

28
11

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales Cuautitlán



MEJORAMIENTO DEL VALOR NUTRITIVO DEL EN- SILAJE DE LA PLANTA DEL MAIZ SIN MAZORCA, EN BASE AL TRATAMIENTO CON HIDROXIDO DE SODIO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA
P R E S E N T A
FRANCISCO GONZALEZ - RUBIO LOPEZLLERA

DIRECTOR DE TESIS.- M. V. Z. ARMANDO S. SHIMADA M.

CUAUTITLAN, IZCALLI EDO. DE MEXICO

1979



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.

I N D I C E

RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
MATERIAL Y METODOS	7
RESULTADOS	11
CUADRO 1	13
CUADRO 2	14
CUADRO 3	15
CUADRO 4	16
CUADRO 5	17
GRAFICA 1	18
DISCUSION	19
CONCLUSION	24
BIBLIOGRAFIA	26

RESUMEN

Se efectuaron tres experimentos con el objetivo de estudiar el mejoramiento del valor nutritivo del ensilaje de la planta de maíz sin mazorca, en base al tratamiento con hidróxido de sodio: El primer experimento consistió en una prueba de comportamiento en donde se utilizaron 48 becerras Holstein con peso promedio de 186 kg, a las que se les proporcionaron tres diferentes silos: a) Forraje de maíz con grano, b) Forraje de maíz sin grano, c) Forraje de maíz sin grano adicionado con hidróxido de sodio al 4% en base a la materia seca. Además se les proporcionó una cantidad fija de pellets de alfalfa para llenar sus requerimientos nutritivos. Se encontró que los tratamientos de forraje de maíz con grano y de forraje de maíz sin grano adicionado con álcali (NaOH 4%) resultaron ser estadísticamente superiores en ganancia diaria de peso y en ganancia de peso total, comparativamente con el forraje de maíz sin grano. Con respecto al consumo de materia seca, hubo diferencias significativas entre tratamientos, siendo el consumo de forraje de maíz sin grano adicionado con álcali, superior ($P < 0.05$). El consumo de materia seca con forraje de maíz completo resultó ser estadísticamente igual que con forraje de maíz sin grano. Resultados similares se obtuvieron en relación a la conversión alimenticia. El segundo experimento fue una prueba de patrones de fermentación ruminal, observándose que la producción de ácidos grasos volátiles (molar) resultó ser estadísticamente igual entre los tres tratamientos ($P > 0.05$).

El tercer experimento fue una prueba de digestibilidad in vivo en la que se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en la digestibilidad de las fracciones de fibra, siendo mayor la digestibilidad del forraje de maíz sin grano adicionado con sosa; no hubo diferencias significativas entre los otros tratamientos.

Introducción.

El maíz (*Zea mays*) es considerado como el más importante cultivo en México, tanto por su producción total de grano (3.8 millones de toneladas anuales en promedio de 1970-1974), como por su amplia distribución en los variados climas de nuestro país; la superficie dedicada al cultivo del maíz es ocho veces mayor a la que se destina al trigo(7).

Sin embargo en el cultivo del maíz se tienen bajos rendimientos por hectárea (1.2 toneladas de grano/Ha en promedio de 1970-1974 (7)), principalmente debido a que el 90% de la superficie cultivada es de temporal. Así en Jalisco el rendimiento es de 2.5 toneladas/Ha debido a que la mayoría de las tierras son de riego, mientras que en Zacatecas se tiene un rendimiento de 0.350 toneladas/Ha siendo la mayor parte cultivada en temporal (18).

El maíz ha sido una de las plantas más utilizadas en la alimentación tanto del hombre como de los animales. Para el hombre se destina el grano maduro o tierno, mientras que para los animales se utilizan los residuos formados por tallos y hojas, ya sea directamente o conservados mediante el proceso de ensilaje(18).

En 1966 el 15% de la producción de maíz en México fue destinada a fines pecuarios (7), sin embargo cada vez resulta más difícil utilizar maíz para este fin, ya que en los últimos años se ha llegado a la necesidad de importar maíz para consumo humano y satisfacer la demanda nacional (18).

La forma de explotación integral del maíz para fines

pecuarios ha sido como ensilaje de la planta completa, aunque de esta forma no se utiliza el grano para consumo humano (18).

