

# **Conservación de caña de azúcar picada usando hidróxido de calcio**

**Ramón Rafael Galindo Sáenz  
Walter Aníbal Rubio Álvarez**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2011

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

# **Conservación de caña de azúcar picada usando hidróxido de calcio**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Ramón Rafael Galindo Sáenz**  
**Walter Aníbal Rubio Álvarez**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2011

# Conservación de caña de azúcar picada usando hidróxido de calcio

Presentado por:

Ramón Rafael Galindo Sáenz  
Walter Aníbal Rubio Álvarez

Aprobado:

---

Isidro A. Matamoros, Ph.D.  
Asesor principal

---

Abel Gernat, Ph.D.  
Director  
Carrera de Ingeniería Agronómica

---

Celia O. Trejo, Ph.D.  
Asesora

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

## RESUMEN

Galindo, R.R.; Rubio, W.A. 2011. Conservación de caña de azúcar picada usando hidróxido de calcio. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 15 p.

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de hidróxido de calcio con tres tamaños de picado 3.5, 6.5 y 11 milímetros en caña de azúcar como método de conservación de forraje. Se utilizaron 20 novillos y 20 vacas de leche. El primer tratamiento consistió en ofrecer 10 kg de caña de azúcar fresca con tres tamaños de picado; el segundo tratamiento fue ofrecer 10 kg de caña de azúcar con 350 gramos de hidróxido de calcio en los tres tamaños de picado; el tercer tratamiento fue ofrecer 10 kg de caña de azúcar con 500 gramos de hidróxido de calcio en los tres tamaños de picado; y el cuarto tratamiento fue ofrecer 10 kg de caña de azúcar en tres tamaños de picado con 750 gramos de hidróxido de calcio. Para determinar el consumo, se usaron 4 repeticiones en el primer estudio. En el segundo estudio se evaluó la temperatura y el pH a las 0, 12, 36 y 60 horas con tres concentraciones de hidróxido de calcio 3.5, 5.0 y 7.5% en 100 kg de caña de azúcar. Se hicieron tres repeticiones. Para la variable consumo de alimento en novillos no se encontró diferencia ( $P>0.05$ ) en los tamaños de picado y las concentraciones de hidróxido de calcio no aumentaron o disminuyeron el consumo de alimento; en vacas se encontró diferencia ( $P<0.05$ ) en el consumo siendo el tratamiento testigo y la concentración de 3.5% de hidróxido de calcio los que presentaron un incremento, mientras que con la concentración de 7.5% de hidróxido de calcio se presentó disminución en el consumo. Se encontró diferencia para la variable pH ( $P<0.05$ ) entre los niveles de hidróxido de calcio y los tamaños de picado, entre la hora 0 y 12 se mantuvo y disminuyó después de la hora 12 con una tendencia similar en las concentraciones de 3.5, 5.0 y 7.5% de hidróxido de calcio. Se encontró diferencia para la variable temperatura ( $P<0.05$ ) entre los niveles de hidróxido de calcio y los tamaños de picado entre la hora 0 y 12 se mantuvo y aumentó después de la hora 12 con una tendencia similar en las concentraciones de 3.5, 5.0 y 7.5% de hidróxido de calcio. Bajo las condiciones de este estudio, el uso de hidróxido de calcio con la concentración de 7.5% y un tamaño de picado de 11 mm mejora la conservación de la caña de azúcar, pero hay una merma en el consumo con 7.5% de hidróxido de calcio, mientras que se presenta un aumento en el consumo con 3.5% de hidróxido de calcio y 3.5 mm de tamaño.

**Palabras clave:** Conservación de forrajes, tamaño de picado.

## CONTENIDO

Portadilla .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Página de firmas .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras .....	v
1. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	2
2. <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	5
3. <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	6
4. <b>CONCLUSIONES</b> .....	14
5. <b>RECOMENDACIONES</b> .....	15
6. <b>LITERATURA CITADA</b> .....	16

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Descripción de los tratamientos (1-12) como resultado de la combinación de los niveles del factor A (tamaño de picado) y los niveles del factor B (inclusión de hidróxido de calcio). .....	3
2. Composición química de la caña de azúcar.....	4
3. Composición química de cal hidratada.....	4
4. Efecto de cuatro concentraciones de hidróxido de calcio sobre el consumo de caña de azúcar en vacas y novillos. ....	6
5. Efecto de tres tipos de picado con la máquina JF 192 Z10 sobre el consumo de caña de azúcar en vacas y novillos. ....	7
6. Efecto de cuatro concentraciones de hidróxido de calcio sobre la temperatura y el pH en caña de azúcar. ....	7
7. Efecto de tres tipos de picado con la máquina JF 192 Z10 sobre la temperatura y el pH en caña de azúcar. ....	8
8. Costo de alimentación en dolares EE.UU. por grupo/día.....	11
Figuras	Página
1. Efecto del nivel de inclusión de hidróxido de calcio (0, 3.5, 5.0 y 7.5%) y el tiempo de almacenamiento (0, 12, 36 y 60 horas) post tratamiento con hidróxido de calcio para cada uno de los tamaños de picado (3.5 mm, 6.5 mm y 11 mm, respectivamente) para cada uno de los gráficos en la figura. ....	9

## 1. INTRODUCCIÓN

En el trópico hay una estación seca marcada y es cuando existe escasez de forraje; aunque en zonas muy húmedas, como en la costa atlántica de Centro América, la falta de forraje puede presentarse en la época de mayor precipitación. En estas condiciones hay que recurrir al forraje conservado. La caña de azúcar por su capacidad de permanecer verde y sobrevivir periodos de sequía prolongados, es una alternativa a la conservación de forrajes para la alimentación del ganado y algunos autores le llaman silo en pie (Vélez y Berger 2011).

La investigación de caña de azúcar como alimento ha determinado que la suplementación proteica tiene que ser con nitrógeno no proteico para satisfacer las necesidades de las bacterias fibrolíticas y que es necesario suplir además el azufre necesario para que estas sintetizen los aminoácidos azufrados. En caña de azúcar se han desarrollado variedades con diferente comportamiento durante la época seca cuando no se dispone de riego; algunas maduran temprano y tienen que ser cosechadas al inicio de la época seca para que no transloquen el azúcar a la cepa y en las cañas quede únicamente el bagazo. Otras mantienen un elevado contenido de azúcar entre los 3-6 meses, o sea hasta el final de la época seca. El costo de la caña es mucho menor que el de los forrajes anuales (Vélez *et al.* 2009).

Con la hidrólisis ocurre una desnaturalización de las cadenas de lignina (compuesto entrelazado a las células que forman las fibras de la caña). La lignina es responsable por la baja digestibilidad, actuando como una especie de plastificación de las fibras de la caña, lo que impide que las bacterias existentes en el rumen del animal degraden las fibras, provocando así, un bajo aprovechamiento de la caña al alimentar como forraje el cual es considerado de bajo consumo.<sup>1</sup>

La caña hidrolizada es una alternativa de conservación de forrajes para pequeños y grandes productores, ya que este forraje se puede almacenar picado por tiempos cortos de hasta tres días, sin que la caña empiece a fermentarse manteniendo sus características sin alterar su valor proteico como si fuera caña fresca. Con este método se busca aumentar el pH de la caña para evitar el crecimiento de bacterias y obtener una estabilidad aeróbica evitando que ocurra una fermentación alcohólica lo que asegura que el animal consumirá la misma cantidad de alimento en los tres días que se le ofrezca caña hidrolizada.

---

<sup>1</sup> Eduardo Caldeirão. 2011. Proceso de la hidrólisis de la caña de azúcar. Brasil, documento Word. Correo electrónico.

La caña de azúcar tradicionalmente se corta, pica y se entrega diariamente al animal. Sin embargo, en grandes cantidades, esta técnica se convierte en el mayor obstáculo para el uso de forrajes, se requiere de mano de obra diaria para los cortes, molienda y transporte. La caña de azúcar mezclada con hidróxido de calcio es un nuevo método de conservación de forrajes que permite almacenar el alimento durante 72 horas, obteniendo un mejor control en cuanto a logística de personal de alimentación y poder reducir los costos asociados con el corte, transporte y la desintegración, especialmente los costos de horas extras durante feriados y fines de semana (Pina *et al.* 2011).

Existen diferentes agentes alcalinizantes que se han utilizado por muchos años, éstos buscan mejorar la digestibilidad de los forrajes como el hidróxido de sodio (NaOH) el hidróxido de calcio (CaOH), el amoníaco (NH<sub>3</sub>), pero recientemente se está utilizando el hidróxido de calcio (CaOH) porque su costo es más bajo en relación a los otros agentes alcalinizantes pero es menos eficiente, con la cualidad que representa menos riesgos para el personal. Estos agentes alcalinizantes actúan sobre la hemicelulosa expandiendo las moléculas de celulosa, rompiendo los puentes de hidrógeno y aumentando la digestión de la hemicelulosa por parte de los microorganismos causando una mayor tasa de pasaje en el rumen.

