

ESTUDIO SOBRE CAMBIOS FISICO-QUIMICOS DURANTE LA FERMENTACION DEL PASTO ELEFANTE EN MICROSILOS DE LABORATORIO CON TRES NIVELES DE MELAZA¹ *

Ruth Vargas**, Carlos Jiménez**,
Carlos Boschini*** y Manuel Constenla****

ABSTRACT

Physical and chemical changes during the fermentation of elephant grass with three levels of sugar cane molasses, in laboratory silos. The effect of the addition of sugar cane molasses on the chemical composition and nutritive value of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) silage, was studied utilizing laboratory silos.

These silos were made from strong plastic bags holding about 50 kg of chopped fresh forage, combined with three levels of molasses (0.5 and 10% wet basis). A randomized blocks design with 3 replications was used. Differences among treatment means were determined by the Duncan's test.

The laboratory analysis were: pH, volatile fatty acid and lactic acid content, soluble carbohydrates content, dry matter content, crude protein content and cell wall constituents content (NDF).

As the level of molasses increased pH decreased and fatty, acetic, and lactic acids, tend to increase. Butiric acid content decreases with the addition of molasses. The positive effect of molasses was to increase soluble carbohydrates available to the bacteria allowing increases in dry matter content and crude protein content and decreases in the cell wall constituents.

The use of the small laboratory silos was a practical and effective way to study the qualitative and quantitative effect of the addition of sugar cane molasses to the elephant grass during silage production.

INTRODUCCION

La baja producción de forraje durante la época seca en las regiones tropicales, determina la

necesidad de evaluar las técnicas de conservación en términos de composición química y valor nutritivo, para asegurar que el excedente de forraje de épocas de alta producción se preserve eficientemente para ser usado en el período crítico.

¹ Recibido para su publicación el 7 de Noviembre de 1980.

* Parte de la tesis de Ingeniero Agrónomo, presentada a la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica.

** Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

*** Estación Experimental de ganado lechero Ing. Alfredo Volio Mata, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

**** Facultad de Química, Universidad de Costa Rica.

La cantidad de investigación sobre la composición química y el valor nutritivo de forrajes conservados que se realiza en regiones templadas es muy grande, sin embargo, en condiciones tropicales es escasa y con ello poco el desarrollo de procedimientos experimentales económicos y efectivos.

La necesidad de generar la tecnología que permita la conservación de los forrajes tropicales con mayor eficiencia, hace imprescindible que se

evalúen y cuantifiquen los cambios físicos y químicos que suceden durante el proceso de fermentación anaeróbica, así como el efecto de diferentes factores sobre estos cambios.

El estudio de la conservación de forrajes en microsilos de laboratorio permite efectuar mayor número de tratamientos gracias al reducido volumen utilizado, además de que las alteraciones químico-biológicas del ensilado no dependen del volumen ni de la forma de los silos (10).

Siendo el pasto elefante uno de los forrajes de corte de mayor productividad y difusión en Costa Rica y conociendo la necesidad de adicionarle carbohidratos solubles para su adecuada conservación, se planteó este trabajo de investigación cuyos objetivos fueron: determinar el efecto de la adición de melaza sobre el proceso de fermentación del pasto elefante en silos de laboratorio, evaluar la utilización de microsilos de laboratorio en el estudio de los cambios físicos y químicos durante la fermentación anaeróbica del pasto elefante y adaptar una metodología de trabajo para el análisis de ensilajes de pastos tropicales.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) en estado de prefloración con 40 días de edad, cosechado en la finca de la Escuela Centroamericana de Ganadería ubicada en Balsa de Atenas, Provincia de Alajuela, a una altitud de 400 msnm, una temperatura media de 27,5 C y un promedio de precipitación de 1.750 mm/mes.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos experimentales fueron la adición de melaza a razón de 0, 5, y 10% sobre la base de materia verde, al material fresco picado a un tamaño de 2 cm. Con las mezclas de melaza y pasto picado se procedió a llenar los microsilos, que fueron fabricados con dos bolsas de polietileno con capacidad para 50 kg de forraje fresco. A cada uno, se le colocó un drenaje de plástico de 15 cm de largo en una de las esquinas inferiores para la recolección de efluentes en botellas de plástico con capacidad para un l. Los microsilos fueron montados sobre un soporte de madera para facilitar el escurrimiento de jugos.

Para la determinación del pH y los ácidos grasos (AG) se utilizaron muestras de 50 g de ensilado, licuados en 300 ml de agua y exprimidos con una prensa hidráulica, a los que se les adicionó previamente 3 ml de HgCl₂ al 7% (v/v) para inhibir la fermentación posterior. Los valores de pH se efectuaron por lectura directa en un potenciómetro con electrodos de vidrio y los ácidos grasos por el método de Constenla y Mora*.

