

## EFFECTO DE LA ADICION DE NaOH SOBRE LA COMPOSICION FISICO-QUIMICA DE MICROENSILAJES DE CAÑA

GUILLERMO GLEAVES O.<sup>1</sup>  
MARCELO PÉREZ D.<sup>2</sup>

La caña de azúcar picada ha sido usada en raciones completas como suplemento para bovinos durante épocas de escasez de forraje (Chapman, 1976). Sin embargo, el corte y picado diario de la caña fresca constituye una maniobra difícil, por lo que resultaría más atractivo realizar su cosecha durante un período relativamente corto y almacenarla en forma de ensilaje. Esto permitiría disponer de este forraje durante mayor tiempo y ofrecerlo a los animales en el momento conveniente, además con la posibilidad de mejorar su valor nutritivo (Preston *et al.*, 1976).

Debido al alto contenido de carbohidratos, se ha sugerido que durante el proceso de ensilaje de caña de azúcar se sintetizan cantidades significativas de alcohol que podrían obstaculizar la utilización eficiente de este producto (González y McLeod, 1976). Aparentemente el medio ácido producido en estas fermentaciones favorece el desarrollo de microorganismos con fermentación alcohólica (Preston, 1977), por lo que se ha sugerido que si artificialmente se controla el pH, teóricamente se controlaría este problema.

El objetivo de este experimento fue el de examinar el efecto de la adición de diferentes niveles de NaOH a ensilajes de caña

de azúcar, a nivel de microsilo, sobre diferentes parámetros físico-químicos.

Para el proceso de ensilado se utilizaron 15 microsilos, cuyas características fueron las siguientes: se usaron bolsas de polietileno de 25 kg de capacidad. La caña de azúcar se picó en partículas de 5 cm de largo, se introdujo y se compactó en la bolsa. Se probaron cinco niveles de NaOH con tres repeticiones cada uno. Los porcentajes de NaOH agregados con base en materia seca fueron: 0, 1, 4, 6 y 8. La caña de azúcar fue picada en forma regular (tamaño de partículas: 5 cm, aproximadamente) y mezclada con los distintos niveles de aditivo. El material mezclado fue comprimido cerrando perfectamente las bolsas con el fin de proporcionar condiciones anaeróbicas. Los microsilos se mantuvieron a temperatura ambiente durante 35 días, después de los cuales se obtuvieron las muestras de cada tratamiento y se colocaron en hielo para su transporte al laboratorio. Ahí, las muestras fueron colocadas en bolsas de polietileno más pequeñas y puestas en el congelador de donde se fueron sacando para su análisis correspondiente.

Los análisis químicos efectuados a cada una de las muestras fueron los siguientes: a) humedad por arrastre de tolueno (Jacobs, 1965); b) análisis químico proximal (A.O.A.C., 1970); c) análisis químico de fibra ácido detergente (A.O.A.C., 1970); d) determinación del ácido láctico (Pacheco, 1976).

El diseño usado fue por bloques completamente al azar. Se realizaron análisis de varianza y se hicieron comparaciones ortogonales para estimar efectos lineal,

Recibido para su publicación el 19 de mayo de 1981.

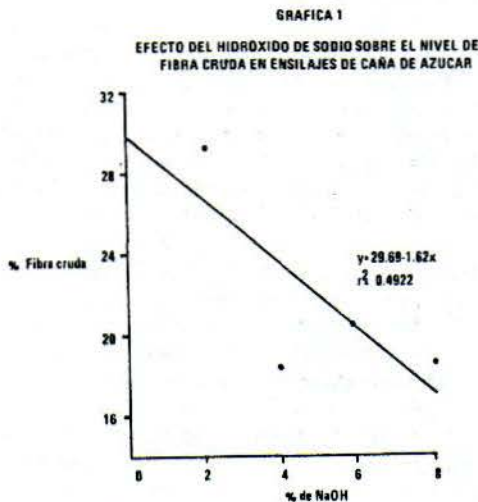
<sup>1</sup> Centro Experimental Pecuario "La Unión", Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias (INIP), Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Apdo. Postal Núm. 720, Aca-pulco, Gro.

<sup>2</sup> Departamento de Ruminología Básica, INIP-SARH, Apdo. Postal 41-652, Palo Alto 10, D.F.

cuadrático o cúbico. Se realizaron correlaciones ente nivel de NaOH (variable independiente) y los diferentes parámetros analizados. Los métodos usados fueron los sugeridos por Steel y Torrie (1960).

