

Evaluación de ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* y *Gliricidia sepium* con la utilización de aditivos

Evaluation of mixed silages of *Saccharum officinarum* and *Gliricidia sepium* using additives

R. Suárez¹, J. Mejía¹, M. González¹, D.E. García^{2*} y D.A. Perdomo³

¹Unidad de Investigaciones en Recursos Subutilizados (UNIRS), Núcleo Universitario "Rafael Rangel" (NURR), Universidad de Los Andes (ULA), estado Trujillo, Venezuela

²Departamento de Ciencias Agrarias, NURR, ULA

*E-mail: dagamar8@hotmail.com

³Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), estado Trujillo, Venezuela

Resumen

Se realizó un experimento en Trujillo, Venezuela, con el objetivo de evaluar el efecto de la adición de melaza y urea en ensilajes de cogollo quemado de caña de azúcar y *Gliricidia sepium*, utilizando macrobolsas de 1,18 m³ de capacidad y vacío, mediante un diseño factorial 4 (tipo de ensilaje) x 3 (tiempo de fermentación: 20, 40 y 60 días) y cinco réplicas. Los tratamientos fueron T1 (cogollo de caña de azúcar, 75% más *G. sepium*, 25%); T2 (T1 más urea, 0,5%); T3 (T1 más melaza, 4%) y T4 (T3 más urea, 0,5%). Se determinó el pH, la MS, la PB, el amoníaco, el nitrógeno soluble, la FB, el extracto libre de nitrógeno, el extracto etéreo, el Ca, el P y la ceniza. No hubo interacción tipo de ensilaje por tiempo de fermentación. Con la adición de urea (T2) se observaron los mayores valores de pH (5,03), PB (8,27%), NH₃/Nt (18,13%) y NS/Nt (38,31%). Al adicionar la melaza (T3) se constató un mayor porcentaje de MS (35,34) y de ELN (50,93), y con los dos aditivos (T4) se observó un menor contenido de EE (1,02%). Los tenores de FB, los minerales y la ceniza no presentaron diferencias entre los tratamientos. A los 40 días de fermentación se observó un mayor contenido de MS (44,80%) y ELN (49,72%). Sin embargo, a los 60 días se obtuvo mayor relación NH₃/Nt (11,17%) y NS/Nt (33,61%). Mediante la ponderación de las variables más relevantes se concluyó que los ensilajes de mayor calidad se obtuvieron cuando sólo se adicionó melaza (4%) o se combinó con urea (0,5%); mientras que la calidad del material conservado fue menor a los 60 días de elaboración.

Palabras clave: Aditivos, ensilaje, *Gliricidia sepium*, *Saccharum officinarum*

Abstract

A trial was conducted in Trujillo, Venezuela, in order to evaluate the effect of the addition of molasses and urea in silages of burnt sugarcane tops and *Gliricidia sepium*, using macrobags of capacity 1,18 m³ and vacuum, by means of a 4 (type of silage) x 3 (fermentation time: 20, 40 and 60 days) factorial arrangement and five replications. The treatments were T1 (sugarcane tops, 75% plus *G. sepium*, 25%); T2 (T1 plus urea, 0,5%); T3 (T1 plus molasses, 4%) and T4 (T3 plus urea, 0,5%). The following indicators were determined: pH, DM, CP, ammonia, soluble nitrogen, CF, nitrogen-free extract, ether extract, Ca, P and ash. There was no silage type by fermentation time interaction. With the addition of urea (T2) the highest values of pH (5,03), CP (8,27%), NH₃/Nt (18,13%) and SN/Nt (38,31%) were observed. With the addition of molasses (T3) a higher percentage of DM (35,34) and NFE (50,93) was detected, and with the two additives (T4) a lower content of EE (1,02%) was obtained. The CF, mineral and ash values did not show differences among treatments. After 40 days of fermentation a higher content of DM (44,80%) and NFE (49,72%) was observed. However, after 60 days a higher NH₃/Nt (11,17%) and SN/Nt (33,61%) ratio was obtained. By pondering the most relevant variables, it was concluded that the best quality silages were obtained when adding only molasses (4%) or when it was combined with urea (0,5%); while the quality of the preserved material was lower 60 days after being elaborated.

Key words: Additives, *Gliricidia sepium*, *Saccharum officinarum*, silage

Introducción

En Venezuela, al igual que en otros países tropicales, las variaciones climáticas y la baja calidad de los pastos usados comúnmente en la producción animal, constituyen dos de los factores que limitan el desarrollo de la ganadería nacional. Por ello, la preservación de alimentos en forma de ensilaje puede ser una alternativa para el aprovechamiento de la producción forrajera y los residuos de cosechas, en los momentos de mayor disponibilidad.

En este sentido, las leguminosas muestran un mejor valor nutritivo que las especies de otras familias botánicas, lo cual favorece la conservación en forma mixta con gramíneas (Cabral, 2007). Dentro de las leguminosas arbóreas, *Gliricidia sepium* es una de las especies más promisorias para la alimentación animal en condiciones tropicales. Es catalogado como un árbol multipropósito, pero puede presentar variaciones en su aceptabilidad cuando se ofrece en forma fresca, ya que su composición química puede variar según la edad, la parte de la planta y el lugar de procedencia (Cabral, 2007).

A pesar de los altos niveles de proteína, son pocos los trabajos realizados en el país con *G. sepium* en forma de ensilaje (Cabral *et al.*, 2007). Considerando que esta leguminosa presenta gran distribución natural en el estado Trujillo, Venezuela, y que generalmente su follaje no es aprovechado por los productores como fuente suplementaria de proteína para los rumiantes, esta planta está subutilizada dentro de la mayoría de los sistemas de producción animal en la Zona Andina Venezolana.

Por otra parte, el estado Trujillo es eminentemente agrícola y una de sus principales actividades lo constituye la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). El proceso de cosecha de esta gramínea en la región implica la quema de la plantación antes de las labores de cosecha, la cual se realiza fundamentalmente de manera manual. Este procedimiento genera una elevada cantidad de material vegetal que se desecha y no es aprovechado. Considerando las ventajas que presenta esta fuente en cuanto a su factibilidad para ser ensilada (Siqueira

Introduction

In Venezuela, as in other tropical countries, climatic variations and low quality of the pastures commonly used in animal production constitute two of the factors that limit the development of national livestock production. For such reason, feedstuff preservation as silage can be an alternative for the utilization of forage production and harvest residues, at times of higher availability.

In this sense, legumes show better nutritional value than the species from other botanical families, favoring mixed conservation with grasses (Cabral, 2007). Among tree legumes, *Gliricidia sepium* is one of the most promising species for animal feeding under tropical conditions. It is described as a multipurpose tree, but it can show variations in its acceptability when it is supplied fresh, because its chemical composition can vary according to age, part of the plant and provenance (Cabral, 2007).

In spite of the high protein levels, there are few studies conducted in the country with *G. sepium* as silage (Cabral *et al.*, 2007). Considering that this legume shows high natural distribution in the Trujillo state, Venezuela, and that its foliage is not generally utilized by farmers as supplementary protein source for ruminants, this plant is underutilized in most animal production systems in the Venezuelan Andean Zone.

On the other hand, the Trujillo state is essentially agricultural and one of its main activities is sugarcane (*Saccharum officinarum*) production. The harvest process of this grass in the region implies burning the plantation before the harvest labors, which is done mainly manually. This procedure generates a large amount of plant material that is discarded and not utilized. Taking into consideration the advantages of this source regarding its feasibility to be ensiled (Siqueira *et al.*, 2009), burnt sugarcane tops constitute an adequate material for its conservation with other forages that enrich the silage integrally.

Likewise, the use of additives is known to enhance forage conservation, by benefitting a predominance of lactic bacteria during the fermentation process. In this regard, molasses

et al., 2009), el cogollo quemado constituye un material apropiado para su conservación con otros forrajes que enriquezcan de forma integral el ensilaje.

Asimismo, es conocido que el uso de aditivos mejora la preservación del ensilaje, al beneficiar un predominio de bacterias lácticas durante el proceso de fermentación. Al respecto, la melaza representa una de las fuentes de carbohidratos usadas con más frecuencia en los ensilajes (Titterton y Bareeba, 2000). Adicionalmente, el uso de la urea mejora también la calidad, al disminuir las poblaciones de levaduras y hongos, y reduce generalmente las pérdidas de materia seca y carbohidratos solubles. Además, se ha obtenido una mejor composición química en ensilajes enriquecidos con esta fuente de nitrógeno, que en aquellos que no han sido tratados (Cabral, 2007).

Considerando que los ensilajes mixtos (gramíneas-leguminosas) reúnen ventajas, basado en el aprovechamiento de los tenores de proteína y el valor nutricional de las leguminosas y las mejores características fermentativas de las gramíneas (Ojeda *et al.*, 2006), el objetivo del presente ensayo fue evaluar el efecto de la adición de melaza y urea en ensilajes de cogollo quemado de caña de azúcar y *G. sepium*.

Materiales y Métodos

Ubicación del ensayo

El experimento se realizó en áreas de la Unidad de Investigaciones en Recursos Subutilizados (UNIRS) (9°25'11" N y 70°28'22" O) ubicada en el Núcleo Universitario "Rafael Rangel" de la Universidad de Los Andes (ULA) en el estado Trujillo, Venezuela, a 419 msnm, en zona de bosque seco tropical con temperatura promedio de 27,4°C, precipitación anual de 1 690 mm y humedad relativa de 60%.

Procedencia del material vegetal

El material forrajero (*S. officinarum* y *G. sepium*) se obtuvo a partir de plantaciones de la Estación Experimental y de Producción Agrícola "Rafael Rangel" (EEPARR) de la Universidad de Los Andes, parroquia La Paz, municipio

represents one of the most frequently used carbohydrate sources in silages (Titterton and Bareeba, 2000). Additionally, the use of urea also improves quality, by decreasing the yeast and fungal populations, and generally reduces the losses of dry matter and soluble carbohydrates. In addition, a better chemical composition has been obtained in silages enriched with this nitrogen source as compared to the ones which have not been treated (Cabral, 2007).

Considering that mixed silages (grasses-legumes) have advantages, based on the utilization of the protein and nutritional values of legumes and the better fermentative characteristics of grasses (Ojeda *et al.*, 2006), the objective of this trial was to evaluate the effect of the addition of molasses and urea in silages of burnt sugarcane tops and *G. sepium*.

Materials and Methods

Trial location

The experiment was conducted in areas of the Underutilized Resources Research Unit (UNIRS) (9°25'11" N and 70°28'22" W) located in the "Rafael Rangel" University Nucleus of the University of Los Andes (ULA), Trujillo state, Venezuela, at 419 masl, in a zone of tropical dry forest with average temperature of 27,4°C, annual rainfall of 1 690 mm and relative humidity of 60%.

Provenance of the plant material

The forage material (*S. officinarum* and *G. sepium*) was obtained from plantations of the Experimental and Agricultural Production Station "Rafael Rangel" (EEPARR) of the University of Los Andes, La Paz parish, Pampán municipality, Trujillo state, Venezuela, located at 9°35'00" N and 70°27'00" W, at 300 masl, in a zone of tropical dry forest with relatively uniform temperature throughout the year (22-27°C) and cumulative mean annual rainfall of 1 480 mm.

Cutting, collection, transportation and chopping of sugarcane tops

The whole tops (variety: Puerto Rico 61632) previously burned (pre-harvest procedure in the Trujillo state) were collected. The crop had

Pampán del estado Trujillo, Venezuela, ubicada a los 9°35'00" N y 70°27'00" O, a 300 msnm, en zona de bosque seco tropical con temperatura relativamente uniforme durante todo el año (22-27°C) y precipitación media anual acumulada de 1 480 mm.

Corte, recolección, transporte y picado del cogollo de caña de azúcar

Se recolectó el cogollo entero (variedad: Puerto Rico 61632) previamente quemado (procedimiento de precosecha en el estado Trujillo). El cultivo se sembró a una densidad de 800-1 000 esquejes/ha. La caña que se utilizó para obtener el cogollo se encontraba en edad óptima para la cosecha (11 meses).

Se recolectó la biomasa directamente del suelo (1 500 kg), utilizando una jaiba (alzadora) empleada para llenar los camiones cañeros, lo que facilitó las labores de carga y recolección.

El material recolectado se trasladó hasta el laboratorio de la UNIRS. Al día siguiente fue picado por una picadora-molino, en trozos entre 3-5 cm; aunque este troceado no es considerado óptimo para la elaboración de ensilajes, la máquina utilizada para este fin es la que se usa en las fincas de los productores de Trujillo.

*Corte, recolección, transporte y picado de *G. sepium**

El follaje de rabo de ratón se obtuvo de la poda de árboles usados como cercas vivas. Se cosechó de forma manual a partir de ocho árboles, por medio de machetes, para obtener 500 kg de forraje (hojas y foliolos). El material cosechado se trasladó hasta las instalaciones de la UNIRS y se extendió homogéneamente sobre un piso de cemento para su presecado (nueve horas-sol). El follaje se picó a un tamaño entre 3 y 5 cm.

G. sepium, en el momento de recolección del follaje, se encontraba en estado vegetativo y presentaba una edad de ocho años. La biomasa tenía 90 días de edad de rebrote.

La composición químico-nutricional de los dos componentes forrajeros utilizados en la elaboración de los ensilajes se muestra en la tabla 1.

been planted at a density of 800-1 000 cuttings/ha. The sugarcane used for obtaining the tops had optimum harvest age (11 months).

The biomass was collected directly from the soil (1 500 kg), using a harvester used to fill sugarcane trucks, which facilitated the loading and collection labors.

The collected material was transported to the UNIRS laboratory. The next day it was chopped by a chopper-mill, into 3-5 cm chops; although this chopping is not considered optimum for silage elaboration, the machine used for chopping is the same as the one used by farmers in Trujillo.

**G. sepium* cutting, collection, transportation and chopping*

The *G. sepium* foliage was obtained from the pruning of trees used as living fences. It was manually harvested from eight trees, by machetes, in order to obtain 500 kg of forage (leaves and leaflets). The harvested material was carried to the UNIRS facilities and it was homogeneously extended on a cement floor for pre-drying (nine hours-sunlight). The foliage was chopped to a size between 3 and 5 cm.

G. sepium, at the moment of foliage collection, was in vegetative state and it was eight years old. The regrowth age of the biomass was 90 days.

The chemical-nutritional composition of the two forage components used in the elaboration of the silages is shown in table 1.

Component weighing

The whole tops, *G. sepium* and molasses were weighed by means of a scale with 20 kg capacity. The urea (Petroquímica de Venezuela S.A.) was weighed in an AND electronic scale (model EK-120A) with capacity of $120 \pm 0,01$ g.

Silage elaboration

Four types of mixed silages were formulated (T1, T2, T3 and T4).

- T1: 15 kg of sugarcane tops (75%) plus 5 kg *G. sepium* (25%). First, the components were manually pre-mixed; afterwards the mix was homogenized using a Magnum type Kohler mixer, until obtaining a homogeneous mix.

Tabla 1. Composición química de los componentes vegetales.

Table 1. Chemical composition of the plant components.

