bar{x}$) (Kg)	(%) Pérdida de ensilado a la apertura
T1	22.49 a	4.492 a	2.08	3.57 d	4.5	0.4	4.00
T2	21.39 a	3.675 b	2.52	5.76 c	4.5	0.3	5.02
T3	19.41 b	3.310 c	2.55	8.15 b	4.5	0.3	4.82
T4	16.53 c	2.800 d	2.76	11.52 a	4.5	0.2	3.88

Fuente: Propia 2011. Letras diferentes entre columnas, denotan diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.01$), según prueba de Tukey.

IX. CONCLUSIONES

- Existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados para la variable materia seca, mostrando la tendencia de disminuir, a medida que el nivel de adición de nacedero es incrementado, esto debido al bajo contenido de materia seca que tiene el follaje de nacedero (12.28%).
- En cuanto a la variable energía bruta, los resultados del análisis reportan diferencia estadística, altamente significativa entre los tratamientos evaluados, siendo el tratamiento testigo (sin adición de nacedero) el que reporta mayor contenido de esta, esto provocado por efecto del alto contenido de energía en la caña de azúcar más el napier, sin embargo, los tratamientos con adición de nacedero, presentan contenidos adecuados de energía digestible para la alimentación de bovinos.
- Al efectuar el análisis de energía digestible en una muestra de cada tratamiento, se concluye que a medida que se incrementa la adición de nacedero (*Trichanthera gigantea*) se ve incrementada la proporción de energía digestible como resultado de la alta digestibilidad del nacedero.
- El análisis de la variable proteína cruda evidencia que es factible enriquecer la dieta mediante la adición de nacedero pues, su tendencia es ascendente a medida que se incrementa en los tratamientos; por lo tanto, todos los niveles evaluados superan el contenido de proteína del tratamiento testigo.
- Las pérdidas de ensilado por putrefacción al momento de la apertura del silo, se encuentran dentro de los rangos de 3.88% al 5.02%, valores que son considerados normales dentro del proceso de ensilado.
- Es factible utilizar el follaje de nacedero para mejorar la calidad nutricional del ensilado de napier y caña, en las proporciones de 40 y 60%, puesto que, la adición mejora considerablemente el contenido de proteína en el ensilado.

X. RECOMENDACIONES

- Realizar otras investigaciones que incorporen pruebas de respuesta animal, principalmente con los niveles de 40 y 60% de adición de nacedero en mezcla de napier con caña, en proporciones 55 y 45 % respectivamente evaluando variables organolépticas y de palatabilidad del ensilado.
- Considerando los mejores resultados llevar a cabo el análisis de otros componentes nutricionales como FC, FAD, FND, ELN y Lignina para determinar la calidad nutricional completa.
- En futuras investigaciones evaluar niveles de fertilización en la producción de napier, dado su bajo nivel proteico encontrado, cuando este no se fertiliza en diferentes fincas de la región.
- Dado el carácter exploratorio de la presente investigación; en futuras investigaciones resulta importante efectuar el análisis financiero por kilogramo de nutrientes para conocer el aporte económico de la investigación.
- Para incrementar la proporción de materia seca utilizando la adición de nacedero, se recomienda deshidratar el material por al menos 24 horas.

XI. BIBLIOGRAFÍA

Agricultural Service Laboratory, US. 1996. Formulas for feed and forage analysis calculations (en línea). United States, Clemson University. Consultado 10 nov. 2011. Disponible en: http://www.clemson.edu/public/regulatory/ag_svc_lab/feed_and_forage/calculation.txt

Arango, JF; Quintero de Vallejo, V. 1990. Evaluación de tres niveles de nacedero *Trichanthera gigantea* (10%, 20% 30%) en ceba de conejos Nueva Zelanda (en línea). Acta Agronómica 40 (3-4): 183 – 186. Consultado 15 oct. 2010. Disponible en: http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/viewFile/15496/16258