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del tamaño de picado y la adición de diferentes concentraciones de hidróxido de calcio a la caña de azúcar, a lo largo de 60 horas y determinar el efecto de diferentes concentraciones de hidróxido de calcio en el pH, temperatura y consumo de la caña de azúcar.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó desde julio hasta octubre del 2011, en la unidad de ganado de carne de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, a 30 km. de Tegucigalpa, Honduras; a una altura de 800 msnm, con una precipitación promedio de 1,100 mm y una temperatura promedio anual de 24°C. La caña de azúcar se cultivó en el valle de San Francisco, municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán. La variedad utilizada fue MEX 69290, y la edad a corte fue de aproximadamente 18 meses.

Se utilizaron 20 novillos de los cruces Simmental/Brahman, Brahman/Charolais, y 20 vacas Holstein/Jersey, Holstein/Pardo Suizo; los toretes fueron clasificados de acuerdo a sus pesos y las vacas fueron clasificadas a través de su condición corporal y divididos en cuatro grupos homogéneos. La caña de azúcar hidrolizada se le suministraba a cada grupo de animales por un periodo de 30 minutos, al pasar los 30 minutos se les retiraba el alimento y se pesaba para saber cuánto había de rechazo. En un periodo un grupo recibió caña fresca, otro grupo recibió caña de azúcar con 3.5% de hidróxido de calcio, otro recibió caña con 5% de hidróxido de calcio y otro grupo recibió caña de azúcar con 7.5% de hidróxido de calcio; al terminar los periodos se rotaron los grupos.

Se utilizó un diseño simple reversible con 4 periodos (Lucas 1974). Los novillos se dividieron de acuerdo a su peso corporal y las vacas fueron asignadas a los 4 grupos al azar. Los tratamientos resultaron de la combinación de 2 factores:

Factor A: Tamaño de picado, la caña fue picada con una picadora JF192 Z10 y se tomaron tres tamaños de picado siendo estos 3.5, 6.5 y 11 mm.

Factor B: Nivel de inclusión de hidróxido de calcio, donde a la caña de azúcar picada se le incluyeron 0, 3.5, 5.0 y 7.5 % de hidróxido de calcio.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos (1-12) como resultado de la combinación de los niveles del factor A (tamaño de picado) y los niveles del factor B (inclusión de hidróxido de calcio).

Tamaño de picado (mm)	Nivel de hidróxido de calcio (%)			
	0	3.5	5.0	7.5
3.5	1	2	3	4
6.5	5	6	7	8
11.0	9	10	11	12

%: concentración de hidróxido de calcio por una tonelada.

En el segundo experimento se utilizaron tres concentraciones de hidróxido de calcio y un testigo caña de azúcar fresca con tres tamaños de picado para evaluar el pH y la temperatura de la caña de azúcar a las 0 horas, 12 horas, 36 horas y 60 horas de almacenada.

La composición de la caña de azúcar se muestra en el Cuadro 1 y la del hidróxido de calcio en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición química de la caña de azúcar.

Fracción	% del Total	% de la MS
Materia seca	29	
Proteína cruda (N x 6.25)		2
Hemicelulosa		19
Celulosa		27
Lignina		7
Azúcares		40
Ceniza		5

Fuente: Adaptado de Vélez *et al.* (2009).

Cuadro 3. Composición química de cal hidratada.

Características	Cal Hidratada %
Óxido de calcio total	72.50
Óxido de magnesio total	1.50
Hidróxido de calcio	95.00

Fuente: Adaptado de Mota *et al.* (2009).

Se utilizaron cubículos de madera de 63 cm de ancho  $\times$  140 cm de largo  $\times$  100 cm de profundidad donde se almacenaron 100 kg de caña picada ya preparada con hidróxido de calcio; cada tratamiento fue separado por una división hecha con sacos para evitar que se mezclaran los diferentes tratamientos. Se preparó una mezcla de hidróxido de calcio con agua, manteniendo las proporciones de 3.5%, 5% y 7.5% (kg/ton) diluidos en 2 L de agua para ser mezclados en 100 kg de caña de azúcar respectivamente.

