

Características Fermentativas, Estabilidad Aeróbica, Consumo Voluntario y Degradabilidad *In vitro* de Henilaje de *Stylosanthes guianensis*

Por

María S. Vázquez Ortiz

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

Industria Pecuaria

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ

2009

Aprobado por:

Abner Rodríguez Carías, Ph.D.
Presidente del Comité Graduado

Fecha

Elide Valencia Chin, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Paul Randel Folling, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

José R. Latorre, Ph. D.
Director Departamento Industria Pecuaria

Fecha

Wanda Almodovar
Representante de Escuela Graduada

Fecha

Resumen

En el Caribe la ganadería enfrenta problemas con la disponibilidad de los forrajes a través del año y con la calidad nutricional de las pasturas, especialmente las gramíneas tropicales (GT). Durante años se ha estudiado la utilización de las leguminosas tropicales (LT) en dietas para rumiantes, por sus bondades de aportar mayor cantidad de nutrientes aprovechables por el animal que las GT, sin embargo, no se ha estudiado mucho su potencial como henilaje en pacas cilíndricas (PC). Los objetivos de este estudio fueron determinar las características fermentativas, estabilidad aeróbica y consumo voluntario de *Stylosanthes guianensis* (SG) en forma de henilaje (HnSG) luego de haber fermentado durante los dos periodos (PF) de 30 y 72d en 18 PC. Para la caracterización fermentativa se tomaron muestras de 3 PC de HnSG durante cada uno de los seis periodos de fermentación (PF) de 6, 10, 13, 18, 30 y 72 d además del muestreo inicial, para determinar pH, concentración de ácidos orgánicos (%), y N-NH₃/tN-total (%). Se analizaron los datos según un diseño completamente aleatorizado (DCA) por el modelo lineal general (SAS) con tres repeticiones por día de fermentación. Para determinar la estabilidad aeróbica del HnSG fermentado durante 30 d (Hn30) ó 72 d (Hn72) se observaron los cambios en pH y temperatura durante 7 d consecutivos de exposición al aire. Para analizar estos datos se utilizó un diseño de parcelas divididas en tiempo donde las PC constituyeron las parcelas y los muestreos correspondientes a cada día de exposición fueron las sub-parcelas. La digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) se determinó utilizando 3 muestras de cada día tomadas del proceso de evaluar la estabilidad aeróbica, las cuales fueron incubadas durante 48 h con inóculo ruminal caprino

utilizando el sistema Daisy II (ANKOM). Los datos se sometieron a un análisis estadístico usando el modelo lineal de SAS siguiendo un DCA con arreglo factorial de: dos periodos de fermentación (30 y 72d) x cinco días de exposición aeróbica (0, 1, 3, 5 y 7 d). El consumo voluntario (CV) del SG henilado y henificado se determinó usando 4 caprinos y 4 ovinos ofrecidos en tres dietas distintas durante 5 d en tres tandas de la prueba. Las dietas tuvieron en común 50 % heno de gramíneas tropicales (HGT), en combinación con 50 % de SG henificado (HSG) ó de Hn30 ó Hn72. Los datos se analizaron según un DCA con un arreglo factorial de 3 dietas (HGT/HSG, HGT/Hn30 ó HGT/Hn72) x 2 especie animal (caprino y ovino), usando un modelo que incluyo también el efecto del animal dentro de la especie y el de la interacción de especie animal por dieta.

El porcentaje de materia seca (MS) en el SG fresco y HnSG a los 30 y 72 d de fermentación fue 66.1, 57.7 y 54.2, respectivamente. La concentración de proteína bruta (PB) en todas las formas diferentes de SG, el fresco (14.1%), Hn30 (13.3%), Hn72 (13.7%) y HSG (11.2%) superó ($P < 0.05$) a la del HGT (7.0%). A lo largo del proceso de fermentación el pH del SG no sufrió una reducción significativa. No se observaron patrones definidos de los efectos de la fermentación sobre varios componentes del forraje, como fibra detergente neutra (FDN), carbohidratos no fibrosos (CNF) y el valor estimado de nutrientes digestibles totales (NDT). En general se observó baja producción de ácidos orgánicos, alcanzando mayores concentraciones (en base seca) de sólo 0.51% de láctico después de 6 días y 0.38% de acético después de 72 d de fermentación. Hubo un aumento significativo en la relación $N-NH_3/N$ -total al transcurrir el proceso fermentativo hasta alcanzar 7.4 % a los 72 d. En la

prueba de estabilidad aeróbica se observó una menor acidez en las PC de Hn30 que en Hn72 hasta el día 3 (pH 7.12 vs 6.58) y la temperatura aumentó más en aquellas al registrar lecturas máximas de 48.15 vs. 37.78°C. No se encontró ningún efecto significativo ($P>0.05$) en la DIVMS del henilaje, aunque el efecto del día de exposición se acercó más a $P=0.05$. En la prueba de CV los caprinos mostraron mayor aceptación de la dieta HGT/HSG al consumir diariamente 435 g de HGT y 232 g de HSG, a diferencia de los ovinos que prefirieron las dietas con HnSG e ingirieron diariamente 455 g de HGT junto con 177 g de Hn30 y 460 g de HTG junto con 154 g de Hn72. Se concluye que la producción de HnSG en PC sin el uso de aditivos no logra satisfactoriamente las características deseables en forrajes bien conservados por medios fermentativos.

Abstract

In the Caribbean, the livestock industries confront problems regarding the availability of forage throughout the year and the nutritional quality of the pastures, especially those of tropical grasses (TG). For many years studies have been conducted on the usage of tropical legumes (TL) in diets for ruminant animals, because of their higher content of nutrients available to the animal compared with TG; however their potential use as haylage fermented in round bales (RB) has not yet been studied much. The objectives of this study were to determine the ensiling characteristics, aerobic stability and voluntary forage intake of *Stylosanthes guianensis* (SG) ensiled during two period lengths of fermentation (LF) in RB. To establish the ensiling characteristic samples were taken from 3 RB after six periods of ensiling (0, 6, 10, 13, 18, 30 and 72 d) to determine pH, content of organic acids (%), and NH₃-N/total-N (%). Data were analyzed by a general linear model (SAS) using a completely randomized design with three replicates per day of fermentation. Aerobic stability was determined during 7 consecutive days of exposure to air in haylage from three bales opened after 30 and 72 d of fermentation. A split plot design in time was used to analyze the data where in RB from each LF were considered as the plots, and the days of sampling of each bale corresponding to each LF as the subplots. The *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) was determined using 3 samples taken each day from the aerobic stability study, which were incubated during 48 h with goat ruminal inoculate using the Daisy II ((Ankom System). Data were analyzed using a general linear model of SAS with a factorial arrangement of: two periods of fermentation (30 and 72 d) x five days of aerobic exposition (0, 1, 3, 5 and 7). Voluntary dry matter intakes of 4 meat-type goats and 4

sheep were determined for three diets during 5 d in each of three repetitions of the test. The diets had in common 50 % tropical grass hay (TGH) in combination with 50 % of SG hay (SGH) or haylage with 30 or 72 d of fermentation (HL30, HL72). Data were analyzed using a general lineal model with a factorial arrangement for 3 diets (TGH/SGH, TGH/HL30 or TGH/HL72) X 2 animal species (goat and sheep) which also included the effect of animal within species and animal species for diet interaction.

The dry matter (DM) percentage found SG in fresh form (FSG), HL30 and HL72 was 66.1, 57.7 and 54.2, respectively. The crude protein concentrations of all the different forms of SG, FSG (14.1 %), HL30 (13.3 %), HL72 (13.7 %) and SGH (11.2 %), were higher ($P < 0.05$) than that of TGH (7.0%). The pH of the SG fermented in RB, failed to suffer a significant reduction during the fermentation process. No well defined patterns were observed of the fermentation effects on several forage components, including neutral detergent fiber (NDF), non-structural carbohydrates (NSC), and estimated total digestible nutrients (TDN). In general, low production of organics acids was observed, reaching highest concentrations (DM basis) of 0.51 % of lactic after 6 days and 0.38 % of acetic after 72 d of fermentation. The $\text{NH}_3\text{-N}/\text{total-N}$ percentage increased ($P < 0.05$) gradually during the fermentation process, reaching its highest concentration at 72 d of fermentation (7.4%). During the aerobic exposure Hn30 demonstrated lower acidity than Hn72 up to 3 days (pH 7.12 vs. 6.58) and HL30 increased more in temperature than Hn72, maximum readings begin 48.15 vs. 37.78°C. Aerobic exposure did not affect the IVDMD, although the effect of day of exposure more nearly approached $P=0.05$. In the test of voluntary forage intake the goats showed greater acceptance of the TGH/SGH diet while consuming daily 435 g TGH and 232 g

SGH, in contrast to the sheep that preferred the haylage diets and showed daily intakes of 455g of TGH together with 177g of HL30 and 460g of TGH with 154g of HL72. In conclusion, the production of HLSG in RB, without the use of additives, does not achieve satisfactorily the characteristics desirable in forage conserved by fermentations methods.

Dedicatoria

Este trabajo es dirigido a mis padres, Jorge L. Vázquez Candelario y Yolanda Ortiz Rivera, por brindarme la vida, guiarme y apoyarme en todo momento. A mi esposo, Carlos Bermúdez Berrios, por su comprensión, fortaleza y apoyo en esta decisión tan importante. A mi hermano, Jorge L. Vázquez Ortiz y amigas, Eimi Balleste Peralta, Sarai M. Mora Rodríguez y Yarinette Díaz Serrano, por su amistad incondicional y palabras de aliento. Por último a toda mi familia, para que se propongan y cumplan metas, porque sí se puede.

Agradecimientos

Primeramente agradezco a Nuestro Señor el todo poderoso, el cual me brindó la sabiduría e iluminación, también porque interpuso en mi camino seres especiales que me ayudaron en la realización de la misma.

Agradezco infinitamente al Dr. Abner Rodríguez Carías, presidente del comité graduado, por brindarme la oportunidad de completar una meta y a su vez ampliar y aportar mis conocimientos en el campo de la investigación desde sub-graduado, además por su gran paciencia, apoyo y amistad durante estos años.

Al Dr. Paul Randel Følling y al Dr. Elide Valencia Chin, por aceptar formar parte de mi comité graduado, por tomarse el tiempo de revisar y corregir este documento y por aclarar mis dudas.

Gracias a mis compañeros de maestría Luis A. Cruz, Jorge L. Olivares (Pinolillo) y Francisco P. Rivera, por las largas horas realizando análisis en el laboratorio de nutrición y por su ayuda incondicional a la hora de realizar esta investigación.

De igual forma quiero agradecer al Sr. Ariel Muñoz por su gran ayuda con los ovinos y caprinos, por tu tiempo, comprensión y amistad. A mi esposo Carlos Bermúdez por escucharme, darme ánimo y ayuda en todo momento. A todo el personal del Departamento de Industria Pecuaria, en especial a la Sra. Jackeline Rivera (Jacky), por su amistad y alegría.

Por último, a todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron en mi desarrollo profesional y personal. Que el Señor los colme de muchas bendiciones.

¡Mil Gracias!

Tabla de Contenido

Contenido	Pagina
Resumen.....	ii
Abstract.....	v
Dedicatoria.....	viii
Agradecimientos.....	ix
Tabla de contenido	x
Lista de cuadros	xii
Lista de figuras	xiii
Apéndice.....	xiv
1.0. Introducción.....	1
2.0. Objetivos.....	3
3.0. Revisión de Literatura	4
3.1. Fisiología ruminal	4
3.2. Calidad del Forraje	6
3.3. Leguminosas	8
3.3.1. <i>Stylosanthes guianensis</i> – Características Agronómicas	9
3.3.2. Uso de <i>S. guianensis</i> en dietas para rumiantes	11
3.4. Métodos de Conservación de Forrajes Leguminosos	12
3.4.1. Heno de Leguminosas	12
3.4.2. Ensilaje de Leguminosas.....	13
3.4.3. Henilaje de Leguminosas.....	16

4.0.	Materiales y Métodos.....	18
4.1.	Material Vegetativo.....	18
4.2.	Proceso de fermentación	20
4.3.	Estabilidad Aeróbica.....	21
4.4.	Degradabilidad <i>In Vitro</i> de la MS como Criterio de la Estabilidad Aeróbica.....	23
4.5.	Consumo Voluntario.....	25
5.0.	Resultados y Discusión.....	28
5.1.	Proceso de Fermentación	28
5.2.	Estabilidad Aeróbica	35
5.3.	Degradabilidad <i>In Vitro</i> de la MS según el Largo de la Exposición Aeróbica.....	41
5.4.	Consumo Voluntario	42
6.0.	Conclusiones.....	50
7.0.	Implicaciones.....	51
8.0.	Referencias.....	52
9.0.	Apéndices	57

Listado de Cuadros

Cuadro	Página
Cuadro 1. Composición química de SG fresco y henilado en pacas cilíndricas	28
Cuadro 2. Concentración de productos de fermentación y pH a progresivos Intervalos de SG henilado en pacas cilíndricas	34
Cuadro 3. Efecto del periodo de exposición aeróbica del HnSG sobre el pH y temperatura	36
Cuadro 4. DIVMS verdadera porcentual del HnSG fermentado durante 30 y 72 d según el día de exposición aeróbica	42
Cuadro 5. Composición química de SG henificado o henilado durante 30 y 72 d ofrecidos a animales	43
Cuadro 6. Composición química del HGT utilizado en dietas para caprinos y ovinos	44

Listado de Figuras

Figura	Página
Figura 1. Proceso de henilar SG en pacas cilíndricas	19
Figura 2. Pacas cilíndricas de SG expuestas al aire	22
Figura 3. Jaulas experimentales provistas de comederos y bebederos	26
Figura 4. Cambio en color del forraje luego del proceso de fermentación	29
Figura 5. Microorganismos presentes en la superficie de pacas de henilaje de SG después de 30 d de fermentación	39
Figura 6. Microorganismos presentes en la superficie de pacas de henilaje de SG después de 72 d fermentación	40
Figura 7. CVMS de dietas conteniendo 50 % HGT y 50 % SG henificado o henilado durante 30 ó 72 d	45
Figura 8. Efecto de la especie animal (caprinos y ovinos) sobre el CVMST de las dietas evaluadas	47
Figura 9. Efecto de la dieta ofrecida sobre el CVMST de ovinos y caprinos	48
Figura 10. CVMS de HGT y SG henificado o henilado en pacas cilíndricas por caprinos	49
Figura 11. CVMS de HGT y SG henificado o henilado en pacas cilíndricas por ovinos	49

Apéndice

Apéndice	Página
Apéndice 1. Consumo de MS de HGT y heno o henilaje de SG por caprinos y ovinos	57

1.0. Introducción

En la alimentación de rumiantes se utilizan comúnmente los recursos forrajeros como fuente principal de fibra y otros nutrimentos esenciales, sin embargo, la disponibilidad inestable de forraje a través del año, especialmente en temporadas de sequía, representa una limitación para los productores pecuarios. Durante una época seca prolongada, disminuye la producción y calidad del forraje, evitando que el animal exprese su verdadero potencial genético para la producción de leche o carne, si se depende únicamente o mayormente del forraje fresco disponible.