Bertoia, L. 2007. Artículos técnicos, agricultura: algunos conceptos sobre ensilajes (en línea). Argentina, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ciencias Agrarias. Consultado 5 feb. 2010. Disponible en: http://www.engormix.com/algunos_conceptos_sobre_ensilaje_s_articulos_1716_AGR.htm

Cattani, PA. 2008. Forrajes conservados de alta calidad (en línea). Argentina, Hemeroteca Digital El Litoral. Consultado 4 oct. 2010. Disponible en: <http://www.ellitoral.com/index.php/diarios/2008/02/23/laregion/REG-01.html>

Cruz, J De La. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala nivel de reconocimiento. Guatemala, DIGESA. p. 16 – 17.

CUNORI (Centro Universitario de Oriente, GT). 2010. Datos climatológicos de 2010. Chiquimula, GT, USAC, CUNORI, Estación Climatológica tipo “B”.

Duarte, OA. 2010. Evaluación de ensilado de napier (*Pennisetum purpureum* var. *Schum*), con tres niveles de sustitución de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis Lic. Zoot. Chiquimula, GT, USAC – CUNORI. 58 p.

Galindo, WF *et al.* 1989. Sustancias anti-nutricionales en las hojas de guamo, nacedero y mata ratón (en línea). Cali, CO, CIPAV. Consultado 30 ago. 2010. Disponible en: <http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/lrrd1/1/cont11.htm>.

Galleano, A. 2004. Avances en producción y conservación de gramíneas (en línea). Santa Fe, AR, Universidad Nacional del Rosario. Consultado 18 jun. 2010. Disponible en: <http://www.ipcva.com.ar/files/Avances%20en%20producci%F3n%20y%20conservaci%20de%20gram%EDneas.doc>

Garcés, AM *et al.* 2004. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado (artículo de revisión) (en línea). Revista Lasallista de Investigación 1 (1): 71. Consultado 29 sep. 2010. Disponible en: <http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/Revista/Vol1n1/066-71%20Ensilaje%20como%20fuente%20de%20alimentaci%C3%B3n%20para%20el%20ganado.pdf>

Gómez, ME; Murgueitio, E. 1990. Efecto de la altura de corte sobre la producción de biomasa de nacedero (*Trichanthera gigantea*) (en línea). Cali, CO, CIPAV. Consultado 30 ago. 2010. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd3/3/me.htm>

Gómez, ME *et al.* 2002. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica (en línea). 3 ed. aumentada. Cali, CO, CIPAV. p. 67 – 88. Consultado 23 may. 2010. Disponible en: http://201.234.78.28:8080/dspace/bitstream/123456789/664/1/20061024152517_Arboles%20y%20arbustos%20%20forrajeros%20alimentacion%20animal.pdf

Gutiérrez Orellana, MA. 1996. Pastos y forrajes en Guatemala su manejo y utilización base de la producción animal. Guatemala, Editorial E y G. p. 253 – 263.

Hess, HD; Domínguez, JC. 2002. Follaje de nacedero (*Trichanthera gigantea*) como suplemento en la alimentación de ovinos (en línea). Pasturas Tropicales 20 (3): 15. Consultado 6 sep. 2010. Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/PAST2032.pdf

IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). 2009. Nacedero (*Trichanthera gigantea*) forrajera con alto valor proteico (en línea). Panamá. Consultado 12 oct. 2010. Disponible en: <http://www.idiap.gob.pa/index.php/dinpros/publicaciones/finish/9/68/0>

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2009. Como incorporar la caña de azúcar en la dieta (en línea). Uruguay, El portal de la lechería en Uruguay. Consultado 06 sep. 2010. Disponible en: <http://www.infoleche.com/nota.php?ID=722>

Intriago Flor, FG; Paz Mejía, SA. 2000. Ensilaje de cáscara de banano maduro con microorganismos eficaces como alternativa de suplemento para ganado bovino (en línea). Guácimo, CR, Universidad Earth. 46 p. Consultado 3 oct. 2010. Disponible en: http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/ensilaje_cascara_banano.pdf