Gran parte del valor energético del ensilaje de maíz se debe al grano, por lo que al quitar éste, se reduciría su valor y también podrá variar el tipo de fermentación del ensilaje, que con maíz completo (hojas, tallos y mazorcas) es el óptimo (fermentación láctica) (6).

Anteriormente se ha demostrado, que los forrajes fibrosos de baja digestibilidad reducen el consumo voluntario (4), efecto que puede mejorarse a través del tratamiento con álcalis (17).

Sánchez (17), informó que los tratamientos con álcalis incrementan el valor nutritivo de los forrajes de baja calidad debido al aumento significativo en la digestibilidad de la materia seca; esto último es aparentemente debido a la solubilización de la celulosa y hemicelulosa presentes en las paredes celulares, sin cambios aparentes en el contenido de lignina (9).

A este respecto diferentes trabajos de Klopfenstein y colaboradores (8),(9),(10),(11),(16), han demostrado que el producto óptimo, en cuanto a efectividad y precio es el hidróxido de sodio y que el nivel de 4% en base a la materia seca del forraje es el más recomendable.

Koers et al., en 1970 (10), obtuvieron una mejora en ganancia de peso en borregos alimentados con ensilaje de ras-

trojo de maíz previamente tratado con 4% de NaOH, con respecto a los que consumieron rastrojo sin tratar.

En otro trabajo, se encontró una mejora adicional en el comportamiento de borregos consumiendo ensilaje de olote tratado con 4% de NaOH (12).

Rounds, en 1974 (15), encontró que al tratar mazorcas de maíz con 4 a 5% de NaOH se mejoraba su gustosidad y se incrementaba la ganancia diaria de peso de los animales que las consumían, comparada con las que no habían sido tratadas.

Waller, en 1975 (22), utilizando borregos alimentados con mazorcas de maíz con NaOH sólo y en combinación con Ca(OH)_2 y NH_4OH en diferentes proporciones, logró las mejores ganancias diarias de peso con 3% de NaOH en combinación con 1% Ca(OH)_2 .

Calderón et al., (4), probaron el rastrojo de maíz tratado con 4% de NaOH contra el rastrojo sin tratar sobre el crecimiento de becerros para producción de carne, sus observaciones no demostraron una mejoría en la ganancia de peso, pero sí en la conversión alimenticia.

Se ha reportado un aumento en la digestibilidad in vitro de ensilaje de maíz completo tratado con 4% de NaOH; sin embargo cuando la prueba se realizó in vivo no se encontró respuesta alguna(8). En este mismo estudio con rastrojo de maíz ensilado y tratado con 3 y 5% de NaOH obtuvieron una mejora significativa de la digestibilidad de la materia orgá-

nica y de las paredes celulares in vivo. También se informó que al tratar maíz con sosa y posteriormente ensilarlo se obtiene un forraje de excelentes características (8).

Tomando en cuenta los altos niveles de producción de maíz existentes en la República Mexicana, así como también el número tan elevado de rastrojo que se desperdician en cada ciclo de producción, se pensó en estudiar la forma de aprovecharlo al máximo, utilizando las técnicas de ensilaje ya conocidas así como también mediante aditivos químicos para mejorar su calidad nutritiva y la gustosidad por los animales (17).

El presente trabajo tuvo por objeto determinar el valor nutritivo del ensilaje de la planta de maíz sin mazorca en base al tratamiento con hidróxido de sodio.

Material y Métodos

El presente trabajo se llevó a cabo en el centro de re-
cría de Tepotzotlán Edo. de México, perteneciente al progra-
ma para la descentralización de establecimientos lecheros (PRODEL).
Se empleo un cultivo de maíz de 200 días de edad, el cual se
maneja en la siguiente forma: 120 toneladas de forraje de ma-
íz sin grano, 86 toneladas de forraje de maíz sin grano para
ser tratados con hidróxido de sodio (NaOH) y 141 toneladas de
forraje de maíz con grano; los cuales fueron previamente
picados y posteriormnete ensilados.

Cada uno de los silos constituyeron los tratamientos de
la siguiente forma:

- a) Forraje de maíz con grano.
- b) Forraje de maíz sin grano.
- c) Forraje de maíz sin grano adicionado con hi-
dróxido de sodio (4% en base a la materia seca).

Los ensilajes se hicieron en una explanada de cemento
con un ligero declive para facilitar el drenaje. