

47 *Enjean.*

Universidad Nacional Autónoma de México  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**ESTUDIO DE LA DIGESTIBILIDAD IN VIVO, DEL  
ENSILAJE DE CAÑA DE AZUCAR SIN Y CON ADICION  
DE HIDROXIDO DE SODIO Y SUPLEMENTADO CON  
NITROGENO NO PROTEICO Y PROTEINA  
VERDADERA**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**  
**P R E S E N T A**  
**TEODORO DIAZ NIEBLAS**  
**ASESOR: M.V.Z. ARMANDO S. SHIMADA**



**TESIS DONADA POR**  
**D. C. L. - UNAM**

MEXICO, D. F.

1981



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

	Pag.
Resumen .....	1
Introducción .....	3
Material y métodos .....	8
Resultados .....	11
Cuadro 1 .....	13
Cuadros 2 y 3 .....	14
Cuadro 4 .....	15
Cuadro 5 .....	16
Cuadro 6 .....	17
Cuadro 7 .....	18
Cuadro 8 .....	19
Cuadro 9 .....	20
Cuadro 10.....	21
Cuadro 11.....	22
Cuadro 12.....	23
Cuadro 13.....	24
Cuadro 14.....	25
Discusión.....	26
Conclusiones .....	30
Bibliografía .....	31

RESUMEN

TITULO.- ESTUDIO DE LA DIGESTIBILIDAD IN VIVO, DEL ENSILAJE DE CAÑA DE AZUCAR SIN Y CON ADICION DE HIDROXIDO DE SODIO Y SUPLEMENTADO CON NITROGENO - NO PROTEICO Y PROTEINA VERDADERA.

AUTOR.- P.M.V.Z. TEODORO DIAZ NIEBLAS

ASESOR.- M.V.Z. ARMANDO S. SHIMADA

Con objeto de estudiar el nivel de aprovechamiento de los nutrientes de la caña de azúcar ensilada con y sin hidróxido de sodio al 4% en base seca y suplementada con nitrógeno no proteico (urea) y proteína verdadera (soya), se corrió una prueba de digestibilidad in vivo utilizando 8 borregos Tabasco Pelibuey de 21.0 Kg. de peso, que fueron distribuidos en un cuadrado latino 4 X 4 con dos repeticiones. Los tratamientos utilizados fueron: 1.- Caña con NaOH suplementada con sorgo-urea. 2.- Caña con NaOH suplementada con soya. 3.- Caña sin NaOH suplementada con sorgo-urea. 4.- Caña sin NaOH suplementada con soya. La adición de NaOH produjo un aumento significativo ( $P < 0.01$ ) en la digestibilidad de materia seca, materia orgánica, fibra ácido detergente, celulosa, energía y un aumento ( $P < 0.05$ ) de fibra neutro detergente. La suplementación con soya provocó un aumento significativo ( $P < 0.01$ ) de la digestibilidad de fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y energía digestible. En la proteína y hemicelulosa no se observaron diferencias significativas en la digestibilidad entre los trata

mientos utilizados. El balance de nitrógeno fue positivo en todos los tratamientos y no se encontraron diferencias significativas. El tratamiento alcalino incrementó el aprovechamiento de la caña de azúcar, debido a que favoreció una mayor disponibilidad de nutrientes. Aunque la soya obtuvo mayores beneficios en digestibilidad, no se deja de recomendar a la urea, debido a que en la mayoría de los valores estudiados éstos fueron equiparables con los de la soya, además de que su uso es más re-dituable económicamente.

## INTRODUCCION

En las próximas décadas se prevee que el incremento de la población mundial acentúe la desproporción que en la actualidad existe, con respecto a la producción de alimentos para el consumo humano. Hasta el momento los sistemas de producción animal han estado basados en el uso de alimentos que pueden ser consumidos por el hombre, estableciéndose una competencia entre el ser humano y los animales por los productos alimenticios, esto impone la necesidad de establecer sistemas de alimentación basados en la utilización de pastos y otros subproductos fibrosos de la agricultura, los cuales no compiten con la alimentación humana y sean convertidos eficientemente por los ruminantes en alimentos de alto valor biológico para el hombre.

La caña de azúcar ( *Saccharum officinarum* ) es uno de los cultivos considerados con un gran potencial de producción en regiones tropicales y subtropicales, con el cual se pueden lograr nutricionalmente altos rendimientos por hectárea, principalmente de energía. Si se le compara con cualquier otro cultivo energético; como el maíz o el trigo, se observa que se obtiene una mayor producción de glúcidos, aunque se sigue teniendo el problema de deficiencia de proteína. La caña de azúcar presenta como característica especial su época de cosecha, que coincide con la terminación de la época de lluvias; esto nos abre la posibilidad de utilizar la caña de azúcar mediante un adecuado método de conservación como un recurso forrajero que amortigüe la escasez

de alimento en época de secas.