Jiménez Campos, MA. 2006. Producción de biomasa de nacedero (*Trichanthera gigantea*) en diferentes escenarios de sombra frecuencias de corte, en el rancho Ebenezer (en línea). Niquinohomo, Masaya, Managua, NI, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal. 44 p. Consultado 15 abr. 2010. Disponible en: <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp06j61.pdf>

Jiménez, A; Moreno, M. 1999. El ensilaje una alternativa para la conservación de forrajes (en línea). Colombia, UDEA. Consultado 24 mar. 2011. Disponible en: <http://agronica.udea.edu.co/talleres/Medicina/Prof%20Nicolas%20%20Ram%C3%ADrez/reyes/EL%20ENSILAJE.doc>.

Mier Quiroz, MA. 2009. Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero (en línea). España, Universidad de Córdoba, Departamento de Producción Animal. 64 p. Consultado 30 sep. 2010. Disponible en: http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/22_11_37_mariza.pdf

Moreno Osorio, F; Molina Restrepo, D. 2007. Buenas prácticas agropecuarias (BPA) en la producción de ganado de doble propósito bajo confinamiento con caña panalera como parte de la dieta (en línea). Colombia, CORPOICA/MANA/FAO. p. 90. Consultado 25 ago. 2010. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1564s/a1564s04.pdf>

Murgueitio, E. 1988. Los árboles forrajeros en alimentación animal. *In* Seminario Regional de Biotecnología (1, 1988, Colombia). Memorias. Cali, CO, CVC; Universidad Nacional; Sociedad Colombiana de Ciencias del Suelo. p. 5 – 9.

Patiño, VM. 1990. Exploración, identificación y silvicultura de las plantas comestibles para animales silvestres criados en cautividad en el área ecuatorial americana. *Revista Cespedia* Cali 16-17 (57-58): 39-52.

Pineda Melgar, O. 1994. Plantas Forrajeras más importantes distribuidas en la república de Guatemala. Cobán, AV, GT, USAC - CUNOR. p. 52 – 55.

Rivera, PE; Jaramillo, PH. 1991. Efecto del tipo de estaca y la densidad de siembra sobre el establecimiento y producción inicial de nacedero *Trichanthera gigantea* H & B. Tesis Lic. Zoot. Palmira, CO, Universidad Nacional de Colombia. 36 p.

Ríos, KCI. 1993. El nacedero *Trichanthera gigantea* H & B, un árbol con potencial para la construcción de sistema sostenibles de producción. CO, IMCA-CIPAV. 13 p.

Roa, ML *et al.* 2000. Suplementación alimenticia de vacas de doble propósito con morera (*Morus alba*), nacedero (*Trichanthera gigantea*) y pasto Kinggrass (*Penisetum purpureum* x *Penisetum typhoides*) en el pie del monte llano, Colombia (en línea). Revista Agroforestería en las Américas. Consultado 25 ago. 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6339S/X6339S00.HTM>

Rodenas, MA *et al.* 1999. Tablas de valor nutricional de alimentos para animales en Guatemala. Guatemala, USAC, DIGI. p. 23.

Rodríguez, S; Carrasquel. 1983. Ensilaje (en línea). Revista Técnica FONAIAP DIVULGA no. 12. Consultado 23 mar. 2011. Disponible en: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd12/texto/ensilaje.htm

Rosales, M. 1997. *Trichanthera gigantea* (Humboldt y Bompland.) Nees: a review. (en línea). Ganadería Investigación para el Desarrollo Rural 9 (4). Consultado 12 oct. 2010. Disponible en: <http://ftp.sunet.se/wmirror/www.cipav.org.co/lrrd/lrrd9/4/mauro942.htm>

Sánchez, L; García, G. 2003. Mejoramiento de la competitividad de los sistemas de producción de caña panelera del occidente de Cundinamarca mediante la integración de fuentes proteicas alternativas en producción complementarias de bovinos y porcinos (en línea). Colombia, Artículos Científicos de PRONATTA-CORPOICA. 60 p. Consultado 23 sep. 2010. Disponible en: http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Revista/8_EstrategiasMod_pp.pdf

Sarria, P. 1994. Efecto del nacedero (*Trichanthera gigantea*) como reemplazo parcial de la soya en cerdas en gestación y lactancia recibiendo una dieta básica de jugo de caña (en línea). Cali, CO, CIPAV. Consultado 30 ago. 2010. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd6/1/sarria1.htm>

Shimada, A. 1987. Fundamentos de nutrición animal comparativa. México, Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México. 345 p.