Los resultados de los análisis químicos de los diferentes tratamientos se detallan en el Cuadro 1. No existieron diferencias significativas entre tratamientos en los siguientes parámetros: materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, total de nutrientes digestibles y lignina. Sin embargo, estos resultados muestran que existió una diferencia estadística entre tratamientos en relación a fibra cruda, fibra ácido detergente, cenizas y ácido láctico.

El porcentaje de fibra cruda disminuyó al incrementar el nivel de NaOH ( $P < 0.05$ ) existiendo un efecto lineal negativo ( $P < 0.01$ ). Esto se puede observar en la Gráfica 1. Resultados similares han sido

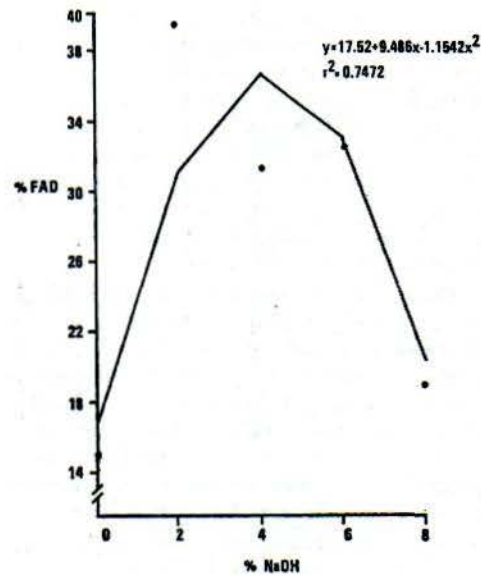


mencionados por González y López (1978). Este mismo fenómeno ha sido observado en el tratamiento de bagacillo de caña con NaOH, presentándose una diferencia altamente significativa comparándola con el bagacillo sin tratamiento (Egaña *et al.*, 1976). Este proceso parece estar más liga-

do a la pérdida de hemicelulosas que a la acción de hidrólisis que pudiera ejercer el NaOH sobre la celulosa y la lignina como componentes de la fibra cruda.

Otro parámetro que presentó diferencia estadística entre tratamiento fue el porcentaje de FAD (Fibra Acido Detergente), el cual presentó un efecto cuadrático ( $P < 0.01$ ), Gráfica 2. Este fenómeno se encuen-

GRAFICA 2  
EFECTO DEL HIDROXIDO DE SODIO SOBRE EL NIVEL DE FIBRA ACIDO DETERGENTE EN ENSILAJES DE CAÑA DE AZUCAR



tra asociado a los resultados obtenidos en lignina, que aunque no presentó diferencia estadística entre tratamientos, presentó un efecto cuadrático ( $P < 0.05$ ), como se puede observar en la Gráfica 3. Esto quiere decir que los porcentajes de fibra ácido detergente, de lignina y probablemente de celulosa aumentaron en los tratamientos con concentraciones más bajas de NaOH con respecto al tratamiento sin aditivos. Posteriormente se observa un descenso de estos porcentajes al incrementarse la con-

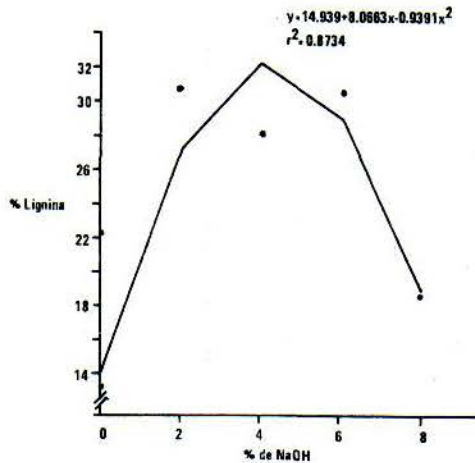
CUADRO 1

Resultados obtenidos en los análisis químicos realizados a los microsilos de caña de azúcar con adición de NaOH (Base seca)