En nuestro país cada día se pone más de moda la construcción y uso de silos, debido a que un gran número de ganaderos con sentido progresista le están dando una verdadera y real importancia económica a sus explotaciones. Existen lugares en casi toda la república en donde según la época del año y tipo de terreno abundan (en primavera) o escasean (en invierno) los forrajes, debido a esto muchos productores de leche o carne tienen que comprar forrajes caros en invierno o cuando las lluvias son deficientes, lo que ocasionan un aumento en el costo de la alimentación del ganado y un considerable descenso en su producción. El ensilaje es un método rápido y práctico para conservar la caña de azúcar, que nos ahorra manejo y costo. Tiene la ventaja que nos permite una cosecha rápida y en una edad de la caña que se considere óptima, respecto a su calidad como forraje, además de que existe la posibilidad de aumentar el valor nutritivo de la caña de azúcar debido a la síntesis microbial durante el proceso de ensilado.

No obstante el proceso de ensilaje en el caso de la caña de azúcar parece no tener muy buenos resultados. Trabajos reportados por James (1973), señala que el uso de caña descortezada ensilada redujo considerablemente el consumo voluntario y comportamiento animal, en comparación con caña fresca. Este efecto negativo del ensilado se cree que se haya debido a la producción de alcohol y de ácido acético. En el ensilaje de caña de azúcar se produce un tipo de fermentación alcohólica debido a el alto contenido de azúcares solubles que ésta contiene y

a la flora contaminante formada por levaduras, cuya fermentación espontánea en condiciones anaeróbicas y pH bajo, tienen la capacidad de metabolizar el azúcar a alcohol (Ohyama y Hara, 1975). Una forma de evitar este problema es manipular y modificar el proceso fermentativo normal del ensilaje de caña de azúcar, por medio de aditivos químicos.

La digestión de la celulosa es una de las funciones más importantes de la población microbiana del rumen. Al ser atacadas la celulosa y hemicelulosa de la ración en el rumen, grandes cantidades de glúcidos son liberados y convertidos en ácidos grasos volátiles que pueden proveer al animal hasta un 70% del consumo diario de energía. La lignina no es degradada en el rumen debido a que éste es un proceso oxidativo, por esta razón, la digestibilidad de un forraje depende del grado de lignificación. Se han obtenido aumentos en la digestibilidad de los materiales fibrosos al someterlos a tratamientos químicos. El hidróxido de sodio (NaOH) es un químico que ha dado muy buenos resultados: Gadeen (1920); Archibald (1924); Watson (1941); Mc Anally (1942), encontraron que el tratamiento de pajas con hidróxido de sodio incrementa la digestibilidad de la materia seca. Martín et al. (1974), obtuvieron un incremento significativo de la digestibilidad in situ del bagazo y bagacillo de caña, en función de los niveles de NaOH utilizados. Martín et al. (1976), encontraron que el tratamiento con NaOH y presión aumentaban el porcentaje de digestibilidad in vitro del bagazo y bagacillo, decreció el contenido de lignina 50% menos en comparación con los no trata-

dos, hubo aumento en los carbohidratos solubles y en el contenido de cenizas. De los trabajos de Tufinio, Calderón y Shimada (1978) se infirió que sustancias alcalinas como el NaOH son capaces de modificar el proceso de fermentación del ensilaje; probando diferentes concentraciones llegaron a la conclusión de que el 4% de NaOH en base seca resultó ser la mejor, dado que se obtuvo un pH final del silo de 4.07, la fermentación alcohólica se vió deprimida, hubo un aumento en la producción de ácido láctico 10 veces más en relación al testigo sin aditivo; en el análisis de fracciones de fibra se observó una reducción de la hemicelulosa, la digestibilidad in vitro fue más alta. De los trabajos de Viana, Shimada y Calderón (1978) se desprende que la adición de NaOH al 4% en base seca al ensilaje, promueve un incremento en el consumo voluntario de los animales hasta en un 50%, comparado con el testigo sin aditivo. Más tarde fue confirmado por Cuarón y Shimada (1980), así mismo se pudo observar una mayor producción de propionato a nivel ruminal y aumento de peso de los animales.

El comportamiento animal a dietas basadas en caña de azúcar sin suplementar con concentrados ha sido generalmente bajo y bastante variable, parece ser que los dos factores que limitan el comportamiento son: a).- el bajo nivel de proteína de caña de azúcar. b).- La lenta tasa de degradación de la fibra de la caña (Orskov y Hovell, 1978). Debido a esto es necesario suplementar a las dietas basadas en caña de azúcar para lograr un mejor comportamiento de los animales. El nitrógeno no proteico (urea) se ha visto que es utilizado de manera más

eficiente en raciones de bajo contenido proteico y relativamente altas en energía, como es en el caso de la caña de azúcar. La proteína verdadera es en la que el nitrógeno se encuentra formando parte de los enlaces peptídicos, tiene la ventaja de que además de proveer nitrógeno a los microorganismos del rúmen les proporciona esqueletos de carbono ramificados. Como desventaja para el uso de grandes cantidades de proteína verdadera en los rumiantes, es que el costo de la ración se incrementa, por lo que se ha intentado la búsqueda de óptimos métodos de aprovechamiento.

