



Quality evaluation of mixed silage of maize (*Zea mays*) and forage tree species (*Leucaena leucocephala* and *Brosimum alicastrum*)

Evaluación de la calidad de ensilajes mixtos de maíz (*Zea mays*) y especies arbóreas (*Leucaena leucocephala* y *Brosimum alicastrum*)

Cárdenas Medina, J. V.*, Matú Sansores, F. J., Mena Arceo, D., Ramos Trejo, O. S.

Instituto Tecnológico de Tizimín, Final Aeropuerto Cupul s/n, CP 97700, Tizimín, Yucatán, México.

Cite this paper/Como citar este artículo: Cárdenas Medina, J. V., Matú Sansores, F. J., Mena Arceo, D., Ramos Trejo, O. S. (2020). Quality evaluation of mixed silage of maize (*Zea mays*) and forage tree species (*Leucaena leucocephala* and *Brosimum alicastrum*). *Revista Bio Ciencias* 7, e730. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e730>



ABSTRACT

The effect of adding fodder tree species (*Leucaena leucocephala* y *Brosimum alicastrum*), in maize silage quality (*Zea mays*) was evaluated. The fodder trees were included at 15, 30 and 45 %, the corn silage alone was considered as control. Laboratory microsilos (1.8 L) were used, and opened on day 60, to determine chemical composition and fermentation characteristics. Average chemical composition was 7.7 ± 2.2 , 53.7 ± 1.2 and 36.4 ± 3.1 for CP, NDF and ADF, significant differences ($p < 0.05$) were found for CP and ADF, by the effect of the fodder tree addition level. Fermentative characteristics were 3.9 ± 0.3 , 4.0 ± 1.0 and 10.4 ± 2.9 , for pH, LA and $\text{N-NH}_3/\text{TN}$, respectively, significant differences ($p < 0.05$) in pH and LA by the

RESUMEN

Se evaluó el efecto de incluir dos especies arbóreas (*Leucaena leucocephala* y *Brosimum alicastrum*), en la calidad del ensilaje de maíz (*Zea mays*). Las arbóreas se incluyeron al 15, 30 y 45 %, el ensilaje solo de maíz se consideró como testigo. Se emplearon microsilos de laboratorio (1.8 L), los cuales se abrieron a los 60 días, para determinar la composición química y las características fermentativas. La composición química promedio fue de 7.7 ± 2.2 , 53.7 ± 1.2 y 36.4 ± 3.1 para CP, NDF y ADF respectivamente, y se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para CP y ADF, por efecto del porcentaje de inclusión de la arbórea. Las características fermentativas promedio fueron 3.9 ± 0.3 , 4.0 ± 1.0 y 10.4 ± 2.9 , para pH, LA y $\text{N-NH}_3/\text{TN}$ respectivamente, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en pH y LA por efecto del porcentaje de inclusión, y en el contenido de $\text{N-NH}_3/\text{TN}$ por efecto de la especie arbórea y el porcentaje de inclusión. Los ensilajes mixtos (gramíneas + arbóreas) pueden representar una opción, para incrementar el aporte de nutrientes en dietas de rumiantes en el trópico.

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: April 15th 2019.

Accepted/Aceptado: February 5th 2020.

Available on line/Publicado: February 5th 2020.

*Corresponding Author:

Cárdenas Medina, J. V. Instituto Tecnológico de Tizimín, Final Aeropuerto Cupul s/n, CP 97700, Tizimín, Yucatán, México. E-mail: valcarme@hotmail.com

effect of the fodder tree addition level were found, and in the content of $N-NH_3/TN$ by the effect of the fodder tree species and the addition percentage. Mixed silage (grass + fodder tree) could be an option to increase nutrient content in ruminant diets in the tropic.

KEY WORDS

Silage, fodder tree, quality, ruminant.

Introduction

The problem with ruminants feeding in the tropic is the low quality and availability of grass throughout the year (Ramírez *et al.*, 2010), when cattle consumes only forages, the ingestion of energy could be insufficient for obtaining acceptable production levels (Owens *et al.*, 2010).

The conservation of forages by using silages represents an option to ensure the supply of nutrients and increasing the productivity on bovine and ovine (McGeough *et al.*, 2010); in the silage, sugars in the forage are fermented by anaerobic bacteria, to produce lactic acid (LA) and inhibit the development of other microorganisms (Basso *et al.*, 2014).

In Mexico, the use of trees and fodder species to feed livestock is a common practice in association with gramineae, the quality and nutritious value of the silages of tropical gramineae can be increased when using fodder from trees and bushes, to this effect, *Leucaena leucocephala* and *Brosimum alicastrum* stand out among other species (Cardenas *et al.*, 2003); it is necessary to increase the number of research studies on the utilization of these species in gramineae silages of high energetic value like fodder maize.

The objective of this work was to evaluate the effect of including two fodder species into the quality of fodder maize silage in eastern Yucatan, Mexico.