A continuación los tipos de picado de la caña de azúcar se esparcieron en un plástico donde se les adicionaba la mezcla de hidróxido de calcio, más agua, hasta lograr que la caña tuviera una cobertura homogénea. Posteriormente la caña hidrolizada se colocó en los cubículos durante 60 horas. Se tomaron los datos de temperatura al momento de almacenar la caña y luego se tomó cada 12, 36 y 60 horas utilizando un termómetro.

El análisis de pH se realizó de acuerdo a la metodología consultada en el Laboratorio de Análisis de Alimentos con la ayuda del medidor de pH L200; se tomaron los datos al momento de almacenar la caña y cada 12, 36 y 60 horas.

Para la determinación de consumo se presentó a los animales una mezcla que contenía:

- 25 kg de caña de azúcar picada a los diferentes tamaños.
- 2 kg de harina de soya para corregir los niveles de proteína.
- 112.5 g de urea como fuente de nitrógeno no proteico.
- 12.5 g de sulfato de amonio como fuente de nitrógeno no proteico.

Esta mezcla de 27.125 kg fue ofrecida a cada grupo de 5 animales por 30 minutos; el rechazo fue recogido y pesado para determinar el consumo.

Se utilizó un arreglo factorial 4 niveles de cal  $\times$  3 tamaños de picado en Bloques completos al Azar (BCA), los bloques estuvieron definidos por los cuatro tiempos en que se le presentó los diferentes tratamientos a los cuatro grupos de animales (novillos y vacas) respectivamente; la unidad experimental estuvo representada por cada grupo de animales. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), usando el procedimiento del Modelo Lineal General (GLM) y la prueba de Duncan. Se utilizó el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS 2009) ®. El nivel de significancia fue de  $P \leq 0.05$ .

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Concentración de Hidróxido de calcio y su efecto en consumo.** Hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre las concentraciones de hidróxido de calcio en el consumo de vacas. Sin embargo, esta diferencia no se presentó al medir el consumo en novillos (Cuadro 4). Los resultados en vacas coinciden con los encontrados por Moraes *et al.* (2005) quienes encontraron diferencias en el consumo de vacas contrario al consumo de novillos, al comparar caña de azúcar tratada con 1% de hidróxido de calcio y con 5%. La diferencia posiblemente se debe a que el tratamiento de la caña de azúcar con hidróxido de calcio afecta el consumo de todos los nutrientes, excepto la Fibra Neutro Detergente (FND). Esta pérdida en el consumo de nutrientes causada por la disminución en el consumo de materia seca por los animales pudo haber sido debido a la alta temperatura de la caña de azúcar con hidróxido de calcio, en comparación con la caña de azúcar fresca picada en el momento de la alimentación animal.

Cuadro 4. Efecto de cuatro concentraciones de hidróxido de calcio sobre el consumo de caña de azúcar en vacas y novillos.

Inclusión de hidróxido de calcio (kg/ton)	Grupo	
	Vacas (kg)	Novillos <sup>ns</sup> (kg)
0	23.6 <sup>a</sup>	20.5
3.5	23.4 <sup>a</sup>	17.6
5.0	23.0 <sup>a</sup>	19.0
7.5	20.6 <sup>ab</sup>	18.8
P	0.0001	0.0635
C.V.	4.33	13.47

Grupo: 5 vacas y novillos respectivamente.

<sup>ab</sup> valores con letras distinta difieren entre sí ( $P \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> diferencias no significativas ( $p > 0.05$ )

CV: coeficiente de variación

**Efecto del tamaño de picado sobre el consumo.** Se encontró diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) sobre el consumo de caña de azúcar en vacas, contrario al consumo mostrado en novillos, el cual no fue significativo ( $p > 0.05$ ) determinado por el tamaño de picado (Cuadro 5). Los resultados no coinciden con los encontrados por Benvenuti *et al.* (2006) en el consumo de vacas pero sí coinciden en el consumo de novillos, Estos autores no encontraron diferencias al comparar tres tipos de picado de caña de azúcar 4, 8 y 30 mm. Las partículas con un tamaño de 3.5 mm tienen una mayor probabilidad de abandonar el rumen y por lo tanto cuanto mayor es el nivel de picado mayor es la tasa de pasaje de la ingesta a través del rumen y mayor consumo.

Cuadro 5. Efecto de tres tipos de picado con la máquina JF 192 Z10 sobre el consumo de caña de azúcar en vacas y novillos.

Tamaño de picado (mm)	Grupo	
	Vacas (kg)	Novillos <sup>ns</sup> (kg)
3.5	23.1 <sup>a</sup>	19.0
6.5	22.6 <sup>ab</sup>	18.8
11	22.2 <sup>b</sup>	19.2
P	0.0480	0.9205
C.V.	4.33	13.47

Grupo: 5 animales en vacas y novillos respectivamente.