El presente trabajo va dirigido a evaluar la digestibilidad y obviamente el aprovechamiento de la caña de azúcar como ensilaje en forma natural y ensilada con adición de NaOH, así como las fuentes de nitrógeno suplementario; una de proteína verdadera (soya) y la otra de nitrógeno no proteico (urea). Esto es con la finalidad de hacer una utilización idónea de estos recursos forrajeros en producción animal.

## MATERIAL Y METODOS

Localización.-- el presente trabajo se llevó a cabo en la unidad central del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarías (INIP), Palo Alto, México Distrito Federal.

Animales.-- se utilizaron 8 borregos tabasco pelibuey, machos, castrados, vacunados, desparasitados, vitaminados (ADE), con un peso promedio de 21 kg y 7 meses de edad.

Diseño y Tratamientos.-- el diseño experimental fué un -- cuadrado latino 4 x 4 con 2 réplicas. Los tratamientos -- utilizados fueron:

I.-- caña con NaOH suplementada con sorgo-urea.

II.-- " " " " " soya.

III.-- caña sin NaOH suplementada con sorgo-urea.

IV.-- " " " " " soya.

Procedimiento.-- La caña de azúcar utilizada fué de la variedad CP-29-203 de 11 meses de edad, traída del municipio de Oacalco Morelos. Se hicieron 2 silos de 2 toneladas cada uno. El picado de la caña se efectuó con un molino tipo chotumal, con el cual se obtuvo un tamaño de partícula de 0.5 a 1 pulgada. El almacenamiento de la caña picada se hizo en silos excavados con una capacidad -- aproximada de 5 toneladas, protegidos de la humedad del suelo y las lluvias. El primer silo consistió de caña -- sin aditivo. El segundo silo fué de caña adicionada con una solución saturada de NaOH al 40%, de tal manera que quedara a una concentración de 4% de NaOH en base seca -- en la caña ensilada. Los silos fueron perfectamente apisonados y tapados con mantas de plástico.

Los silos fueron destapados 7 meses después de --

su preparación, procediéndose a efectuar los análisis -- químicos correspondientes según A.O.A.C. (1975).

Se realizaron 4 períodos de 21 días cada uno de los cuales: 10 días fueron de adaptación al alimento, -- siendo alojados los animales en corraletas de cemento; - 4 días de adaptación y estandarización de consumo de alimento en las jaulas metabólicas y 7 días de recolección total de heces, orina y sobrantes de alimento ofrecido. El ensilaje se proporcionó ad libitum hasta regularizar el consumo. El suplemento compuesto por soya (52.8 % de proteína cruda) se suministró al 1.4 % del peso corporal de los animales, el suplemento compuesto por sorgo-urea (40 % de proteína cruda) se suministró al 1.6 % del peso corporal de los animales, según los requerimientos establecidos por el NRC (1976). En el cuadro No. 3 se muestra la composición de los suplementos utilizados.

Durante el período de recolección se llevó control de consumo de alimento, producción total de heces, producción total de orina. De la excreta diaria de cada animal se tomó una alícuota (10 %) y de inmediato se congelaba. De la orina total diaria de cada animal se tomó una alícuota (5 %) y se le añadió el 10 % de una solución de ácido clorhídrico al 25 % como conservador y enseguida se congelaba. Al final de los 7 días de recolección de muestras se hacía una muestra única de alimento ofrecido, heces, orina, sobrantes de alimento y así fueron analizadas en el laboratorio.

A las muestras de orina se les determinó contenido de nitrógeno.

A las muestras de alimento ofrecido, sobrantes -

de alimento y heces se les determinó: contenido de humedad, materia orgánica, nitrógeno, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, hemicelulosa, celulosa, lignina y energía bruta.

La información numérica obtenida fué analizada estadísticamente, utilizando un análisis de varianza de un cuadrado latino duplicado.

## RESULTADOS

El consumo voluntario fue superior en un 30% en los animales que se les proporcionó ensilaje tratado con hidróxido de sodio.

Los datos de composición química de los ensilajes se resumen en el cuadro No. 1. El contenido de proteína no sufrió ninguna variación en aquellos ensilajes adicionados con NaOH. En contenido de cenizas totales se observa un aumento en el ensilaje tratado con álcali. El pH tendió a ser superior en el ensilaje tratado con NaOH.

El tratamiento alcalino produjo una disminución en el contenido de fibra neutro detergente (25%), fibra ácido detergente (11.5%), hemicelulosa (53%), lignina -- (54.5%) y un aumento en el contenido celular del 41%, -- comparado con el tratamiento sin álcali. El contenido de energía bruta no sufrió variación considerable con el -- tratamiento con NaOH.

Los resultados de patrón de fermentación de los ensilajes se resumen en el cuadro No. 2. Se observa que con el tratamiento alcalino disminuyó el ácido acético, aumentó el propiónico y el butírico, se deprimió la producción de alcohol hasta 10 veces menos que en el ensilaje sin aditivo, se incrementó la producción de ácido láctico 5 veces más que en el silo sin tratar.