Material and Methods

This work was carried out at the Instituto Tecnológico de Tizimin in the state of Yucatan, Mexico, from

PALABRAS CLAVE

Ensilaje, arbóreas, calidad, rumiantes.

Introducción

La problemática en la alimentación de rumiantes en el trópico es la baja calidad y disponibilidad de los pastos a lo largo del año (Ramírez *et al.*, 2010), cuando el ganado consume solamente forrajes, la ingestión de energía puede ser insuficiente para obtener niveles de producción aceptables (Owens *et al.*, 2010).

La conservación de forrajes en forma de ensilajes representa una opción para asegurar el aporte de nutrientes e incrementar la productividad en bovinos y ovinos (Mc Geough *et al.*, 2010); en el ensilaje los azúcares del forraje son fermentados por bacterias anaerobias, para producir ácido láctico e inhibir el desarrollo de otros microorganismos (Basso *et al.*, 2014).

En México el uso de árboles y especies forrajeras para alimentar ganado es una práctica común en asociación con gramíneas, la calidad y valor nutritivo de los ensilajes de gramíneas tropicales puede incrementar al utilizar follaje de árboles y arbustos, en este sentido la *Leucaena leucocephala* y *Brosimum alicastrum* destacan entre otras especies (Cárdenas *et al.*, 2003); es necesario ampliar los estudios de utilización de estas especies en ensilajes de gramíneas de alto valor energético como el maíz forrajero. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de incluir dos especies arbóreas, en la calidad del ensilaje de maíz forrajero en el oriente de Yucatán, México.

Material y Métodos

El trabajo se realizó en el Instituto Tecnológico de Tizimín en el estado de Yucatán en el período de junio a octubre, México, localizado entre 19°40' norte y 87°32' oeste. El clima de la región es cálido y subhúmedo, con una época de lluvias entre junio y octubre, con una temperatura anual de 24.5 a 27.5°C (Duch, 1988).

Mediante un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial 2 x 3, se obtuvieron 6 tratamientos

June to October, located between 19°40' north and 87°32' west. The climate in this region is warm and sub-humid, with a rainy season between June and October, with an annual temperature from 24.5 to 27.5 °C (Duch, 1988).

By means of a completely randomized design, with a factorial adjustment 2 * 3, six treatments plus one control were obtained, in order to assess two fodder tree species (*Leucaena leucocephala* and *Brosimum alicastrum*) and three addition levels (15, 30, and 45 %), with four repetitions. Based on the fresh weight, the treatments were the following:

Control (*Zea mays*).

Z. mays 85 % + *Leucaena leucocephala* 15 %.

Z. mays 70 % + *L. leucocephala* 30 %.

Z. mays 55 % + *L. leucocephala* 45 %.

Z. mays 85 % + *Brosimum alicastrum* 15 %.

Z. mays 70 % + *B. alicastrum* 30 %.

Z. mays 55 % + *B. alicastrum* 45 %.

The harvesting of the whole maize plant (*Zea mays*) was realized at a flocculent grain state, and the foliage of the fodder plants including stems of ≤1 cm in diameter, petioles and ripe plants of >10 years of age, the forages were ground to obtain a particle size between 0.5 and 1.5 cm. The materials were mixed by treatments and were ensilaged in plastic microsilos with wide opening (1.8 L).

The microsilos were opened on the 60th day, and then the analysis of the chemical composition and fermentative characteristics of the silage was realized. The chemical composition was evaluated by determining the dry matter (DM), by desiccation in stove at 60 °C for 48 hours (Pichard *et al.*, 1992), crude protein (CP), by means of Kjeldahl's method (Galyean, 1980); acid and neutral detergent fiber (ADF, NDF), by means of the detergent method of determination of cell walls (Van Soest *et al.*, 1991). The fermentative characteristics were determined from the fresh and macerated material, including pH, percentage of lactic acid (LA), ammoniacal nitrogen as percentage of the total nitrogen (N-NH₃/TN), and volatile fatty acids (VFA), in order to correct the content of dry matter (Tejada, 1983).

The variables were analyzed by means of the General Linear Models procedure (SAS, 2002), through a fixed effects model. The initial fixed model included the effect

más un testigo, para evaluar dos especies arbóreas (*Leucaena leucocephala* y *Brosimum alicastrum*) y tres niveles de inclusión (15, 30 y 45 %), con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes en base al peso fresco:

Testigo (*Zea mays*).

Z. mays 85 % + *Leucaena leucocephala* 15 %.

Z. mays 70 % + *L. leucocephala* 30 %.

Z. mays 55 % + *L. leucocephala* 45 %.

Z. mays 85 % + *Brosimum alicastrum* 15 %.

Z. mays 70 % + *B. alicastrum* 30 %.

Z. mays 55 % + *B. alicastrum* 45 %.

Se realizó la cosecha de la planta entera de maíz (*Zea mays*) en estado de grano masoso, y el follaje de las arbóreas incluyendo tallos de ≤1 cm de diámetro, pecíolos y hojas de plantas maduras de >10 años de edad, los forrajes se molieron para conseguir un tamaño de partícula de 0.5 a 1.5 cm. Los materiales se mezclaron por tratamiento y se ensilaron en microsilos de plástico de boca ancha (1.8 L).

