

COMUNICACIÓN BREVE

Effect of the inclusion of additives on the quality of sugarcane silage

Efecto de la inclusión de aditivos sobre la calidad del el ensilado de caña azúcar

José Reyes-Gutiérrez¹ Ph.D, Oziel Montañez-Valdez^{1*} Ph.D,
Cándido Guerra-Medina^{1,2} Ph.D, Alejandro Ley De Coss³ Ph.D.

¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario del Sur. Grupo de Investigación en Nutrición Animal, Ave. Enrique Arreola Silva 883, Ciudad Guzmán, Jalisco. 49000. ²Centro de Investigación del Pacífico Sur, INIFAP, Carretera Tapachula - Cacahoatan Km. 18, Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Tapachula, Chiapas, México CP. 30870. ³Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus V. Villaflores, Chiapas, México. *Correspondencia: montanez77@hotmail.com

Received: May 2017; Accepted: December 2017.

ABSTRACT

Objective. The objective of the study was to evaluate the effect of the addition of an additive and an inoculum bacterial in the chemical composition and *in vitro* digestibility dry matter (IVDMD) and organic matter (IVOMD) of sugarcane silage. **Materials and methods.** Experimental treatments were: a) sugarcane silage with 1% of bacterial inoculum and 1% of additive (SCS1); b) sugarcane silage with the bacterial inoculum 3% and 1% of additive (SCS3). The bacterial inoculum consists of 10.0% molasses, 1.0% of commercial yogurt containing *Lactobacillus plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. casei*, *L. acidophilus* and *L. bifidus*, 5.0% poultry manure, 0.5% urea and 83.0% of water; the additive is formulated with 1.0% urea, 0.1% sulfate of ammonium and 0.25% phosphorus. Each treatment was determined to its chemical composition and *in vitro* digestibility of dry and organic matter and the results obtained were analyzed using T Student test. **Results.** There were differences between treatments ($p < 0.05$) in crude protein, neutral detergent fibre, hemicellulose, ammoniacal nitrogen and pH, as well as on IVDMD, but without changes in the IVOMD, presenting the better values for SCS1. **Conclusions.** The 1% concentration of bacterial inoculum and additive added to sugarcane silage showed better values on *in vitro* digestibility of dry matter, and chemical composition, indicating an adequacy fermentation, but, at concentrations higher than 1% of additive and an inoculum bacterial decreases the quality and digestibility of the silage.

Keywords: Silage, forage, fermentation (*Source: National Library of Agriculture*).

RESUMEN

Objetivo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de un inóculo bacteriano y un aditivo químico en la composición y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y orgánica (DIVMO) en el ensilado de caña de azúcar. **Materiales y métodos.** Los tratamientos experimentales fueron: a) ensilado de caña de azúcar con 1% de inóculo bacteriano y 1% de aditivo (ECA1); b) ensilado de caña de azúcar con el 3% de inóculo bacteriano y 1% de aditivo (ECA3). El inóculo bacteriano está compuesto por 10.0 % melaza, 1.0 % de yogurt comercial que contiene *Lactobacillus plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. casei*, *L. acidophilus* y *L. bifidus*, 5.0 % pollinaza, 0.5% urea y 83.0 % de agua; el

aditivo está formulado con 1.0% urea, 0.1% sulfato de amonio y 0.25% fósforo. A cada tratamiento se le determinó su composición química y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y orgánica y los resultados obtenidos fueron analizados mediante una prueba de T student. **Resultados.** Existieron diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$) en proteína cruda, fibra detergente neutro, hemicelulosa, nitrógeno amoniacal y pH, así como en DIVMS, pero sin cambios en la DIVMO, presentando los mejores valores para ECA1. **Conclusiones.** La concentración del 1% de inóculo bacteriano y aditivo adicionado a caña de azúcar ensilada mostró mejores valores en digestibilidad de la materia seca, y composición química, indicando una fermentación adecuada por lo que a concentraciones mayores a 1% de aditivo e inóculo bacteriano se disminuye la calidad y digestibilidad de los ensilados.