Los datos de composición química de los ingredientes utilizados en el suplemento se muestran en el -- cuadro No. 4. Se observa que la soya fue muy superior a el sorgo en contenido de cenizas, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, hemicelulosa, celulosa. En --

el contenido de lignina y energía bruta fue muy poca la variación que hubo entre el sorgo y la soya. El sorgo -- fue superior a la soya nada más en el contenido celular. La urea es la más alta en el contenido de proteína.

Los resultados de la prueba de digestibilidad se resumen en los cuadros del No. 5 al 13.

El tratamiento alcalino aumentó la digestibilidad ( $P < 0.01$ ) de materia seca, materia orgánica, celulosa y energía. No se tuvo efecto significativo por la suplementación con soya o urea.

No se encontró diferencia significativa en la digestibilidad de proteína y hemicelulosa, por lo cual fue similar en los 4 tratamientos.

La digestibilidad de la fibra neutro detergente aumentó ( $P < 0.05$ ) con el tratamiento alcalino y ( $P < 0.01$ ) con la suplementación a base de soya.

La digestibilidad de la fibra ácido detergente -- se incrementó ( $P < 0.01$ ) con el tratamiento alcalino y -- con la suplementación a base de soya.

La energía digestible fue mayor con la suplementación a base de soya.

La retención de nitrógeno fue similar en los 4 -- tratamientos, ya que no se encontró diferencia significativa entre ellos.

Cuadro No. 1

COMPOSICION QUIMICA DE ENSILAJES DE CAÑA DE  
AZUCAR SIN Y CON NaOH. (% en base seca).

---

Aditivo	<u>sin NaOH</u>	<u>con NaOH</u>
Materia seca	23.00	26.00
Cenizas	5.78	15.31
Proteína (N X 6.25)	4.95	3.96
Fibra neutro detergente	62.43	47.02
Fibra ácido detergente	42.31	37.44
Contenido celular	37.57	52.98
Hemicelulosa	20.12	9.58
Celulosa	29.40	29.10
Lignina	9.90	4.50
Energía bruta, Kcal/gr.	3.34	3.18
pH	3.55	4.90

---

Cuadro No. 2

PATRON DE FERMENTACION DE ENSILAJES DE CAÑA DE  
AZUCAR SIN Y CON NaOH. ( % base seca).

Aditivo	<u>sin NaOH</u>	<u>con NaOH</u>
Acetato	3.09	2.77
Propionato	-	0.26
Butirato	0.33	2.75
Lactato	3.09	13.15
Etanol	5.26	0.42

Cuadro No. 3

COMPOSICION DE LOS SUPLEMENTOS UTILIZADOS (%):

Ingrediente	Sorgo	Soya	Urea
<u>Tratamiento</u>			
I	89.00	-	11.00
II	-	100.00	-
III	89.00	-	11.00
IV	-	100.00	-

Cuadro No. 4

COMPOSICION QUIMICA DE LOS INGREDIENTES UTILIZADOS  
EN EL SUPLEMENTO. (% en base seca).

Ingrediente:	Sorgo	Soya	Urea
Materia seca	87.60	89.70	100.00
Cenizas	2.12	6.78	
Proteína (N X 6,25)	9.90	52.80	282.00
Fibra neutro detergente:	23.08	41.49	
Fibra ácido detergente:	5.47	12.84	
Contenido celular	76.92	58.51	
Hemicelulosa	17.61	28.65	
Celulosa	3.72	6.64	
Lignina	1.44	1.66	
Energía bruta, Kcal/gr.	3.98	4.17	

Cuadro No. 5

DIGESTIBILIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR ENSILADA  
 SIN Y CON NaOH, SUPLEMENTADA CON NITROGENO -  
 NO PROTEICO Y PROTEINA VERDADERA.  
 MATERIA SECA

Ensilaje	<u>sin NaOH</u>		<u>con NaOH</u>	
	<u>urea</u>	<u>soya</u>	<u>urea</u>	<u>soya</u>
Suplemento				
Digestibilidad, %	69.32	67.61	74.77	75.69

Promedio

Ensilaje	sin NaOH : 68.47	con NaOH : 75.32
Suplemento	urea : 72.05	soya : 71.65

Significancia

ensilaje	++
suplemento	ns
ens. X supl.	ns
cuad. med. del error	8.90

++ (P < 0.01)

ns.- no significativo

Cuadro No. 6

DIGESTIBILIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR ENSILADA  
 SIN Y CON NaOH, SUPLEMENTADA CON NITRÓGENO -  
 NO PROTEICO Y PROTEÍNA VERDADERA.  
 MATERIA ORGÁNICA

---

Ensilaje	<u>sin NaOH</u>		<u>con NaOH</u>	
	<u>urea</u>	<u>soya</u>	<u>urea</u>	<u>soya</u>
Suplemento				
Digestibilidad, %	71.69	70.41	74.64	75.63

---

Promedio

	<u>sin</u>	<u>con</u>
Ensilaje	NaOH : 71.05	NaOH : 75.14
Suplemento	urea : 73.17	soya : 73.02