Al disminuir la producción de forraje fresco, la demanda por otras fuentes alimentarias aumenta para suplir las necesidades nutricionales de los animales. Dadas estas condiciones se hace importante estudiar los diferentes aspectos que afectan la calidad del forraje, especialmente su composición química, consumo voluntario y disposición de nutrientes. Se han evaluado una gran variedad de gramíneas y leguminosas tolerantes a suelos ácidos y de baja fertilidad, a temporadas largas de sequías y que produzcan gran cantidad de biomasa en las épocas de mayor producción para utilizarse en la alimentación de rumiantes. Se busca identificar recursos forrajeros para mejorar el consumo y la digestibilidad de la materia seca y reducir el costo de la alimentación, en las épocas menos favorables para la producción de forrajes. Son bien conocidas las limitaciones que presentan las gramíneas tropicales (GT) en la nutrición de rumiantes y las ventajas de la incorporación de leguminosas tropicales (LT) en dietas basadas en GT.

La utilización de leguminosas ha traído a la industria un gran alivio, porque generalmente son forrajes con mayor valor nutricional que las GT. La inclusión de LT

generalmente aumenta el nivel de proteína en la ración y el consumo de energía, fibra y minerales; esto en adición a las bondades agronómicas de la LT al fijar N atmosférico, cuya adición al suelo sirve como fertilizante para mejorar el desarrollo de GT asociadas a las LT. En el trópico se ha introducido leguminosas arbustivas con el potencial de mejorar los sistemas de producción de pequeños rumiantes, por ser tolerantes a suelos poco fértiles y lugares de baja precipitación (Rodríguez, 2005). Estas plantas prometen ser una alternativa para mejorar la calidad de las praderas tropicales al utilizarse en asociaciones con gramíneas y en bancos de proteína, para ser cosechadas mediante el pastoreo o corte mecánico.

Una de las leguminosas introducidas a la Isla y cuyo potencial forrajero ha sido investigado es *Stylosanthes guianensis* (SG), también conocido como alfalfa de Brasil (Arias et al., 1998). Sin embargo, es necesaria evaluación adicional para describir el comportamiento de esta planta bajo los diferentes métodos de conservación de forrajes, especialmente en forma de henilaje, que es un método menos estudiado hasta la fecha. Esta investigación se diseñó para caracterizar y evaluar el proceso fermentativo, la estabilidad aeróbica y el consumo por parte de ovinos y caprinos del *Stylosanthes* conservado en forma de henilaje en pacas cilíndricas.

2.0. Objetivos

- Determinar las características fermentativas de *Stylosanthes guianensis* (SG) henilado en pacas cilíndricas.
- Determinar la estabilidad aeróbica del henilaje de SG.
- Evaluar la degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de los dos henilajes de SG, luego de progresivos periodos de exposición aeróbica
- Evaluar el consumo voluntario por pequeños rumiantes de SG henificado y henilado durante dos periodos de fermentación.

3.0. Revisión de Literatura

3.1. Fisiología ruminal

Los rumiantes son mamíferos que poseen un estómago dividido en cuatro compartimientos (retículo, rumen, omaso y abomaso). En el complejo retículo-rumen se lleva a cabo la digestión de la fibra vegetal y otros polisacáridos mediante la actividad microbiana, porque estos animales carecen de las enzimas propias necesarias para dicha digestión. El complejo retículo-rumen tiene un tamaño relativamente grande, con una capacidad de 100 a 150 litros en un vacuno adulto y de 6 litros en pequeños rumiantes adultos de talla mediana. Presenta un ambiente anaerobio con una temperatura y pH del contenido casi constantes (39 °C, 6.9-7.0). La naturaleza anoxia del rumen es un factor significativo para el buen funcionamiento de la microflora ruminal (Carrillo, 2003), permitiéndole al rumiante obtener energía de la fibra consumida (Wattiaux, 2000). El alimento masticado y mezclado con la saliva, al tragarse llega al retículo y luego en breve al rumen, donde es sometido a movimientos circulatorios del contenido ruminal impulsados por contracciones musculares de la pared ruminal. Durante una larga retención del alimento en este compartimiento se generan productos de fermentación microbiana, que luego son absorbidos y utilizados por el rumiante o bien transformados por otros microorganismos presentes en el medio en el fenómeno que se llama alimentación cruzada (“cross feeding”).

En el rumen existe una gran variedad de microorganismos que incluye hongos, levaduras, bacterias y protozoarios, los cuales son responsables de la actividad fermentativa. Estos microorganismos, que son anaerobios obligatorios o facultativos, degradan los carbohidratos estructurales presentes en la pared celular (celulosa y

hemicelulosa) convirtiéndola finalmente en azúcares simples. Al fermentar la glucosa los microorganismos obtienen la energía para su propio crecimiento y producen ácidos grasos volátiles (AGV), gases (CO_2 y CH_4) y calor. Los AGV se absorben a través de la pared ruminal y son utilizados por el animal para sostener los procesos fisiológicos de mantenimiento, formación de tejidos corporal adicional y reproducción (Church, 2002). Además de carbohidratos, los microorganismos ruminales degradan diversos compuestos incluyendo los nitrogenados y los lípidos (grasas y aceites), tanto dietéticos como los producidos por la fermentación microbiana.

El proceso simbiótico existente entre los microorganismos y el rumiante hospedero, permite el aprovechamiento de la fibra presente en los forrajes, ya sean gramíneas, leguminosas o de otras familias botánicas. La fibra constituye una gran parte de las dietas para rumiantes basadas en GT o LT. Sin embargo, el aporte de nitrógeno podría ser inadecuado en dietas basadas solamente en GT, más aun en épocas secas cuando la disponibilidad y calidad del forraje disminuye. La incorporación de LT a la dieta, aumenta el aporte de nitrógeno y generalmente promueve mayor productividad animal.

La calidad de los forrajes depende en parte del proceso de preservación a que se someten y en este respecto existe poca información sobre la preservación del nitrógeno presente en LT conservados como henilaje en pacas cilíndricas. Esta falta de información más completa es un asunto que requiere atención ya que el uso de las aludidas pacas es una práctica común en Puerto Rico.

3.2. Calidad del Forraje

En el trópico o subtropico la producción animal se ve afectada negativamente por las condiciones climáticas. La capacidad de ofrecerle al animal forraje de buena calidad todo el año se ve afectada por las temporadas de sequía. En estas épocas el crecimiento de los pastos es escaso por la falta de agua y consecuentemente no hay suficiente producción de forraje para la demanda existente; también el forraje disponible puede ser de baja calidad.

Calidad del forraje se define como la capacidad del material vegetativo ingerido para suplir los nutrientes necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales del animal. El concepto de calidad abarca la aceptabilidad animal y el aporte de nutrientes, principalmente carbohidratos, lípidos, proteínas, ácidos orgánicos, vitaminas y minerales. Además, el potencial nutritivo del forraje se observa en la respuesta del animal en ganar peso, producir leche o carne y en el desempeño reproductivo.

Los criterios de calidad del forraje incluyen: composición química, palatabilidad, consumo voluntario, digestibilidad, presencia de factores anti-nutricionales y respuesta productiva animal. La palatabilidad es influenciada por la textura, contenido de humedad, olor y sabor (dulce, amargo, agrio o salado) del forraje. Una buena palatabilidad contribuye a un alto consumo. La digestibilidad depende en gran medida del estado de madurez en que se encuentre el forraje. Un forraje inmaduro y tierno puede tener hasta 80-90% de material digerible y un forraje muy maduro menos del 50%. En el análisis de la composición química, se determina generalmente como punto de partida la proporción de componentes del citoplasma celular (incluyendo prominentemente proteínas solubles, azúcares y almidón) y los de la pared celular

(celulosa, hemicelulosa y lignina). El término factores anti-nutricionales se refiere a algunos componentes secundarios de las plantas que le podrían causar intoxicación u otro daño a la salud del animal. Entre los compuestos anti-nutricionales más comunes están los taninos, alcaloides, nitratos y las micotoxinas. El potencial productivo del animal está afectado por varios factores, algunos de ellos propios del animal, como genotipo, sexo, tamaño corporal, estado fisiológico, edad, condición corporal y salud; y otros externos como el ambiente (clima y presencia de plagas) y efectos del hato y su manejo (Ball, 2001).

Uno de los factores que más afecta la calidad del forraje es la especie botánica, siendo las leguminosas y gramíneas las familias más usadas. Generalmente las leguminosas poseen mayor calidad forrajera, debido a su mayor contenido de proteína y mayor consumo voluntario relativo a las gramíneas (Ball, 2001). Sin embargo esto depende, del tipo de leguminosa o de gramínea en particular y sus características.

Dentro de los seis factores generales que determinan la calidad de los forrajes, el CV suele ser el más importante. El consumo de los forrajes se ve afectado por factores inherentes del animal, otros asociados al medio ambiente y otros que dependen de las características organolépticas, químicas y físicas que éstos presentan (i.e. sabor, olor). Entre los factores individuales de mayor influencia se mencionan la edad fisiológica del animal, la capacidad o tamaño del rumen y la retención de ingesta en el mismo, la concentración de AGV's en la sangre, el contenido proteínico de la dieta en su totalidad y la estructura de la pared celular de los forrajes (Van Soest, 1994; Church, 2002). La forma y las propiedades físicas del alimento también inciden en el CV, siendo pertinente al respecto, el hecho de que los forrajes ensilados en pacas

cilíndricas tienden a relacionarse con menor CV, ya que poseen partículas de mayor tamaño que el mismo forraje ensilado en estructuras convencionales (Harrison et al., 1994).

Es importante que un productor sepa la calidad del forraje que ofrece a sus animales. El uso de forraje de alta calidad permite reducir los costos de la alimentación ya que usualmente éstos representan la fuente más económica de nutrientes.

3.3. Leguminosas

Las plantas pertenecientes a la familia Leguminosae (Fabaceae) se encuentran ampliamente distribuidas por toda la tierra. Existen alrededor de 600 géneros y 1,200 especies. A pesar de que su amplitud de adaptación es menor que en las gramíneas, se encuentran leguminosas en casi todos los ecosistemas terrestres (Eusse, 1994). Estas se utilizan no solamente como forrajes, sino también como abono verde y fijadoras de nitrógeno (N) atmosférico, cultivo de cobertura y para producción de granos para consumo animal o humano, en cuyo caso suelen brindar excelente surtido de nutrientes (Ríos et al., 2001).

Además, se consideran a las leguminosas cruciales para el balance ecológico en la naturaleza, por su contribución de N fijado que puede ser vital en el mantenimiento de la productividad del suelo a largo plazo. Su aportación de N al suelo ocurre como resultado de una relación simbiótica entre las raíces de la planta y las bacterias del género *Rhizobium*. Estos microorganismos inducen a la formación de nódulos, en los cuales la bacteria se aloja y reproduce. La bacteria utiliza como fuente de energía los carbohidratos de la planta y la planta se abastece de compuestos nitrogenados sintetizados a partir del nitrógeno (N₂) atmosférico fijado. Con esta capacidad, los

predios sembrados con leguminosas ofrecen una alternativa viable para la obtención de forrajes con alto valor nutritivo, a la vez que beneficia futuras siembras de gramíneas.

Existe la necesidad de incorporar las leguminosas en los sistemas de producción pecuaria con el propósito de mejorar el rendimiento animal y disminuir los costos económicos que implica la importación de alimentos. Crespo (2007) evaluó las características agronómicas, composición química y selectividad ingestiva por corderos, de tres leguminosas arbustivas: *Cratylia argentea* (CA), *Calliandra calothyrsus* (CT), *Leucaena leucocephala* (LL). Observó que LL y CT reflejaron mayor rendimiento de materia seca y de altura a los 134 d que CA, mientras para la relación hoja:tallo las CT y CC demostraron mayores proporciones siendo así las de mayor follaje comestible. La LL sobresale en el contenido de PB en el follaje, aunque los otros dos follajes son buenas fuentes de proteína. La aceptabilidad de los ovinos en pastoreo fue mayor para el forraje LL, demostrando su alto potencial de uso como forraje de corte fresco suplementando a ovinos.

3.3.1. *Stylosanthes guianensis* – Características Agronómicas

El stylo perenne, también conocido como alfalfa de Brasil, es un forraje nativo de Centro y Sur América, el cual ya está naturalizado por todo el trópico y subtrópico. En este último el crecimiento puede ser limitado durante parte del año por las temperaturas bajas. Es una planta perenne con alta variación morfológica. Se adapta a muchos hábitats naturales, incluyendo los períodos largos de sequía y suelos de fertilidad variada. En virtud de su tolerancia a la deshidratación y postergación, este forraje no marca grandes diferencias en el rendimiento estacional. Su capacidad de ajuste

osmótico, contribuye a mantener la turgencia de los tejidos a bajos niveles hídricos en el suelo, por lo que tiene poca sensibilidad a la deshidratación (Fisher, 1984).