<sup>ns</sup> diferencias no significativas ( $p > 0.05$ )

<sup>ab</sup> = valores en columnas con letras distintas, difieren entre sí ( $P \leq 0.05$ )

CV: coeficiente de variación

**Concentración de hidróxido de calcio y su efecto en temperatura y pH.** Se encontró diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre las concentraciones de hidróxido de calcio en las variables de temperatura y pH (Cuadro 6). Los resultados son diferentes a Mota *et al.* (2009) quienes no encontraron diferencia al comparar hidróxido de calcio con óxido de calcio al 5% respectivamente como método de conservación temporal de caña de azúcar. Esto se debe a que a medida que se utiliza una concentración de hidróxido de calcio mayor la temperatura se mantiene y el pH aumenta, contrario a utilizar una menor concentración, el pH disminuye y la temperatura aumenta a medida que pasan las horas.

Cuadro 6. Efecto de cuatro concentraciones de hidróxido de calcio sobre la temperatura y el pH en caña de azúcar.

Concentración de hidróxido de calcio (kg/ton)	Temperatura C	pH
0	30.9 <sup>a</sup>	4.3 <sup>d</sup>
3.5	30.8 <sup>a</sup>	6.9 <sup>c</sup>
5.0	28.7 <sup>b</sup>	7.3 <sup>b</sup>
7.5	26.2 <sup>c</sup>	7.9 <sup>a</sup>
P	0.0001	0.0001
C.V.	4.57	2.95

<sup>ab</sup> = valores en columnas con letras distintas, difieren entre sí ( $P \leq 0.05$ )

°C: Centígrados

CV: coeficiente de variación

**Efecto del tamaño de picado sobre la temperatura y el pH.** Se encontró diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre los diferentes tamaños de picado para las variables temperatura y pH (Cuadro 7). Estos resultados son similares para la variable temperatura pero diferentes para la variable pH a los presentados por Membrillo *et al.* (2008), quienes compararon diferentes tamaños de partícula entre un rango de 0.92 a 5.5 mm en caña de azúcar. Esta diferencia en el tamaño de picado se puede deber a que en climas cálidos y húmedos se acelera el deterioro de la caña de azúcar picada durante la fase de conservación, ya que las altas temperaturas facilitan el desarrollo de hongos y la actividad de levaduras; en estos climas se debe trabajar mucho en tamaño de picado (Ashbell y Weinberg 1998). Se debe trabajar con cortes más pequeños para facilitar la compactación y así evitar problemas fermentativos, pero teniendo cuidado porque se puede provocar problemas en el rumen como acidosis por suministrar partículas muy pequeñas.

Cuadro 7. Efecto de tres tipos de picado con la máquina JF 192 Z10 sobre la temperatura y el pH en caña de azúcar.

Tamaño de picado (mm)	Temperatura C	pH
3.5	30.1 <sup>a</sup>	6.5 <sup>ab</sup>
6.5	29.4 <sup>b</sup>	6.5 <sup>b</sup>
11	27.9 <sup>c</sup>	6.6 <sup>a</sup>
P	0.0001	0.0001
C.V.	4.57	2.95

<sup>ab</sup> = valores en columnas con letras distintas, difieren entre sí ( $P \leq 0.05$ )

°C: Centígrados

CV: coeficiente de variación

Se observó una interacción ( $P \leq 0.001$ ) entre la inclusión de hidróxido de calcio, el tamaño de picado y el tiempo de almacenamiento donde para todos los tratamientos la temperatura aumenta y el pH baja (Figura 1) con el tiempo de almacenamiento especialmente después de 12 horas. Los aumentos en temperatura fueron menores cuanto mayor fue la inclusión de hidróxido de calcio (7.5%) y menor fue el tamaño de picado (3.5 y 6.5 mm, respectivamente). A su vez la fermentación fue menor en los tratamientos que contienen hidróxido de calcio (3.5%, 5.0% y 7.5%) donde a mayor contenido de hidróxido de calcio menor es la evidencia de fermentación, que se refleja en el cambio o disminución de pH.