Variable (%)	Cogollo de caña quemada	<i>G. sepium</i> presecada
MS	34,96	30,11
PB	5,05	13,00
FB	49,12	12,02
Ceniza	3,11	7,42
CHNE	29,92	16,40
DIVMS	44,50	63,32

Pesaje de los componentes

Los pesajes del cogollo entero, el rabo de ratón y la melaza, se realizaron por medio de una balanza de 20 kg de capacidad. La urea (Petroquímica de Venezuela, S.A) se pesó en una balanza electrónica marca AND (modelo EK-120A) con capacidad de $120 \pm 0,01$ g.

Elaboración de los ensilajes

Se formularon cuatro tipos de ensilajes mixtos (T1, T2, T3 y T4).

- T1: 15 kg de cogollo de caña de azúcar (75%) más 5 kg de rabo de ratón (25%). Primeramente los componentes se premezclaron de manera manual, después se homogenizó utilizando una mezcladora trompo (marca Kohler) tipo Magnum, hasta obtener una mezcla homogénea.
- T2: T1 y adición de 100 g de urea diluida en 100 mL de agua, lo cual representó 0,5% del total de la mezcla. Se preparó de manera similar al procedimiento del T1, agregando la fuente de nitrógeno no proteico dentro de la mezcla formulada, antes de detener la homogenización.
- T3: T1 y adición de 800 g de melaza diluida en 1,6 L de agua, lo cual representó 4% del total de la mezcla. Su preparación se realizó utilizando el procedimiento descrito para T2.
- T4: T1 y adición de 5 kg de rabo de ratón (25%) y 100 g de urea (0,5%) más 800 g de melaza (4%). La mezcla y homogenización de los forrajes se hizo de igual manera que en los tratamientos anteriores. La melaza y la urea

• T2: T1 and addition of 100 g of urea diluted in 100 mL of water, which represented 0,5% of the mix total. It was prepared in a similar way as T1, adding the non-protein nitrogen source into the formulated mix, before stopping homogenization.

• T3: T1 and addition of 800 g molasses diluted in 1,6 L water, which represented 4% of the mix total. Its preparation was made using the procedure described for T2.

• T4: T1 and addition of 5 kg *G. sepium* (25%) and 100 g urea (0,5%) plus 800 g molasses (4%). The mixing and homogenization of the forages was made as in the previous treatments. The molasses and urea were diluted in 1,6 L of water until obtaining uniform dilution, and it was added to the plant material at the moment it was being mixed in the mixer.

Experimental units. Black Implasval® polyethylene bags of 20 micra; 1 m diameter and 1,5 m long (volume: $1,18 \text{ m}^3$), putting 20 kg of forage material in each one, according to the treatment.

Air extraction in the silo-bags. The vacuum system was used, in order to extract the air contained in the bags at the moment of ensiling. A two-piston compressor with $\frac{1}{2}$ horsepower engine was adapted. In the suction nozzle a 2-m long hose with $\frac{3}{4}$ inch diameter was adapted. In the hose mouth a filter was placed to prevent the entrance of plant material to the compressor. First, the free end of the hose was introduced in the silo-bag, until the first third, at the moment the filling took place. When the material was introduced, the free end of the bag was coiled around the hose, and at the same time pressure was exerted on it, in order to minimize the air escape at the moment of its extraction; then the compressor was activated, which worked for three minutes. At the end of this process the hose was withdrawn without loosening the coiling. A rubber band was placed on the coiled end, it was folded over itself and a second rubber band was placed, leaving the opening of the bags sealed.

Sampling. Three samplings were randomly made post-elaboration, at 20-day intervals (20,

se diluyeron en 1,6 L de agua hasta conseguir una disolución uniforme, y se agregó al resto del material vegetal en el momento que se encontraban mezclándose dentro del trompo.

Unidades experimentales. Bolsas negras de polietileno Implasval® de 20 micras; diámetro de 1 m y 1,5 m de longitud (volumen: 1,18 m³), donde se colocó según el tratamiento, 20 kg de material forrajero en cada una.

Extracción del aire en las bolsas-silos. Se utilizó el sistema al vacío, con la finalidad de extraer el aire contenido en las bolsas al momento de ensilar. Se adecuó un compresor de dos pistones con motor de ½ caballo de fuerza. En la boquilla de succión se adaptó una manguera de 2 m de longitud y ¾ pulgadas de diámetro. En la boca de esta se colocó un filtro para evitar la entrada del material vegetal al compresor. Primeramente, se introdujo el extremo libre de la manguera dentro de la bolsa-silo, hasta el primer tercio, en el momento que se produjo el llenado. Cuando se introdujo el material, se enroscó el extremo libre de la bolsa alrededor de la manguera, a la vez que se ejerció presión sobre esta, para reducir al mínimo el escape de aire en el momento de su extracción; después se activó el compresor, el cual funcionó por tres minutos. Al finalizar este proceso se retiró la manguera, sin aflojar el enroscado. Se colocó una goma de elastrar a la boca enroscada, se dobló sobre sí misma y se colocó una segunda goma, quedando sellada la abertura de las bolsas.

Toma de muestras. Se realizaron tres muestreos al azar, a intervalos de 20 días post-elaboración (20, 40 y 60 días). Para cada tiempo de fermentación se muestrearon cinco bolsas de cada tipo de ensilaje, extrayendo del centro una porción representativa.

Tratamiento de las muestras. Las muestras colectadas (300 g) fueron secadas en estufa con ventilación forzada por 72 h a 40°C, con el fin de evitar la posible pérdida de compuestos volátiles. Para moler las muestras se utilizó la picadora-molino, pero se colocó un tamiz para obtener un tamaño adecuado (1 mm). El material se introdujo en bolsas herméticas y se identificaron debidamente, para trasladarlas al Laboratorio de Análisis Químico de Convaca®

40 and 60 days). For each fermentation time, five bags of every silage type were sampled, extracting a representative portion from the center.

Sample treatment. The collected samples (300 g) were dried in a forced-air oven for 72 h at 40°C, in order to avoid the possible loss of volatile compounds. To grind the samples the chopper-mill was used, but a sieve was placed to obtain an adequate size (1 mm). The material was introduced in airtight bags and they were duly identified for their transportation to the Laboratory of Chemical Analysis of Convaca® (Concentrados Valera C.A), located in Valera City, Trujillo state, Venezuela.

Measurements. The pH was measured in the fresh sample, with an Orion glass hydronium ion-selective electrode. Crude protein (CP) (fresh sample), crude fiber (CF), nitrogen-free extract (NFE), ether extract (EE), calcium (Ca), phosphorus (P) and ash were determined by the traditional methods (AOAC, 1995). The DM was determined in a forced-air oven, for 48 hours at 70°C, in the newly-collected material. Soluble nitrogen (SN) and ammonia (NH₃) were determined from the extraction of silage juice by means of hydraulic press, according to the methodology proposed by Dulphy and Demarquilly (1981).

Ponderation of nutritional indicators. In order to evaluate hierarchically the silages due to the quantity of studied indicators and their possible interactions, a ponderation of the most important indicators was made, to discern the superiority of a treatment over another (Ojeda and Montejo, 2001).

The adopted methodology was using the superscripts of the means as defining element of the differences among treatments, as basis to assign the score. In the cases in which there were two superscripts for a value, the mean of the established ponderations was taken. The system used for the indicators is shown in table 2. In the case of the pH/DM ratio the indications given by Ojeda and Montejo (2001) for the scoring table (0-10) that relates these two variables were followed.

(Concentrados Valera, C.A), localizado en la ciudad de Valera, estado Trujillo, Venezuela.