SIG (Sistema de Información Geográfica, GT). 2010. Ubicación geográfica granja CUNORI. Chiquimula, GT, SIG-CUNORI. 1 p.

Silveira Prado, EA; Franco, R. 2006. Sistema de información científica: conservación de forrajes, segunda parte (en línea). Revista Electrónica de Veterinaria 7 (11): 1-37. Consultado 26 sep. 2010. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/636/63612653005.pdf>

Vargas, L. 1984. Tabla de composición de alimentos para animales de Costa Rica. San José, CR, Editorial UCR. 90 p.

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

Watson, SJ; Smith, AM. 1975. El ensilaje. Trs. R Vera y Zapata. 5 ed. México, Editorial Continental S.A. 183 p.

XII. APÉNDICE

Cuadro 1A. Preparación de microsilos con sus respectivas cantidades de cada material (kg).

	Repetición 1			Repetición 2			Repetición 3			Repetición 4		
Tratamiento	Napier	Caña de Azúcar	Nacedero	Napier	Caña de Azúcar	Nacedero	Napier	Caña de Azúcar	Nacedero	Napier	Caña de Azúcar	Nacedero
T1 (testigo)	6.00	4.90	----	6.00	4.90	----	6.00	4.90	----	6.00	4.90	----
T2	4.80	3.93	2.18	4.80	3.93	2.18	4.80	3.93	2.18	4.80	3.93	2.18
T3	3.60	2.95	4.36	3.60	2.95	4.36	3.60	2.95	4.36	3.60	2.95	4.36
T4	2.40	1.96	6.55	2.40	1.96	6.55	2.40	1.96	6.55	2.40	1.96	6.55
Total	16.36	13.74	13.09	16.36	13.74	13.09	16.36	13.74	13.09	16.36	13.74	13.09

Fuente: propia 2011. (10.91Kg. – 100% (cubeta). * Napier 55% + Caña de azúcar 45% + Nacedero (20%, 40% y 60%)).

Cuadro 2A. Formulario bromato 7 informe de resultados de análisis (No. 113).



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal

Elaborado por: Aura Marina de Marroquín
Autorizado por: Lic. Miguel Ángel Rodenas

FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS



Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala
Telefax: 24188307 Teléfono: 24188307 ext. 1676
E-mail: bromato2000@yahoo.es

Solicitado por:

Wilo Mijail Arqueta Peña

Dirección:

IPALA, CHIQUIMULA.

No.113

Fecha de recibida la muestra:

25-02-2011.

Fecha de realización:

DEL 08 AL 11-02-2011.

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	Proteína Cruda %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. Pepsina %	Dig. K.O.H.	P.H. Mcal/kg	E.B. Kcal/kg %
01	CAÑA DE AZÚCAR 25-11-10	SECA	7.40	92.60	---	---	2.98	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4,241
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	2.76	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
02	NAPIER VERDE 25-11-11	SECA	7.43	92.57	---	---	8.37	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2,847
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	7.75	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
03	NACEDERO 25-11-10	SECA	10.77	89.23	---	---	21.65	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2,641
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	19.32	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
04	T1-1	SECA	78.30	21.70	---	---	3.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4,450
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	0.74	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

OBSERVACIONES:

Dichos resultados fueron calculados en base materia seca total Y base fresca. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al Tel. 24188307

*modificado en enero de 2003

T. L. José A. Morales S.
Laboratorista



Lic. Miguel Ángel Rodenas
Jefe Laboratorio de Bromatología

Cuadro 3A. Formulario bromato 7 informe de resultados de análisis (No. 114).