Los microsilos se abrieron a los 60 días, y se procedió al análisis de la composición química y características fermentativas del ensilaje. La composición química se evaluó determinando la materia seca (DM), por desecación en estufa a 60 °C por 48 horas (Pichard *et al.*, 1992), proteína cruda (CP), por el método de Kjeldahl (Galyean, 1980); fibra detergente neutra y ácida (NDF, ADF), por el método detergente de determinación de paredes celulares (Van Soest *et al.*, 1991). Las características fermentativas se determinaron a partir del material fresco y macerado, se incluyó pH, porcentaje de ácido láctico (LA), nitrógeno amoniacal como porcentaje del nitrógeno total (N-NH₃/TN), y ácidos grasos volátiles (VFA), para corregir el contenido de DM (Tejada, 1983).

Las variables fueron analizadas mediante el procedimiento de Modelos Generales Lineales (SAS, 2002), mediante un modelo de efectos fijos. El modelo fijo inicial incluyó el efecto de la especie arbórea, el porcentaje de inclusión en el ensilaje y su interacción, pero debido a que la interacción no fue estadísticamente significativa, se excluyó del análisis final. Para estimar diferencias dentro de los efectos fijos, se realizó un análisis de comparación de medias utilizando una prueba de rango múltiple de Duncan (Steel & Torrie, 1980).

of the fodder species, the inclusion percentage in the silage and its interaction, but because the interaction was not statistically significant, it was excluded from the final analysis. In order to estimate differences within the fixed effects, a comparison analysis of mean proportional was realized by using Duncan's multiple range test (Steel & Torrie, 1980).

Results and Discussion

The results from the chemical composition of the silages are shown on Table 1. Significant differences ($p < 0.05$) were found to CP and ADF because of the fodders' addition percentage.

The fermentative characteristics of the silages are shown in Table 2, significant differences were found ($p < 0.05$) in pH, and LA due to the addition percentage, and the content of $N-NH_3/TN$ because of the fodder species and the addition percentage.

The average and standard deviation of dry matter for the silages was 32.2 ± 0.6 %, and there were no significant differences ($p > 0.05$) because of the assessed factors. The content of DM was found within the range reported by

Resultados y Discusión

Los resultados de la composición química de los ensilajes se presentan en el Tabla 1. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para CP y ADF por efecto del porcentaje de inclusión de la arborea.

Las características fermentativas de los ensilajes se presentan en el Tabla 2, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en pH y AL por efecto del porcentaje de inclusión, y en el contenido de $N-NH_3/TN$ por efecto de la especie arborea y el porcentaje de inclusión.

El promedio y desviación estandar de DM para los ensilajes fue de 32.2 ± 0.6 %, y no existieron diferencias significativas ($p > 0.05$) por efecto de los factores evaluados. El contenido de DM se encontró dentro del rango reportado por Demirel *et al.* (2006), para lograr la ensilabilidad de gramíneas tropicales (25 a 35 % DM). Sibanda *et al.* (2007) no obtuvieron diferencias significativas ($p > 0.05$) en el contenido de DM en ensilajes mixtos, a diferencia de Alpizar *et al.* (2014), quienes cuantificaron incrementos significativos ($p < 0.05$) en el contenido de DM, al ensilar sorgo con morera (24.8 a 29.6 % DM). Un adecuado contenido de DM en ensilajes mixtos, asegura la fermentación homofermentativa y la producción de ácido láctico.

Tabla 1.
Composición química (%DM) de ensilajes de maíz (*Z. mays*) con inclusión de *L. leucocephala* y *B. alicastrum* en Yucatán, México (promedio $\pm$ SE).

Table 1.
Chemical composition (% DM) of corn silage (*Z. mays*) with inclusion of *L. leucocephala* and *B. alicastrum* in Yucatan, Mexico (average $\pm$ SE).

FACTOR		DM	CP	NDF	ADF
Specie	<i>L. leucocephala</i>	31.5	8.5	54.7	37.3
	<i>B. alicastrum</i>	33.3	8.4	51.5	36.7
	SE	0.8	0.6	1.1	1.2
Inclusion percent	0 %	31.5	5.4 ^c	55.4	34.6 ^b
	15 %	32.7	6.6 ^c	53.3	34.0 ^b
	30 %	31.9	8.3 ^b	53.1	36.2 ^b
	45 %	32.6	10.5 ^a	52.8	40.8 ^a
	SE	1.0	0.3	1.5	1.0

^{abc}Different letters in same variation factor and variable indicates statistical difference ($p < 0.05$); DM = dry matter; CP = crude protein; NDF = neutral detergent fiber; ADF = acid detergent fiber; SE = standard error.