Mediciones. El pH se realizó en la muestra fresca, con un electrodo de vidrio selectivo a iones hidronios (marca Orion). La proteína bruta (PB) (muestra fresca), la fibra bruta (FB), el extracto libre de nitrógeno (ELN), el extracto etéreo (EE), el calcio (Ca), el fósforo (P) y la ceniza se determinaron por los métodos tradicionales (AOAC, 1995). La MS se determinó en estufa con ventilación forzada, por 48 horas a 70°C, en el material recién colectado. El nitrógeno soluble (NS) y el amoníaco (NH₃) se determinaron a partir de la extracción del jugo de los ensilajes mediante una prensa hidráulica, según la metodología propuesta por Dulphy y Demarquilly (1981).

Ponderación de los indicadores nutricionales. Para evaluar jerárquicamente los ensilajes debido a la cantidad de indicadores estudiados y sus posibles interacciones, se efectuó una ponderación de los más importantes, para discernir la superioridad de un tratamiento sobre otro (Ojeda y Montejó, 2001).

La metodología adoptada fue utilizar los superíndices de las medias como elemento definitorio de las diferencias entre los tratamientos, como base para otorgar la puntuación. En los casos que existieran dos superíndices para un valor, se tomó la media de las ponderaciones establecidas. El sistema utilizado para los indicadores se presenta en la tabla 2. En el caso de la relación pH/MS se siguieron las indicaciones expresadas por Ojeda y Montejó (2001)

Experimental design and statistical analysis. A factorial arrangement (4 x 3) and five repetitions were used. The evaluated factors were the silage types (T1, T2, T3 and T4) and the opening times of the bags (20, 40 and 60 days post-elaboration). The information was processed using the statistical pack SPSS 10.0 (Visauta, 1998), through a general lineal model, with a significance degree of $P < 0,05$. Those variables that showed significant differences were subject to Duncan's test (Duncan, 1955). The correlations were made with the same statistical pack, using Pearson's correlation coefficient.

Results and Discussion

Tables 3 and 4 show the effect of silage type and fermentation time on the measured variables. No interaction of silage type by opening time of the silo-bags ($P > 0,05$) was observed for any of the variables.

The pH was high, as compared to the traditional grass silages, because it oscillated between 4,53 and 5,03, while values lower than 4,2 would be desirable. This is considered to have been caused by the presence of tree foliage (*G. sepium*) in the silage, because legumes are difficult to ensile due to their high content of ash and protein. Nevertheless, their usage is justified by the increase of the protein fraction, in addition to the fact that these pH values did not hinder the fermentation process, according to the evaluated variables.

With the addition of urea at 0,50% in the silage of sugarcane tops and *G. sepium*, the highest pH

Tabla 2. Puntuación ponderada de los indicadores según las diferencias significativas por los superíndices, en ensilajes de cogollo de caña de azúcar y *G. sepium*.

Table 2. Pondered score of the indicators according to the significant differences by superscripts, in sugarcane tops and *G. sepium* silages.

Factor	pH	MS	pH/MS	PB	NH ₃ /Nt	NS/Nt	Puntuación máxima
Tratamiento	b-3	a-3	b-3	a-3	c-3	c-3	18
	a-2	b-2	a-2	b-2	b-2	b-2	
				c-1	a-1	a-1	
Tiempo de fermentación (días)	¹	a-3	a-3	a-3	c-3	a-3	
		b-2	b-2	b-2	b-2	b-2	
		c-1			a-1	c-1	

1: no contemplada en la ponderación

para la tabla de puntuación (0-10) que relaciona estas dos variables.

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un diseño factorial (4 x 3) y cinco repeticiones. Los factores evaluados fueron los tipos de ensilaje (T1, T2, T3 y T4) y los tiempos de apertura de las bolsas (20, 40 y 60 días post-elaboración). La información fue procesada usando el paquete estadístico SPSS 10.0 (Visauta, 1998), a través de un modelo lineal general, con un grado de significación de $P < 0,05$. Aquellas variables que presentaron diferencias significativas fueron sometidas al test de Duncan (Duncan, 1955). Las correlaciones se realizaron con el mismo paquete estadístico, utilizando el coeficiente de correlación de Pearson.

Resultados y Discusión

En las tablas 3 y 4 se muestra el efecto del tipo de ensilaje y el tiempo de fermentación en las variables medidas. No se observó interacción tipo de ensilaje por tiempo de apertura de las bolsas-silos ($P > 0,05$) para ninguna de las variables.

El pH fue alto, comparado con los de ensilajes tradicionales de gramíneas, ya que osciló entre 4,53 y 5,03, cuando lo deseable sería valores inferiores a 4,2. Se considera que esto fue ocasionado por la presencia de follaje arbóreo (*G. sepium*) en el ensilaje, ya que las leguminosas son difíciles de ensilar debido a su alto contenido de ceniza y proteína. No obstante, su

was obtained (5,03). However, in the remaining treatments the values varied between 4,13 and 4,53, without significant differences between the acidity of the silages. Similar results were obtained by Santos *et al.* (2006), who evaluated sugarcane silages with different additives at two pruning ages. These results also corroborate the reports made by many authors regarding the fact that the inclusion of tree foliage hinders the ensilage process, as compared to the one obtained with grass only, because the tree biomass shows a very different fermentation pattern from that of these species.

The values obtained in this study are similar to the ones reported by Siqueira *et al.* (2009), who proved that with the inclusion of burnt sugarcane tops in the initial stage of fermentation in silos, the pH showed a moderate range between 3,9 and 6,4; while these authors stated that with the addition of urea at 1,5% the highest pH was observed in all the treatments with additives (4,1-5,8), results which coincide with the ones in this study.

In this sense, urea decomposition in an acidified medium produces carbon dioxide and ammonia ions, which act as buffers in the pH decrease (Siqueira *et al.*, 2009). Yet, the medium-term invariant performance of pH indicates that the fermentative process, ruled by the inclusion of tree foliage, is an intrinsic characteristic of this type of preserved material.

Tabla 3. Efecto de los factores evaluados en algunas variables químicas de ensilajes mixtos de cogollo de caña con *G. sepium*.

Table 3. Effect of the evaluated factors on some chemical variables of mixed sugarcane tops and *G. sepium* silages.

Factor		pH	MS (%)	PB (%)	NH ₃ /Nt (%)	NS/Nt (%)
Tipo de ensilaje	T1	4,53b	32,34ab	5,95c	10,22c	22,11c
	T2	5,03a	28,34b	8,27a	18,13a	38,31a
	T3	4,56b	35,34a	7,04b	9,12c	30,74b
	T4	4,63b	30,34b	8,53a	15,16b	33,07b
EE±		0,11**	3,4**	0,92**	0,87**	4,04**
Tiempo de fermentación (días)	20	4,72	41,08b	8,27a	9,54b	19,10b
	40	4,67	44,80a	7,07b	6,12c	24,82b
	60	4,67	28,05c	7,00b	11,17a	33,61a
EE±		0,20	3,1**	0,69*	0,97**	5,08**

Medias con diferentes letras en una misma columna muestran diferencias significativas a $P < 0,05$ (Duncan, 1955) * $P < 0,05$ ** $P < 0,01$

Tabla 4. Efecto de los factores evaluados en algunas variables bromatológicas de ensilajes mixtos de cogollo de caña con *G. sepium*.Table 4. Effect of the evaluated factors on some bromatological variables of mixed sugarcane tops and *G. sepium* silages.