	% de NaOH en base seca de caña picada entera				
	0	2	4	6	8
	$\bar{X} \pm V$	$\bar{X} \pm V$	$\bar{X} \pm V$	$\bar{X} \pm V$	$\bar{X} \pm V$
Materia seca % por arrastre con tolueno	30.0 ± 0.9 <sup>a</sup>	30.0 ± .76 <sup>a</sup>	30.0 ± 0 <sup>a</sup>	30.0 ± 0 <sup>a</sup>	30.0 ± 0 <sup>a</sup>
Proteína cruda (%)	3.04 ± .78 <sup>a</sup>	3.01 ± .50 <sup>a</sup>	2.27 ± 0.86 <sup>a</sup>	2.19 ± .44 <sup>a</sup>	2.15 ± 0.28 <sup>a</sup>
Ext. Etéreo (%)	2.75 ± 0.97 <sup>a</sup>	3.10 ± 2.59 <sup>a</sup>	2.97 ± .92 <sup>a</sup>	2.92 ± 2.63 <sup>a</sup>	1.82 ± 2.21 <sup>a</sup>
Fibra cruda (%)	29.87 ± 3.4 <sup>b</sup>	29.48 ± 5.7 <sup>b</sup>	18.09 ± 5.1 <sup>a</sup>	10.36 ± .45 <sup>a</sup>	18.15 ± 3.8 <sup>a</sup>
Ext. libre de nitrógeno (%)	57.46 ± 5.2 <sup>a</sup>	51.86 ± .94 <sup>a</sup>	52.05 ± 4.1 <sup>a</sup>	55.20 ± 4.0 <sup>a</sup>	53.80 ± 3.8 <sup>a</sup>
Cenizas (%)	6.87 ± 1.6 <sup>a</sup>	12.56 ± 1.7 <sup>b</sup>	24.65 ± 3.6 <sup>c</sup>	19.28 ± 3.6 <sup>c</sup>	24.05 ± 7.6 <sup>d</sup>
+ Fibra ácido detergente (%)	14.53 ± 2.4 <sup>a</sup>	39.70 ± 8.0 <sup>c</sup>	31.52 ± 8.0 <sup>b</sup>	32.38 ± 9.3 <sup>b</sup>	20.7 ± 13.6 <sup>a</sup>
+ Lignina (%)	13.61 ± 1.7 <sup>a</sup>	31.17 ± 8.8 <sup>b</sup>	28.59 ± 6.01 <sup>b</sup>	30.46 ± 7.9 <sup>b</sup>	19.50 ± 12.7 <sup>a</sup>
+ Acido láctico mg/100 ml	246.6 ± 39.51 <sup>a</sup>	331.0 ± 2.53 <sup>b</sup>	371.0 ± 62.17 <sup>b</sup>	419.0 ± 161.04 <sup>c</sup>	230.0 ± 1-5.7 <sup>a</sup>

\* a, b, c, d Resultados con diferente literal son diferentes estadísticamente (P < 0.05).

GRAFICA 3  
EFFECTO DEL HIDROXIDO DE SODIO SOBRE EL NIVEL DE LIGNINA EN EL ENSILAJE DE CAÑA DE AZUCAR



concentración de NaOH. Esto puede deberse a que existe la posibilidad, como se menciona arriba, de que la hemicelulosa desaparezca conforme se incrementa la concentración de NaOH. Por otro lado sólo hay una hidrólisis parcial o total a bajas concentraciones y de esta manera el porcentaje de lignina y de celulosa se incrementa como sucede con el bagazo y el bagacillo cuando son tratados con bajas concentraciones de NaOH (Egaña *et al.*, 1976; Martín *et al.*, 1976). Otra posibilidad que describe el descenso de hemicelulosa es de que el pH que prevalece en estas concentraciones es más apropiado para que se incremente de una manera satisfactoria el número de bacterias con capacidad hemicelulolítica.

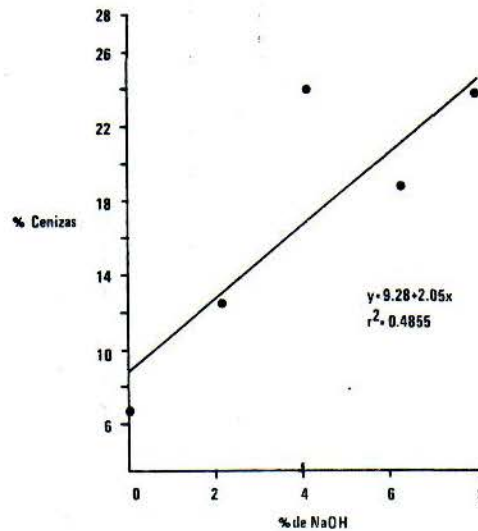
Con el nivel de 4% de NaOH es posible que exista en realidad un efecto directo del NaOH sobre la lignina y la celulosa, aunque dicho efecto sólo sea parcial a las concentraciones usadas en este trabajo. En trabajos realizados con bagazo de caña a una concentración de 8% o más de NaOH, el porcentaje de lignina sólo sufre una pequeña disminución (Egaña *et al.*, 1976).

Sin embargo, si se intenta usar una concentración mayor, a fin de que se efectúe una mayor acción sobre las paredes celulares, se provocaría un aumento del pH, ocasionando de esta manera que las bacterias existentes deseables en el ensilaje no logren sobrevivir y por lo tanto no puede haber una fermentación esperada con este tipo de forrajes.

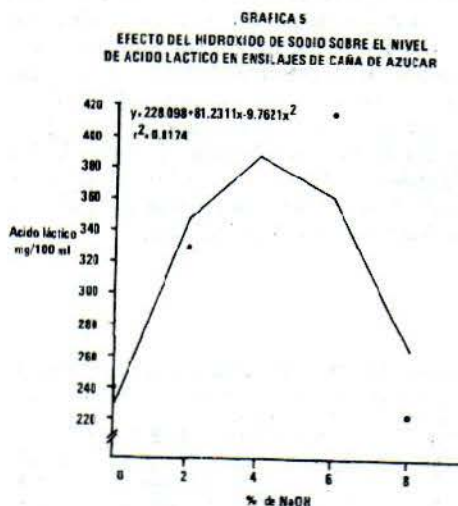
En los niveles de cenizas totales hubo una diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos y se observó un efecto lineal positivo ( $P < 0.01$ ). Este efecto se puede observar en la Gráfica 4, cuyo fenómeno se explica porque a mayor concentración de NaOH se incrementa el porcentaje de minerales, ya que la misma sosa contiene un elevado nivel de éstos. Esto mismo ha sido señalado con tratamientos similares por otros autores (Martín *et al.*, 1976).

Los resultados obtenidos en la concentración de ácido láctico mostraron que hubo una diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos, además de que se observa un efecto cuadrático ( $P < 0.01$ ), Grá-

GRAFICA 4  
EFFECTO DEL HIDROXIDO DE SODIO SOBRE EL NIVEL DE CENIZAS EN ENSILAJES DE CAÑA DE AZUCAR



figa 5. En esta gráfica se observa que la máxima concentración de ácido láctico se obtiene cuando el NaOH se encuentra en un nivel de 4% y disminuye a medida que la concentración de NaOH se incrementa. Este fenómeno apoya la sugerencia de que el pH que prevalece con la concentración de 4% de NaOH, favorece el desarrollo de

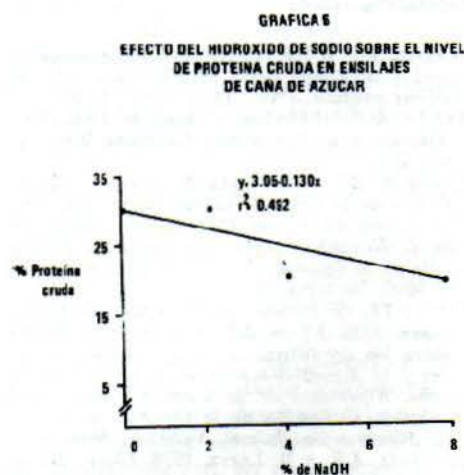


bacterias que producen una fermentación de tipo láctico, pero a medida que se aumenta el nivel de NaOH sobre el 4%, se presenta un efecto negativo. De esta manera y por los resultados obtenidos se puede sugerir que la adición de NaOH a una concentración de 4% en base seca de la caña de azúcar es la apropiada. Sin embargo, los resultados obtenidos con el nivel de ácido láctico no son tan elevados, ya que la concentración del 1.23% de la materia seca, para el nivel de 4% de NaOH y 1.39% de la materia seca para el 6% de NaOH, fueron menores que los obtenidos por Ravelo *et al.* (1977), o bien a los valores de 12.5% de que informan otros (Alvarez y Preston, 1976).

Los porcentajes de proteína no fueron

significativamente diferentes entre tratamientos, pero se observó que existió un efecto lineal negativo ( $P < 0.05$ ) con el análisis de regresión, Gráfica 6. Estos resultados no concuerdan con la sugerencia de Preston (1976) en el sentido de que durante el proceso de ensilaje, el valor nutritivo de la caña es enriquecido al haber un aumento de la proteína verdadera por acción y crecimiento microbianos.

Debido a problemas técnicos en nuestro laboratorio, no fue posible realizar mediciones al contenido de alcohol en las muestras de forraje. De una manera muy subjetiva, se intentó realizar una apreciación meramente física (olfatoria) y se pudo detectar diferencia entre los diferentes tratamientos en relación a su contenido de alcohol, notándose una disminución conforme aumentó el contenido de NaOH.