El stylo perenne es un forraje con un requerimiento de fósforo (P) menor que el de otras especies de leguminosas forrajeras. Para su crecimiento normal el P disponible en el suelo no debe ser menor de 2.5 ni mayor de 5.5 ppm (Ciotti et al., 2003). Jones (1974), encontró que a medida que se aumentaba la cantidad de P disponible, se desarrollaban grandes diferencias en el crecimiento y asimilación de P por el stylo. La respuesta de la planta al nivel de P depende de la nodulación en las raíces, ya que si la nodulación es ineficaz el crecimiento y asimilación de P serán bajos. A niveles moderadamente altos de aplicación de P (96-192kg P/ha) varios grupos de stylos desarrollaron toxicidad por este elemento, reduciendo así el rendimiento de MS y acumulando concentraciones altas de P en las partes aéreas.

El *Stylosanthes guianensis* (SG) puede establecerse con el fin de obtener semilla o usarse en estado vegetativo para consumo por los animales. También puede ser utilizado en asociaciones con otros forrajes, especialmente las gramíneas, proveyéndoles buena fuente de N. Al cosecharlo se debe cortar a una altura entre 8-12 cm sobre el suelo, para obtener un rebrote adecuado, en aproximadamente 60 días. Tedeshi (2001), determinó la composición química de varios forrajes, incluyendo la gramínea *Brachiaria brizantha* (BB) y las leguminosas SG y *Medicago sativa* (MdS) precedentes de áreas templadas y tropicales. El SG mostró valores intermedios de FDN, FDA y PB (45.7%, 34.5% y 17.9%, respectivamente), similares a los de *Arachis pintoi* y *Neonotonia wightii*. Recientemente en Puerto Rico, Rivera y colaboradores (2007), evaluaron el potencial forrajero de tres LT; *Cajanus cajan* (CC), SG y *Arachis*

glabrata (AG). Las tres leguminosas mostraron mayor contenido de proteína bruta (PB) que un heno de gramíneas tropicales (HGT). Entre las LT el SG fue el de menor valor de PB, pero el contenido de fibra detergente neutra (FDN) mostró poca variabilidad entre las tres especies. En la relación tallo:hoja el SG ocupó una posición intermedia, siendo los valores 38:62, 41:59 y 49:51 para CC, SG y AG, respectivamente. Estos resultados indican que todas las leguminosas analizadas poseen características químicas superiores a las del HGT, pero otros criterios de calidad deben ser investigadas para una evaluación más completa.

Referente a forrajes conservados, actualmente existe mucha información sobre la henificación de LT, pero menos sobre su conservación como ensilaje y se sabe poco sobre henilaje de LT en pacas cilíndricas o como ensilaje.

3.3.2. Uso de *S. guianensis* en dietas para rumiantes

Como parte de la evaluación del potencial forrajero de las tres LT; CC, SG y AG, Rivera y colaboradores (2007), realizaron pruebas de degradabilidad *in vitro* con líquido ruminal de dos especies (caprina y bovina) y selectividad ingestiva de los mismos. AG obtuvo el mayor valor porcentual de degradabilidad, seguido de SG, HGT y CC. Relativo a la selectividad ingestiva, ambas especies animales dedicaron más tiempo a ingerir AG seguido por HGT.

Rodríguez (1990) llevó a cabo un ensayo metabólico, utilizando corderos en jaulas individuales para evaluar el efecto de la inclusión de una leguminosa, LL o SG, a niveles de 10, 20 ó 40 % de la materia seca ofrecida, como complemento de gramíneas tropicales henificadas. Al incrementarse el nivel de leguminosa en la dieta se incentivó progresivamente el consumo de materia seca, obteniendo al mayor nivel de inclusión

más consumo de SG que de LL (1.3 vs 1.16 Kg/d). En cambio la LL obtuvo mayores valores de digestibilidad que SG, (MS: 61.88 vs 59.33; PB: 71.37 vs 70; FDN: 62.57 vs 58.33; y fibra detergente acida (FDA): 47.71 vs 41.48 %).

3.4. Métodos de Conservación de Forrajes Leguminosos

El estudio de los métodos de conservación de los forrajes tiene una larga historia. Los forrajes con características positivas para uso en la producción animal pueden convertirse en heno, henilaje o ensilaje. Estas prácticas permiten que cuando el forraje fresco escasee exista la alternativa de ofrecer otra fuente alimenticia de alto valor nutricional y así obtener una buena respuesta productiva animal.

3.4.1. Heno de Leguminosas

Por heno se entiende un forraje seco al tacto, que contiene no más de 15 % de humedad. Para hacer heno en forma tradicional se corta un forraje fresco y se seca bajo el sol en el mismo predio. El heno se puede elaborar de gramíneas, leguminosas o una combinación de ambas (Schoonhoven, 2005). Al perder la humedad en grado suficiente el forraje es recogido en forma suelta o empacado y almacenado para uso futuro.

En varias investigaciones locales se ha evaluado la eficiencia de las LT henificadas en la alimentación animal. Rodríguez y colaboradores (2005) evaluaron la composición química, consumo voluntario y digestibilidad por carneros de henos de maní rizomatoso y lo compararon con heno de alfalfa comercial. La alfalfa comercial mostró mayor contenido de PB y menor de pared celular que el maní rizomatoso, (16.61 vs 11.88 y 55.36 vs 60.12 %). Los animales que recibieron alfalfa consumieron

mayor cantidad de MS y de PB y menor cantidad de FDN en comparación con los que recibieron maní (1,003 vs 927; 202 vs 144 y 576 vs 630 g/día, respectivamente). Las digestibilidades de MS y PB fueron mayores en la alfalfa comercial pero no hubo diferencia significativa en la de FDN (69.60 vs 65.17; 74.49 vs 69.52 y 62.51 vs 62.68 %, respectivamente). Aunque el heno de maní rizomatoso no igualó a la alfalfa en valor nutritivo del todo, se juzgó como una alternativa promisorio para el uso en operaciones pecuarias en Puerto Rico. También, Rivera (2003) demostró el sobresaliente potencial de heno de dos accesiones de maní rizomatoso (MR, 17033, 17097), utilizando tres criterios de digestibilidad (*in vivo*, *in situ* e *in vitro*), al compararlos con hierba Bermuda (HB). Las accesiones de MR mostraron diferencias pequeñas pero significativas entre sí, para cada método empleado; pero siempre mantuvieron un valor de digestibilidad mayor al de HB.

Rodríguez (1990), determinó los contenidos de PB, FDN y FDN y la DIVMS de ocho forrajes henificados, entre ellos cuatro leguminosas tropicales: LL, SG, *Centrosema pubescens* (CP) y *Neonotonia wightii* (NW). En este caso la LL presentó el mayor contenido de PB y CP la mayor DIVMS, mientras los valores de SG fueron los más bajos (13.70 y 63.44 %); pero todas las LT superaron a las gramíneas. En contenidos de FDN y FDA las gramíneas obtuvieron valores mayores a las LT, mientras entre éstas CP fue la más alta en FDN (58.53 %) y SG en FDA (36.63 %).

3.4.2. Ensilaje de Leguminosas

El proceso de ensilar los forrajes exige la exclusión del oxígeno de la masa forrajera para que ocurra la fermentación de azúcares por bacterias productoras de ácido láctico y la disminución del pH rápidamente, para frenar la actividad de

degradación enzimática. Se busca minimizar las pérdidas de carbohidratos no fibrosos (CNF), proteínas (CNF) y otros nutrientes durante la elaboración del ensilaje y su almacenamiento.

Este proceso se lleva a cabo en diferentes tipos de estructuras conocidas como silos, los cuales varían en tamaño según la cantidad de ensilaje que se quiera producir. Los diferentes tipos de silos, incluyen: “bunker”, trinchera y torre. También existen los microsilos que son utilizados con fines de investigación.

Al tener lista la estructura deseada, se procede a cortar y picar el forraje y acarrearlo al silo dentro del cual hay que compactarlo bien. Después de la compactación, la fermentación pasa por varias fases hasta llegar, en caso exitoso, a una condición estable. Según Wattiaux (2000), este proceso se puede describir en una secuencia de cuatro fases. Estas son:

Fase 1- Respiración. Es el comienzo del proceso cuando se degradan algunos nutrientes por respiración de las células vegetales en presencia de oxígeno (1 a 2 días).

Fase 2- Fermentación temprana. Aquí se produce ácido acético, fórmico y otros ácidos orgánicos como resultado del crecimiento de enterobacterias, las cuales pueden vivir en presencia o en ausencia de oxígeno (bacteria aeróbica facultativa) (1 a 2 días)

Fase 3- Fermentación láctica. Ocurre una gran actividad de bacterias ácido-lácticas, las cuales son anaeróbicas estrictas y pueden crecer y multiplicarse rápidamente en ausencia de oxígeno (14d)

Fase 4- Estabilización. Se alcanza esta condición por la presencia de suficiente ácido láctico para inhibir la degradación adicional (periodo indefinido).

Es importante entender los factores principales que afectan el proceso fermentativo del ensilaje. Éste depende sobre todo del desarrollo de una población suficiente de bacterias productoras de ácido láctico y la presencia de suficiente carbohidratos fermentables para servirles de sustrato y producir ácido suficiente para bajar el pH y lograr la preservación del ensilaje (Sandoval, 2007). Según Tobia y colaboradores (2004), las leguminosas generalmente no se prestan bien para este proceso, por su bajo contenido de carbohidratos solubles y alta capacidad amortiguadora.

WingChing y Rojas (2006) evaluaron la composición química y características nutritivas del ensilaje de maní forrajero, una leguminosa con características similares al SG. Compararon los efectos de dos edades de corte (8 y 12 semanas), dos largos del período de pre-marchitamiento (0 y 2 hrs) y la adición de melaza a tres diferentes niveles (0, 3 y 6 %) sobre la calidad del ensilaje resultante. Encontraron que el ensilaje de mejores características fermentativas y calidad nutricional correspondía a la combinación de edad de rebrote de 8 semanas, sin marchitamiento y con aplicación de 6% de melaza.

En otra investigación Wattiaux (2000) comparó ensilajes de maíz (EM), de gramíneas (EG) y de alfalfa (EA) con respecto a la concentración de carbohidratos hidrosolubles (CHOH), PB y capacidad amortiguadora (CA). El EM mostró el valor de CHOH más alto con 85-300 g/kg, y el ensilaje de la leguminosa el más bajo con 20-150 g/kg. En contenido de PB, el EA fue el más alto, con 140-200 g/kg y el EM el menor, con 80-100 g/kg. Referente a la CA, el EM y EA obtuvieron relaciones de 150-300 y 350-650 mEq/kg MS, respectivamente. Se concluyó que el EA contiene altos niveles

de sales, ácidos orgánicos y proteínas, los que contribuyen a una alta CA. Esto quiere decir que al añadir una determinada cantidad de ácido al EA disminuirá menos su pH, que el EM, cuya CA es baja. Esto hace que el maíz sea un forraje más fácil para conservar por fermentación.

3.4.3. Henilaje de Leguminosas

La preparación de henilaje es un método de conservación de forrajes con un contenido de humedad intermedio entre heno y ensilaje. Los forrajes utilizados son cortados y expuestos a una deshidratación parcial, hasta alcanzar niveles entre 40 a 60 % de materia seca, a cual punto se recogen enrollándolos en grandes pacas cilíndricas por una maquinaria especializada y luego se envuelven las mismas con una cubierta de polietileno para encerrar el forraje herméticamente y crear condiciones de anaerobiosis (Bragachini, 1997).

El suministro del henilaje en las pacas cilíndricas a los animales no requiere del uso de ningún comedero, sino consiste simplemente en colocar las pacas sobre el suelo en el campo y removerles la cobertura de polietileno exponiendo el henilaje al consumo animal directo. También se puede incorporar el henilaje en mezclas con otros ingredientes para hacer las llamadas raciones completas (“total mixed ration”). El periodo de conservación del henilaje en buen estado depende sobre todo de la integridad de la envoltura plástica. Algunas envolturas permiten 10-12 meses de almacenaje si no sufren roturas mecánicas como las causadas por los roedores. Si al final del periodo en cuestión no se interesa todavía suministrar las pacas, se pueden re-empaquetar para preservar su calidad y mantenerlas almacenadas por más tiempo (Bragachini, 1997).

A pesar de que el henilaje tiene bastante humedad para permitir una fermentación láctica vigorosa, ésta no ocurre y rara vez el pH desciende a valores menores de 4.5. Esto quiere decir que el nivel de acidez no basta para estabilizar el material. Por lo tanto, es esencial mantener un ambiente anaerobio dentro de la paca y prevenir el deterioro causado por mohos, levaduras y hongos (González, 2002). O'keily y colaboradores (1999) advierten que el crecimiento visible de hongos en la superficie de la masa es uno de los mayores problemas que se debe evitar, ya que la presencia de éstos coincide con una disminución considerablemente del contenido de proteína y afecta el consumo voluntario por parte de los animales.

En estudios relacionados Shaver y colaboradores (1984), investigaron el efecto del pH sobre el consumo del EM y el henilaje de alfalfa (HnA). El EM mostró menor contenido de MS y de PB que el HnA (38.0 vs 41.5 y 8.0 vs 24.4 %) pero mayor concentración de ácido láctico (3.39 vs. 2.01 %). El ácido láctico fue responsable del pH más bajo en el EM que en el HnA (3.79 vs 4.48 %). La aceptación animal expresada en términos de consumo voluntario puede verse afectada por la CA del forraje henilado. Un HA con poca acidez y que sufre deterioro puede desincentivar el consumo. Al otro extremo, la acidez desarrollada puede ser tan pronunciada en el EM que limita el consumo por sobrecargar los mecanismos para neutralizar los ácidos orgánicos en el rumen.

4.0. Materiales y Métodos

4.1. Material Vegetativo

El SG para uso en este experimento fue sembrado el 8 de agosto del 2006, en la Estación Experimental Agrícola (EEA) de la Universidad de Puerto Rico, localizada en el Municipio de Isabela. La leguminosa se estableció en un área de 1.62 ha y se cosechó a los 278 días, cortándola a una altura de 6 cm sobre el suelo. Se recolectó tres muestras del material fresco (día 0) para determinar su pH y composición química inicial. Luego del corte el forraje fue expuesto a una deshidratación parcial o marchitado por 1 día. Después se recogió en pacas cilíndricas con un peso aproximado de 350 kg cada uno, utilizando una maquinaria comercial (Class Rollant 46 roto cut). El plástico de polietileno superficial utilizado para crear las condiciones anaeróbicas, se colocó en su sitio 24 h después de empacar el material vegetativo (Figura 1). Las pacas se transportaron al proyecto de pequeños rumiantes, localizado en la Finca Alzamora del Recinto Universitario de Mayagüez, donde se almacenaron hasta su uso en el experimento para evaluaron las características fermentativas, estabilidad aeróbica y consumo voluntario por caprinos y ovinos.

Además de henilar el SG en PC, se llevó en forma suelta parte del material vegetativo cosechado en Isabela a la Finca Alzamora de la UPRM para su henificación mediante el desecado al sol durante 4 días para obtener HSG.

Se analizaron muestras del material vegetativo fresco antes de henilar o henificar para determinar su contenido de varios nutrientes según métodos establecidos por AOAC, (1990) y Van Soest et al., (1991).



Figura 1. Proceso de henilar SG en pacas cilíndricas

4.2. Proceso de Fermentación

Para determinar los cambios en pH y productos de fermentación a través del proceso fermentativo, tres pacas cilíndricas fueron escogidas al azar a cada uno de los seis periodos de fermentación seleccionados (0, 6, 10, 13, 18, 30 y 72 d). De cada paca correspondiente a cada día de fermentación, se colectaron 6 sub-muestras utilizando un muestreador de forraje (Master Forage Probe, 2" diámetro, Dairy One Forage Lab, Ithaca, NY). Se analizaron muestras compuestas de cada paca correspondiente a cada día de fermentación, para determinar cambios en pH y concentración de los productos de fermentación (ácidos orgánicos y nitrógeno en forma de amoníaco, N-NH₃). Para determinar la concentración de iones de hidrogeno (expresado como pH) se pesaron 50 g de muestra y se mezclaron con 450 ml de agua deionizada (pH neutral). Se homogenizó la mezcla utilizando un equipo Stomacher 3500 (Seward) por 2 minutos, luego se filtró el líquido homogenizado utilizando bolsas plásticas estériles provistas de filtro. El efluente obtenido fue sometido a la medición del pH utilizando un electrodo de combinación (pH/Ion 510, Eutech Instruments/Oakton Instruments), estandarizado con soluciones amortiguadoras comerciales de pH 4, 7 y 10 (Fischer Scientific). El efluente también se centrifugó por 15 minutos y el líquido resultante se envió a un laboratorio comercial (Dairy One Forage Lab, Ithaca, NY) para la determinación de los productos de fermentación (ácidos láctico, acético, propiónico, iso-butírico y butírico) y concentración de N-NH₃. Además, se determinó la relación N-amoniaca/N-Total.

Muestras compuestas de cada paca correspondiente a cada día de fermentación fueron secadas (65°C por 48 horas) y molidas en un moliendo Wiley a través de un

cedazo de 2mm de porosidad, para determinar los cambios ocurridos en la composición química después de los dos periodos de fermentación 30 y 72 d. Los análisis se efectuaron en el mismo laboratorio comercial antes citado e incluyeron, contenidos de MS, PB, fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), carbohidratos no fibrosos (CNF) y un estimado del valor de nutrientes digeribles totales (NDT). Se calculó el contenido de hemicelulosa (HC) por la diferencia de FDN-FDA.

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el Modelo Lineal General en SAS (SAS Institute, 1990) con un diseño completamente aleatorizado (DCA). El modelo utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_i$$

Donde:

Y_{ij} = variable dependiente evaluada (pH, composición química y productos de fermentación)

μ = media general estimada

α_i = efecto del periodo de fermentación (0, 6, 10, 13, 18, 30 y 72 d)

ε_i = error experimental asociado con la respuesta al factor periodo de fermentación

4.3. Estabilidad Aeróbica

Se evaluó la estabilidad aeróbica del henilaje de *Stylosanthes guianensis* (HnSG) después de 30 y 72 días de fermentación utilizando como criterios los cambios en pH y temperatura. Para cada uno de los dos periodos de fermentación se seleccionaron tres pacas cilíndricas que se colocaron bajo techo, se removió el plástico de polietileno que las cubría y se mantuvieron bajo observación durante 7 días (Figura 2).

Para determinar los cambios en temperatura se colocó en el centro de cada paca el sensor de un termómetro (Sudbury Compost Termometer) para obtener lecturas después de 0, 2, 6, 24, 48, 72, 96 y 120 horas (Figura 2). Además, y a modo similar al muestreo para caracterizar el proceso fermentativo, se tomaron muestras de cada paca de HnSG los días 0, 1, 3, 5, y 7 de exposición al aire para determinar el pH.



Figura 2. Pacas cilíndricas de SG expuestas al aire

Los cambios en pH del henilaje expuesto al aire se analizaron según un DCA con un arreglo factorial de 2 periodos de fermentación (30 y 72d) x 5 periodos de exposición aeróbica (0, 1, 3, 5 y 7 d). El mismo diseño se utilizó para los datos de cambios de temperatura excepto que el arreglo factorial incluyó 2 periodos de

fermentación (30 y 72 días) x 11 lecturas de temperatura (0, 2, 4, 6, 8, 10, 24, 48, 72, 96 y 120 h). El modelo estadístico utilizado para ambas variables fue:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable dependiente evaluada (pH y temperatura)

μ = media general estimada

α_i = efecto del periodo de fermentación i (30 y 72 días)

β_j = efecto del día de exposición aeróbica j (pH) o la hora de exposición j
(Temperatura)

$\alpha\beta_{ij}$ = efecto de interacción del periodo de fermentación por día de exposición aeróbica (pH) o periodo de fermentación por hora de exposición (temperatura)

ε_{ij} = error aleatorio asociado con la respuesta de los factores ij

4.4. Degradabilidad *In vitro* de la MS como criterio de la Estabilidad Aeróbica

Para determinar la degradabilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) se sirvió de las muestras de los HnSG utilizadas previamente en la determinación del pH en la exposición aeróbica (muestreo en triplicado para Hn30 y Hn72). Al realizar este procedimiento se pesó en triplicado 0.5 g de muestra molida y se colocó en una bolsita de nilón, previamente pesada e identificada. Las bolsas se sellaron con calor y se colocaron en un envase de cristal junto con 1600 ml de los dos componentes: 960 ml (60 %) de saliva artificial (agua, NaHCO₃, Na₂HPO₄ * 7H₂O, KCl, MgSO₄ * 7 H₂O y urea) y 640 ml (40 %) de inóculo ruminal caprino filtrado.

El envase con la muestra y la mezcla de saliva e inóculo se acomodó en la incubadora “ANKOM” donde permaneció por 48 horas a una temperatura de 40°C. Al terminar la incubación la bolsa se removió del envase, se secó y se volvió a pesar. Se sometió una bolsita sin muestra al mismo procedimiento para servir de blanco. El porcentaje de la degradabilidad aparente (DIVMSA) de cada muestra correspondiente a cada periodo de fermentación y día de exposición aeróbica se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ DIVMSA} = 100 - \frac{\text{PM} - (\text{PMB} - (\text{Pbt} * \text{PBT}/\text{PBI}))}{\text{PM}}$$

Donde: PM= peso de la muestra, Pbt=peso de la bolsita, PBI= peso del blanco, PMB= peso de la muestra y de la bolsita luego del tratamiento y PBT=peso del blanco luego del tratamiento.

Para determinar la degradabilidad verdadera (DIVMSV), el residuo de las muestras usadas en la determinación de DIVMSA se analizó para determinar su contenido de FDN (Van Soest et al., 1991). Luego se calculó la DIVMS utilizando la formula anteriormente descrita, pero utilizando PMB luego del tratamiento con solución detergente neutra.

Los datos de DIVMSA y DIVMSV se sometieron a un análisis estadístico usando el modelo lineal de SAS (SAS, 1990) y un DCA con arreglo factorial de: dos periodos de fermentación (30 y 72d) x cinco días de exposición aeróbica (0, 1, 3, 5 y 7 d). El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable dependiente evaluada (DIVMS)

μ = media general estimada

α_i = efecto del periodo de fermentación i (30 y 72 días)

β_j = efecto del día de exposición aeróbica j (0, 1, 3, 5 y 7 días)

$\alpha\beta_{ij}$ = efecto de interacción del periodo de fermentación por día de exposición aeróbica

ϵ_{ij} = error aleatorio asociado con la respuesta de los factores ij

4.5. Consumo Voluntario

Para la determinación del consumo voluntario (CV) se utilizaron 4 ovinos criollos con un peso promedio de 53.5 kg y 4 caprinos Boer con un peso promedio de 67.0 kg. Se utilizaron animales de ambas especies adultos, castrados y previamente desparasitados. Dos días antes del comienzo de la prueba los animales fueron colocados en jaulas de dimensiones 3.66 x 2.44 m, para adaptarlos a la facilidad física, cada una provista de un comedero a nivel de piso y otro colgante, en los cuales se colocaron los forrajes ofrecidos (Figura 3). Durante toda la prueba experimental se ofreció agua *ad-libitum* en bebederos galvanizados automáticos. Se pesaron los animales para basar en el peso vivo el cálculo de la cantidad de forraje ofrecido.

El estudio de CV se dividió en tres fases de recolección de datos comparativos. Durante la primera fase el ofrecimiento diario consistió de HnSG fermentado por 30 días (Hn30) y HGT. El ofrecimiento total se fijó al 3 % del peso vivo de cada animal diariamente, dividido entre las dos partes iguales, 50 % de HGT, colocado en el comedero a nivel de piso, y 50 % del Hn30, colocado en el comedero colgante. Se seleccionaron siete pacas de HnSG al azar, de las cuales dos se utilizaron durante 4

días de adaptación a la dieta y las otras cinco se usaron durante la primera de las tres fases de toma de datos experimentales, que tuvo una duración de 5 días.



Figura 3. Jaulas experimentales provistas de comederos y bebederos

El ofrecimiento de los dos forrajes previamente pesados se realizó diariamente a las 9:00 am. El material rechazado se recolectó y pesó 20 horas más tarde. Al terminar los 5 días de recolección de datos, se pesaron nuevamente los animales para determinar cualquier cambio de peso vivo ocurrido hasta este punto de la prueba. Con los datos recolectados se determinó el CV del forraje tal como ofrecido y el CV de materia seca forrajera (CVMS) para cada especie individual (botánica o animal) y el CV de materia seca total (CVMST).

Realizando el mismo procedimiento experimental descrito para la primera fase comparativa, en la segunda de las fases comparativas se evaluó el CV del HnSG fermentado durante 72 días (Hn72) y HGT. Para la tercera se evaluó el CV de los dos henos HSG y HGT.

Los datos experimentales del CV se evaluaron estadísticamente según un DCA con un arreglo factorial que incluyó los efectos fijos de dos especies de animales (ovino y caprino) x tres tipos de dieta (HGT/Hn30, HGT/Hn72 y HGT/HSG) y con cuatro repeticiones aleatorias (animales individualmente evaluados). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) mediante el procedimiento lineal general (PROC GLM), utilizando el programa estadístico SAS. El modelo experimental utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = variable dependiente (CVStilo, CVHGT y CVTotal)

μ = media general de la población

α_i = efecto de la especie animal (caprino y ovino)

β_j = efecto del tratamiento dietético (HGT/Hn30, HGT/Hn72 y HGT/HSG)

γ_k = efecto del animal dentro de especie

$\alpha\beta_{ij}$ = efecto de interacción de la especie animal por tratamiento dietético

ε_{ijk} = error experimental

5.0. Resultados y discusión

5.1. Proceso de Fermentación

Antes de henilarse, el SG presentó contenidos porcentuales de: PB, 14.07; paredes celulares (FDN), 60.43; fracción ligno-celulolítica (FDA), 45.90; HC 14.53; CNF, 19.5; y estimado de NDT 56.67 (Cuadro 1). El contenido inicial de MS del forraje (66.09%) se considera óptimo para la conservación de forrajes en forma de henilaje en pacas cilíndricas. La composición química inicial del SG utilizado en este experimento coincide con valores previamente reportados para esta leguminosa tropical cosechada en Puerto Rico (Arias et al., 1998; Rodríguez, 1990). Las características inherentes en composición química de las leguminosas tropicales (valores altos o intermedios de PB y bajo contenido de carbohidratos no estructurales) hacen que su utilización y evaluación como forraje conservado por fermentación en estado húmedo (ensilaje) o semi-húmedo (henilaje) haya sido limitado.

Cuadro 1. Composición química de SG fresco y henilado en pacas cilíndricas

Fracción Química ¹	Días de Fermentación ³ (%)						Probabilidad
	0	EEM ⁴	30	EEM ⁴	72	EEM ⁴	
<i>MS</i>	66.09	1.52	57.70	3.62	54.21	6.34	0.2059
<i>PB</i> ²	14.07	0.15	13.27	0.47	13.67	0.38	0.3539
<i>FDN</i> ²	60.43 ^b	0.79	69.40 ^a	0.65	63.47 ^{ab}	2.89	0.0302
<i>FDA</i> ²	45.90 ^b	1.79	56.60 ^a	0.49	49.83 ^b	1.48	0.0042
<i>HC</i> ²	14.53	1.31	12.80	1.11	13.63	2.09	0.7458
<i>CNF</i> ²	19.50 ^a	0.72	12.83 ^b	0.29	17.73 ^{ab}	2.27	0.0340
<i>NDT</i> ²	56.67	0.33	54.67	0.33	56.33	0.88	0.1009

¹ Media de 3 repeticiones, ² Base seca, ³ Medias con diferentes letras en la misma fila tiene diferencia significativa bajo la prueba de tukey (P<0.05) y ⁴ Error estandar de la media

La duración del período de fermentación afectó la composición química del henilaje resultante (Cuadro 1, Figura 4). Aunque no se detectaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el contenido de PB entre el material vegetativo fresco y el henilado durante 30 ó 72 d, sí se observó una disminución numérica de 0.80 y 0.40 unidades porcentuales en el contenido de compuestos nitrogenados del forraje henilado al final de los dos periodos fermentativos evaluados. Los cambios en el contenido de CNF después de 30 y 72 días de fermentación no demuestran un patrón definido. Esta fracción fue mayor ($P < 0.05$) en el forraje fresco, estuvo sustancialmente reducida a los 30 d de fermentación, pero volvió a subir hasta casi el valor inicial después de 72 días.

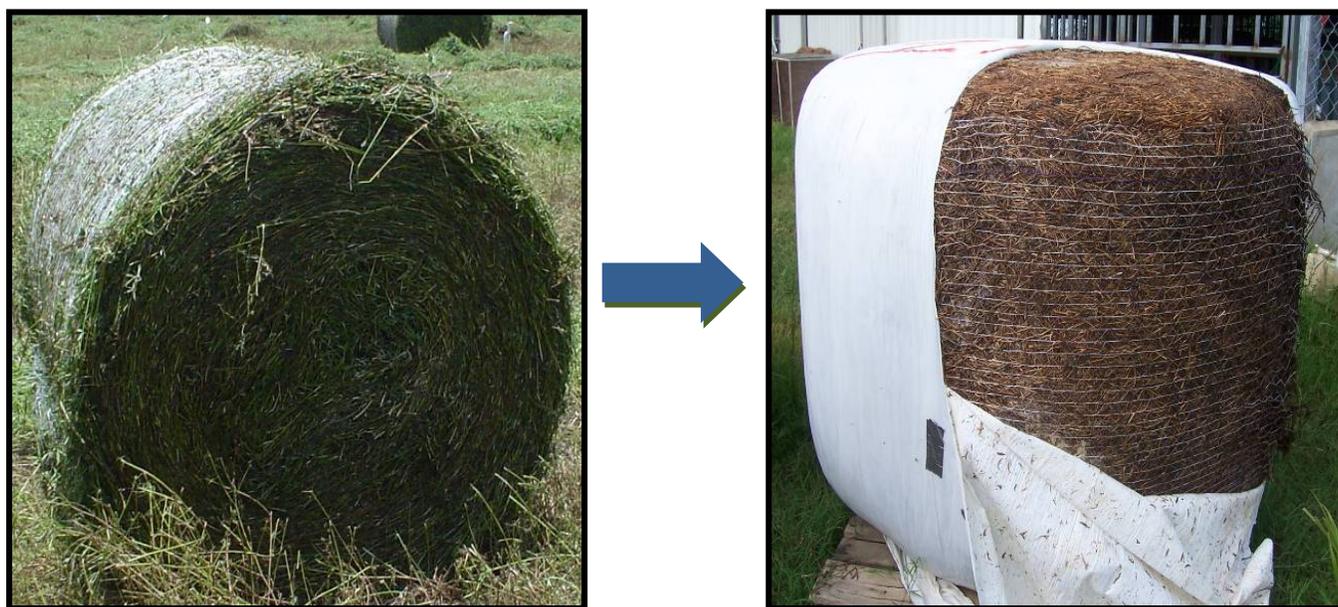


Figura 4. Cambio en color del forraje luego del proceso de fermentación

Tampoco se observaron patrones definidos de cambios en los contenidos de FDN y FDA entre el forraje antes y después de fermentarse durante 30 ó 72 días. Sin embargo, en ambos casos sí se observó un aumento de 0 a 30 d y luego una

reducción a 72d, pero siempre quedando por encima del nivel inicial. Hubo una disminución leve y no significativa en el contenido de HC de SG después de henilado en comparación con el forraje fresco.

Los patrones fermentativos observados a través de los siete períodos de fermentación evaluados se presentan en el Cuadro 2. Los cambios en pH y productos de fermentación obtenidos en el henilaje de SG son típicos de los observados en leguminosas heniladas en ambientes tropicales o templados (Kung et al., 2001). Es bien conocido que ensilar o henilar leguminosas sin ningún tipo de aditivo resulta en fermentaciones con poca acidez, debido a los bajos contenidos de ácidos láctico y acético desarrollados (menor a 1.5% y 0.8% en base seca, respectivamente), e incrementos en el contenido de nitrógeno amoniacal según aumenta la duración de la fermentación. En este experimento, la acidez, medida por pH, fue un poco errática pero esencialmente constante durante el proceso fermentativo, observándose solamente una disminución de 0.32 y 0.35 unidades relativo al valor inicial después de 30 y 72 días de fermentación, respectivamente. A través del proceso de fermentación no se observaron valores de pH menores a 5.92 (72 d), lo que es indicativo de una fermentación pobre careciendo de dominancia de las bacterias deseables para la producción de forrajes conservados. El ácido láctico, producto clave de la fermentación que debe estar asociado con forrajes bien conservados en forma de ensilaje o henilaje (Mc Donald et al., 1991), alcanzó su mayor concentración de sólo 0.51% (en base seca) después de 6 días de fermentación, disminuyendo subsecuentemente a través del remanente del proceso fermentativo. Este escaso contenido de ácido láctico es sustancialmente inferior al valor mínimo recomendado para considerarse como un

forraje conservado estable (Wattiaux, 2000; Schroeder, 2004). El proceso fermentativo de un forraje henilado de calidad debe estar dominado por bacterias productoras de ácido láctico tipo homo-fermentativas. La falta de obtener semejantes poblaciones microbianas en este experimento podría deberse al bajo contenido de carbohidratos no estructurales y la alta capacidad amortiguadora del material vegetativo fresco, característica químicas típicas de las leguminosas en general (Van Soest et al., 1991; McDonald et al., 1991; Woolford, 1990). Estos dos factores en conjunto, probablemente limitaron la actividad de los microorganismos productores de lactato y permitieron la proliferación y predominación de otras poblaciones microbianas indeseables para la fermentación, como bacterias productoras de ácido láctico tipo-heterofermentativas, coliformes, hongos, levaduras y bacterias proteolíticas (McDonald et al., 1991). La producción de ácido acético mostró niveles bajos en general y sólo una leve tendencia ascendente durante todo el período fermentativo, observándose contenidos entre 0.28% a los 6 d y 0.38% a los 72 d de fermentación. La baja producción de acetato detectada es también indicativa de una fermentación inestable con poca actividad microbiana. El proceso de henilar SG en pacas cilíndricas también generó algún ácido propiónico a través del proceso fermentativo. Sin embargo, las concentraciones de este ácido orgánico detectadas fueron tan bajas que no representan ninguna importancia para la fermentación. Se observó también una tendencia ($P=0.07$) en el aumento del contenido de ácido butírico según trascurrían los días de la fermentación. Aunque este ácido se detectó sólo a concentraciones bajas, su producción podría estar relacionada con la disminución observada en el contenido de PB del forraje después de 30 y 72 días de henilado y al incremento en la relación

NH₃/N-total a través del proceso fermentativo. Dicha relación aumentó ($P < 0.05$) gradualmente a través de la fermentación alcanzando su punto máximo a los 72 días. Este aumento en la relación NH₃/N-total podría ser indicativa de una mayor actividad de microorganismos proteolíticos en las etapas finales del proceso fermentativo. Está documentado que el bajo contenido de sustratos altamente fermentables en las leguminosas (i.e. carbohidratos solubles en agua) limita la actividad de la microflora asociada con la producción de henilaje de calidad y facilita una mayor proliferación y actividad metabólica de microorganismos responsables de la hidrólisis de proteínas y otros compuestos nitrogenados que generan como productos de su metabolismo amoníaco y ácido butírico (Woolford, 1984). En investigaciones relacionadas, Celanie (1982) reportó que ante la ausencia de carbohidratos solubles los microorganismos productores de ácido láctico detienen su desarrollo, lo que crea condiciones aptas para la proliferación de microorganismos no deseables y fermentaciones no lácticas con altas concentraciones de ácido butírico y amoníaco. Otros autores (Van Soest et al., 1991) han obtenido resultados similares al evaluar los patrones fermentativos de gramíneas tropicales con bajo contenidos de carbohidratos no estructurales. González y colaboradores (2002) evaluaron las características fermentativas de gramíneas tropicales naturalizadas heniladas en pacas cilíndricas y encontraron valores no óptimos de pH (superiores a 5) y contenidos de ácido láctico menores a 1.5% en base seca.

En el presente estudio el aumento observado en el contenido de paredes celulares del henilaje de SG mayormente a los 30 d de fermentación, podría explicarse en parte por la degradación microbiana de las partes solubles de las hojas del forraje,

lo que puede haber disminuido la relación hoja:tallo del forraje henilado en comparación con el forraje fresco. Esta hipotéticamente mayor hidrólisis de las hojas hubiera aumentando la proporción de tallos en la MS del forraje henilado y por ende su contenido de carbohidratos estructurales. Aunque no se cuantificó la relación hoja:tallo a través del estudio, sí fue evidente a simple vista una tendencia a mayor proporción de tallos y menor de hojas a medida que transcurría el proceso de fermentación. Esta posibilidad es cónsona con el hecho que otras investigaciones han indicado mayor concentración de carbohidratos solubles en las hojas de leguminosas tropicales que en los tallos (Van Soest, 1994: Villaquiran, 1986).

Cuadro 2. Concentración de productos de fermentación y pH a progresivos intervalos de SG henilado en pacas cilíndricas

Componente ¹	Periodo de fermentación (días) ²							Probabilidad
	0	6	10	13	18	30	72	
pH	6.82	6.342	6.373	5.936	6.518	6.459	5.921	0.22
<i>Productos de Fermentación (%)</i>								
Acido láctico	0.00 ^b	0.511 ^a	0.338 ^{ab}	0.410 ^{ab}	0.369 ^{ab}	0.253 ^{ab}	0.259 ^{ab}	0.09
Acido acético	0.009 ^b	0.282 ^{ab}	0.312 ^{ab}	0.363 ^a	0.313 ^a	0.324 ^a	0.381 ^a	0.02
Acido propiónico	0.004	0.007	0.009	0.008	0.033	0.012	0.061	0.20
Acido iso-butírico	0.00	0.00	0.00	0.006	0.005	0.019	0.063	0.09
Acido butírico	0.00	0.00	0.008	0.009	0.008	0.010	0.065	0.07
NH₃-N/N-Total	0.14 ^c	3.56 ^{bc}	3.59 ^{bc}	4.65 ^{ab}	3.97 ^{bc}	6.15 ^{ab}	7.38 ^a	0.0002

¹Media de 3 repeticiones y ²Medias con diferentes letras en la misma fila tiene diferencia significativa bajo la prueba de tukey (P<0.05)

5.2. Estabilidad Aeróbica

Los forrajes conservados por fermentación anaeróbica comúnmente se deterioran una vez expuestos a condiciones aeróbicas (Danner et al., 2003). Al evaluar un forraje conservado en forma de henilaje o ensilaje, en este caso SG, no tan solo es importante conocer sus características fermentativas sino que debe ser estable aeróbicamente por un tiempo razonable. La estabilidad aeróbica determina la vida útil del henilaje o ensilaje durante la fase de alimentación. En climas tropicales, el ambiente cálido y húmedo que predomina favorece el desarrollo de microorganismos asociados al deterioro aeróbico (Ashbell, 1999). La pérdida de estabilidad aeróbica de un henilaje o ensilaje puede ser detectada por incrementos en la temperatura y el pH de la masa de forraje que resultan del metabolismo de carbohidratos residuales y productos de fermentación por parte de bacterias aeróbicas, hongos y levaduras (McDonald et al., 1991). Existe información sobre el deterioro aeróbico de forrajes ensilados o henilados en el trópico (González et al., 2003; Rodríguez, 1996) pero hay poca información sobre la estabilidad aeróbica de LT heniladas específicamente en PC.

En este experimento, el pH del henilaje de SG resultante de ambos periodos de fermentación (30 vs 72d) fue similar ($P=0.05$) durante los siete días de exposición aeróbica (Cuadro 3). Como era de esperar, se observó un decremento progresivo, aunque algo errático en la acidez de ambos henilajes según transcurrió el tiempo de exposición aeróbica de 0 a 7d (pH 6.23 a 7.21). Hubo menor acidez en las pacas cilíndricas de Hn30 expuestas al aire por 1 y 3 d (pH de 6.78) que de Hn72 (pH de 6.32), mientras que a los 5 y 7d de exposición el Hn30 fue levemente más ácido.

Cuadro 3. Efecto del periodo de exposición aeróbica del HnSG sobre el pH y temperatura

Componente	Exp. Aeróbica ¹	Periodo de Fermentación ²				Probabilidad		
		30	<i>EEM</i> ³	72	<i>EEM</i> ³	P	D	P*D
pH	días							
	0	6.41	0.73	6.06	0.88	0.525	0.255	0.938
	1	6.45		6.05				
	3	7.12		6.58				
	5	6.78		6.97				
	7	7.18		7.24				
Temperatura (C°)	horas					P	H	P*H
	0	30.13	12.59	29.89	5.75	0.002	0.040	0.897
	2	35.56		30.18				
	6	35.93		30.18				
	24	36.11		33.33				
	48	38.33		34.63				
	72	46.11		35.56				
	96	48.15		37.59				
	120	47.78		37.78				

¹Media de 3 repeticiones, ²Medias con diferentes letras en la misma fila tiene diferencia significativa bajo la prueba de tukey (P<0.05) y ³Error estandar de la media

No se detectó interacción significativa entre la duración de la fermentación (30 ó 72 d) y el tiempo en horas de exposición aeróbica sobre la temperatura del henilaje. Hubo un incremento progresivo en la temperatura con el tiempo de exposición al aire (Cuadro 3). Después de dos horas de exposición la temperatura subió por 5.43 °C en Hn30 (a 35.56 °C), pero sólo por 0.29°C (P<0.05) en el Hn72 (a 30.18 °C). Las lecturas máximas registradas fueron de 48.15°C a las 96 h para Hn30 y 37.78°C a las 120 h para Hn72.