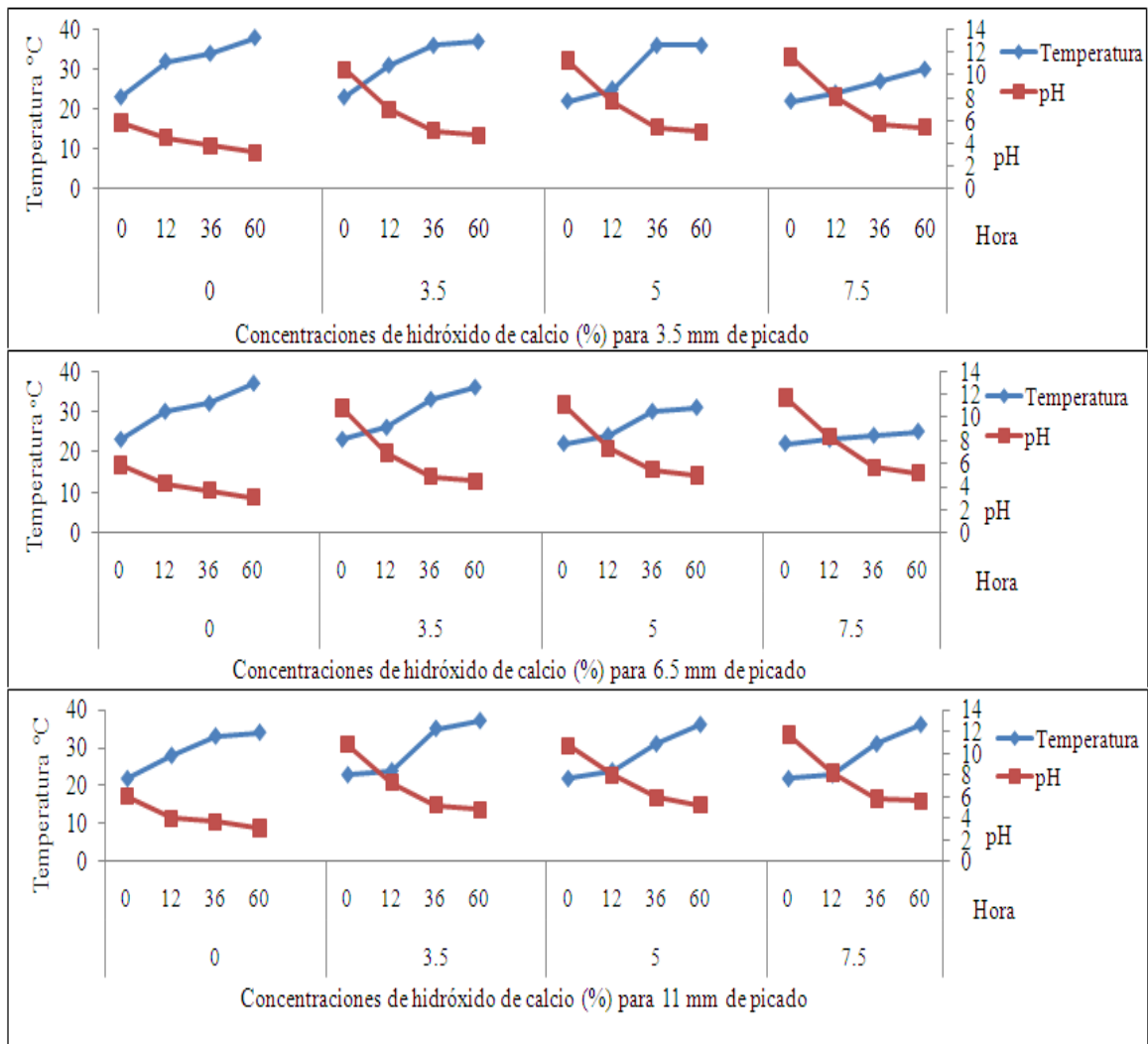


Figura1. Efecto del nivel de inclusión de hidróxido de calcio (0, 3.5, 5.0 y 7.5%) y el tiempo de almacenamiento (0, 12, 36 y 60 horas) post tratamiento con hidróxido de calcio para cada uno de los tamaños de picado (3.5 mm, 6.5 mm y 11 mm, respectivamente) para cada uno de los gráficos en la figura.

Para los cortes de 3.5, 6.5 y 11 mm con 0% de hidróxido de calcio la tendencia indica que a medida que aumenta el número de horas el pH desciende por lo que a las 60 horas alcanzó un pH de 3.2 con una temperatura máxima de 38°C.