---

Significancia

ensilaje	++
suplemento	ns
ens. X supl.	ns
cuad. med. del error	7.75

---

++ (P < 0.01)  
 ns.- no significativo

---

## Cuadro No. 7

DIGESTIBILIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR ENSILADA  
 SIN Y CON NaOH, SUPLEMENTADA CON NITROGENO -  
 NO PROTEICO Y PROTEINA VERDADERA.  
 PROTEINA

---

Ensilaje	<u>sin NaOH</u>		<u>con NaOH</u>	
	<u>urea</u>	<u>soya</u>	<u>urea</u>	<u>soya</u>
Suplemento				
Digestibilidad, %	83.68	83.14	79.64	81.54

---

Promedio

Ensilaje	sin NaOH : 83.41	con NaOH : 80.59
Suplemento	urea : 81.66	soya : 82.34

---

Significancia

ensilaje	ns
suplemento	ns
ens. X supl.	ns
cuad. med. del error	5.94

---

ns.- no significativo

---

Cuadro No. 8

DIGESTIBILIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR ENSILADA  
 SIN Y CON NaOH, SUPLEMENTADA CON NITROGENO -  
 NO PROTEICO Y PROTEINA VERDADERA.  
 FIBRA NEUTRO DETERGENTE

Ensilaje	<u>sin NaOH</u>		<u>con NaOH</u>	
	<u>urea</u>	<u>soya</u>	<u>urea</u>	<u>soya</u>
Suplemento				
Digestibilidad, %	49.88	59.00	56.25	64.52

Promedio

	<u>sin</u>	<u>con</u>
Ensilaje	NaOH : 54.44	NaOH : 60.39
Suplemento	urea : 53.07	soya : 61.76

Significancia

ensilaje	+
Suplemento	++
ens. X supl.	ns
cuad. med. del error	44.30

+ (P < 0.05)

++ (P < 0.01)

ns.- no significativo

Cuadro No. 9

DIGESTIBILIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR ENSILADA  
 SIN Y CON NaOH, SUPLEMENTADA CON NITROGENO -  
 NO PROTEICO Y PROTEINA VERDADERA.  
 FIBRA ACIDO DETERGENTE

---

Ensilaje	<u>sin NaOH</u>		<u>con NaOH</u>	
	<u>urea</u>	<u>soya</u>	<u>urea</u>	<u>soya</u>
Suplemento				
Digestibilidad, %	52.28	59.91	65.14	67.89

---

Promedio

Ensilaje	sin NaOH : 56.10	con NaOH : 66.52
Suplemento	urea : 58.71	soya : 63.90

---

Significancia

ensilaje	++
suplemento	++
ens. X supl.	ns
cuad. med. del error	17.28

---

++ (P < 0.01)

ns.- no significativo

---

Cuadro No. 10

DIGESTIBILIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR ENSILADA  
 SIN Y CON NaOH, SUPLEMENTADA CON NITROGENO -  
 NO PROTEICO Y PROTEINA VERDADERA.  
 HEMICELULOSA

---

Ensilaje	<u>sin NaOH</u>		<u>con NaOH</u>	
	<u>urea</u>	<u>soya</u>	<u>urea</u>	<u>soya</u>
Suplemento				
Digestibilidad, %	46.12	58.08	52.15	56.76

---

Promedio

Ensilaje	sin NaOH :: 52.10	con NaOH : 54.45
Suplemento	urea : 49.14	soya : 57.42

---

Significancia

ensilaje	ns
suplemento	ns
ens. X supl.	ns
Cuad. med. del error	168.94

---

ns.- no significativo

---

Cuadro No. 11

DIGESTIBILIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR ENSILADA  
SIN Y CON NaOH, SUPLEMENTADA CON NITROGENO -  
NO PROTEICO Y PROTEINA VERDADERA.  
CELULOSA

---

Ensilaje	<u>sin NaOH</u>		<u>con NaOH</u>	
	<u>urea</u>	<u>soya</u>	<u>urea</u>	<u>soya</u>
Suplemento				
Digestibilidad, %	49.70	54.46	70.47	71.86

---

Promedio

Ensilaje	<u>sin</u> NaOH : 52.08	<u>con</u> NaOH : 71.17
Suplemento	urea : 60.09	soya : 63.16

---

Significancia

ensilaje	++
suplemento	ns
ens. X supl.	ns
cuad. med. del error	74.77

---

++ (P < 0.01)

ns.- no significativo

---

Cuadro No. 12

DIGESTIBILIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR ENSILADA  
SIN Y CON NaOH, SUPLEMENTADA CON NITROGENO -  
NO PROTEICO Y PROTEINA VERDADERA.  
ENERGIA

Ensilaje	<u>sin NaOH</u>		<u>con NaOH</u>	
	<u>urea</u>	<u>soya</u>	<u>urea</u>	<u>soya</u>
Suplemento				
Digestibilidad, %	65.45	67.24	70.04	71.96
<hr/>				
<u>Promedio</u>	sin		con	
Ensilaje	NaOH : 66.35		NaOH : 71.00	
Suplemento	urea : 67.75		soya : 69.60	
<hr/>				
<u>Significancia</u>	ensilaje		++	
	suplemento		ns	
	ens. X supl.		ns	
	cuad. med. del error		10.93	
<hr/>				
++ (P < 0.01)				
ns.- no significativo				