Los cambios en pH y temperatura observados en este experimento, coinciden con los resultados de ciertas investigaciones anteriores, realizadas con gramíneas tropicales ensiladas a escala de laboratorio y/o en pacas cilíndricas (i.e. sorgo forrajero, gramíneas tropicales naturalizadas), los cuales indicaron que henilar o ensilar forrajes tropicales en el clima local resulta en forrajes fermentados susceptibles al deterioro durante las primeras 24 h de exposición aeróbica (González et al., 2003; Rodríguez, 1996). La susceptibilidad al deterioro aeróbico se evidencia por los cambios drásticos en pH y temperatura una vez el material vegetativo fermentado es expuesto al aire. Según Kung (2001), un aumento de 0.5 ° C después de 2 horas de ser expuesto al aire es indicativo de la inestabilidad aeróbica de forrajes preservados por fermentación. Los presentes cambios observados en acidez y temperatura sugieren que el Hn30 con su periodo de fermentación más corto (30 d) fue más susceptible al deterioro aeróbico que el Hn72 fermentado durante un periodo más largo (72 d), al menos hasta el tercer día de exposición al aire. González y colaboradores (2003) también reportaron que henilajes de gramíneas tropicales naturalizadas fermentadas en pacas cilíndricas durante 53 d mostraron menos

estabilidad cuando expuestos al aire que henilajes de los mismos forrajes fermentadas durante 111 d. Se sugiere que el mayor contenido de ácido láctico y de carbohidratos solubles residuales en el material vegetativo fermentado durante periodos de tiempo más cortos se asocia con un deterioro más rápido, ya que el lactato y los azúcares son sustratos de los microorganismos asociados al deterioro aeróbico. Aún queda por aclarar todos los factores asociados a la inestabilidad aeróbica de los forrajes conservados por medios fermentativos, (Muck y O'Kiely, 1992; O'Keily y Muck, 1992; Courtin y Spoelstra, 1990). Se ha postulado que las poblaciones de microorganismos asociados al deterioro aeróbico, desarrolladas durante el periodo fermentativo, se relacionan directamente con la subsecuente inestabilidad aeróbica de los ensilajes. Sin embargo, los factores que controlan estos cambios, aun no están claros. Se ha sugerido (Henderson et al., 1979; Ohya et al., 1975) que las altas temperaturas favorecen el crecimiento de hongos y levaduras, lo que podría explicar en parte el rápido deterioro del forraje fermentado al exponerse al aire. Aunque en este estudio no se enumeró ni cuantificó el crecimiento de microorganismos luego de exponer el henilaje al aire, sí se observó a simple vista la presencia de diferentes tipos de hongos en los henilajes de ambos largos de fermentación previa. Los diferentes tipos de colonias de microorganismos, que se observaron en la superficie de las pacas del Hn30 (Figura 5) y Hn72 (Figura 6), podrían ser indicativos de procesos microbianos ocurriendo también en el interior. Estos resultados sugieren primero, que en la fase de alimentación se debe maximizar el uso del henilaje de SG durante las primeras 24 horas luego de abrir la paca y exponer el forraje al aire; y segundo que el deterioro aeróbico del Hn30 fue más rápido que el del Hn72.



Figura 5. Microorganismos presentes en la superficie de pacas de henilaje de SG después de 30 d de fermentación



Figura 6. Microorganismos presentes en la superficie de pacas de henilaje de SG después de 72 d de fermentación

5.3. Degradabilidad *In vitro* de la MS según el Largo de la Exposición Aeróbica

En este experimento se observaron diferencias en la composición química y el CV (Sección 5.4) entre las dos formas de conservación de SG (heno y henilaje) evaluadas y entre las especies animales utilizadas para evaluar el consumo. Aunque, no se determinó la digestibilidad aparente *in vivo* de la MS y los nutrientes principales de los forrajes bajo estudio, sí se evaluó la DIVMS de los henilajes de SG resultantes de la fermentación por 30 ó 72 d y el efecto del día de exposición aeróbica sobre la misma (Cuadro 4). Ninguna de estas variables ejerció un efecto significativo ($P > 0.05$) en la DIVMS del henilaje pero el efecto del día de exposición se acercó más a $P = 0.05$, obteniéndose valores de probabilidad de 0.9142, 0.0716 y 0.5203, atribuibles a periodo de fermentación (PF), día de exposición aeróbica (DE) y la interacción entre estos dos factores, respectivamente (Cuadro 4). Sin embargo, el progresivo deterioro en el grado de conservación de los henilajes con el tiempo de exposición al aire (Cuadro 3) no se reflejó en una menguante DIVMS, sino al contrario ésta mostró una errática pero leve tendencia ascendente.

Los valores de DIVMS determinados en este experimento resultaron ser menores a los obtenidos por Rivera y colaboradores (2007) para HGT y las tres LT (AA, SG y CC), utilizando líquido ruminal de origen caprino y vacuno. Aquellos autores reportaron valores porcentuales de 72, 60, 44 y 50 para AA, SG fresco, CC y HGT, respectivamente. Las diferencias desfavorables en degradabilidad *In vitro* entre el SG henilado del presente experimento y el SG fresco usado en aquel caso podría deberse a la baja capacidad fermentativa del SG y a cambios químicos sufridos por el mismo

durante la fermentación, en otras fracciones no incluidas en los análisis analíticos realizados, pero con efecto sobre la susceptibilidad del forraje a la acción microbiana bajo las condiciones del sistema *in vitro* utilizado.

Cuadro 4. DIVMS verdadera porcentual del HnSG fermentado durante 30 y 72 d según el día de exposición aeróbica

Día de Exposición (DE) ¹	Periodo de Fermentación (PF) ²		EEM ³	Probabilidad		
	30 d	72 d		PF	DE	PF x DE
1	40.53	38.46	1.59	0.9142	0.0716	0.5203
3	37.33	39.43	2.23			
5	42.54	43.87	2.30			
7	42.01	39.98	1.77			

¹Media de 3 repeticiones, ²Medias con diferentes letras en la misma fila tiene diferencia significativa bajo la prueba de tukey (P<0.05) y ³Error estandar de la media

5.4. Consumo Voluntario

En este experimento se evaluó en caprinos y ovinos el CV de SG en tres formas diferentes; como henilaje fermentado durante 30 ó 72 d, y en forma henificada. Desde luego se observó un mayor contenido de MS (P<0.05) en el SG conservado como heno (HSG) que como henilaje (HnSG). El contenido de MS de los HnSG obtenido en este experimento (57.7, 54.2 % para Hn30 y Hn72) fue similar al valor informado por Rhein y colaboradores (2004) para henilaje de *Dactylis glometara* (54.4 %) y menor a lo que aquellos investigadores encontraron en henilaje de *Triticum aestivum* (62.4%) empacados ambos en pacas cilíndricas. Aunque en este experimento se utilizó el

mismo material vegetativo fresco de SG para conservar como henilaje o heno, el porcentaje de PB en el HnSG fue mayor ($P < 0.05$) que en el HSG por algo más de dos unidades (13.3 y 13.7 vs. 11.2). Semejantes diferencias en el contenido proteico podrían estar asociadas a la pérdida de hojas de la leguminosa en el proceso de henificarse. En cambio, los contenidos promedio de paredes celulares y CNF fueron similares para SG henilado o henificado, si bien fue notable la mayor variabilidad (EEM) en los resultados analíticos para Hn72 (Cuadro 5). La diferencia entre los HnSG y el HSG en NDT estimados a favor de aquellos fue pequeña pero se acercó al nivel significativo del 5 %.

Cuadro 5. Composición química de SG henificado o henilado durante 30 y 72 d ofrecidos a los animales

Componente ¹	HSG ² (%)	HnSG ² (%)					Probabilidad
		EEM ³	30 d	EEM ³	72 d	EEM ³	
MS	90.92 ^a	0.42	57.70 ^b	3.62	54.21 ^b	6.34	0.0015
PB⁴	11.17 ^b	0.14	13.27 ^a	0.47	13.67 ^a	0.38	0.0067
FDN⁴	68.50	0.79	69.40	0.65	63.47	2.89	0.1053
FDA⁴	51.60 ^{ab}	1.79	56.60 ^a	0.49	49.83 ^b	1.48	0.0136
HC⁴	16.90	1.31	12.80	1.11	13.63	2.09	0.2774
CNF⁴	14.20	0.72	12.83	0.29	17.73	2.27	0.1038
NDT⁴	54.00	0.33	54.67	0.33	56.33	0.88	0.0553

¹Media de 3 repeticiones, ²Medias con diferentes letras en la misma fila tiene diferencia significativa bajo la prueba de tukey ($P < 0.05$), ³Error estandar de la media y ⁴ Base seca

En esta investigación, se ofrecieron dietas compuestas de 50 % de heno de gramíneas tropicales (HGT) en combinación con 50 % de HSG, o de Hn30 ó Hn72. La composición química del HGT concuerda con valores previamente obtenidos (Rivera et al, 2007; León, 2003), destacándose el bajo contenido de PB y alto de FDA (Cuadro 6).

Cuadro 6. Composición química del HGT utilizado en dietas para caprinos y ovinos

Componente	HGT (%)¹
MS	92.5
PB²	7.0
FDN²	70.7
FDA²	41.8
HC²	28.9
CNF²	54.0
NDT²	41.0

¹ Valores basados en 1 muestra del forraje y

² Base seca

Se observó un numéricamente mayor consumo voluntario total (CVT) de la dieta basada en henos de las dos especies botánicas (540 vs 519 y 534 g/d), pero estadísticamente el CVT no difirió ($P > 0.05$) entre las tres dietas evaluadas (Figura 7 y Apéndice 1). En los tres casos, el CV del HGT fue mayor ($P < 0.05$) que el de *Stylosanthes*, ofrecido éste en forma de heno o henilaje con 30 ó 72 d de fermentación. El consumo de HGT representó 68 y 72% del CVT cuando se ofreció en combinación

con HSG o henilajes de SG, respectivamente (Figura 7). Estos resultados difieren de los obtenidos por otros autores (Rivera et al., 2007; Rivera, 2003), que observaron mayor CV de dietas que incluyeron LT que de HGT solo. Rivera (2003) evaluó el ofrecimiento de dos accesiones de maní rizomatoso (17033 y 17097) como 50% de la dieta total en comparación con alimentación 100% a base de hierba bermuda (*Cynodon dactylon*) y obtuvo respectivos consumos de MS de 1040, 1000 y 760 (g/d). Rodríguez (1990) evaluó la inclusión de SG y de LL a los niveles de 10, 20 y 40% en dietas basadas en HGT y concluyó que el nivel óptimo de inclusión de LT es de 20 %. Crampton (citado por Rodríguez, 1990) afirma que en general el CV de forrajes con alto contenido de proteína es mayor que el de forrajes bajos en dicho componente. Sin embargo, en el estudio presente las dos especies forrajeras (gramínea o leguminosa) y

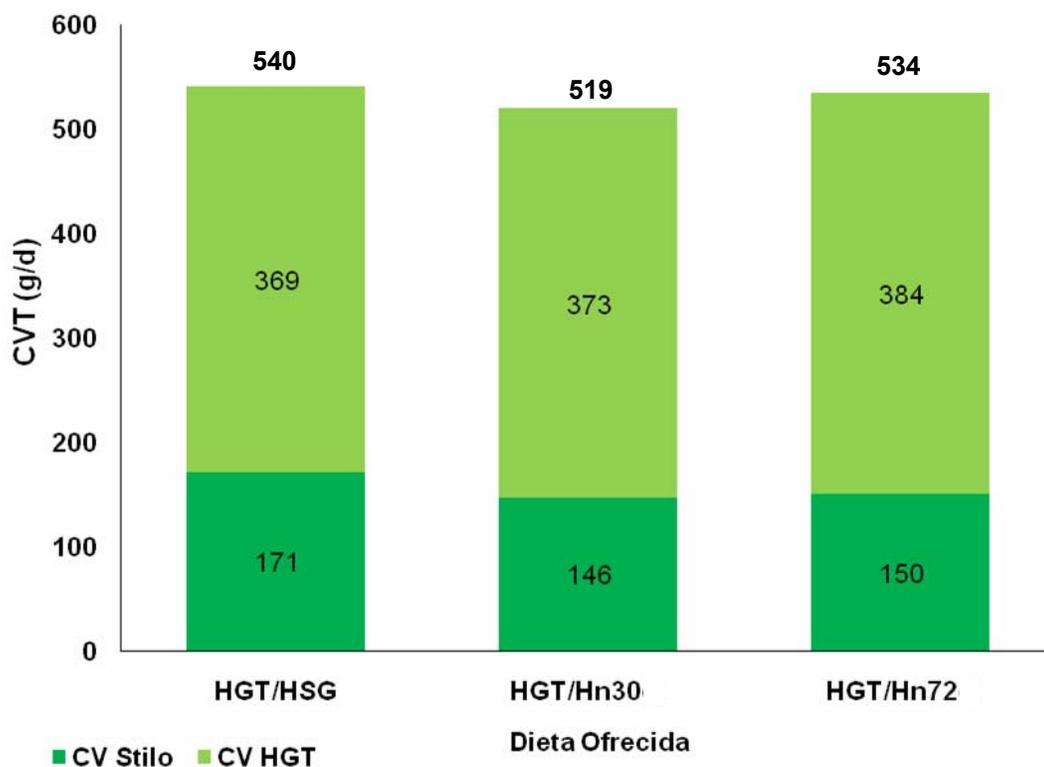


Figura 7. CVMS en dietas conteniendo 50 % HGT y 50 % SG henificado o henilado durante 30 ó 72 d

su método de conservación (heno o henilaje) se evaluaron de forma combinada (proporción 50:50) y no individualmente.