^{abc}Literales deferentes dentro de factor, son diferentes significativamente ($p < 0.05$); DM = materia seca; CP = proteína cruda; NDF = fibra detergente neutro; ADF = fibra detergente ácido; SE = standard error.

Table 2.
Fermentative characteristics of corn silage (*Z. mays*) with inclusion of *L. leucocephala* and *B. alicastrum* in Yucatan, Mexico (average $\pm$ SE).

Tabla 2.
Características fermentativas de ensilajes de maíz (*Z. mays*) con inclusión de *L. Leucocephala* y *B. alicastrum* en Yucatán, México (promedio $\pm$ SE).

FACTOR		pH	LA	AA	BA	N-NH ₃ /TN
Specie	<i>L. leucocephala</i>	3.9	4.1	0.24	0.06	11.0 ^a
	<i>B. alicastrum</i>	4.0	4.3	0.43	0.07	7.7 ^b
	SE	0.1	0.5	0.06	0.01	0.9
Inclusion percent	0 %	3.7 ^b	3.2 ^{ab}	0.34	0.11	13.5 ^a
	15 %	3.7 ^b	5.1 ^a	0.32	0.05	12.0 ^a
	30 %	3.9 ^b	4.5 ^{ab}	0.34	0.07	8.7 ^b
	45 %	4.3 ^a	3.0 ^b	0.35	0.07	7.3 ^b
	SE	0.1	0.5	0.08	0.01	1.0

^{abc}different letters in same variation factor and variable indicates statistical difference ($p < 0.05$); LA = lactic acid; AA = acetic acid; BA = butyric acid; N-NH₃/TN = non-nitrogen ammoniac of total nitrogen; SE = standard error.

^{abc}Literales diferentes dentro de factor, son diferentes significativamente ($p < 0.05$); LA = porcentaje de ácido láctico; AA = ácido acético; BA = ácido butírico; N-NH₃/TN = nitrógeno amoniacal como porcentaje del nitrógeno total. SE = error estándar.

Demirel *et al.* (2006), to achieve a state of silage of tropical gramineae (24 to 35 % DM). Sibanda *et al.* (2007) did not obtain significant differences ($p > 0.05$) in the content of DM in mixed silages, unlike Apizar *et al.*, (2014), who quantified significant increases ($p < 0.05$) in the content of DM, when siloing sorghum with mulberries (24.8 to 29.6 % DM). An adequate content of DM in mixed silages, ensures homo-fermentative fermentation and the production of lactic acid.

The content of crude protein was 7.7 ± 2.2 %, and significant differences were observed ($p < 0.05$) as a result of the addition levels from fodder trees, the CP increased by 56.5 % in average when including fodders in respect of the control. The effect of adding fodder trees onto tropical silages, has been documented by Castillo *et al.* (2009), who detected a liner tendency on the increase in the content of CP, in response to the addition of *Vigna radiata* in maize silages; Ojeda & Diaz (1991) quantified an increase of 5.5 to 11.4 % of CP, when adding 20 % of *Lablab purpureus* onto the *Panicum maximum* silage; Boschini (2003) and Mora (2010), on their part, report an increase in the content of CP from 9.0 to 14.1 % in the maize silage, when adding white mulberry (*Morus alba*); Phiri *et al.* (2007), observed contents of CP of 13.2 and 14.8 % in mixed maize silages with *Acacia boliviana* and *L. leucocephala* respectively. The addition levels of *L.*

El contenido de CP promedio fue de 7.7 ± 2.2 %, y se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) por efecto del porcentaje de inclusión de arbórea, la CP aumentó en promedio 56.5 % al incluir las arbóreas con respecto al testigo. El efecto de adicionar arbóreas en ensilajes tropicales, ha sido documentado por Castillo *et al.* (2009), quienes detectaron una tendencia lineal en el incremento del contenido de CP, en respuesta a la inclusión de *Vigna radiata* en ensilajes de maíz; Ojeda & Díaz (1991) cuantificaron un incremento de 5.5 a 11.4 % de CP, al incluir 20 % de *Lablab purpureus* en ensilaje de *Panicum maximum*; Boschini (2003) y Mora (2010) por su parte, reportan un incremento del contenido de CP de 9.0 a 14.1 % en el ensilaje de maíz, al adicionar Morera (*Morus alba*); Phiri *et al.* (2007), observaron contenidos de CP de 13.2 y 14.8 %, en ensilajes mixtos de maíz con *Acacia boliviana* y *L. leucocephala* respectivamente. El porcentaje de inclusión de *L. leucocephala* y *B. alicastrum*, provocó un incremento lineal en el contenido de CP del ensilaje de maíz.

Los contenidos promedio de NDF y ADF en los ensilajes fueron 53.7 ± 1.2 y 36.4 ± 3.1 % respectivamente, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en ADF, por efecto del porcentaje de inclusión de arbóreas. Los valores promedio se encontraron dentro del rango reportado por Cubero *et al.* (2010) para ensilajes de maíz (58.6 a 66.5

leucocephala and *B. alicastrum*, caused a linear increase in the content of CP of the maize silage.