Se emplearon muestras de 250 g de forraje fresco y ensilado para determinar las concentraciones de materia seca y proteína cruda de acuerdo con los métodos descritos por la A.O.A.C. (2), de los carbohidratos solubles por el método del Ministry of Agriculture (10) y de la porción de pared celular por el método propuesto por Van Soest (15).

Los datos obtenidos se sometieron al análisis de varianza con el fin de determinar diferencias entre tratamientos, tanto en el forraje fresco como en el ensilado. Las diferencias entre medias de tratamientos se determinaron con la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

Materia Seca

Los valores promedio de materia seca de las muestras de forraje fresco y ensilaje fueron 21,58 y 23,35%, respectivamente, observándose un incremento luego de la fermentación anaeróbica.

Se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre tratamientos, tanto en el forraje fresco como en el fermentado, siendo mayores en ambos casos para el nivel de 10% de melaza y menores cuando ésta no se adicionó conforme se ilustra en la Fig. 1. Estos resultados eran de esperar debido a los mayores contenidos de materia seca que tiene la melaza con respecto al pasto. Varios autores (1, 9) concuerdan con estos resultados y atribuyen el cambio a la pérdida de fluidos de contenido celular por el efecto higroscópico de la melaza y la consecuente concentración de sólidos (7).

* CONSTENLA, M. Escuela de Química, Universidad de Costa Rica, 1980, Comunicación personal.

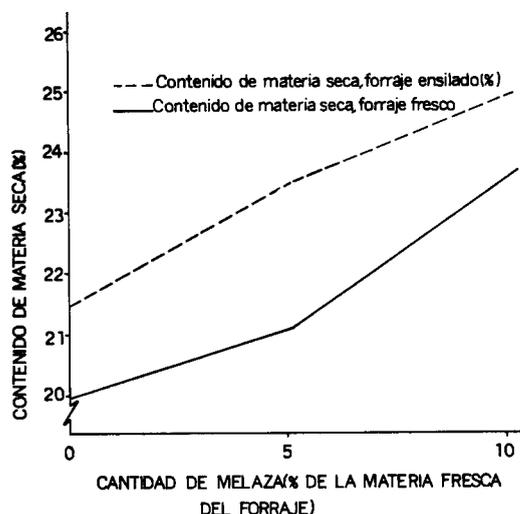


Fig. 1. Contenido porcentual de materia seca con respecto a niveles de melaza en forraje fresco y ensilado de pasto elefante.

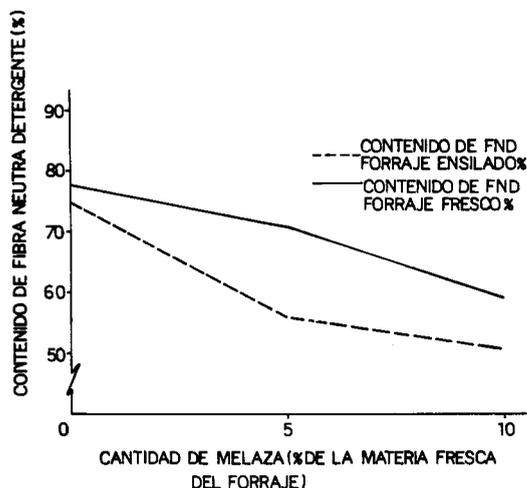


Fig. 2. Contenido de fibra neutra detergente en pasto elefante ensilado y fresco con tres niveles de melaza.

Pared celular.

La Fig. 2 muestra el comportamiento del contenido de pared celular con el incremento en la cantidad de melaza adicionada en el forraje fresco y el ensilaje después de la fermentación anaeróbica. Los contenidos de fibra neutro detergente disminuyeron significativamente ($P \leq 0,01$) de 78,11

a 58,67% en el pasto fresco y de 75,05 a 50,54% en el ensilado entre los niveles de 0 y 10% de melaza, atribuyéndose este cambio a la adición de cantidades crecientes de sólidos solubles con la melaza. Al hacer la comparación entre los contenidos de pared celular del material fresco y el ensilado, se obtuvo consistentemente una reducción debido a la fermentación, la cual fue altamente significativa ($P \leq 0,01$). Este hecho se debe a un posible desdoblamiento de los constituyentes estructurales de la planta durante el proceso de fermentación bacteriana. Rodríguez (12) corrobora este hecho al encontrar incrementos en la cantidad de carbohidratos solubles en ensilado de sorgo con respecto al material fresco no fermentado.

Carbohidratos solubles y ácidos grasos

La adición de melaza, como era de esperar, provocó aumentos altamente significativos ($P \leq 0,01$) en las concentraciones de carbohidratos solubles tanto en el ensilado como en el pasto previa su fermentación (Fig. 3). Conforme se incrementó el

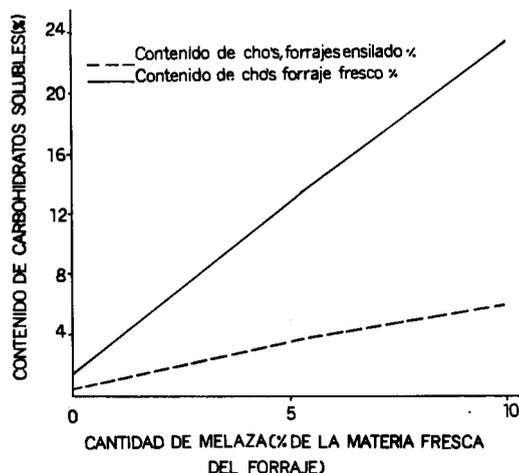


Fig. 3. Variaciones del contenido de carbohidratos solubles al aumentar los niveles de melaza en forraje fresco y ensilado de pasto elefante.

nivel de melaza de 0 a 10%, los valores obtenidos fueron de 1,76, 13,13 y 23,50% en el material fresco y de 0,92, 3,88 y 6,34% en el ensilado para los tres niveles, respectivamente. La disminución de los promedios de carbohidratos solubles de 12,79 a 3,71% fue altamente significativa ($P \leq$

0,01) debido a la utilización de los carbohidratos solubles por las bacterias acidogénicas durante el proceso de fermentación para la producción de ácidos grasos. En la Fig. 4 se puede apreciar que la

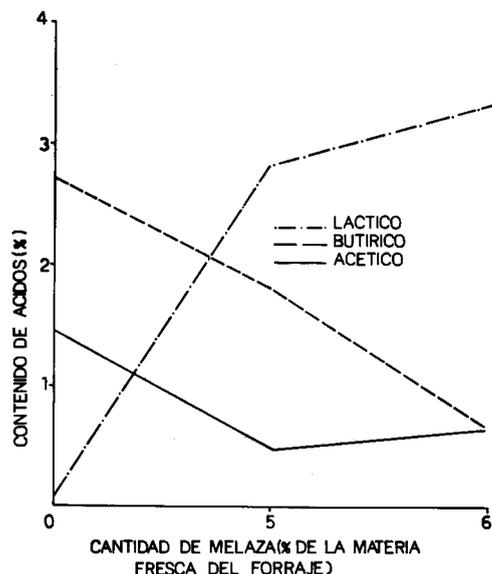


Fig. 4. Contenido de ácidos: láctico, acético y butírico determinados en el ensilado de pasto elefante con el incremento en los niveles de melaza.

producción de ácido láctico incrementó considerablemente a partir del nivel de 0% de melaza y que tiende a estabilizarse en los niveles 5 y 10%. La concentración de carbohidratos es el factor principal que determina una buena fermentación asociada a una buena concentración de ácido láctico y una baja concentración de ácido butírico. En este trabajo la situación se cumple cuando se adiciona un 5% de mieles finales, obteniéndose una concentración de 13,13% de carbohidratos solubles en el forraje fresco y de 2,86% de ácido láctico en el ensilado. Estos resultados concuerdan con la literatura, que indica niveles óptimos de carbohidratos solubles de 10 a 15% (6, 8) y de ácido láctico de 3 a 13% (4).

Los valores de los ácidos acético y láctico difirieron en forma altamente significativa ($P \leq 0,01$) entre tratamientos y significativamente ($P \leq 0,05$) para el ácido butírico. Las cantidades totales de ácidos grasos fluctuaron entre 4,39 y 5,27% de la

materia seca, siendo el butírico un 62,78% del total de ácidos en el tratamiento con 0% de melaza, lo cual estuvo asociado a una caracterización organoléptica en cuanto a olor, no muy aceptable. Esta situación mejoró a partir del ensilado con 5% de mieles, en el cual la concentración de este ácido disminuyó a 35,86% y la del ácido láctico se incrementó de 2,28 a 54,27%.

Acidez

El valor de pH es un parámetro de evaluación tanto de la calidad del ensilado como de su capacidad de preservación en el tiempo. Los valores promedio obtenidos fueron de 4,86, 4,10 y 4,08 para los tratamientos con 0, 5 y 10% de melaza, respectivamente. En otros ensayos (3, 11), los autores manifiestan valores que fluctúan entre 4,5 y 4,8 considerados como normales para forrajes tropicales. Los valores obtenidos en el ensilado de pasto elefante son normales a excepción del tratamiento al cual no se le adicionó la melaza.

Proteína cruda

En el Cuadro 2 aparecen los contenidos de proteína cruda, así como las diferencias entre el material fresco y el ensilado. Se puede apreciar que en todos los casos el contenido de proteína cruda aumentó, siendo mayor cuando se adicionó melaza. En general, estos resultados no concuerdan con lo referido en la literatura, pues normalmente exis-

Cuadro 1. Contenido de ácidos grasos volátiles y láctico y su valor porcentual con respecto al total de ácidos. Valor de acidez en ensilado de pasto elefante con tres niveles de melaza.

Acidos	Niveles de		
	0	5	10
Láctico	0,10 ^c	2,86 ^b	3,35 ^a
%	2,28	54,27	70,39
Acético	1,53 ^a	0,52 ^b	0,69 ^b
%	34,85	9,87	14,49
Butírico	2,76 ^a	5,27 ^b	4,76 ^c
%	62,87	35,86	15,12
Total	4,39	5,27	4,76
pH	4,86	4,10	4,08

Cuadro 2. Contenidos de proteína cruda en (N x 6,25) en forraje fresco y ensilado con tres niveles de melaza

Proteína cruda	Tratamientos (% de melaza)		
	0	5	10
Fresco	4,66	5,39	4,67
Ensilado	5,05 ^b	6,12 ^a	5,46 ^b
Diferencia	0,39	0,73	0,79

ten pérdidas de nitrógeno por volatilización y escurrimento en los jugos de drenaje. Sin embargo, cuando los contenidos de proteína iniciales son bajos, como lo indican Marambio y Retamal (8) en ensilados de pasto de pradera natural, la melaza puede favorecer la eficiencia bacteriana en la utilización del nitrógeno, reduciéndose la concentración de N-amoniaco, y lográndose una mayor proliferación de la masa microbiana de alto valor proteico. Además, la pérdida de agua durante el proceso de fermentación, conduce a un incremento en la concentración de sólidos, obteniéndose así, un mayor contenido proteico en un ensilado.

Los resultados del presente estudio por su concordancia con la mayor parte de la información disponible en el estudio de ensilajes, indican la confiabilidad de la metodología de laboratorio empleada, así como la posibilidad de utilizar recipientes pequeños de fermentación que permiten menores costos y mayor flexibilidad en la investigación.

LITERATURA CITADA

- AGUILERA, G.R. y DONOUAN, P.O. Algunas características bioquímicas de la pulpa cítrica ensilada con diferentes niveles de miel y bago de caña de azúcar. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 9 (2): 357-366. 1975.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Washington, D.C. Official methods of analysis of the A.O.A.C. 11th ed. Washington D.C., 1974. 1015 p.
- ARROYO, G.R.A. Evaluación de la calidad y niveles de nutrientes de algunos ensilajes en la zona lechera de altura. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1977. 60 p.
- BRIGGS, A.R.; LANGSTON, C.W. y ARCHIBALD, J.G. Definition of silage terms. *Agronomy Journal* 53 (5): 280. 1961.
- CATCHPOOLE, V.R. y HENZEL E.F. Silage macking from tropical herbage species. *Herbage Abstracts* 41(3): 213-221. 1971.
- GROSS, F. Silos y ensilados. España Acribia, 1969. 60 p.
- KEARNEY, P.C. y KENNEDY, W.C. Relationship between losses of fermentable sugars and changes in organic acids of silages. *Agronomy Journal* Madison 54(2): 114-115. 1962.
- LARA y LARA, E.P. Diferentes niveles de melaza y urea en el ensilaje de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica. U.C.R.-CATIE, 1977. 72 p.
- MARAMBIO, J. y RETAMAL, N. Uso de aditivos en ensilajes. I. Utilización de melaza y ácido fórmico en pradera cosechada en dos estados de madurez. *Agro Sur* 4(2): 76-80. 1976.
- MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD. The Analysis of Agricultural Materials Technical Bulletin 27. London, 1973. 80 p.
- MORENO, A.H. Evaluación de ensilajes de pasto panamá (*Saccharum sinensis*) para la alimentación de vacas de doble propósito. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, U.C.R.-CATIE, 1977. 98 p.
- MORENO, A.H. y TORANZOS M.R. Construcción y utilización de una batería de microsilos. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* 10 (3-4): 271-288. 1973.
- NARAUG, M. y BALWANI, T.L. A note on the pH of silages. *Indian Journal Animal Science* 44(7): 498-500. 1974.
- RODRIGUEZ, T.J. Productividade e valor nutritivo de cinco diferentes sorgos forrageiros (*Sorghum vulgare* Pers) e suas silageris. *Revista Ceres* 24(135): 530-538. 1977.
- VAN SOEST, P.J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants. Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *Journal Animal Science* 24:834-843. 1965.