Palabras clave: Ensilaje, forraje, fermentación (*Fuente: Biblioteca nacional de agricultura*).

INTRODUCTION

Sugarcane is a crop produced in more than 100 countries worldwide, and its biomass production exceeds that of any other forage, which can be used as animal feed as a strategy for sustainable agricultural development in many countries (1,2)

Silage is a method of preservation of forage with high moisture content, which is based on fermentation lactic acid of the fodder under anaerobic conditions. Bacteria acid lactic acid, typical of the material to be self-propelled, they ferment soluble carbohydrates of forage, mainly producing lactic acid and, to a lesser extent, acetic acid and to make this fermentation process optimal, is mainly required one sufficient amount of lactic acid bacteria and a proper concentration of soluble carbohydrates in forage producing lactic acid, so that the pH is kept low and the silage is preserved best (3). Sugarcane silage, is usually done without additives, causing losses of up to 30% of the dry matter, in addition to concentrating the components of the cell wall and the reduce the *in vitro* digestibility of dry matter (4).

In addition, the silage, have high levels of lactic acid and residual carbohydrates, which can be potentially usable by silage spoilage microorganisms, such as yeasts, after the opening of the silo (5,6). In recent years, interest has grown by the use of sugarcane silage additives capable of inhibiting the growth of yeasts that promote the alcoholic fermentation (4), there are various additives that have been studied for silage forage in general, including urea (7), strains of homofermentative of the species *L. plantarum* and *L. paracasei* and heterofermentative of the species *L. brevis* that have shown greater growth during fermentation of sugarcane. However, *L. plantarum* is the most widely used in tropical forages silages (8). Recently, the addition of heterofermentative bacteria, mainly of the species *L. buchneri*, has shown good results, especially in greater aerobic stability and inhibition of yeasts and proliferation of fungi (9,10).

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es un cultivo que se produce en más de 100 países en el mundo y cuya producción de biomasa supera la de cualquier otro vegetal, la que puede aprovecharse como alimento animal, siendo esta, una estrategia de desarrollo agropecuario sostenible de muchos países (1,2).

El ensilaje es un método de conservación de forrajes con alto contenido de humedad, que se fundamenta en la fermentación ácido láctica del forraje bajo condiciones anaeróbicas. Las bacterias ácido lácticas, propias del material a ensilar, fermentan los carbohidratos solubles del forraje, produciendo principalmente ácido láctico y en menor grado, ácido acético y para que este proceso fermentativo sea óptimo, se requiere principalmente de una cantidad suficiente de bacterias ácido lácticas y de una concentración adecuada de carbohidratos solubles en el forraje que genere el ácido láctico; de tal manera que el pH se mantenga bajo y el ensilado se preserve mejor (3). El ensilaje de caña de azúcar, se realiza generalmente sin aditivos, lo que causa pérdidas de hasta 30 % de la materia seca, además de concentrar los componentes de la pared celular y reducir la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (4).

Por otra parte, los ensilados, tienen alto nivel de ácido láctico y carbohidratos residuales, que pueden ser potencialmente utilizables por los microorganismos deterioradores del ensilado, como son las levaduras (5,6). En los últimos años ha crecido el interés por el uso de aditivos para el ensilaje de caña de azúcar capaces de inhibir el crecimiento de las levaduras que promueven la fermentación alcohólica (4). Son varios los aditivos que han sido estudiados para el ensilado de forraje en general, entre ellos la urea (7), cepas homofermentativas de las especies *L. plantarum* y *L. paracasei* y heterofermentativas de la especie *L. brevis* que han mostrado mayor crecimiento durante la fermentación de

Therefore, the main focus of the studies with sugarcane silage is the search for additives which, associated with silage, inhibit the alcoholic fermentation of fodder in order to reduce losses, for this reason in the present work we evaluated the effect of the addition of bacterial inoculum and an additive to the sugarcane during the process of silage, on the chemical composition and digestibility of dry matter of the silage.