Factor		FB (%)	ELN (%)	EE (%)	Ca (%)	P (%)	Ceniza (%)
Tipo de ensilaje	T1	33,20	50,06a	1,93c	0,64	0,14	8,00
	T2	34,89	45,67b	3,13a	0,51	0,17	8,04
	T3	36,06	45,61b	2,66b	0,63	0,18	8,52
	T4	31,43	50,93a	1,02d	0,53	0,15	8,62
EE±		5,41	4,02**	0,71*	0,21	0,05	0,60
Tiempo de fermentación (días)	20	33,80	46,55b	2,20	0,58	0,15	9,09a
	40	33,17	49,72a	2,25	0,58	0,15	7,77b
	60	34,70	47,93b	2,35	0,59	0,19	8,01b
EE±		4,81	3,01**	0,25	0,19	0,06	0,48

Medias con diferentes letras en una misma columna muestran diferencias significativas a $P < 0,05$ (Duncan, 1955) *($P < 0,05$) **($P < 0,01$)

uso está justificado por el incremento de la fracción proteínica, además de que estos valores de pH no obstaculizaron el proceso de fermentación, acorde con las variables evaluadas.

Con la adición de urea al 0,50% en el ensilaje de cogollo de caña de azúcar y gliricidia, se obtuvo el mayor pH (5,03). Sin embargo, en el resto de los tratamientos los valores oscilaron entre 4,13 y 4,53, sin diferencias significativas entre la acidez de los ensilajes. Resultados similares obtuvieron Santos *et al.* (2006), quienes evaluaron ensilajes de caña de azúcar con diferentes aditivos a dos edades de corte. Estos resultados corroboran además lo planteado por numerosos autores acerca de que la inclusión de follaje arbóreo dificulta el proceso de ensilado, si se compara con el obtenido con sólo gramínea, ya que la biomasa de los árboles muestra un patrón de fermentación muy diferente al de estas especies.

Los valores obtenidos en esta investigación son similares a los informados por Siqueira *et al.* (2009), quienes demostraron que con la inclusión de caña quemada en la etapa inicial de fermentación en silos, el pH mostró un rango medio entre 3,9-6,4; mientras que los mismos autores señalaron que con la adición de urea al 1,5% se observó el mayor pH en todos los tratamientos con aditivos (4,1-5,8), resultados que coinciden con los de la presente investigación.

Likewise, the pH values obtained with the treatments are within the range reported by Vallejo (1995) in silages of non-legume plants such as *Morus alba* (4,0-4,3), *Guazuma ulmifolia* (3,8-5,2), *Trichanthera gigantea* (5,2-7,19) and *Malvaviscus arboroeus* (4,2-5,6) subject to different conservation strategies, which indicates that the high pH values are characteristic of silages in which tree foliage of any species has been added, independently from their taxonomic location.

The highest DM values were observed in T1 and T3. Nevertheless, with the addition of urea and the joint incorporation of urea and molasses the DM content was lower ($P < 0,01$). However, in all the cases it was higher than 25%, established as adequate in tropical silages when there is no effluent production (Clavero and Razz, 2008). In addition, the results are higher than the ones reported by Bravo *et al.* (2006) in silages opened after 30 days and elaborated with sugarcane without pre-wilting, in the presence and absence of additives.

The CP contents were significantly higher in T2 and T4, in which the non-protein source was added. Similar results were reported by Oliveira *et al.* (2007) in silages of grasses enriched with urea, and Cabral (2007) in sugarcane and *G. sepium* silages to which organic nitrogen was added.

If it is considered that in the last decade higher importance has been allotted to the CP content as fundamental nutritional element in a

En este sentido, la descomposición de la urea en un medio acidificado produce dióxido de carbono e iones amonio, los cuales actúan como amortiguadores en la disminución de pH (Siqueira *et al.*, 2009). No obstante, el comportamiento invariante del pH a mediano plazo indica que el proceso fermentativo, regido por la inclusión de follaje arbóreo, es una característica intrínseca de este tipo de material conservado.

Asimismo, los valores de pH obtenidos con los tratamientos se encuentran en el rango informado por Vallejo (1995) en ensilajes de *Morus alba* (4,0-4,3), *Guazuma ulmifolia* (3,8-5,2), *Trichanthera gigantea* (5,2-7,19) y *Malvaviscus arboreus* (4,2-5,6) sometidos a diferentes estrategias de conservación y que no son plantas leguminosas, lo cual indica que los altos valores de pH son característicos de ensilajes en los cuales se ha adicionado follaje arbóreo de cualquier especie, independientemente de su ubicación taxonómica.

Los mayores valores de MS se observaron en T1 y T3. Sin embargo, con la adición de urea y la incorporación conjunta de urea y melaza el contenido de MS fue inferior ($P < 0,01$). No obstante, en todos los casos fue superior al 25%, establecido como adecuado en ensilajes tropicales cuando no hay producción de efluentes (Clavero y Razz, 2008). Adicionalmente, los resultados son superiores a los informados por Bravo *et al.* (2006) en ensilajes abiertos a los 30 días y elaborados con caña de azúcar sin premarchitar, en presencia y ausencia de aditivos.

Los contenidos de PB fueron significativamente superiores en T2 y T4, en los cuales se adicionó la fuente de nitrógeno no proteico. Resultados similares reportaron Oliveira *et al.* (2007) en ensilajes de gramíneas enriquecidas con urea, y Cabral (2007) en ensilajes de caña y gliricidia a los cuales se adicionó nitrógeno en forma orgánica.

Si se considera que en la última década se le ha dado mayor importancia al contenido de PB como elemento nutricional fundamental en un alimento conservado, dentro del sistema de evaluación de ensilajes tropicales, los cuatro

preserved feedstuff, within the evaluation system of tropical forages, the four treatments constitute good choices for feeding ruminants where these two forage sources are available. However, the NH_3/Nt and SN/Nt ratios were higher in the treatment in which only urea was included.

The highest ammonia concentration in T2 is justified by the inclusion of the nitrogen source. In this sense, 9% ammonia with regards to Nt in silages has been established as adequate and not causing nutritional problems in ruminants. Yet, the higher percentage in T2 and T4 is within the values reported by Oliveira *et al.* (2007) for silages of *Brachiaria* sp., *Panicum* sp. and *Pennisetum* sp., enriched with 5% urea, which proves that the inclusion of urea in grasses generates a variable NH_3 production regarding the fermentation conditions and the characteristics of each species.

The CF values did not show significant differences among treatments. The values varied between 33,20 and 36,06%, which are considered high, due to the fact that the highest silage proportion was constituted by burnt sugarcane tops, which shows a high cell wall fraction (Cabral, 2007). Although at present the CF determination is almost not used to characterize feedstuffs, because it has been proven that the fractioning of the cell wall shows higher correlation with the indicators of nutritional value and animal response (Van Soest *et al.*, 1991), it constitutes an indicator which describes, approximately, the fibrous characteristics of nutritional components and forages.

On the other hand, higher NFE were observed in T1 and T4. In this sense, it has been proven that NFE is correlated to other nutritional fractions, such as CF and EE. Hence the importance of considering this variable, because in many cases it has been associated to the energy potential of feedstuffs (Chinea *et al.*, 1999), and constitutes a routine determination within their evaluation process.

On the other hand, EE, Ca and P contents, as well as ash, did not show significant differences among treatments ($P > 0,05$). The

tratamientos constituyen buenas opciones para alimentar rumiantes donde estas dos fuentes forrajeras se encuentren disponibles. Sin embargo, la relación NH_3/Nt y NS/Nt fue superior en el tratamiento donde sólo se incluyó urea.

La mayor concentración de amoníaco en T2 se justifica por la inclusión de la fuente de nitrógeno. En este sentido, se ha establecido que el 9% de amoníaco en relación con el Nt en los ensilajes es adecuado y no causa problema nutricional en los rumiantes. Sin embargo, el mayor porcentaje en T2 y T4 se encuentra en el orden informado por Oliveira *et al.* (2007) para ensilajes de *Brachiaria* sp., *Panicum* sp. y *Pennisetum* sp., enriquecidos con 5% de urea, lo cual demuestra que la inclusión de urea en las gramíneas genera una producción de NH_3 variable en función de las condiciones de fermentación y las características de cada especie.