Siguiendo el mismo parámetro de los tres tipos de corte en caña fresca con 3.5% de hidróxido de calcio a las 0 horas presentó un pH de 10.5 que finalmente alcanzó un pH de 4.7 a las 60 horas con una temperatura máxima de 37°C. Para los tratamientos con 5 y 7.5% de hidróxido de calcio en todos los cortes de caña de azúcar el pH alcanzado fue de 5 con temperaturas de 32° C en promedio.

La tendencia en los tres tipos de corte y con las diferentes concentraciones de hidróxido de calcio indican que a medida que las horas de almacenaje transcurren según las mediciones el pH desciende y la temperatura aumenta por efecto de las bacterias que van acidificando la fibra de la caña. A medida que se aumentaba el porcentaje de hidróxido de calcio el pH tenía menos caída a la vez que las horas de reposo llegaban a la hora 60.

En las concentraciones de hidróxido de calcio al 3.5% 5.0% y 7.5% en la hora cero y en la hora doce mostraron el mismo rango de pH de 11 a 7.5 en el mismo rango de temperatura con un incremento de 22 a 26 C esta tendencia se ve claramente para el tamaño de 3.5 mm.

El tamaño de picado de 6.5 mm para concentraciones de 0%, 3.5% de hidróxido de calcio la temperatura resultó ser igual a un rango de 23 a 38 C. En cambio en concentraciones de 5% y 7.5% de hidróxido de calcio el rango de pH fue de 11 a 5. El tratamiento con 0% a las 60 horas de reposo mostró una caída de un pH severamente ácido hasta 3.2 con una elevación de temperatura a 35 C; el tratamiento con 3.5% de concentración de hidróxido de calcio mostró que a las 60 horas hubo una caída del pH de la caña a 4.7 con una alza en la temperatura hasta 37 C.

En el tamaño de picado 11 mm para concentraciones de 3.5%, 5% y 7.5% a las 60 horas mostraron una alza en la temperatura hasta 36 y 37 C. con un descenso en el pH muy ácido para el caso de 3.5% y 5.0% y un pH menos ácido de 5.6 para la concentración de 7.5% de hidróxido de calcio.

Al igual que los otros tamaños de picado, la concentración de hidróxido de calcio 0% a las 60 horas de reposo mostró un descenso a un pH muy ácido de 3 y con una alza en la temperatura arriba de 35 C.

**Costos.** En Zamorano la productividad de una hectárea de caña de azúcar es de 100 toneladas, los costos para la caña de azúcar servida en el comedero es de \$ 19.97/ton, tomando en cuenta mantenimiento, cosecha y acarreo del forraje. En el siguiente cuadro solo se calculó cuánto vale la ración totalmente mezclada suministrada a cada grupo de animales, no se muestra el ingreso por animal/día.

Cuadro 8. Costo de alimentación en (US \$) por grupo/día.

Parámetros	Tratamientos (kg de cal hidratada /ton de forraje)			
	Caña Fresca	3.5	5	7.5
Costo caña de azúcar (US\$/ton)	19.97	19.97	19.97	19.97
Costo caña de azúcar (US\$/kg)	0.02	0.02	0.02	0.02
Consumo forraje (kg/grupo/día)	25.00	25.00	25.00	25.00
Costo caña de azúcar (US\$/grupo)	0.50	0.50	0.50	0.50
Costo de soya (US\$/kg)	0.57	0.57	0.57	0.57
Soya (kg/grupo/día)	2.00	2.00	2.00	2.00
Costo de la soya (US\$/grupo)	1.14	1.14	1.14	1.14
Urea costo (US\$/kg)	0.54	0.54	0.54	0.54
Urea (kg/grupo/día)	0.11	0.11	0.11	0.11
Costo de la Urea (US\$/grupo)	0.06	0.06	0.06	0.06
Sulfato de amonio (US\$/kg)	0.79	0.79	0.79	0.79
Sulfato de amonio (kg/grupo/día)	0.01	0.01	0.01	0.01
Sulfato de amonio (US\$/grupo)	0.01	0.01	0.01	0.01
Cal Hidratada costo (US\$/kg)	0.00	0.13	0.13	0.13
Cal Hidratada (kg/100 kg forraje)	0.00	0.35	0.50	0.75
Costo Cal Hidratada (US\$/grupo)	0.00	0.05	0.07	0.10
<b>TOTAL \$</b>	<b>1.71</b>	<b>1.75</b>	<b>1.77</b>	<b>1.80</b>

Tasa de cambio 1 US \$: L.19.01

kg= kilogramos; US\$= Dólares; grupo= 5 animales; Ton= Tonelada

En Zamorano se ha obtenido con vacas Holstein una producción promedio de 17 kg/día con una dieta de caña a discreción suplementada con 1% de una mezcla de urea y sulfato de amonio (9:1) y 0.4 kg de concentrado por kilogramo de leche (Vélez *et al.* 2009).