MATERIALS AND METHODS

Study site. This study was carried out in the Agricultural Farm "Dos Pivotes" located to the southwest of the Municipality of Zapotlan El Grande, in the State of Jalisco, Mexico; with geographic coordinates 19°27'13" north latitude and meridians 103°27'57" west longitude, with an altitude of 1.520 m. The climate is warm, with average annual rainfall of 732 mm distributed in the months of June to September, and occasional winter or summer rainfall. Its average temperature is 20.2°C (11). Chemical determinations were carried out in the laboratory of nutrition of the University Center of the South of the University of Guadalajara located in the same municipality.

Preparation of samples and treatments. In order to observe the effect of the addition of inoculum and an additive to silage sugarcane *in vitro* digestibility of dry matter set out the following treatments: a) sugarcane silage with 1% of bacterial inoculum and additive (SCS1); b) sugarcane silage with 3% of bacterial inoculum and 1% of additive (SCS3). The inoculum consisted of 10.0% molasses, 1.0% of commercial yogurt (containing: *L. plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. casei*, *L. acidophilus*, and *L. bifidus*), 5.0% chicken manure, 0.5% urea, and 83.0% water, and the additive was formulated with 1.0% urea, 0.1% ammonium sulfate, and 0.25% phosphorus. The poultry manure in Mexico is commonly used as a source of non-protein nitrogen to feed ruminants, including cattle, but there are countries that restrict its use in animal feed by the presence of pathogenic organisms, viruses, hormones, among others that may be contained in this waste, however, there are studies that the silage process decreases the microbial load (12) and also the non-transmission of prion of transmissible spongiform encephalopathy or negative effects in the carcasses in lambs in growth (13,14). The poultry manure used in this study was according to the Norma Oficial Mexicana promulgated in the Official Journal of the Federation (NOM-044-ZOO-1995).

la caña de azúcar. Sin embargo, *L. plantarum* es el organismo más utilizado en el ensilaje de forrajes tropicales (8). Recientemente, la adición de bacterias heterolácticas, principalmente de la especie *L. buchneri*, ha mostrado mayor estabilidad aeróbica y la inhibición de levaduras y proliferación de hongos (9,10).

Por lo anterior, el principal enfoque de los estudios con ensilado de caña de azúcar es la búsqueda de aditivos que, asociados con el ensilado, inhiban la fermentación alcohólica del forraje con el fin de reducir pérdidas. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la adición de un inóculo bacteriano y de un aditivo a la caña de azúcar durante el proceso de ensilaje sobre la composición química y la digestibilidad de materia seca del ensilado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio del estudio. El trabajo se realizó en el Rancho "Dos Pivotes" ubicado al suroeste del municipio de Zapotlán El Grande, del Estado de Jalisco, México, con coordenadas geográficas de 19° 27' 13" de latitud norte y meridianos 103° 27' 57" de longitud oeste, con una altitud de 1.520 m. El clima es semicálido, con una precipitación anual promedio de 732 mm distribuida entre los meses de junio y septiembre, y lluvias invernales ocasionales, con temperatura media de 20.2°C (11). Las determinaciones químicas se realizaron en el Laboratorio de Nutrición del Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara ubicado en el mismo municipio.

Preparación de las muestras y tratamientos. Con la finalidad de observar el efecto de la adición de inóculo y un aditivo al ensilado de caña en la digestibilidad *in vitro* de la materia seca se consideraron los siguientes tratamientos: a) ensilado de caña de azúcar con 1% de inóculo bacteriano y aditivo (ECA1); b) ensilado de caña de azúcar con el 3 % de inóculo bacteriano y 1% de aditivo (ECA3). El inóculo bacteriano estaba compuesto por 10.0% de melaza, 1.0% de yogurt natural comercial, 5.0 % pollinaza, 0.5% urea y 83.0% de agua; el aditivo está formulado con 1.0% urea, 0.1% sulfato de amonio y 0.25% fósforo. La pollinaza en México, es comúnmente utilizada como fuente de nitrógeno no proteico para la alimentación de rumiantes, en particular bovinos, pero hay países que restringen su uso en alimentación animal por la presencia de organismos patógenos, virus, hormonas, entre otros que pueden estar contenidos en estos desechos, sin embargo, existen estudios de que el proceso de ensilaje disminuye la