Los tenores de FB no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Estos variaron entre 33,20-36,06%, los cuales se consideran altos, debido a que la mayor proporción del ensilaje fue de cogollo quemado, el cual presenta una elevada fracción de pared celular (Cabral, 2007). Aun cuando en la actualidad la determinación de FB casi no se utiliza para caracterizar alimentos para los animales, ya que se ha demostrado que el fraccionamiento de la pared celular muestra una mayor correlación con los indicadores del valor nutritivo y la respuesta animal (Van Soest *et al.*, 1991), constituye un indicador que describe, de forma aproximada, las características fibrosas de los componentes nutricionales y los forrajes.

Por otra parte, se observaron contenidos superiores de ELN en T1 y T4. En este sentido, se ha demostrado que el ELN correlaciona con otras fracciones nutritivas, tales como la FB y el EE. De ahí la importancia de considerar esta variable, ya que en muchos casos se ha asociado al potencial energético de los alimentos (Chinea *et al.*, 1999) y constituye una determinación rutinaria dentro del proceso de evaluación de estos.

En otro sentido el EE, los contenidos de Ca y P, así como la ceniza no presentaron diferencias

Ca and P values have also been included as relevant variables, considering that feedstuff conservation as silage in the tropics is aimed at achieving that this source of nutrients is used preferably in the elaboration of the rations in the dry season, when the roughage availability is scarce. The values of these minerals were similar, and in some cases higher, as the ones reported by Minson (1992) for a wide group of tropical grasses destined to feeding ruminants.

Regarding the effect of fermentation time, it was observed that after 20 days there was a higher CF content. Nevertheless, after 60 days the DM content was lower and there was a higher proportion of NH_3/Nt and SN/Nt , which proves the fermentation of the protein fraction and urea decomposition. In this sense, although a higher SN/Nt ratio is good in terms of conservation, values lower than 40% are considered adequate and their increase in time describes that the CF solubilization process continues to occur.

These results indicate that a nitrogen loss possibly occurred in the silage because of volatilization as NH_3 , aspect which is also manifested in its higher content regarding Nt and the higher amount of SN throughout the fermentation process. Such performance has been described, in general, by Cabral (2007) in silages elaborated under tropical conditions; perhaps for this reason there was a variation in the content of DM and other associated fractions.

The fact that the pH did not decrease during the time the trial lasted may be the cause of the losses and deterioration, in terms of the measured variables, which was observed 60 days after elaboration.

In the intermediate opening time (40 days) the highest DM and NFE values were observed, which ratifies the statements by Chinea *et al.* (1999) regarding the fact that the optimum utilization time of tropical silages is limited, as compared to the ones elaborated in the subtropics, if it is considered that the NFE content generically represents highly digestible carbohydrates (Van Soest *et al.*, 1991). Hence the need of planning rational forage conservations for the critical stages, strictly regarding the needs of production

significativas entre los tratamientos ($P>0,05$). Los valores de Ca y P también se han incluido como variables relevantes, considerando que la conservación de los alimentos en forma de ensilaje en el trópico está dirigida a que esta fuente de nutrimentos sea utilizada preferiblemente en la confección de las raciones en el período seco, cuando la disponibilidad de material voluminoso es escasa. Los valores de estos minerales fueron similares, y en algunos casos superiores, a los informados por Minson (1992) para un amplio grupo de gramíneas tropicales destinadas a la alimentación de los rumiantes.

Respecto al efecto del tiempo de fermentación, se observó que a los 20 días existió un mayor contenido de PB. Sin embargo, a los 60 días el contenido de MS fue menor y hubo una mayor proporción de NH_3/Nt y NS/Nt , lo cual demuestra la fermentación de la fracción proteínica y la descomposición de la urea. En este sentido, aunque una mayor relación NS/Nt es buena en términos de conservación, valores inferiores a 40% se consideran adecuados y su incremento en el tiempo describe que continúa ocurriendo el proceso de solubilización de la PB. Estos resultados indican que posiblemente ocurriera una pérdida de nitrógeno en el ensilaje por volatilización en forma de NH_3 , aspecto que también se manifiesta en su mayor contenido en función del Nt y la mayor cantidad de NS a lo largo del proceso de fermentación. Dicho comportamiento ha sido descrito, de forma general, por Cabral (2007) en ensilajes elaborados en condiciones tropicales; quizás por este motivo hubo una variación en el contenido de MS y de otras fracciones asociadas.

El hecho de que el pH no disminuyera durante el tiempo que transcurrió el ensayo quizás sea la causa de las pérdidas y el deterioro, en términos de las variables medidas, que se observó a los 60 días post-elaboración.

En el tiempo intermedio de apertura (40 días) se observaron los mayores tenores de MS y ELN, lo cual ratifica lo expresado por Chinae *et al.* (1999) acerca de que el tiempo óptimo de aprovechamiento de los ensilajes tropicales es limitado, en comparación con los elaborados en el subtrópico y en los países templados, si se

units, due to the spontaneous aerobic deterioration that occurs in these feedstuffs.

Table 5 shows the results related to treatment hierarchization and the estimation of the silage nutritional value losses in time.

Among all the silages the one with the highest score was T3, followed by T4, T1 and finally T2, which indicates that the usage of combined additives, or just molasses, in silages of burnt sugarcane tops and *G. sepium* is positive, because it integrally improves the quality of the preserved feedstuff. However, the score obtained by T2 was relatively far from the potential maximum value of the ponderation (18 points), for which this silage did not show a good performance in most variables.

When analyzing the effect of the fermentation time, after 20 and 40 days the highest scores were observed. After 60 days the value abruptly decreased, which describes a lower integral nutritional quality of the silage. This performance has been also described by Cabral (2007), who stated that under tropical conditions fermentation in the aerobic and anaerobic stages occurs more rapidly than in other regions, conditioned by high temperatures, types of microorganisms present and climatic changes, among other factors. This is in addition to the singular fermentative characteristics of silages with tree foliage and the pH stabilization over 4, which facilitates the appearance of silage-damaging microorganisms, such as saccharolytic and proteolytic *Clostridium*, as well as some yeasts that promote medium-term aerobic deterioration of silages (Ojeda *et al.*, 2006).

It should also be stated that silage elaboration in macrobags of 1,18 m³ capacity, disregarding other smaller ones (1-2 kg), commonly used at laboratory scale, was conducted in order to simulate, approximately, real elaboration conditions of silages in the Trujillo farms, where in practice the aerobic deterioration of silages is observed when they are made from large substratum quantities. In general, this performance is not observed in the studies made under controlled conditions, which are away from the reality that is lived in the farms of livestock-producing farmers (Patto *et al.*, 2004).

considera que el contenido de ELN representa genéricamente los carbohidratos altamente digestibles (Van Soest *et al.*, 1991). De ahí la necesidad de planificar conservaciones racionales de forrajes para las etapas críticas, estrictamente en función de las necesidades de las unidades de producción, debido al deterioro aerobio espontáneo que ocurre en estos alimentos.

En la tabla 5 se muestran los resultados relacionados con la jerarquización de los tratamientos y la estimación de las pérdidas del valor nutricional del ensilaje en el tiempo.

De todos los ensilajes el de mayor puntuación fue T3, seguido por T4, T1 y por último T2, lo cual indica que el uso de aditivos combinados, o sólo melaza, en los ensilajes de cogollo quemado de caña de azúcar y gliricidia es positivo, ya que mejora integralmente la calidad del alimento conservado. Sin embargo, la puntuación alcanzada por T2 se encontró relativamente alejada del valor máximo potencial de la ponderación (18 puntos), por lo que este ensilaje no mostró un buen comportamiento en la mayoría de las variables.