Elaborado por: Aura Marina de Marroquín
Autorizado por: Lic. Miguel Ángel Rodenas

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal

FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS



Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala
Telefax: 24188307 Teléfono: 24188307 ext. 1676
E-mail: bromato2000@yahoo.es

Solicitado por:

Wilo Mijail Arqueta Peña

Dirección:

IPALA, CHITUMULA.

No.114

Fecha de recibida la muestra:

25-02-2011.

Fecha de realización:

DEL 08 AL 11-02-2011.

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	Proteína Cruda %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. Pepsina %	Dig. K.O.H.	P.H. Mcal/kg	E.B. Kcal/kg %
05	T1-2	SECA	76.99	23.01	----	----	3.59	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	4,490
		COMO ALIMENTO	---	---	----	----	0.83	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
06	T1-3	SECA	76.16	21.84	----	----	3.60	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	4,520
		COMO ALIMENTO	---	----	----	----	0.79	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
07	T1-4	SECA	76.57	23.43	----	----	3.69	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	4,510
		COMO ALIMENTO	----	----	----	----	0.86	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
08	T2-1	SECA	78.44	21.56	----	----	5.82	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	3,655
		COMO ALIMENTO	----	----	----	----	1.28	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

OBSERVACIONES:

Dichos resultados fueron calculados en base materia seca total Y base fresca. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al Tel. 24188307

TOTAL DE MUESTRAS REPORTADAS EN ESTA HOJA 4

*modificado en enero de 2003

T. L. José A. Morales S.
Laboratorista



Lic. Miguel Ángel Rodenas
Jefe Laboratorio de Bromatología

Resultados 2011/14
15/6/11 V.Z.

Cuadro 4A. Formulario bromato 7 informe de resultados de análisis (No. 115).



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal

Elaborado por: Aura Marina de Marroquín
Autorizado por: Lic. Miguel Ángel Rodenas



FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS

Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala
Telefax: 24188307 Teléfono: 24188307 ext. 1676
E-mail: bromato2000@yahoo.es

Solicitado por:

Wilo Mijail Arqueta Peña

Dirección:

IPALA, CHIQUIMULA.

No.115

Fecha de recibida la muestra:

25-02-2011.

Fecha de realización:

DEL 08 AL 11-02-2011.

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	Proteína Cruda %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D %	Lignina %	Dig. Pepsina %	Dig. K.O.H.	P.H. Mcal/kg	E.B. Kcal/kg %
09	T2-2	SECA	79.84	20.16	----	----	5.64	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	3,700
		COMO ALIMENTO	----	----	----	----	1.14	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
10	T2-3	SECA	78.33	21.67	----	----	5.84	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	3,698
		COMO ALIMENTO	----	----	----	----	1.27	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
11	T2-4	SECA	77.80	22.20	----	----	5.76	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	3,648
		COMO ALIMENTO	----	----	----	----	1.28	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
12	T3-1	SECA	79.97	20.03	----	----	7.94	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	3,360
		COMO ALIMENTO	----	----	----	----	1.59	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

OBSERVACIONES:

Dichos resultados fueron calculados en base materia seca total Y base fresca. Sé prohíbe la reproducción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al Tel. 24188307

*modificado en enero de 2003

Lic. Miguel Ángel Rodenas
Laboratorista



Lic. Miguel Ángel Rodenas
Jefe Laboratorio de Bromatología

Cuadro 5A. Formulario bromato 7 informe de resultados de análisis (No. 116).



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal

Elaborado por: Aura Marina de Marroquín
Autorizado por: Lic. Miguel Ángel Rodenas

FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS



Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala
Telefax: 24188307 Teléfono: 24188307 ext. 1676
E-mail: bromato2000@yahoo.es

Solicitado por:

Wilo Mijail Arqueta Peña

Dirección:

IPALA, CHIQUIMULA.