En este experimento el bajo CV de henilaje observado podría deberse a las características fermentativas. Es un hecho importante que la utilización de los forrajes conservados por medios fermentativos se afecta por los productos de fermentación y si ocurre una fermentación indeseable, especialmente si es de tipo clostridial. Esto aumenta la concentración de compuestos como amoníaco y aminos y eventualmente disminuye la aceptabilidad animal (Harrison et al., citado por González, 2002).

El CV es un fenómeno complejo influenciado por múltiples factores. Entre los factores propios del animal, está la selectividad al alimentarse, la cual varía entre diferentes especies (i.e. ovinos vs. caprinos). Se han establecido los hábitos ingestivos de caprinos y ovinos, que prefieren el ramoneo y el pastoreo, respectivamente.

En este experimento se utilizaron caprinos y ovinos para comparar el CV de SG henificado y henilado (30 y 72 d de fermentación), observándose promedios similares ($P=0.1192$) entre las dos especies animales (ovino, 550 y caprino, 510 g/d de dieta a base seca) (Figura 8). Estos resultados difieren de los de Rojas y colaboradores (1984), que encontraron un mayor consumo de heno de pasto estrella en ovinos que en caprinos. Este hallazgo lo atribuyeron a que los caprinos poseen un alto grado de selectividad, lo cual en condiciones de consumo restringido, hace que la cantidad ingerida sea menor. En otras palabras los cabros tienden a mostrar un mayor consumo de pasturas si tienen mucho de donde seleccionar.

Aunque no se observó un efecto del factor principal especie animal sobre el CVT, hubo interacción especie animal por dieta ofrecida ($P<0.05$), siendo el consumo

de la dieta HGT/HSG mayor en cabros y el de las otras dos dietas mayor en ovinos (Figura 9). Esta interacción aplicaba por igual a las dietas HGT/Hn30 y HGT/Hn72. Los caprinos, se caracterizan por una mayor selectividad ingestiva, por lo que su consumo del henilaje podría verse afectado por factores organolépticos.

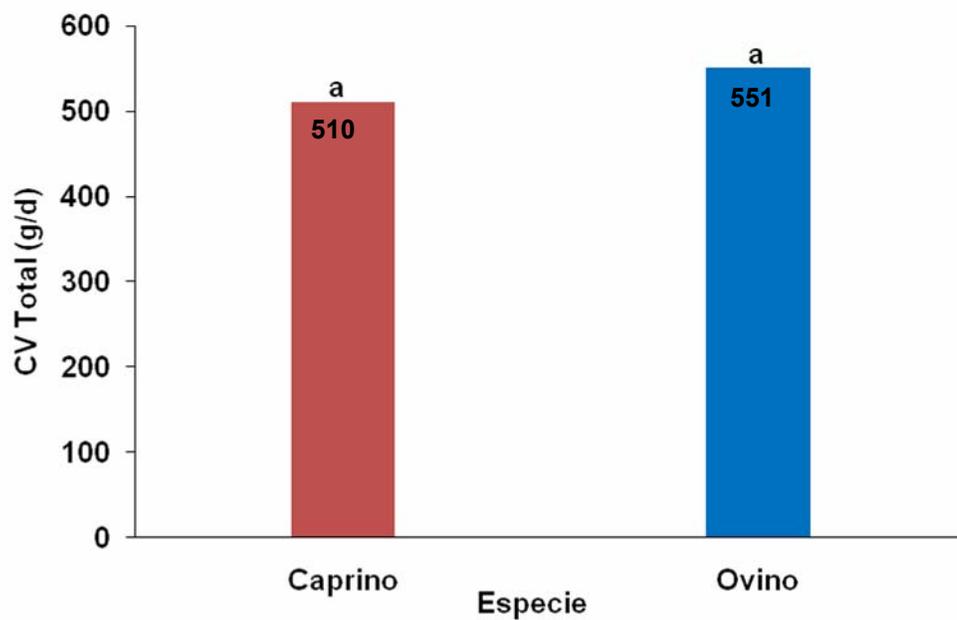


Figura 8. Efecto de la especie animal (caprinos y ovinos) sobre el CVMST de las dietas evaluadas

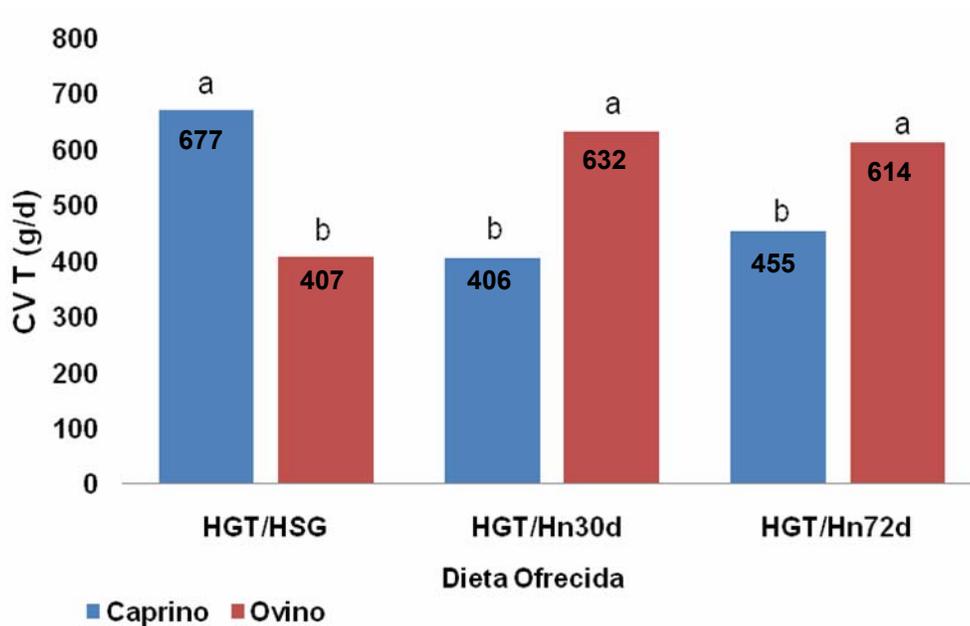


Figura 9. Efecto de la dieta ofrecida sobre el CVMST de ovinos y caprinos

La preferencia de los caprinos por la dieta conteniendo HSG y menor aceptación de las dietas con HnSG se demuestra claramente en la Figura 10. El consumo caprino de HSG representó el 34.6 % del CVT del forraje ofrecido, superando ($P < 0.001$) los valores correspondientes a Hn30 y Hn72 de 28 y 32 %, respectivamente. No se encontraron diferencias en el consumo por caprinos entre estas últimas dos dietas. Contrario a lo observado en los caprinos, el CVT de los ovinos alimentados con las mezclas conteniendo HGT y HnSG (30 y 72 d) fue mayor ($P < 0.05$) que el de la dieta a base de los dos forrajes henificados (Figura 11). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en los consumos proporcionales de SG henificado o henilado, ya que el Stylo representó 26.8, 28.0 y 25.1 % del CVT en los tres respectivos tratamientos.

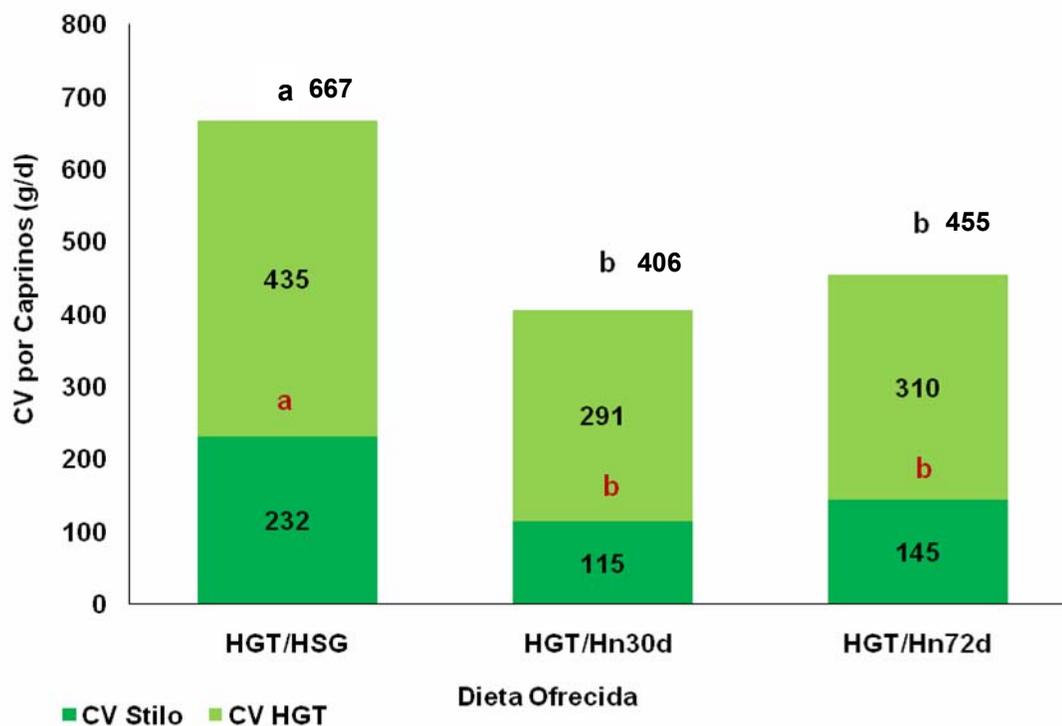


Figura 10. CVMS de HGT y SG henificado o henilado en pacas cilíndricas por caprinos

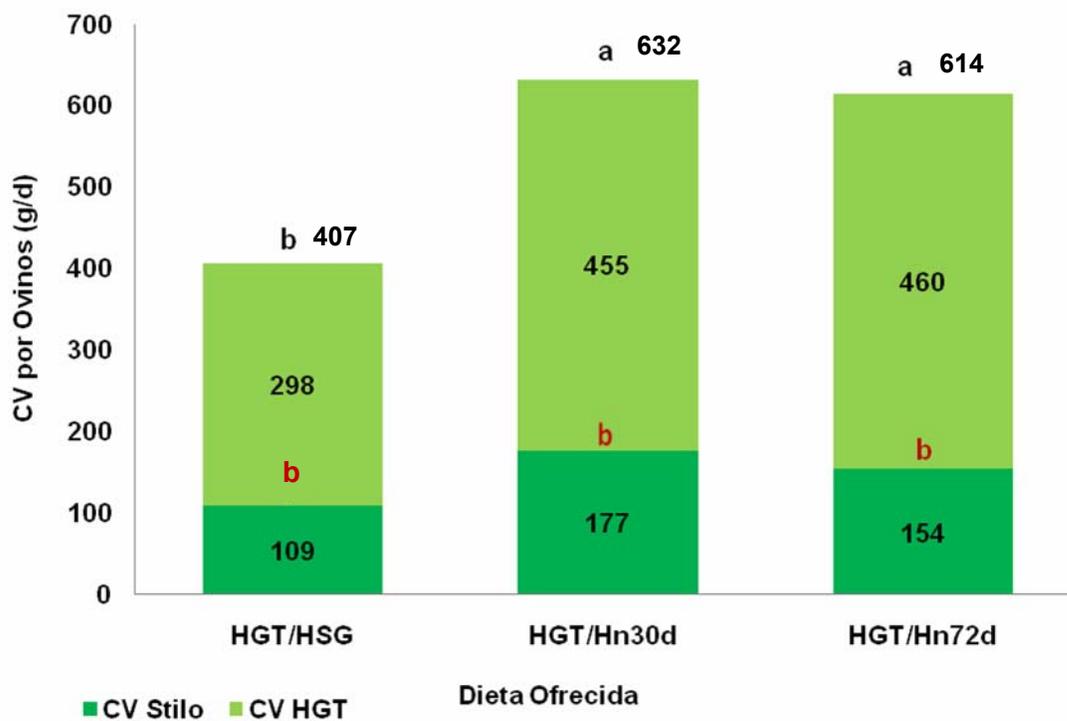


Figura 11. CVMS de HGT y SG henificado o henilado en pacas cilíndricas por ovinos

6.0. Conclusiones

- El SG henilado en pacas cilíndricas presenta características fermentativas típicas de leguminosas ensiladas o heniladas en ambientes tanto tropicales como templados: alto contenido de PB, pH entre 5 y 7, baja concentración de los principales productos de fermentación e creciente proporción de nitrógeno en forma amoniacal. Esta experiencia demuestra lo difícil que es la producción de henilaje de SG en pacas cilíndricas que reúna las características deseables en los forrajes conservados.
- Al exponerse a condiciones aeróbicas el henilaje de SG resultante de la fermentación durante 30 d, sufrió mayor deterioro, al menos durante los primeros 3 ó 4 días, en comparación con el henilaje fermentado durante 72 días. Esto hace más recomendable la fermentación de mayor duración.
- Al ofrecer a animales caprinos y ovinos dietas con 50 % de HGT y 50 % de SG henificado o henilado mediante fermentación por 30 y 72 días, hubo un mayor CV de HGT que de SG en los tres casos, pero no hubo diferencias en el CVT entre las tres dietas. Esto es indicativo de aceptación animal sub-óptima del SG, pero no un efecto adverso de la fermentación al respecto.
- Existe diferente selectividad ingestiva entre estas dos especies de pequeños rumiantes, ya que los caprinos prefieren el SG henificado y los ovinos el material henilado.

7.0. Implicaciones

Quedó demostrado en esta investigación que la fermentación de esta leguminosa en pacas cilíndricas para producir henilaje, no logra un forraje preservado de la calidad deseada. Esta leguminosa no posee buenas características fermentativas y en forma de henilaje no es del agrado de los cabros, aunque los ovinos lo aceptan mejor. Se debe tomar en consideración métodos prácticos para mejorar el proceso de fermentación, como la adición de alguna fuente de carbohidratos que promueva una fermentación con mayor producción de ácido láctico (i.e. melaza). Ahora bien, el SG en forma henificada también fue inferior al HGT en aceptación animal y es probable que su inclusión en la dieta ofrecida en una proporción menor del 50% que se usó en este estudio, daría mejor resultado.