Cuadro No. 13

DIGESTIBILIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR ENSILADA  
 SIN Y CON NaOH, SUPLEMENTADA CON NITROGENO -  
 NO PROTEICO Y PROTEINA VERDADERA.  
 ENERGIA DIGESTIBLE

Ensilaje	<u>sin NaOH</u>		<u>con NaOH</u>	
	<u>urea</u>	<u>soya</u>	<u>urea</u>	<u>soya</u>
Suplemento				
Megacalorias X kg.	2.26	2.40	2.24	2.43

Promedio

Ensilaje	sin NaOH : 2.28	con NaOH : 2.34
Suplemento	urea : 2.20	soya : 2.42

Significancia

ensilaje	ns
suplemento	++
ens. y supl.	ns
cuad. med. del error	0.013

++ (P < 0.01)

ns = no significativo

Cuadro No. 14

DIGESTIBILIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR ENSILADA  
 SIN Y CON NaOH, SUPLEMENTADA CON NITROGENO -  
 NO PROTEICO Y PROTEINA VERDADERA.  
 PORCENTAJE DE NITROGENO RETENIDO DEL CONSUMIDO

---

Ensilaje	<u>sin NaOH</u>		<u>con NaOH</u>	
	<u>urea</u>	<u>soya</u>	<u>urea</u>	<u>soya</u>
Suplemento				
Nitrógeno retenido, %	31.60	33.49	29.40	37.14

---

Promedio

Ensilaje	sin NaOH : 32.55	con NaOH : 33.27
Suplemento	urea : 30.50	soya : 35.32

---

Significancia

ensilaje	ns
suplemento	ns
ens. X supl.	ns
cuad. med. del error	50.11

---

ns.- no significativo

---

## DISCUSION

El tratamiento alcalino resultó ser bastante eficaz debido a que incrementó el aprovechamiento de la caña de azúcar, ya que favoreció una mayor disponibilidad de nutrientes que fueron utilizados más eficientemente por los animales. Resultados similares obtuvieron ( Viana et al, 1978 ), (Cuarón y Shimada, 1980), quienes reportaron que se mejoró el comportamiento animal al tratar la caña con NaOH.

El aumento en el consumo voluntario que se observó al proporcionar ensilaje de caña tratado con álcali se puede atribuir a la disminución en la concentración de etanol, el cual es depresor de la ingestión voluntaria, (James, 1973). Además se cree que el tratamiento alcalino al hacer más digestible a la caña, aumenta la velocidad de paso por el rumen a compartimientos posteriores, permitiendo una mayor ingestión.

La adición de NaOH al ensilaje de caña de azúcar produjo una disminución en el contenido de fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, hemicelulosa, lignina y un aumento en el contenido celular. Estos resultados indican que hubo una solubilización del material fibroso de la caña, por lo cual hay un incremento en los glúcidos solubles que proporcionan mayor disponibilidad de energía para el rumiante.

El tratamiento con NaOH permitió el incremento en la digestibilidad de materia seca, materia orgánica, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, celulosa y energía. Este efecto se debe a que el hidróxido de so-

dio hidroliza los enlaces del complejo lignina-celulosa-hemicelulosa, desdoblándolo en compuestos que son mejor utilizados por los microorganismos del rumen, por lo que se eleva el nivel de los productos finales de la fermentación, (Martín et al, 1977). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por (Garza et al, 1980), quien determinó que el tratamiento con NaOH del ensilaje de caña de maíz incrementó la digestibilidad ( $P < 0.01$ ) de la materia seca, materia orgánica, paredes celulares y energía digestible. (Viana et al, 1978) no encontró diferencia significativa en la digestibilidad de las fracciones de fibra para los tratamientos de ensilaje de caña de azúcar con y sin NaOH, esto se debe posiblemente a los elevados coeficientes de variación que se presentaron en sus resultados.

A pesar de que el contenido de hemicelulosa se redujo considerablemente (53 %) por el tratamiento alcalino, éste no produjo ningún cambio significativo en la digestibilidad, al compararlo con el tratamiento sin aditivo.

El tratamiento alcalino tuvo poco efecto en la reducción del contenido de celulosa (comparado con el tratamiento sin álcali), en cambio produjo un aumento considerable en la digestibilidad ( $P < 0.01$ ). Esto se debió posiblemente a que el álcali hizo más vulnerable a la celulosa para la hidrólisis microbiana en el rumen (Klopfenstein et al, 1972).

La digestibilidad de la energía fue mayor en el tratamiento con NaOH ( $P < 0.01$ ), ésta se relaciona con el mayor consumo voluntario de ensilaje tratado, por lo que

hubo más energía disponible en el rumen, por esto es probable que haya habido un mejor aprovechamiento del amonio en dicho órgano, lo que permitió un aumento en el flujo de proteína microbiana a los compartimientos posteriores.