No.116

Fecha de recibida la muestra:

25-02-2011.

Fecha de realización:

DEL 08 AL 11-02-2011.

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	Proteína Cruda %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. Pepsina %	Dig. K.O.H.	P.H. Mcal/kg	E.B. Kcal/kg %
13	T3-2	SECA	80.36	19.64	---	---	8.09	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3,330
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	1.59	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14	T3-3	SECA	80.63	19.37	---	---	8.37	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3,310
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	1.62	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
15	T3-4	SECA	81.38	18.62	---	---	8.22	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3,240
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	1.53	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
17	T4-1	SECA	84.00	16.00	---	---	11.65	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2,809
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	1.86	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

OBSERVACIONES:

Dichos resultados fueron calculados en base materia seca total Y base fresca. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al Tel. 24188307

*modificado en enero de 2003

T. L. José A. Morales S.
Laboratorista



Resultados 116
15/02/11

Lic. Miguel Ángel Rodenas
Jefe Laboratorio de Bromatología

Cuadro 6A. Formulario bromato 7 informe de resultados de análisis (No. 117).



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal

Elaborado por: Aura Marina de Marroquín
Autorizado por: Lic. Miguel Ángel Rodenas

FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS



Edificio M6, 2º Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
Ciudad de Guatemala
Telefax: 24188307 Teléfono: 24188307 ext. 1676
E-mail: bromato2000@yahoo.es

Solicitado por:

Wilo Mijail Argueta Peña

Dirección:

IPALA, CHIQUIMULA.

No.117

Fecha de recibida la muestra:

25-02-2011.

Fecha de realización:

DEL 08 AL 11-02-2011.

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	Proteína Cruda %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. Pepsina %	Dig. K.O.H.	P.H. Mcal/kg	E.B. Kcal/kg %
18	T4-2	SECA	83.65	16.35	----	----	11.33	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	2,790
		COMO ALIMENTO	----	----	----	----	1.85	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
19	T4-3	SECA	82.26	17.74	----	----	11.66	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	2,840
		COMO ALIMENTO	----	----	----	----	2.07	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
20	T4-4	SECA	83.97	16.03	----	----	11.47	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	2,764
		COMO ALIMENTO	----	----	----	----	1.84	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
----	-----	SECA	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
		COMO ALIMENTO	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

OBSERVACIONES:

Dichos resultados fueron calculados en base materia seca total Y base fresca. Sé prohíbe la reproducción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al Tel. 24188307

*modificado en enero de 2003

T. L. José A. Morales S.
Laboratorista



Resultados 11/117
15/02/11

Lic. Miguel Ángel Rodenas
Jefe Laboratorio de Bromatología

Cuadro 7A. Registro de datos del estudio realizado en el ensilado.

No. Cubeta	Trat.	Rep.	Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	Diferencia (kg)	Promedio	pH	Promedio	Temperatura (°T)	Promedio	(kg) Perdida de ensilado a la apertura
16	T1	1	11.81	10.90	0.91	0.4	5	4.5	27	26.75	1.81
13	T1	2	11.36	11.36	0		4		27		0
8	T1	3	11.36	11.36	0		5		26		0
12	T1	4	11.81	11.36	0.91		4		27		0
7	T2	1	11.81	11.81	0	0.3	5	4.5	27	26.75	0
3	T2	2	11.36	10.90	0.46		4		27		2.27
11	T2	3	11.81	11.81	0		4		26		0
2	T2	4	11.81	10.90	0.91		5		27		0
6	T3	1	12.27	11.81	0.46	0.3	4	4.5	25	26.50	0
14	T3	2	12.27	11.81	0.46		5		27		0
10	T3	3	11.81	11.81	0		4		27		0
15	T3	4	12.27	11.81	0.46		5		27		2.27
4	T4	1	11.81	11.81	0	0.2	5	4.5	27	26.75	0
9	T4	2	11.81	11.81	0		4		27		0
5	T4	3	11.81	11.81	0		4		27		0
1	T4	4	11.81	10.90	0.91		5		26		1.81

Fuente: propia 2011.