8.0. Referencias

- AOAC. Association of Official Analytical Chemist. 1990. Official Methods of Analysis. Arlington, VA.
- Arias-Pedraza, A., A. Sotomayor-Ríos y A. Quiles-Belén, 1998. Agronomic potential of stylo [*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw.] in Puerto Rico, J.Agric. Univ. P.R. 82 (1-2): 1-15.
- Aschbell, G., y G. Weinberg. 1999. Silage from tropical cereals and forage crops. FAO Electronic conference on tropical feeds and feeding systems, paper 7.
- Ball, D.M., M. Collins, G. Lacefield, N. Martin, D. Mertens, K. Olson, D. Putnam, D. Undersander y M. Wolf. 2001. Understanding Forage Quality. American Farm Bureau Federation Publication 1-01, Park Ridge, IL. p. 2-3.
- Bragachini, M., P. Cattani y E. Ramírez. 1997 Calidad conservadora con envoltorio. Ingenieros Agrónomos. Super campo, pág. 16-18.
- Carrillo, L. 2003. Rumen y biogás. Microbiología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. Jujuy, Argentina. Cap. 5, pág. 1-16.
- Celanie, M. 1982. Etude de l'évolution microbiologique et caracteristiques fermentaires des ensilages de canne a sucre, de sorgo et de pangola en climat tropical humide. These presente pour l'obtention du diplome de docteur de 3e cycle. Universite Pierre et Marie Currie. Paris 6.
- Ciotti, E.M., M.E. Castelan, C.E. Tomei, I.P. Mónaco y J.F. Benítez. 2003. Respuesta de *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 a la fertilización con una baja dosis de fósforo. INTA, Argentina RIA, 34 (1): 19-27
- Courtin, M.G., y S.F. Spoelstra. 1990. A simulation model of the microbiological and chemical changes accompanying the initial stage of aerobic deterioration of silage. Grass Forage Sci. 45:153-165.
- Crespo, M. 2007. Características agronómicas, composición química y selectividad ingestiva por ganado ovino de tres leguminosas arbustivas: *Cratylia argentea* (Desv.) Kuntze, *Calliandra calothyrsus* Meisn. y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit). Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Tesis MS.
- Church D.C., W.G. Pond y K.R. Pond. 2002. Alimentos para animales. Cap 16. En: Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. 2 ed. Editorial Limusa, México. Pp. 323-370.

- Danner, H., M. Holzer, E. Mayrhuber y R. Braun. 2003. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. *Applied and Environmental Microbiology*. 69(1): 562-567.
- Eusse, B. J. 1994. Pastos y Forrajes Tropicales. 3ª Edición. Banco Ganadero, Santa Fé de Bogotá, D. C., Colombia. p. 320-420.
- Fisher, M.J. y M.M. Ludlow. 1984. Adaptation to water deficits in *Stylosanthes*. En: *The Biology and Agronomy of Stylosanthes*. Stace, H.M. and Edye, L.A., (eds.). Academic Press, Sydney, pp. 163-180.
- González, G. y A.A Rodríguez. 2003. Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability and forage intake of tropical grasses ensiled in round bales. *J. Dairy Sci.* 86: 926-933.
- Harrison, J.H., R. Blauwiel, y M.R. Stokes. 1994. Symposium: Utilization of grass silage. Fermentation and utilization of grass silage. *J. Anim. Sci.* 77:3209-3225.
- Henderson, A.R., J. Matthew Ewart, y G.M. Robertson. 1979. Studies on the aerobic stability of commercial silages. *J. Sci. Food Agri.* 30:223-228.
- Jones, R.K. 1974. A study of the phosphorus responses of a wide range of accessions from the genus *Stylosanthes*. *Australian J. Agri. Res.* 18/861. 25:847-862.
- Kung, L., Jr., and M.R. Stokes. 2001. Analyzing silages for fermentation end products. http://ag.udel.edu/departments/anfs/faculty/kung/articles/analyzing_silages_for_fermentati.htm.
- Kung, L. Jr., R. J. Schmidt, T. E. Ebling y W. Hu . 2007. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of ground and whole high-moisture corn. *J. Dairy Sci.* 90:2309-2314.
- Leon, F.J. 2003. Consumo voluntario y digestibilidad de nutrientes de heno de gramíneas tropicales nativas y ensilaje de sorgo y el efecto de la suplementación con residuos fermentados de pescadería. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Tesis M.S.
- McDonald, P., P. Herderson and S. Heron. 1991. *The Biochemistry of the Silage*. 2 ed. Marlow: Cholcombe Publications, Aberystwyth, U.K. Pp. 226.
- Muck, R.E. y P. O'Kiely. 1992. Aerobic deterioration of lucerne (*Medicago sativa*) and maize (*Zea mays*) silages – Effects of fermentation products. *J. Sci. Food Agric.* 59:145-149.

- O'Keily P. y R.E. Muck, 1992. Aerobic deterioration of lucerne (*Medicago sativa*) and maize (*Zea maize*) silages – Effects of yeasts. *J. Sci. Food Agric.* 59:139-144.
- O'Kiely, P., D. Forrista y J.J. Lenehan. 1999. Baled silage, development of reliable valed silage system. Teagasc, end of Project report (ARMIS No. 4284) Beef Production series No. 11.
- Ohyama, Y., S. Masaki, y S. Hara. 1975. Factors influencing aerobic deterioration of silages and changes in chemical composition after opening silos. *J.Sci.Food Agric.* 26:1137-1147.
- Ojeda, F., M. Eserance y L. Luis. 1987. Ensilajes de pastos tropicales. *Pastos y Forrajes. E.E. del Ins. Sup. "Camilo Cienfuego"*. 10/3:189-198.
- Oude Elfeerink, S. J. W. H., F. Dreuhs, J. C. Gottschal y S. F. Spoelstra. 2004. "Silage fermentation processes and their manipulation". www.fao.org/DOCREP/005/X8486e09.htm.
- Pagán, S. 2006. Caracterización del proceso de fermentación de ensilaje de residuos orgánicos de plantas procesadoras de piña (*Ananas comosus*) y china (*Citrus sinensis*) y su evaluación. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Tesis M.S.
- Rhein, R.T., W.K. Coblenz, J.E. Turner, C.F. Rosenkrans, R.K. Ogden, y D.W.Kellogg. 2005. Aerobic stability of wheat and orchardgrass roundbale silage during winter. *J.Dairy.Sci.* 88:1815-1826.
- Ríos, A. S. y W. D. Pitman 2001. *Tropical Forage Plants Development and Use*. CRC Press. LLC, Boca Ratón, Florida. p. 219-251.
- Rivera, F.P., J.L. Olivares, L.A. Cruz, M.S. Vázquez, E. Valencia y A.A. Rodríguez. 2007. Potencial forrajero de leguminosas tropicales: *Stylosanthes guianensis*, *Cajanus cajan* y *Arachis glabrata* I. Composición química y distribución de nutrientes. PCCMCA. XLIII Reunión Anual. Instituto de Ciencia y Tecnologías Agrícolas. Guatemala. P. 107.
- Rivera, F.P., J.L. Olivares, L.A. Cruz, M.S. Vázquez, E. Valencia y A.A. Rodríguez. 2007. Potencial forrajero de leguminosas tropicales: *Stylosanthes guianensis*, *Cajanus cajan* y *Arachis glabrata* II. Degradabilidad *invitro* y selectividad de ingesta. PCCMCA. XLIII Reunión Anual. Instituto de Ciencia y Tecnologías Agrícolas. Guatemala. P. 107.
- Rivera, L. 2003. Determinación de digestibilidad y consumo de materia seca de heno de *Arachis glabrata* en rumiantes. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Tesis MS.

- Rodríguez, A. 1990. Utilización de leguminosas forrajeras como parte integral de sistemas de alimentación de rumiantes. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Tesis MS.
- Rodríguez, A.A. 1996. Studies on the efficacy of a homofermentative lactic acid producing bacterial inoculant and commercial plant cell wall-degrading enzyme mixtures to enhance the fermentation characteristics and aerobic stability of forages ensiled in temperate and tropical environments. Doctoral Research Dissertation. Michigan State University, East Lansing, MI, USA. 351pp.
- Rodríguez, A. A., H. L. Díaz., C. Torres y L. Rivera 2005. Consumo y digestibilidad de nutrientes de heno de maní rizoma perenne y alfalfa comercial. J. Agri. Uni. P.R. 90(3-4):249-251.
- Rojas, J.C., M.I. de Chávez y R. Fernández. 1984. Capacidad comparativa de digestión entre ovinos y caprinos. Zootecnia Tropical, 2 (1 y 2):20-29.
- Sandoval, B. 2007. Características agronómicas y nutricionales de asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Tesis MS.
- SAS Inst., 1990. SAS/STAT® User's Guide (Release 6.12). SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Schoonhoven, A.D., F. Holmann, P.J. Argel, E. Pérez, J.C. Ordoñez y J. Chaves. 2005. Costos y beneficios de suplementar con heno y ensilaje durante la época seca. Documento de Trabajo #203. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Cali.
- Shaver, R.D., R.A. Erdman, A.M. O'Connor y J.H. Vandersall. 1984. Effects of silage pH on voluntary intake of corn silage and alfalfa haylage. J Dairy Sci 68:338-346.
- Schroeder, J.W., 2004. Silage fermentation and preservation. NDSU Extension Service. In: [http://www.ext.nodak.edu/extpubs/ansci/range/as1254.pdf#search='Silage %20fermentation%20and%20preservation'](http://www.ext.nodak.edu/extpubs/ansci/range/as1254.pdf#search='Silage%20fermentation%20and%20preservation'). North Dakota State University Fargo, North Dakota 58105.
- Tedechi, L.O., A.N. Pell, D. G. Fox, and C. R. Llamas. 2001. The amino acid profiles of the whole plant and of four plant residues from temperate and tropical forages. J. Anim. Sci. 79:525–532.
- Tobía, C., A. Rojas., E. Villalobos., H. Soto y L. Uribe. 2004. Sustitución parcial del alimento balanceado por ensilaje de soya y su efecto en la producción y calidad de la leche de vaca, en el trópico húmedo de Costa Rica. Agronomía Costarricense 28(2): 27-35.

- Wattiaux, M. 2000. Introducción al proceso de ensilaje. *Novedades Lácteas*. Instituto Babcock, Universidad de Wisconsin. 502:1-10.
- WingChing, R. y A. Rojas. 2006. Composición nutricional y características fermentativas del ensilaje de maní forrajero. *Agronomía Costarricense* 30(1): 87-100.
- Woolford, M.K. 1990. The detrimental effect of air on silage. *J Appl. Bact.* 68:101.
- Woolford, M.K. 1984. *The Silage Fermentation*. Marcel Dekker. New York. 350pp.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd Edition. Comstock Publishing Associates, Ithaca New York.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson y B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*74:473-481.
- Villaquiran, M. y C. Lascano. 1986. Caracterización de cuatro leguminosas forrajeras. *Pasturas tropicales*. Boletín. 8(2):2-6

9.0. Apéndices

Apéndice 1. Consumo de MS de HGT y heno o henilaje de SG por caprinos y ovinos

Tratamiento	Especie	Animal	PV (Kg)	Consumo de MS (kg/d)				
				HGT	HSG	Hn30	Hn72	Total
HGT/HSG	Caprino	1	47.7	0.56	0.35	0	0	0.91
HGT/HSG	Caprino	2	25.0	0.30	0.20	0	0	0.50
HGT/HSG	Caprino	3	30.9	0.39	0.16	0	0	0.55
HGT/HSG	Caprino	4	39.1	0.50	0.22	0	0	0.72
HGT/HSG	Ovino	1	23.2	0.29	0.10	0	0	0.38
HGT/HSG	Ovino	2	20.9	0.28	0.07	0	0	0.35
HGT/HSG	Ovino	3	21.4	0.30	0.12	0	0	0.43
HGT/HSG	Ovino	4	22.3	0.32	0.15	0	0	0.47
Promedio			28.81	0.37	0.17	0	0	0.54
HGT/Hn30	Caprino	1	22.7	0.28	0	0.13	0	0.41
HGT/Hn30	Caprino	2	22.3	0.26	0	0.10	0	0.36
HGT/Hn30	Caprino	3	26.8	0.35	0	0.13	0	0.48
HGT/Hn30	Caprino	4	19.5	0.26	0	0.10	0	0.36
HGT/Hn30	Ovino	1	29.1	0.42	0	0.15	0	0.57
HGT/Hn30	Ovino	2	26.4	0.39	0	0.13	0	0.52
HGT/Hn30	Ovino	3	30.9	0.44	0	0.25	0	0.69
HGT/Hn30	Ovino	4	38.6	0.56	0	0.13	0	0.69
Promedio			27.0	0.37	0	0.14	0	0.51
HGT/Hn72	Caprino	1	25.5	0.25	0	0	0.13	0.38
HGT/Hn72	Caprino	2	24.5	0.36	0	0	0.12	0.48
HGT/Hn72	Caprino	3	29.5	0.30	0	0	0.17	0.47
HGT/Hn72	Caprino	4	20.9	0.33	0	0	0.18	0.51
HGT/Hn72	Ovino	1	42.3	0.50	0	0	0.24	0.74
HGT/Hn72	Ovino	2	30.9	0.61	0	0	0.11	0.72
HGT/Hn72	Ovino	3	27.3	0.27	0	0	0.15	0.42
HGT/Hn72	Ovino	4	33.6	0.45	0	0	0.16	0.61
Promedio			29.3	0.38	0	0	0.16	0.54

PV = peso vivo; HGT=heno de gramínea tropicales; HSG=heno de *Stylosanthes guianensis*; Hn30= henilaje de SG a 30 d de fermentación; Hn72= henilaje de SG a 72 d fermentación