The average contents of NDF and ADF in the silages were 53.7 ± 1.2 and 36.4 ± 3.1 % respectively, significant differences were found ($p < 0.05$) in ADF, due to the effect of the addition levels of fodder trees. The average values were found within the range reported by Cubero *et al.* (2010) for the maize silages (58.6 to 66.5 % and 37.0 to 40.3 %, for NDF and ADF respectively). When including 45 % of fodder trees in the maize silage, the content of ADF increased by 16.9 %, which has been documented by Castillo *et al.* (2009), who reported a significant increase ($p < 0.001$), in the content of ADF, when increasing the addition of mung bean (*Vigna radiata*) in maize silages. The content of ADF in ruminant diets, correlates with the indigestible fraction of the material (Ayala *et al.*, 2006), an increase in the percentage of addition of *L. leucocephala* and *B. alicastrum*, above 30 % in maize silages, could compromise its quality and nutritional value.

The average pH of the silages was 3.9 ± 0.3 , and significant differences were found ($p < 0.05$) because of the addition levels of the fodder trees. The pH from all the silages was found to be under the acceptable maximum value (≤ 4.3), in order to achieve acidification on tropical silages (Ojeda *et al.*, 2006). The treatment with 45 % of fodder trees, had a 13.2 % of pH higher than the others ($p < 0.05$), which indicates an increase of pH the addition of fodder trees in the silage increases (≥ 455), probably because of the high buffer capacity of the fodder trees, for their greater content of nitrogen and minerals (Ca and P), in comparison to the gramineae. Alpizar *et al.* (2014), report significant increases ($p < 0.05$) of pH, beginning with 75 % of addition of white mulberry (*M. alba*) in sorghum silages (*Sorghum bicolor*). Meanwhile, Suarez *et al.* (2011), corroborated that the high values of pH are characteristics of mixed silages (gramineae + fodder trees), nevertheless, its usage is justified by the increase of the proteic fraction and plus, it does not interfere with the activity of homo-fermentative bacteria.

LA is produced by the metabolism of homo-anaerobic and heterolactic bacteria and is the organic compound that affects the most on the acidification of the siloed material (Ojeda *et al.*, 1990). The average content of LA was 4.0 ± 1.0 %, and significant differences were found ($p < 0.05$) caused by the effect of addition levels of the fodder trees. The content of acetic acid (AA) and butyric acid

% y 37.0 a 40.3 %, para NDF y ADF respectivamente). Al incluir 45 % de arbóreas en ensilaje de maíz, se incrementó 16.9 % el contenido de ADF, lo cual ha sido documentado por Castillo *et al.* (2009), quienes reportan un aumento significativo ($p < 0.001$), en el contenido de ADF, al incrementar la inclusión de leguminosa (*Vigna radiata*) en ensilajes de maíz. El contenido de ADF en dietas de rumiantes, se correlaciona con la fracción indigestible del material (Ayala *et al.*, 2006), un incremento en el porcentaje de inclusión de *L. leucocephala* y *B. alicastrum*, por encima del 30 % en ensilajes de maíz, podría comprometer su calidad y valor nutritivo.

El pH promedio de los ensilajes fue 3.9 ± 0.3 , y se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) por efecto del porcentaje de inclusión de la arbórea. El pH de todos los ensilajes se encontró por debajo del valor máximo aceptable (≤ 4.3), para lograr la acidificación en ensilajes tropicales (Ojeda *et al.*, 2006). El tratamiento con 45 % de arbórea, tuvo un pH 13.2 % más alto que los demás ($p < 0.05$), lo que indica un aumento del pH conforme incrementa la inclusión de arbóreas en el ensilaje (≥ 45 %), debido probablemente a la alta capacidad buffer de las especies arbóreas, por su mayor contenido de nitrógeno y minerales (Ca y P), en comparación con las gramíneas. Alpizar *et al.* (2014), reportan incrementos significativos ($p < 0.05$) de pH, a partir del 75 % de inclusión de morera (*M. alba*) en ensilajes de sorgo (*Sorghum bicolor*). Por su parte, Suárez *et al.* (2011), corroboran que altos valores de pH son característicos de ensilajes mixtos (gramínea + arbórea), no obstante, su uso se justifica por el incremento de la fracción proteica, además que no interfiere en la actividad de bacterias homofermentativas.