La cantidad de amoniaco que puede ser utilizado en el rumen depende de la cantidad de bacterias que haya en él y de la rapidez con que crezcan, esto se relaciona con la cantidad de alimento fermentable consumido. Debido a esto el ensilaje tratado con NaOH que es más digestible y mejor fermentado, utiliza mayor cantidad de amonio con lo que permite una mejor reproducción de las bacterias en el rumen.

En la energía digestible no se nota el efecto del tratamiento alcalino debido a que hubo mayor consumo voluntario en el ensilaje tratado, por esto la cantidad de energía digestible consumida fue superior.

En general la fuente de nitrógeno proporcionada a base de soya fue superior a la urea, debido a que incrementó la digestibilidad ( $P < 0.01$ ) de la fibra neutro detergente, fibra ácido detergente y energía digestible. La razón es que la soya tiene ciertas ventajas sobre la urea, entre las que se conocen están: a).- Se degrada más la proteína necesaria para aportar el amonio requerido por la flora ruminal, el resto pasa a abomaso e intestino para ser utilizada como tal. b).- Proporciona esqueletos de carbono necesarios para la síntesis de proteína microbiana. c).- Proporciona a los microorganismos del rumen aminoácidos y péptidos ya formados, los cuales son necesarios para el crecimiento normal de algunas ce-

pas bacterianas, (Hungate, 1966). La ausencia de nitrógeno amino puede inhibir el crecimiento de éstas cepas, -- pues ellas pueden ser necesarias para otras reacciones -- en el rumen, además de la síntesis proteica. (Nolan, Norton y Leng) mostraron que el 20% de la proteína microbiana se origina de la incorporación en la dieta de aminoácidos y péptidos. Por lo tanto, hay indicios de que un mínimo de proteínas en el alimento es por lo menos, deseable si no necesario.

El aumento en el contenido de cenizas de los materiales tratados se debe a el NaOH introducido en el tratamiento de la caña de azúcar, el cual contiene minerales que aumentan la materia inorgánica.

No se encontró diferencia significativa en la retención de nitrógeno a favor de alguno de los tratamientos utilizados. Esto indica que hubo una síntesis proteica similar en los 4 tratamientos. (Aranda, 1976), encontró que el balance de nitrógeno fue más bajo en dietas -- sin suplementar con proteínas y fue similar en las dietas adicionadas de proteína verdadera y nitrógeno no proteico.

El tratamiento alcalino modificó el proceso de fermentación del ensilaje, dando lugar a que los lactobacilos proliferaran adecuadamente gracias a las condiciones de pH y produjeran grandes cantidades de ácido láctico, a costa de etanol. Al haber mayor cantidad de ácido láctico en el silo, el valor alimenticio de éste se mejora, ya que el láctico es precursor del ácido propiónico (Annison y Armstrong, 1970), el cual es utilizado en el hígado para producir glucógeno, es por esto que se reconoce que niveles altos de propiónico se traducen en mejores ganancias de peso por los animales.

## CONCLUSIONES

El tratamiento alcalino mejoró el valor nutritivo de la caña de azúcar, debido a que incrementó la disponibilidad de los nutrientes, los cuales fueron utilizados más eficientemente por los animales.

El hidróxido de sodio fué capaz de modificar el patrón de fermentación del ensilaje de caña, favoreciendo un aumento en la producción de ácido láctico a costa de etanol, lo que se tradujo en un incremento en el consumo voluntario y por consiguiente mayores ganancias de peso de los animales.

A pesar de que la soya produjo más beneficios en digestibilidad, no se deja de recomendar a la urea, debido a que en la mayoría de los valores estudiados éstos fueron equiparables con los de la soya, además de que su uso es más redituable económicamente.

Debido a la necesidad que actualmente existe de utilizar en la alimentación de los animales, productos alimenticios que no compitan con el hombre, es de primera necesidad utilizar óptimos métodos de aprovechamiento de los materiales lignocelulósicos, los cuales suman cada año cantidades considerables. El hidróxido de sodio es uno de éstos métodos que favorece la utilización y aprovechamiento de los mismos. Se sugiere que la investigación en Nutrición Animal debe ser dirigida con mayor intensidad hacia la búsqueda de nuevos métodos que apoyen a los ya existentes.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Annison, E.F. and D.G. Armstrong, 1970, volatile fatty acid metabolism and energy supply. Physiology of digestion and metabolism in the ruminant, Edited by A.T. Phillipson, Oliver Press, Newcastle England, p.- p. 422-437.
- 2.- A.O.A.C., 1975, Official methods of analysis, 12th ed. Association of official agricultural chemists, Washington, D.C.
- 3.- Aranda, E. Respuesta a la suplementación con proteína en dietas de caña integral molida. 2a. Reunión -- Anual, Chetumal, 1976.
- 4.- Archibald, J.G. The effect of sodium hidroxide on -- the composition, digestibility and feeding value of grain hulls and other fibrous material, J. Agr. Res. 27 : 245, (1924).
- 5.- Cuarón, Ma. Luisa y Shimada, A.S. Manipulación de la fermentación en ensilajes de caña de azúcar y en valor alimenticio para borregos, 2a. Rev. Cub. Cienc. Agric., en prensa, (1980).
- 6.- De Alba Jorge, 1971, Alimentación del ganado en América Latina, Prensa Médica Mexicana, 2a. ed. p.p. -- 177-181.
- 7.- Gadeen, N., The digestibility of straw after treatment with soda, J. Agric. Sci., 10:451, (1920).
- 8.- Garza, F.J., Bernal, G., González, F. y Shimada, A.S. Ensilajes de planta completa o de cañuela de maíz como fuentes de forraje para vaquillas Holstein. Tec. Pec. Mex., 39:7, (1980).