T1 = 45% caña de azúcar + 55% de napier.

T2 = 45% caña de azúcar + 55% de napier + 20% nacedero.

T3 = 45% caña de azúcar + 55% de napier + 40% nacedero.

T4 = 45% caña de azúcar + 55% de napier + 60% nacedero.

Cuadro 8A. Valores promedio de los parámetros medidos a los tratamientos con diferentes niveles de napier, caña de azúcar y nacedero.

Tratamiento	Diferencia de peso (kg) ()	pH ()	Temperatura (°C) ()	() pérdida de ensilado a la apertura (Kg)
T1	0.4	4.5	26.75	0.45
T2	0.3	4.5	26.75	0.57
T3	0.3	4.5	26.50	0.57
T4	0.2	4.5	26.75	0.45

Fuente: propia 2011.

Cuadro 9A. Análisis de varianza para la variable de materia seca del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum* var. *Schum*), y caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), con tres niveles de adición de nacedero (*Trichanthera gigantea*). Chiquimula, 2011.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Modelo	3	82.21	27.40	43.46	0.0001
Error	12	7.56	0.63		
Total	15	89.78			

C.V. 3.97

Cuadro 10A. Análisis de varianza para la variable de energía bruta del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum* var. *Schum*), y caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), con tres niveles de adición de nacedero (*Trichanthera gigantea*). Chiquimula, 2011.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Modelo	3	6085715.25	2028571.75	1518.34	0.0001
Error	12	16032.50	1336.04		
Total	15	6101747.75			

C.V. 1.02

Cuadro 11A. Análisis de varianza para la variable de proteína cruda del ensilado de napier (*Pennisetum purpureum* var. *Schum*), y caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), con tres niveles de adición de nacedero (*Trichanthera gigantea*). Chiquimula, 2011.

Fuente	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Modelo	3	139.45	46.48	2279.83	0.0001
Error	12	0.24	0.02		
Total	15	139.69			

C.V. 1.96

Cuadro 12A. Resultados de materia seca realizada a los tres materiales utilizados en el experimento.

Material	Materia seca (%)
Napier (<i>Pennisetum purpureum</i>)	23.18 %
Caña de azúcar (<i>Sachauum officinarum</i>)	27.48 %
Nacedero (<i>Trichanthera gigantea</i>)	12.28 %

Fuente: propia 2011.

Cuadro 13A. Análisis químico de una muestra de cada tratamiento evaluado en el estudio sobre diferentes niveles de adición de nacedero.

Trat.	M.S. (%)	E.E. (%)	F.C. (%)	P.C. (%)	Cenizas (%)	E.L.N. (%)	E.D. Mcal/kg (%)
T1.1.	21.70	1.24	37.71	3.40	12.54	45.11	2.08
T.2.1.	21.56	0.91	28.37	5.82	14.39	50.51	2.52
T3.1.	19.64	1.38	27.90	8.09	16.31	46.32	2.55
T4.1.	16.00	1.03	23.48	11.65	15.78	48.06	2.76

Fuente: Laboratorio de Bromatología de la Escuela de Zootecnia de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011.



Figura 1A. Distribución y semientierro de los microsilos aleatoriamente.



Figura 2A. Corte de uniformización del Napier.



Figura 3A. Corte de la caña de azúcar utilizada en el proyecto.



Figura 4A. Corte de nivelación del nacedero.



Figura 5A. Picado de los materiales a ensilar.



Figura 6A. Identificación de las unidades experimentales.



Figura 7A. Llenado de microsilos.



Figura 8A. Pesado de microsilos.



Figura 9A. Compactado del microsilo.



Figura 10A. Sellado del microsilo.



Figura 11A. Unidades experimentales puestas en reposo aleatoriamente.



Figura 12A. Material colectado para su procesamiento en el laboratorio.



Figura 13A. Muestras puestas en el horno de aire forzado.



Figura 14A. Determinación de pH.