Por lo tanto, como conclusión, la adición de NaOH a ensilajes de caña de azúcar modifica algunos componentes bromatológicos de la misma, encontrándose que un nivel de NaOH al 4% en base seca constituye el óptimo bajo las condiciones experimentales de este trabajo.

## Summary

This experiment was conducted in order to test the effect on the addition of different levels of NaOH on the chemical composition of sugar cane silage.

Sugar cane was chopped and introduced in plastic bags of 25 kg capacity. NaOH was added at the following levels: 0, 1, 4, 6 and 8% on a dry matter basis. There were three repetitions for each treatment. After mixing, the bags were sealed and left at room temperature. After 35 days the bags were open, the samples taken and stored in the freezer until analysis. The samples were analysed for moisture content, proximal analysis, acid detergent fiber, lignin and lactic acid. An analysis of variance was done and orthogonal comparisons were

conducted in order to detect any linear, quadratic or cubic effect.

The crude fiber content decreased linearly with the NaOH level ( $P < 0.05$ ). A quadratic effect was observed with the ADF fraction ( $P < 0.05$ ), the lignin and the lactic acid content ( $P < 0.05$ ). The ash fraction increased linearly increasing the NaOH level ( $P < 0.01$ ). No significant difference was detected between treatments on the percent protein although a significant linear effect was found ( $P < 0.05$ ). In summary, the addition of NaOH had a significant effect on most of the parameters studied and it was found that the addition of NaOH at 4% was the best.

## Literatura citada

- ALVAREZ, F.J. y T.R. PRESTON, 1976, Amoniaco/ miel y urea/miel como aditivos para caña de azúcar ensilada. *Prod. Anim. Trop.*, 1:100
- A.O.A.C. Official Methods of Analysis, 11th, 1970, Association of Agricultural Chemists, Washington, D.C.
- CHAPMAN, H.L., 1976, Caña de azúcar y subproductos de la caña de azúcar para producción de ganado de carne: Revisión. *Presentado en la 1ª Reunión Internacional sobre la Utilización de la Caña de Azúcar en la Alimentación Animal*, Veracruz, México.
- ECAÑA, J.I., A. FLORES, B. MURILLO y M.T. CABEZAS, 1976, Efecto del tratamiento de NaOH sobre los constituyentes de las paredes celulares y la digestibilidad *in vitro* del bagazo de caña. *Resúmenes de la Reunión Internacional sobre la Utilización de la Caña de Azúcar en la Alimentación Animal*, Veracruz, México.
- GONZÁLEZ, A.R. y R. LÓPEZ, 1978, Efecto del nivel de la NaOH sobre la fermentación y degradación de los carbohidratos de la caña de azúcar ensilada. *Resúmenes de la Reunión Anual del Trópico*, Yucatán, México.
- GONZÁLEZ, E. and N.A. McLEOD, 1976, Spontaneous fermentation of sugar cane, *Trop. Anim. Prod.*, 1:82.
- JACOBS, M., 1965, The chemical analysis of foods products and Food Products, *Van Nostrand Princeton*, New Jersey.
- MARTIN, P.C., A. CABELLO y A. ELÍAS, 1976, Utilización de subproductos fibrosos de la caña de azúcar por los rumiantes: Efecto de la combinación de la NaOH y presión sobre la digestibilidad y la composición química del bagazo y bagacillo, *Rev. Cubana de Ciencias Agrícolas*, 10:21.
- PACHECO, V.F., 1976, Fermentación láctica del proceso biofermel. Tesis de Maestría en Ingeniería Química, *Fac. de Química*, UNAM, México, D.F.
- PRESTON, T.R., 1977, El valor nutritivo de la caña de azúcar para el rumiante, *Prod. Anim. Trop.*, 2:129.
- PRESTON, T.R., C. HINOJOSA y L. MARTÍNEZ, 1976, Ensilaje de la caña de azúcar con amoniaco y ácidos minerales, *Prod. Anim. Trop.*, 1:124.
- RAVELO, G., N.A. McLEOD y T.R. PRESTON, 1977, Ensilaje de caña de azúcar, forraje de yuca y urea, *Prod. Anim. Trop.*, 2:34.
- STEEL, O.D., J. H. TORRIE, 1960, Principles and procedures of statistics, *McGraw-Hill Book Co.*, Inc.