The yogurt was homemade preparation; mixed 250 ml of commercial natural yogurt that contains containing *L. plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. casei*, *L. acidophilus* and *L. bifidus*, with 5 L of cow's milk. Silage for each treatment process was carried out in two silos, in layers of fodder of 50 cm, sprinkling the inoculum and applying to volley the additive, and compacted with tractor to make the volume above mentioned to finally cover and seal with a canvas plastic. After 30 days, 20 samples at random from each of the silos were collected and deposited in a black plastic bag with an airtight seal for further analysis. Samples of ingredients were dried in a circulating air oven at 60 °C for 48 hours and then milled in a hammer mill equipped with a 2 mm sieve for further analysis

Chemical analysis. Each sample was determined dry matter (DM), crude protein (CP) was determined by the method described by Kjeldahl. Ash (A) and organic matter (OM) were calculated by difference using the technique described by the AOAC (15). The determination of the fiber fractions (NDF and ADF) was performed using alpha amylase without ash correction as specified by Van Soest et al (16), and ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) was determined by spectrophotometry according to McCullough (17).

Extraction of rumen fluid for inoculation.

Were used as donors of inoculum, two 4-year-old Holstein cows (525±43 kg) equipped with permanent rumen cannula with a core diameter of 10 cm (Bar Diamond Lane, Parma, ID, USA), fed silage sugarcane *ad libitum* plus 1.0 kg of commercial dairy concentrate split into two sessions (8:00 y 16:00 h) to ensure increased activity of microorganism in the rumen. Fresh clean water was available *ad libitum*. The water and feed supply was suspended 16 h before the extraction of the ruminal fluid.

In vitro incubation. The samples were incubated for 48 h, using the technique of Tilley and Terry (18). He was twice the incubation, with three replicates for each treatment and each replica with 5 subsamples. With the data obtained was determined *in vitro* digestibility of dry matter and organic matter.

Statistical analysis. The chemical composition and digestibility data were analyzed using the T Student test (19).

carga microbiana (12) e incluso también de la no transmisión de prion de la encefalopatía espongiiforme transmisible o de efectos negativos en la canal en corderos en crecimiento (13, 14). La pollinaza usada en el estudio fue de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana promulgada en el Diario Oficial de la Federación (NOM-044-ZOO-1995).

El yogurt fue de preparación casera; se mezclaron 250 ml de yogurt natural de una marca comercial el cual contenía *L. plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. casei*, *L. acidophilus* y *L. bifidus*, con 5 L de leche de vaca. El proceso de ensilaje para cada tratamiento se realizó en dos silos, en capas de forraje de 50 cm, asperjando el inóculo y aplicando al voleo el aditivo, y se compactó con tractor hasta completar el volumen antes mencionado para finalmente cubrir y sellar con una lona plástica. Después de 30 días se colectaron 20 muestras al azar de cada uno de los silos y se depositaron en una bolsa negra de plástico con cierre hermético para su posterior análisis. Las muestras fueron secadas en una estufa de aire circulante a 60°C por 48 h y posteriormente, trituradas en molino de martillos con criba de 2 mm.

Análisis químico. A cada muestra se le determinó materia seca total (MST), proteína cruda (PC) mediante el método Kjeldahl. Cenizas (C) y materia orgánica (MO) por diferencia, todos mediante las técnicas descritas por la AOAC (15). La determinación de las fracciones de fibra (FDN y FDA) fue realizado usando la alfa amilasa sin la corrección de la ceniza con lo especificado por Van Soest et al (16) y nitrógeno amoniacal (N-NH_3) por espectrofotometría de acuerdo con McCullough (17).

Extracción de líquido ruminal para inoculación.

Se utilizó como donadores de inóculo, dos vacas Holstein de 4 años de edad (525±43 kg), fistuladas con cánula ruminal permanente con un diámetro de 10 cm (Bar Diamond Lane, Parma, ID, USA) alimentadas con ensilado de caña de azúcar *ad libitum* y 1.0 kg de alimento balanceado para ganado lechero comercial distribuido en dos sesiones (8:00 y 16:00 h), para asegurar una mayor actividad de los microorganismos del rumen. Los animales tuvieron agua limpia y fresca a libre acceso. El suministro de agua y del alimento fue suspendido 16 h antes de realizar la extracción del líquido ruminal.

RESULTS

Table 1, shows the chemical analysis of the experimental materials. The concentration of MS and MO were similar for both treatments ($p>0.05$), however, SCS3, showed a higher content of CP, but also of $\text{NH}_3\text{-N}$, which causes a greater buffering effect and making requiring greater acidity to lower the pH of the silage, which is consistent with the findings in this study where treatment with 1% inoculum and additive showed lower pH, as well as PC and ammoniacal nitrogen value.

Tabla 1. Chemical composition of experimental samples.

Components	SCS1	SCS3*
	%	
Dry matter	27.00 ^a	29.00 ^a
Organic matter	91.42 ^a	89.96 ^a
Crude protein	14.71 ^b	17.75 ^a
NDF	53.83 ^a	44.91 ^b
ADF	22.30 ^a	18.34 ^a
Hemicellulose	31.53 ^a	26.57 ^b
N-NH ₃	3.50 ^b	16.00 ^a
Ash	8.58 ^a	10.04 ^a
Silage pH	4.30 ^b	4.75 ^a

^{ab} Different letters following the means in the same row indicate differences ($p<0.05$). *SCS1: sugarcane silage with 1% of bacterial inoculum and additive; SCS3: sugarcane silage with 3% of bacterial inoculum and 1% of additive.

Acid detergent fiber concentration was similar for both treatments, but treatment with 1% inoculum and additive had a cell wall (NDF) and increased hemicellulose concentration. On the other hand, the silage pH and $\text{NH}_3\text{-N}$ was lower in this treatment, which indicates accepted good fermentation quality.

Differences were found ($p<0.05$) in the coefficients of *in vitro* digestibility dry matter, where treatment with 1% was higher compared with the treatment with 3% additive, however, did not find change between treatments for organic matter (Table 2).

Tabla 2. Coefficient of *in vitro* dry matter (IVDMD) and organic matter digestibility (IVOMD) of experimental samples (%).

	IVDMD	IVOMD
SCS1*	41.93 ± 0.02 ^a	84.18 ± 0.48 ^a
SCS3	35.06 ± 0.03 ^b	85.28 ± 0.39 ^a

^{ab} Different letters following the means in the same column indicate differences ($p<0.05$). *SCS1: sugarcane silage with 1% of bacterial inoculum and additive; SCS3: sugarcane silage with 3% of bacterial inoculum and 1% of additive.

Incubación *in vitro*. Las muestras fueron incubadas por 48 h, mediante la técnica de Tilley y Terry (18). Se realizó dos veces la incubación, con tres réplicas para cada tratamiento, y cada replica con 5 submuestras. Con los datos obtenidos se determinó la digestibilidad *in vitro* tanto de la materia seca como de la materia orgánica.

Análisis estadísticos. Los datos de la composición química y digestibilidad fueron analizados por medio de una prueba t de Student (19).

RESULTADOS

En la tabla 1, muestran los resultados de la composición química de los materiales experimentales. Se observa que la concentración de MS y MO fueron similares para ambos tratamientos ($p>0.05$), sin embargo, ECA3, mostró mayor contenido de PC, pero también de N-NH_3 , lo que causa un mayor efecto amortiguador y que hace que requiera mayor acides para bajar el pH del ensilado, lo que concuerda con los resultados en este estudio donde el tratamiento con 1% de inóculo y aditivo mostró un valor menor de pH, al igual que de PC y nitrógeno amoniacal.

Para ambos tratamientos la concentración de FDA fue similar pero el tratamiento con 1% de inóculo y aditivo tuvo una pared celular (FDN) y concentración de hemicelulosa mayor. Por otra parte, el pH del ensilado y N-NH_3 fue menor en este tratamiento, lo que nos indica buena calidad fermentativa.

Se encontró diferencias ($p<0.05$) en los coeficientes de digestibilidad *in vitro* de la materia seca, donde el tratamiento con 1% fue mayor en comparación con el tratamiento con 3% de aditivo, sin embargo, no se encontró cambio entre los tratamientos para la materia orgánica (Tabla 2).

DISCUSIÓN

El contenido de proteína cruda de los ensilados fueron menores a los reportados por Granda et al (18) al evaluar el efecto de tres inoculantes en ensilados de caña de azúcar, en este estudio ECA3 presentó mayores valores de PC y N-NH_3 probablemente favorecida por el inóculo y aditivo, aumentando así la actividad microbiana sobre el sustrato y en la asimilación de carbohidratos solubles y compuestos de fácil digestión; resultados similares reportan varios

DISCUSSION

The content of crude protein of the silages were lower than those reported by Granda et al (18) evaluated the effect of three inoculant in sugarcane silage, in this study SCS3 presented higher values of CP and N-NH₃ probably favored by the inoculum and additive, thus increasing the microbial activity on the substrate and in the uptake of carbohydrates composed of easily digestible and soluble; similar results reported several authors (6,19,20), using as additive urea 1.5%, benzoate sodium 0.1% and sodium hydroxide 1% and *L. plantarum*, *L. paracasei* and *L. buchneri* respectively.

Santos et al (21) evaluated sugarcane silages treated with additives and observed that values ranging from 32% to 35%, 48% to 52%, for DM and FDN, respectively, which are similar to those observed in this study, however, FDA reported values between 29 and 32% which are higher than those determined in our study. The NDF and hemicellulose was higher in SCS1, but no difference in FDA, which may explain that SCS1 showed higher value of IVDMD in comparison with SCS3, but not change in IVOMD.

The pH values were different ($p < 0.05$) between treatments (Table 1). SCS1 was lower in comparison with SCS3; considering that an acceptable silage should have a pH around 4.0 (22). The inclusion of 1% of inoculum and additive in this study, is among these ranges being acceptable as a fermentation, since a value of low acidity silage, reduces proteolysis and improves the stability of aminoacids (23) that it can be confirmed by the low content of ammoniacal nitrogen found in SCS1, at concentrations less than 11% of the NH₃-N the silage are qualified as acceptable and more than 15% are of poor quality, which showed SCS3 for the concentration of CP and N-NH₃ (16%), and being highly shock-absorbers materials requires high amounts of acids, which probably did not decrease the pH of the SCS3 silage, in ranges referred to above, situation that happens in this study and that was in the low IVDMD.

The increase in pH and N-NH₃ may be related to the greater inclusion of the inoculum and mainly to the additive in this treatment, because there is increase in the concentration of urea, presents a greater hydrolysis of it, transforming it into ammoniacal nitrogen which when mixed with water, it produces ammonium hydroxide, although you can control the growth of yeast, it is an unfavorable reaction during the silage process that the decrease of yeasts, presents naturally, in sugarcane in high quantities, are that begin the fast process of fermentation in silage sugarcane (20, 24).

autores (6,19,20), utilizando como aditivos urea 1.5%, benzoato de sódio 0.1% e hidróxido de sodio 1% y *L. plantarum*, *L. paracasei* y *L. buchneri* respectivamente.

Santos et al (21) evaluaron ensilados de caña de azúcar tratada con aditivos y observaron valores de MS que estuvieron entre 32 y 35%, FDN de 48 a 52%, los cuales son similares a los observados en este estudio, sin embargo, para FDA reportaron valores entre 29 y 32%, que son más altos que los determinados en nuestro estudio. La FDN y hemicelulosa fue mayor en ECA1, pero sin diferencia en FDA, lo cual puede explicar que ECA1 mostró mejor DIVMS en comparación con ECA3, aunque sin cambio en DIVMO.