El LA se produce por el metabolismo bacterias anaerobias homo y heterolácticas, y es el compuesto orgánico que más repercute en la acidificación del material ensilado (Ojeda *et al.*, 1990). El contenido de LA promedio fue de 4.0 ± 1.0 %, y se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) por efecto del porcentaje de inclusión de arbórea. El contenido de AA y BA promedio fue de 0.34 ± 0.13 y 0.07 ± 0.03 % respectivamente, sin diferencias significativas ($p > 0.05$) debidas a los factores evaluados. Todos los tratamientos tuvieron un contenido de LA mayor al 2 %, considerado como mínimo para lograr la estabilización de ensilajes tropicales (Esperance *et al.*, 1981). Los contenidos de AA y BA se encontraron en niveles bajos, en comparación con lo reportado para ensilajes

(BA) was 0.34 ± 0.13 and 0.07 ± 0.03 % respectively, with no significant differences ($p > 0.05$) because of the assessed factors. All the treatments have a LA content greater than 2 %, considered as minimum in order to achieve the stabilization of tropical silages (Esperance et al., 1981). The contents of AA and BA were found in low levels, in comparison to what was reported for the mixed silages (gramineae + fodder trees), Titterton et al. (1999) report average values of 1.8 % and 0.6 %, for AA and BA respectively, Cardenas et al. (2003), on the other hand, determined values of 3.0 and 0.5 % for AA and BA respectively; which supposes a homolactic-type fermentation (Villa et al., 2010). The mixed silages contained more LA in respect to the control treatment, LA increased on average by 25 and 34 % in silages of *L. leucocephala* and *B. alicastrum* respectively, which indicates that the addition of fodder trees does not interfere with the fermentative process of the silage; this effect was corroborated by Tjandraatmadja et al. (2003), who determined high values of LA (>4.1 %) in mixed silages containing 33 % of leguminous plants. According to the addition levels of the fodder trees, 15 % showed the greatest increase of LA (54.5 %) in respect to the control, and kept on decreasing as the addition levels in the silage increased, which could be due to the greater buffer capacity of the fodder trees, and could slightly decrease the efficiency of lactic bacteria (Lopez et al., 2008). The addition of *L. leucocephala* and *B. alicastrum* in maize silages, produces a homolactic fermentation that ensures levels from organic acids, adequate for the conservation of the material.

The average content of $N-NH_3/TN$ of all the treatments was 10.4 ± 2.9 %, all the treatments were found to be in accordance with Ojeda et al. (2006), who report a range from 6.0 to 15.0 % of $N-NH_3/TN$, for guinea grass (*P. maximum*) added with white mulberry (*M. alba*). 42.9 % more ammoniacal nitrogen was detected in the silages of *L. leucocephala* ($p < 0.05$), in comparison to silages of *B. alicastrum*; the silages with 30 % or more addition of fodder trees, contained 59.4 % more ammonia ($p < 0.05$) than the rest of the treatments. In comparison to the control treatment, the silages of *L. leucocephala* and *B. alicastrum* produced 18.6 % and 43.5 % less ammonia, respectively. The mixed silages produced less ammonia, probably because of the content of secondary compounds in the fodder species, as tannins, being able to form strong complexes with proteins and increase their degradation rate (Broderick, 1995; Mcsweeney et al., 1999; Silanikove et al., 2001).

mixtos (gramíneas + arbóreas); Titterton et al. (1999) reportaron valores promedio de 1.8 % y 0.6 %, para AA y BA respectivamente, Cárdenas et al. (2003) por su parte, determinaron valores de 3.0 y 0.5 %, para AA y BA respectivamente; lo cual denota una fermentación tipo homoláctica (Villa et al., 2010). Los ensilajes mixtos contuvieron más LA con respecto al tratamiento testigo, el LA incrementó un 25 y 34 % en promedio en ensilajes de *L. leucocephala* y *B. alicastrum* respectivamente, lo cual indica que la adición de arbóreas no interfiere en el proceso fermentativo del ensilaje, efecto corroborado por Tjandraatmadja et al. (2003), quienes determinaron valores altos de LA (>4.1 %), en ensilajes mixtos conteniendo 33 % de leguminosa. De acuerdo al nivel de inclusión de la arbórea, el 15 % mostró el mayor incremento de LA (54.5 %) respecto al testigo, y fue decreciendo conforme aumentaba el nivel de inclusión en el ensilaje, lo que puede deberse a la mayor capacidad amortiguadora de las arbóreas, que puede disminuir ligeramente la eficiencia de las bacterias lácticas (López et al., 2008). La adición de *L. leucocephala* y *B. alicastrum* en ensilajes de maíz, produce una fermentación homoláctica, que asegura niveles de ácidos orgánicos, adecuados para la conservación del material.

El contenido promedio de $N-NH_3/TN$ de todos los tratamientos fue de 10.4 ± 2.9 %, todos los tratamientos se encontraron de acuerdo con Ojeda et al. (2006), quienes reportan un rango de 6.0 a 15.0 % de $N-NH_3/TN$, para ensilajes de guinea (*P. maximum*) adicionados con Morera (*M. alba*). En los ensilajes de *L. leucocephala* se detectó 42.9 % más nitrógeno amoniacal ($p < 0.05$), en comparación a ensilajes de *B. alicastrum*; los ensilajes con 30 % o más de inclusión de arbórea, contuvieron 59.4 % más amoníaco ($p < 0.05$), que los demás tratamientos. En comparación al tratamiento testigo, los ensilajes de *L. leucocephala* y *B. alicastrum* produjeron respectivamente, 18.6 y 43.5 % menos amoníaco. Los ensilajes mixtos produjeron menos amoníaco, debido probablemente al contenido de compuestos secundarios en las especies arbóreas, como los taninos, que pueden formar fuertes complejos con proteínas y disminuir su tasa de degradación (Broderick, 1995; Mcsweeney et al., 1999; Silanikove et al., 2001).