## 4. CONCLUSIONES

- En novillos el tamaño de picado no afectó la cantidad consumida de caña de azúcar. Sin embargo, con 3.5% de hidróxido de calcio hay un menor consumo, mientras que 5% y 7.5% de hidróxido de calcio no presentaron diferencias en consumo en comparación a la caña con 0% de hidróxido de calcio.
- En vacas el tamaño de picado no afectó la cantidad consumida de caña de azúcar. Sin embargo, con 7.5% de hidróxido de calcio hay menor consumo, mientras que 5% y 3.5% de hidróxido de calcio no presentaron diferencias en consumo en comparación a la caña con 0% de hidróxido de calcio.
- Un menor tamaño de picado de la caña de azúcar afecta directamente el pH acidificándolo mucho más rápido.
- A menor concentración de hidróxido de calcio, el tiempo de almacenamiento de la caña de azúcar es menor.
- La caña de azúcar no se debe almacenar por más de tres días.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Hacer un análisis bromatológico y de digestibilidad de la caña hidrolizada para determinar si existe variación en la composición química a lo largo de los tres días de almacenamiento.
- Realizar un estudio en vacas en producción para determinar si existe un aumento en la producción.
- No se recomienda el uso de hidróxido de calcio para almacenar caña por más de 12 horas.

## 6. LITERATURA CITADA

Ashbell, G.; Weinberg Z.G.1998. Ensilaje de cereales y cultivos forrajeros en el trópico (en línea). Consultado 28 de septiembre del 2011. Disponible en [www.fao.org](http://www.fao.org)

Benvenuti, M.A.; Pavetti, D.R. y Moreno, F.C. 2006. Efecto del tamaño de partícula de caña de azúcar y nivel de suplementación de concentrado sobre el consumo y ganancia de peso de novillos en confinamiento invernal. *Revista Argentina de Producción Animal* 7 (26): 63-69.

Lucas, H.L. 1974. Design and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle: North Carolina State University. Raleigh, USA. 256p.

Membrillo, I; Sánchez, C; Meneses, M; Favela, E; Loera, O. 2008. Efecto del tamaño de partícula del sustrato y la fuente de nitrógeno adicional en la producción de enzimas lignocelulolíticas con la utilización de cepas *Pleurotus ostreatus* (en línea). Consultado 4 de octubre de 2011. Disponible en [www.sciencedirect.com/science/article](http://www.sciencedirect.com/science/article).

Moraes, K.A; Valadares, S.C; Bevitori, E.H; Leao, M.I; Ferreira, R.D; Pereira, O.G; Solero, B.P. 2005. Caña de azúcar tratado con óxido de calcio siempre con diferentes niveles de concentrado para vaquillas de engorde. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Vol. 37 (7): 1293-1300.

Mota, A.D; Oliveira, M.S; Dominges, F.N; Manzi, G.M; Araujo, I.P; Rosa, B.L. 2009. Evaluación de la temperatura interna y pH de caña de azúcar natural enviados o no a hidrólisis con diversos tipos de cal (en línea). Consultado 10 de septiembre de 2011. Disponible en <http://www.sbz.org.br/?idiom=es>

Pina, D.D.P; Filho, S.D.C; Tedeschi, O.L; Martins, A.B; Gomez, J.A.A; Valadarez, R.F.D; Souza, K.N.D.P; Fonseca, M.A. 2011. Los niveles de inclusión y tiempo de exposición de la caña de azúcar en óxido de calcio sobre los parámetros digestivos y el desempeño de novillas Nellore. *R. Bras. Zootec.* (Online). 2011, vol.40, n.3. Consultado el 2 de Octubre del 2011. Disponible en <http://www.scielo.br/scielo.php?script>

SAS.2009<sup>®</sup>. SAS Users Guide. Statistical Analysis Institute. Cary, NC.

Vélez, M.; Berger, N. 2011. Producción de Forrajes en el Trópico. Zamorano Academic Press, Zamorano, Honduras. 151 p.

Vélez, M; Hincapié, J.J; Matamoros, I. 2009. Producción de Ganado Lechero en el Trópico. Sexta edición. Zamorano Academic Press, Zamorano, Honduras, 294 p.