Los valores de pH fueron diferentes ($p < 0.05$) entre tratamientos (Tabla 1). Para ECA1 fue menor en comparación con ECA3; si se considera que un buen ensilaje debe tener un pH alrededor de 4.0 (22). Se observó que la inclusión del 1% de inóculo y aditivo en este estudio, se encuentra entre estos rangos siendo aceptable su calidad fermentativa, ya que un valor de acidez bajo en el ensilado, reduce la proteólisis y se mejora la estabilidad de los aminoácidos (23), lo que se puede confirmar por el bajo contenido de nitrógeno amoniacal encontrado en ECA1, y a concentraciones menores al 11% de N-NH₃ los ensilados se califican como aceptables y superiores a 15 % son de mala calidad, lo que mostró ECA3 por su concentración de PC y N-NH₃ (16%), y al ser materiales altamente amortiguadores se requiere de altas cantidades de ácidos, que probablemente no se logró disminuir el pH del ensilado ECA3, en los rangos referidos anteriormente, situación que sucede en este estudio y que se vio en la bajas DIVMS.

El aumento de N-NH₃ y pH puede estar relacionado con la mayor inclusión del inóculo y principalmente al aditivo en este tratamiento, porque al existir aumento en la concentración de urea, se presenta una mayor hidrólisis de la misma, transformándola en nitrógeno amoniacal, que al mezclarse con agua, genera hidróxido de amonio, aunque puede controlar el crecimiento de levaduras, es una reacción desfavorable durante el proceso de ensilaje, debido a que la disminución de levaduras, quienes se encuentran de manera natural en la caña de azúcar en cantidades elevadas, son las que inician el rápido proceso de fermentación en el ensilaje de caña de azúcar (20,24).

In conclusion, the 1% concentration of bacterial inoculum additive added to silage sugarcane showed better values of pH and N-NH₃ and chemical composition, as well as greater *in vitro* digestibility of dry matter, although he showed no changes on *in vitro* digestibility organic matter. Concentrations above 1% additive and bacterial inoculum increased ammonia nitrogen concentration in silage, modifying the process of fermentation, and concomitantly decreasing the quality and digestibility of the silage.

Conflict of interests

The author (s) did not declare potential conflicts of interest with respect to the investigation, authorship and/or publication of this article.

En conclusión, la concentración del 1% de inóculo bacteriano y aditivo adicionado a caña de azúcar ensilada mostró mejores valores de pH y N-NH₃ y composición química, además de mayor digestibilidad *in vitro* de la materia seca, aunque no mostró cambios en la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica. Concentraciones mayores a 1% de aditivo e inóculo bacteriano incrementan la concentración de nitrógeno amoniacal en el ensilado, modificando la fermentación del mismo, y disminuyendo concomitantemente la calidad y digestibilidad de los ensilados.

Conflicto de Intereses

El (los) autor (es) no declararon conflictos de interés potenciales con respecto a la investigación, autoría y / o publicación de este artículo.