Los ensilajes mixtos (gramíneas + arbóreas) pueden representar una opción, para incrementar el aporte

The mixed silages (gramineae + fodder trees) could represent an option to increase the input of nutrients in ruminant diets in the tropic. When adding *L. leucocephala* and *B. alicastrum* in maize silages (*Z. mays*), the content of protein is significantly increased and a predominantly homolactic fermentation is obtained, which procures adequate levels of pH, organic acids and low rates of degradation of nitrogenated compounds.

de nutrientes en dietas de rumiantes en el trópico. Al adicionar *L. leucocephala* y *B. alicastrum* en ensilajes de maíz (*Z. mays*), se incrementa significativamente el contenido de proteína y se obtiene una fermentación predominantemente homoláctica, que procuran niveles adecuados de pH, ácidos orgánicos y bajas tasas de degradación de componentes nitrogenados.

Acknowledgements

Thanks to the Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST), for the financing of this research.

Agradecimientos

A la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST), por el financiamiento para la realización de este estudio.

References

- Alpizar A.M., Camacho C., Sáenz M., Campos J., Arece M. and Esperance. (2014). Efecto de la inclusión de diferentes niveles de morera (*Morus alba*) en la calidad nutricional de ensilajes de sorgo (*Sorghum alnum*). *Pastos y forrajes*. 37: 55-60. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942014000100007
- Ayala B.A., Capetillo C., Cetina R., Zapata C. and Sandoval C. (2006). Composición química-nutricional de árboles forrajeros. En: *Compilación de Análisis del Laboratorio de Nutrición Animal*. FMVZ-UADY. Mérida, Yucatán, México. Pp 12-55. https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Sandoval-Castro/publication/277141987_Composicion_Quimica-Nutricional_de_Arboles_Forrajeros/links/556385fd08ae9963a11ef14e/Composicion-Quimica-Nutricional-de-Arboles-Forrajeros.pdf
- Basso F.C., Adesogan A.T., Lara E.C., Rabelo C.H.S., Berchieli T.T., Teixeira I.A.M.A., Siqueira G.R. and Reis R.A. (2014). Effects of feeding corn silage inoculated with microbial additives on the ruminal fermentation, microbial protein yield, and growth performance of lambs. *Journal of Animal Science*. 92: 5640-5650. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8258>
- Boschini C. (2003). Características físicas y valor nutritivo del ensilaje de Morera (*Morus alba*) mezclado con forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. 14: 51-57. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43714107.pdf>
- Broderick G.A. (1995). Desirable characteristics of forage legumes for improving protein utilization in ruminants. *Journal of Animal Science*. 73: 2760-2773. <https://doi.org/10.2527/1995.7392760x>
- Cárdenas M.J.V., Sandoval C. and Solorio J. (2003). Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 41: 283-294. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1267>
- Castillo M., Rojas A. and Wing-Ching R. (2009). Valor Nutricional del Ensilaje de Maíz Cultivado en Asocio con Vigna (*Vigna radiata*). *Agronomía Costarricense*. 33: 133-146. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3022889>
- Cubero J., Rojas A. and Wing-Ching R. (2010). Uso del inóculo microbio elaborado en finca en ensilaje de maíz (*Zea mays*). Valor nutricional y fermentativo. *Agronomía Costarricense*. 34: 237-250. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000200009
- Demirel M., Bolat D., Celik S., Bakici Y. and Ahmet T. (2006). Evaluation of fermentation qualities and digestibilities of silages made from sorghum and sunflower alone and the mixtures of sorghum-sunflower. *Journal of Biological Sciences*. 6: 926-930. <https://doi.org/10.3923/jbs.2006.926.930>
- Duch G.J. (1988). La conformación territorial del estado de Yucatán: los componentes del medio físico. Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional de la Península de Yucatán, México. 427 pp.
- Esperance M., Ojeda F. and Cáceres O. (1981). Marco fermentativo, valor nutritivo y producción de leche con hierba pangola ensilada con ácido fórmico o miel. *Pastos y Forrajes*. 4: 237. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journa>