Al analizar el efecto del tiempo de fermentación, a los 20 y 40 días se observaron las mayores puntuaciones. A los 60 días el valor decreció abruptamente, lo que describe una menor calidad nutricional integral del ensilaje. Este comportamiento ha sido descrito también por Cabral (2007), quién planteó que en las

Likewise, in the Trujillo state there is no bunker-silage culture, but it is done in tanks, in small recipients and bags; hence the importance of validating this technology for its large-scale usage by farmers.

The correlations among the measured variables in the silages are shown in table 6. No significant relationship was found between pH and DM. However, the pH values were significantly related to CF, NH_3/Nt ratio and calcium values ($P<0,05$).

The DM content was negatively related to the NH_3/Nt ratio ($P<0,01$) and to SN/Nt ($P<0,01$). The CF concentration showed a negative link to Ca levels ($P<0,01$); while the NH_3/Nt ratio was positively related to SN/Nt ($P<0,01$). The CF values showed a negative relationship to NFE ($P<0,01$) and a positive one to EE ($P<0,01$).

On the other hand, the NFE also showed a consistent relationship with EE ($P<0,05$). However, the P and ash contents did not show relationship with any of the measured chemical variables.

Through the correlation analysis it was proven, in the case of the silages of sugarcane tops with *G. sepium* and additives, that high pH values are closely related to protein contents in the silage and the ammonia proportion generated, which is possibly capable of neutralizing the acidity produced by volatile fatty acids, especially lactic acid; in this regard, Clavero and Razz (2008) referred to the neutralization that occurs

Tabla 5. Valores ponderados en función de la composición nutricional de ensilajes de cogollo de caña de azúcar y *G. sepium*.

Table 5. Pondered values regarding the nutritional composition of sugarcane tops and *G. sepium* silages.

Factor		pH	MS	pH/MS	PB	NH_3/Nt	NS/Nt	Puntos
Tratamiento	T1	3	2,5	3(10)	1	3	3	15,5 (22,5)
	T2	2	2	2(5)	3	1	1	11,0 (14,0)
	T3	3	3	3(10)	2	3	2	16,0 (23,0)
	T4	3	2	3(9)	3	2	2	15,0 (21,0)
Tiempo de fermentación (días)	20		2	3(10)	3	2	2	12,0 (19,0)
	40		3	3(10)	2	3	2	13,0 (20,0)
	60		1	2(8)	2	1	1	7,0 (13,0)

Valores entre paréntesis refieren la ponderación con la puntuación, propuesta por Ojeda *et al.* (1991) (0-10 puntos).

condiciones tropicales la fermentación en la etapa aerobia y en la anaerobia ocurre de forma más acelerada que en otras regiones, condicionado por las elevadas temperaturas, los tipos de microorganismos presentes y los cambios climáticos, entre otros factores. A ello se suman las singulares características fermentativas de los ensilajes con follaje arbóreo y la estabilización del pH por encima de 4, lo cual hace que puedan aparecer microorganismos que dañan los ensilajes, tales como los *Clostridium* sacarolíticos y proteolíticos, así como algunas levaduras que promueven el deterioro aeróbico de los ensilajes a mediano plazo (Ojeda *et al.*, 2006).

También se debe señalar que la elaboración de los ensilajes en macrobolsas de 1,18 m³ de capacidad, prescindiendo de otras más pequeñas (1-2 kg), comúnmente utilizadas a escala de laboratorio, se realizó con el objetivo de simular, de una forma más aproximada, las condiciones reales de confección de estos en las fincas de Trujillo, donde en la práctica se observa el deterioro aeróbico de los ensilajes cuando se confeccionan a partir de grandes cantidades de sustratos. En sentido general, este comportamiento no se observa en los estudios realizados en condiciones controladas, las cuales se alejan de la realidad que se vive en las fincas de los productores agropecuarios (Patto *et al.*, 2004).

Asimismo, en el estado Trujillo no existe cultura de ensilar en bunker, sino en tanques, en pequeños recipientes y en bolsas; de ahí la importancia de validar esta tecnología para su uso a mayor escala, por parte de los productores.

Las correlaciones entre las variables medidas en los ensilajes se muestran en la tabla 6. No se encontró relación significativa entre el pH y la MS. Sin embargo, los valores de pH se relacionaron significativamente con la PB, la relación NH₃/Nt y con los de calcio (P<0,05).

El contenido de MS se relacionó negativamente con la proporción de NH₃/Nt (P<0,01) y con NS/Nt (P<0,01). La concentración de PB exhibió un nexo negativo con los niveles de Ca (P<0,01); mientras que la proporción de NH₃/Nt se relacionó positivamente con el NS/Nt

in tropical silages with the appearance of metabolites which have basic properties.

On the other hand, the high CP values, originated by the addition of urea, were also observed to affect the fermentative process which generated the pH decrease, taking into consideration that the nitrogen concentration only increased regarding the addition of non protein nitrogen.

On the other hand, with the Ca increases a positive effect was detected on the pH decrease. This performance has not been documented in studies with silages, which should be the topic of future research. Maybe the relationship between acidity and this metallic element (Ca) is superfluous and the real link occurs with the buffering capacity of silages, if it is taken into account that the latter is a variable of high influence on the medium-term pH performance. Although calcium is considered a passive element within silages, it is also characterized as a soft cation with stressed basic characteristics in biological media; this is an important reason for considering the possibility of an underlying relationship between the buffering level and the concentration of such element under the experiment conditions.

It was also established that the decrease of DM contents which occurs in these silages, is significantly correlated to the ammonia production and the solubilization of protein nitrogen as well as of the nitrogen from urea fermentation, because the NH₃ and SN contents showed an important link between themselves.

The correlation between the CP values with NFE and EE, although little documented, describes at least the practical relevance which can mean silage characterization only regarding one of these variables. In this regard, the statistical relationships between NFE and EE and other nutritional indicators often do not have biological significance, among other reasons because the bromatological variables from routine fractioning do not show the complex process of biochemical transformations that occurs in silages.

The little relation between ash and other variables, as well as the insignificant influence

Tabla 6. Correlación entre las variables químicas en ensilajes de cogollo quemado de caña de azúcar y *G. sepium*.Table 6. Correlation among the chemical variables in silages of burnt sugarcane tops with *G. sepium*.

Variable	MS	PB	NH ₃ /Nt	NS/Nt	FB	ELN	EE	Ca	P	Ceniza
pH	-0,23	0,71*	0,71*	0,51	0,21	-0,53	0,57	-0,79**	0,21	-0,10
MS		-0,06	-0,78**	-0,73*	-0,10	0,07	-0,01	0,26	-0,44	0,15
PB			0,57	0,33	-0,22	-0,40	-0,10	-0,85**	0,01	0,56
NH ₃ /Nt				0,72**	-0,08	-0,23	0,05	0,54	0,16	0,06
NS/Nt					0,25	-0,34	0,26	-0,57	0,65	-0,29
FB						-0,80**	0,87**	0,30	0,64	-0,07
ELN							-0,75*	0,19	-0,63	-0,35
EE								0,01	0,54	-0,28
Ca									-0,02	-0,06
P										-0,13

*(P<0,05), **(P<0,01)

(P<0,01). Los tenores de FB presentaron un nexo negativo con el ELN (P<0,01) y positivo con el EE (P<0,01).

Por su parte, el ELN mostró una relación también consistente con el EE (P<0,05). Sin embargo, los contenidos de P y ceniza no presentaron relación con ninguna de las variables químicas medidas.