REFERENCES

- Espinoza F, Argenti P, Carrillo C, Araque C, Torres A y Valle A. Uso estratégico de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en novillas mestizas gestantes. *Zootec Trop* 2006; 2(24):95-107.
- Aranda IEM, Mendoza MGD, Ramos JJA, Bueno IC da S, Vitti AC. Efeito De Enzimas Fibrolíticas Sobre a Degradação Microbiana Ruminal Da Fibra De Cana-De-Açúcar. *Ciência Anim Bras* 2010; 11(3):488-495.
- Muck RE. Silage microbiology and its control through additives. *R Bras Zootec* 2010; 39:183-191.
- Ferreira D, Gonçalves L, Molina L. Fermentation of sugarcane silage treated with urea, zeolita, bacteria inoculant and bacteria/enzymatic inoculant. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2007; 59(2):423-433.
- Bravo-Martins C, Carneiro H. Chemical and microbiological evaluation of ensiled sugar cane with different additives. *Brazilian J Microbiol* 2006; 37(4):499-504.
- Valeriano A, Pinto J, Ávila C. Effect of the addition of *Lactobacillus* sp. in sugarcane silages. *R Bras Zootec* 2009; 38(6):1009-1017.
- Santos da Silva W, Carvalho dos Santos TM, Cavalcanti NCC, Espíndola FAM, Mesquita da Silva SG, Neves FA, Araújo de Melo B. Characteristics and aerobic stability of sugarcane silages, treated with urea, NaOH and corn. *Pastos y Forrajes* 2014; 37(2):182-190.
- Pedroso A, Nussio L, Lourdes D. Effect of treatment with chemical additives and bacterial losses and quality of silage from sugar cane. *R Bras Zootec* 2007; 36:558-564.
- Carvalho BF, Ávila CLS, Miguel MGCP, Pinto JC, Santos MC, Schwan RF. Aerobic stability of sugarcane silage inoculated with tropical strains of lactic acid bacteria. *Grass Forage Sci* 2015; 70(2):308-323.
- Ávila C, Pinto J, Oliveira D. Aerobic stability of sugar cane silages with a novel strain of *Lactobacillus* sp. isolated from sugar cane. *R Bras Zootec* 2012; 41(2):249-255.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Anuario estadístico del estado de Jalisco. México: [en línea] 2010. [fecha de acceso 20 de noviembre de 2013] URL disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=14>

12. López GSJ, Cobos PMA, Mendoza MDG, Camacho EMA. The effect of commercial additive (toxic-*chec*) and propionic acid on the fermentation and aerobic stability of silage with pig excreta. *Am J Exp Agric* 2014; 4:1820-1831.
13. Hedman C, Bolea R, Marín B, Cobrière F, Filali H, Vázquez F, Pitarch JL, Vargas A, Acín C, Moreno B, Pumarola M, Andreoletti O, Badiola J. 2016. Transmission of sheep-bovine spongiform encephalopathy to pigs. *Vet Res* 2016; 47: 1-15.
14. Gastelum JLB, Gutiérrez DT, Vara IAD, Rodríguez JMP, Peralta MC. Rendimiento de corderos en crecimiento alimentados con ensilados de pollinaza, cerdaza y urea con melaza de caña o un subproducto de panadería. *Agrociencia* 2018; 52(3):333-346.
15. AOAC. Official Methods of Analysis (19th) Association of Official Analytical Chemists. Arlinton (VA), Washington DC: AOAC; 2012.
16. Van Soest P, Robertson J, Lewis B. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991; 74(10):3583-3597
17. McCullough H. The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. *Clínica Chim Acta*. 1967;17(2):297-304.
18. Tilley JMA, Terry RA. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass Forage Sci* 1963; 18(2):104-111.
19. Statistical Analysis Software, SAS/STAT. Versión 9.3. Edition. Cary (NC): SAS institute Inc; 2011.
18. Gandra JR, Oliveira ER, Takiya CS, Goes RHTB, Paiva PG, Oliveira K MP, Granda ERS, Orbach ND, Haraki HMC. Chitosan improves the chemical composition, microbiological quality, and aerobic stability of sugarcane silage. *Anim Feed Sci Technol* 2016; 214(1):44-52.
19. Siqueira G, Reis R. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. *R Bras Zootec* 2010; 39(1):103-112.
20. Siqueira G, Reis R. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. *R Bras Zootec* 2007; 36(6):2000-2007
21. Santos M, Nussio L, Mourão G, Schmidt P. Nutritive value of sugarcane silage treated with chemical additives. *Sci Agric* 2009; 66(2):159-163.
22. Jacovaci FA, Jobim CC, Schmidt P, Nussio LG, Daniel JLP. A data-analysis on the conservation and nutritive value of sugarcane silage treated with calcium oxide. *Anim Feed Sci Technol* 2017;225:1-7
23. McDonald I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J Agric Sci* 1981; 96(1):251-252.
24. Borges JA, Bastardo Y, Sandoval E, Barrios M, Ortega R. Efecto de la adición de urea y el tipo de fermentación en la estabilidad de silajes de Caña de Azúcar (*Saccharum* spp.). *Zootec Trop* 2011;29(3):283-91.