- [l=pasto&page=article&op=view&path\[\]=1664](#)
- Galyean M.L. (1980). Laboratory Procedures in Animal Nutrition Research. Department Of Animal and Food Sciences. Texas Tech University, Lubbock. 193 p. https://www.depts.ttu.edu/afs/home/mgalyean/lab_man.pdf
- López H.M., Rivera J., Ortega L., Escobedo J., Magaña M., Sanginés J. and Sierra A. (2008). Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. *Técnica Pecuaria en México*. 46: 205-215. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61346208.pdf>
- Mc Geough E.J., O'Kiely P., Foley P.A., Hart K.J., Boland T.M. and Kenny D.A. (2010). Methane emissions, feed intake, and performance of finishing beef cattle offered maize silages harvested at 4 different stages of maturity. *Journal of Animal Science*. 88: 1479-1491. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2380>
- McSweeney C.S., Palmer B., Bunch R. and Krause O. (1999). *In vitro* quality assessment of tannin-containing tropical shrub legumes: protein and fibre digestion. *Animal Feed Science and Technology*. 82:227-241. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00103-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00103-0)
- Mora V.D. (2010). Consumo de morera (*Morus alba*) fresca mezclada con ensilaje de maíz por el ganado Jersey en crecimiento. *Agronomía Mesoamericana*. 21: 337-341. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5039693>
- Ojeda G.F., Esperance M. and Díaz D. (1990). Mezclas de gramíneas y leguminosas para mejorar el valor nutritivo de los ensilajes tropicales. I. Utilización de Dolichos (*Lablab purpureus* (L.) Sweet). *Pastos y Forrajes*. 13: 189. [https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path\[\]=1282](https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path[]=1282)
- Ojeda G.F. & Díaz D. (1991). Ensilaje de gramíneas y leguminosas para la producción de leche. I. *Panicum maximum* cv. Likoni y *Lablab purpureus* cv. Rongai. *Pastos y Forrajes*. 14: 175. [https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path\[\]=1240](https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path[]=1240)
- Ojeda G.F., Esperance M., Rodríguez N. and Cáceres O. (2006). Conservación de pastos y forrajes en zonas tropicales. En: recursos forrajeros Herbáceos y Arbóreos. Editorial Universitaria. Estación Experimental de pastos y forrajes Indio Huatay y Universidad de San Carlos de Guatemala. p 459.
- Owens F.N., Sapienza D.A. and Hassen A.T. (2010). Effect of nutrient composition of feeds on digestibility of organic matter by cattle: A review. *Journal of Animal Science*. 88: E151-169E. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2559>
- Phiri M.S., Ngongoni T., Maasdorp V., Titterton M., Mupangwa F. and Sebata A. (2007). Ensiling characteristics and feeding value of silage made from browse tree legume-maize mixtures. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 7: 149-156. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93970301.pdf>
- Pichard G., Rosero O., Kass L. and Ojeda F. (1992). Recommendations for sampling and chemical analysis. In Methodological guidelines (Ed.). *Ruminant nutrition research*. San José, Costa Rica: Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA).
- Ramírez R., Sanginés J., Escobedo J., Cen C., Rivera J. and Lara P. (2010). Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agroforestry Systems*. 80: 295-302. <https://doi.org/10.1007/s10457-010-9320-0>
- SAS. (La Sociedad por Acciones Simplificada) (2002). SAS/STAT User's Guide. SAS Institute. Cary, North Caroline.
- Sibanda S., Jingura R.M. and Topps J.H. (1997). The effect of level of inclusion of the legume *Desmodium uncinatum* and the use of molasses or ground maize as additives on the chemical composition of grass- and maize- legume silages. *Animal Feed Science and Technology*. 68: 295-305. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00049-7](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00049-7)
- Silanikove N., Perevolotsky A. and Provenza F.D. (2001). Use of tannin-binding chemicals to assay for tannins and their negative postingestive effects in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. 91: 69-81. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00234-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00234-6)
- Suárez R., Mejía J., González M., García D. and Perdomo D. (2011). Evaluación de ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* y *Gliricidia sepium* con la utilización de aditivos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Estado Trujillo, Venezuela. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942011000100006
- Steel R.G.D., & Torrie J.H. (1980). Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach (2nd Ed). McGraw-Hill Inc., New York. Pp 672.
- Tejada de H. I. (1983). Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. SARH. INIP.
- Titterton M., Mhere O., Kipnis T., Ashbell G., Weinberg Z.G. and Maasdorp B.V. (1999). Development of ensiling technology for smallholder cattle owners in Zimbabwe. In *Silage making in the tropics, with particular emphasis on*

- smallholders*. Proceedings of the FAO electronic conference on tropical silage. Edited by L. 't Mannetje.
- Tjandraatmadja M., Macrae I.C. and Norton B.W. (1993). Effect of the inclusion of tropical legumes, *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*, on the nutritive value of silages prepared from tropical grasses. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 120: 397-406. <https://doi.org/10.1017/S0021859600076565>
- Van Soest P., Robertson J. and Lewis B. (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. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Villa A.F., Meléndez A., Carulla J., Pabón M. and Cárdenas E. (2010). Estudio microbiológico y calidad nutricional del maíz en dos ecorregiones de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 23: 65-77. <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295023458008.pdf>