- 9.- González, Elfrida de y MacLeod, N.A. Fermentación espontánea de la caña de azúcar. *Prod. Anim. Trop.*, 1 : 82, (1976).
- 10.- James, L.A. Confit in relations for Livestock Proc CIDA Seminar on sugar cane as Livestock feed Barbados, 30 : 31 January, (1973).
- 11.- Klopfenstein, T.J., Krause, V.E. Jones, N. J. and Woods, W. Chemical treatments of low quality roughages, *J. Anim. Sci.*, 35 : 418, (1972).
- 12.- Klopfenstein T.J., 1978, Chemical treatment of crop residues, *J. Anim. Sci.* 46 (3) : 841-848.
- 13.- Martín, P.C. Grubeiro, T.C., Cabello, A. y Elías, A. Efecto del hidróxido de sodio y la presión sobre la digestibilidad de la materia seca de bagazo y bagacillo de caña. *Rev. Cub. Cienc. Agric.*, 8 : 23 --- (1974).
- 14.- Martín, P.C., Cabello, A. y Elías, A. Utilización de subproductos fibrosos de la caña de azúcar por los rumiantes. 2. Efecto de la combinación NaOH- presión sobre la digestibilidad y composición química del bagazo y bagacillo. *Rev. Cub. Cienc. Agric.*, 10 : 21, (1976).
- 15.- Martín, P.C., Cabello, A. y Elías, A. Utilización de subproductos fibrosos de la caña de azúcar por los rumiantes. 3. Efecto del nivel de NaOH sobre la producción in vitro de AGV totales de bagazo y bagacillo tratados. *Rev. Cub. Cienc. Agric.* 11 : 165, - (1977).
- 16.- Mc Anally, R.A. Digestion of straw by the ruminant *Biochem. J.* 36 : 392, (1942).

- 17.- Nolan, J.V., Norton, W.B. y Leng, R.A. 1972. In Tracer studies on NPN for ruminants, IAEA; Wenen.
- 18.- N.R.C. Nutrient Requirements of Sheep, National Research Council National Academic of Science, 5th Washington, D.C., (1975).
- 19.- Ohyama, Y. and Hara, S. Growth of yeasts isolated from silages on various media and its relationship to aerobic deterioration of silages, Jap. J. Zoot. Sci., 4 : 713, (1975).
- 20.- Orskov E.R. y F.D. Hovell, Digestión ruminal del heno (medida a través de bolsas de dacrón) en el ganado alimentado con caña de azúcar o heno pangola. -- Prod. Anim. Trop., 3 : 1, (1978).
- 21.- Preston, T.R., Limitaciones y perspectivas para la utilización de la caña de azúcar en la producción de leche y carne. 2a. Reunión Internacional de la caña de azúcar en la alimentación animal. Oaxtepec Morelos, México, (1978).
- 22.- Sánchez, F.J., Cambios en la composición química y digestibilidad de forrajes de baja calidad nutritiva, mediante el uso de diversos compuestos químicos Tec. Pec. Mex., 31 : 68, (1976).
- 23.- Steele, R.G.D. and J.H. Torrie, Principles and procedures of Statistics, Mc Graw-Hill Book Company, - Inc. New York, (1960).
- 24.- Tufinio, S., Calderón, F. Y Shimada, A.S. Efecto de la adición de hidróxido de sodio al ensilar caña de azúcar en su composición, Resúmenes de la 2a. Reunión Internacional de la caña de azúcar en la alimentación animal, Oaxtepec, Morelos, Mex. (1978).

- 25.- Van Soest P.J. and R.H. Wine , Use of detergents - in the analysis of fibrous feeds. IV Rapid method - for the determination of fiber and lignin, J. Assoc. Official Agr. Chem., 46 (5) : 829, (1967).
- 26.- Van Soest, P.J. and R.H. Wine, Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV the determination of plant cell-wall constituents, J. Assoc. Official Anal. Chem., 50 :50, (1967).
- 27.- Van Soest, P.J. and R.H. Wine, Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate, J. Assoc. Official Anal. Chem., 51 : 780 (1968).
- 28.- Viana, C., Marta, Shimada, A.S. y Calderón, F.M. Manipulación de la fermentación en ensilajes de caña de azúcar y su valor alimenticio para borregos. Tec. Pec. Mex., 35 : 48 (1978).