Mediante el análisis de correlaciones se demostró, en el caso de los ensilajes de cogollo de caña con *G. sepium* y aditivos, que los altos valores de pH se encuentran muy relacionados con los contenidos de proteína del ensilaje y la proporción de amoníaco que se genera, el cual posiblemente sea capaz de neutralizar la acidez producida por los ácidos grasos volátiles, especialmente el ácido láctico; al respecto Clavero y Razz (2008) se refirieron a la neutralización que ocurre en los ensilajes tropicales con la aparición de metabolitos que tienen propiedades básicas.

En otro sentido, se comprobó que los elevados tenores de PB, originados por la adición de la urea, también afectaron el proceso fermentativo que generó el descenso del pH, teniendo en cuenta que la concentración de nitrógeno sólo aumentó en función de la adición del nitrógeno no proteico.

Por otra parte, con los incrementos del Ca se constató un efecto positivo en el descenso del pH. Este comportamiento no ha sido documentado en investigaciones con ensilajes, aspecto que debe ser tema de futuras investigaciones. Quizás la relación entre la acidez y este elemento

of these fractions on the fermentation of the evaluated silages, except Ca, shows that they are intrinsic chemical characteristics of the components used for elaborating the preserved material and that the proportion of minerals, at least in these cases, does not directly affect fermentative processes.

Conclusions

Burnt sugarcane tops and *G. sepium* foliage are potentially valuable resources for the elaboration of silage with or without additives, which nutritional composition is adequate for supplementing ruminants. The inclusion of 4% molasses, or its combination with urea, produces the best results.

Independently from the use of additives, under the conditions the trial was conducted the silage was found as having good characteristics during the post-elaboration period. However, after 60 days of fermentation it showed a lower integral nutritional quality.

Recommendations

The vacuum silage technique in 1,18 m³-polyethylene bags represents an alternative for studying the conservation of underutilized resources as silage, because it constitutes a similar technology as the one used in commercial lines in Trujillo state, Venezuela.

--End of the English version--

metálico (Ca) sea superflua y el verdadero nexo sea con la capacidad amortiguadora de los ensilajes, si se tiene en cuenta que esta última es una variable que tiene gran influencia en el comportamiento del pH a mediano plazo. Aunque el calcio es considerado un elemento pasivo dentro de los ensilajes, también está catalogado como un catión blando con características básicas acentuadas en medios biológicos; ello constituye una razón importante para considerar la posibilidad de una relación subyacente entre el nivel de amortiguación y la concentración de dicho elemento en las condiciones de experimentación.

También se estableció que la disminución de los contenidos de MS que ocurre en estos ensilajes, se encuentra significativamente correlacionada con la producción de amoníaco y la solubilización del nitrógeno, tanto del proteico como del proveniente de la fermentación de la urea, ya que el contenido de NH_3 y de NS mostraron un nexo importante entre sí.

La correlación entre los tenores de FB con el ELN y el EE, aunque pocas veces ha sido documentada, describe al menos la relevancia práctica que puede significar la caracterización de los ensilajes sólo en función de una de estas variables. Al respecto, en muchas ocasiones las relaciones estadísticas entre el ELN y el EE y otros indicadores nutricionales no tienen una significación biológica, entre otras razones porque las variables bromatológicas provenientes de fraccionamientos rutinarios no muestran el proceso complejo de transformaciones bioquímicas que ocurre en los ensilajes.

La poca relación entre la ceniza y las otras variables, así como la insignificante influencia de estas fracciones en la fermentación de los ensilajes evaluados, excepto el Ca, demuestran que son características químicas intrínsecas de los componentes utilizados para la confección del material conservado y que la proporción de minerales, al menos en estos casos, no afecta directamente los procesos fermentativos.

Conclusiones

El cogollo de caña quemado y el follaje de rabo de ratón constituyen recursos potencialmente valiosos para la elaboración de ensilaje con o

sin aditivos, cuya composición nutricional es adecuada para suplementar a los rumiantes. La inclusión de 4% de melaza, o su combinación con urea, producen los mejores resultados.

Independientemente del uso de aditivos, en las condiciones en que se desarrolló el ensayo el ensilaje se encontró con buenas características durante el período post-elaboración. Sin embargo, a los 60 días de fermentación presentó una menor calidad nutritiva integral.

Recomendaciones

La técnica de ensilaje al vacío en macrobolsas de polietileno de 1,18 m³ representa una alternativa para el estudio de la conservación de recursos subutilizados en forma de ensilaje, ya que constituye una tecnología similar a la que se utiliza en las líneas comerciales en el estado Trujillo, Venezuela.

Referencias bibliográficas

- AOAC. 1995. Official methods of analysis. Association of Official Agricultural Chemistry. Washington, D.C., USA. 500 p.
- Bravo, C.U. *et al.* 2006. Chemical and microbiological evaluation on ensiled sugar cane with different additives. *Brazilian J. Microbiol.* 37 (4):499
- Cabral, C.R. 2007. Qualidades de silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) com diferentes níveis de *Gliricidia* [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.]. Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia. Universidade Federal da Paraíba. Areia, Brasil. 150 p.
- Cabral, C.R. *et al.* 2007. Nota breve: Dinâmica fermentativa de silagens de *Gliricidia sepium*. *Arch. Zootec.* 56 (214):249
- Chinea, E. *et al.* 1999. Nota técnica: Estudio del ensilado del raquis de banana (*Musa acuminata* Colla, subgrupo Cavendish) para la alimentación del ganado caprino en las Islas Canarias (España). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 16:291
- Clavero, T. & Razz, R. 2008. Dinámica de la fermentación inicial de ensilaje de *Albizia lebbbeck*. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 25 (4):665
- Dulphy, J.P. & Demarquilly, C. 1981. Problèmes particuliers aux ensilages. En: *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. INRA, France. 81 p.

- Minson, D. 1992. Composición química y valor nutritivo de las gramíneas tropicales. En: Gramíneas tropicales. (Skerman, P., Ed.). FAO, Roma. p. 181
- Ojeda, F. *et al.* 1991. Conservación de forrajes. Editorial Pueblo y Educación, La Habana. 80 p.
- Ojeda, F. *et al.* 2006. Conservación de pastos y forrajes en zonas tropicales. En: Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. (Milera, M., Ed.). Editorial Universitaria. San Carlos de Guatemala, Guatemala. p. 269
- Ojeda, F. & Montejo, I. 2001. Conservación de la morera (*Morus alba*) como ensilaje. I. Efecto sobre los compuestos nitrogenados. *Pastos y Forrajes*. 24 (2):147
- Oliveira, A.C. *et al.* 2007. Composição nitrogenada de silagens de gramíneas tropicais tratadas con uréia. *Arch. Zootec.* 56 (213):15
- Patto, L.N. *et al.* 2004. Silagens: oportunidades e pontos críticos. Embrapa Gado de Leite. Juiz de Fora, Brasil. Comunicado Técnico 43. p. 10
- Santos, R.B. *et al.* 2006. Composição química da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) e das silagens com diferentes aditivos em duas idades de corte. *Ciências e Agrotecnologia*. 30 (6):1184
- Siqueira, G.R. *et al.* 2009. Influência da queima e aditivos químicos e bacterianos na composição química de silagens de cana-de-açúcar. *Arch. Zootec.* 58 (221):43
- Titterton, M. & Bareeba, F. 2000. Ensilaje de gramíneas y leguminosas en los trópicos. En: Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. (t' Mannetje, L., Ed.). FAO, Estudio Producción y Protección Vegetal 161. Roma, Italia. No. 4, p. 43
- Vallejo, M.A. 1995. Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 115 p.
- Van Soest, P.J. *et al.* 1991. Symposium: Carbohydrate, methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583
- Visauta, B. 1998. Análisis estadístico con SPSS para Windows. En: Estadística multivariante. McGraw-Hill-Interamericana de España. Madrid, España. 200 p.

Recibido el 26 de febrero del 2009
Aceptado el 15 de diciembre del 2010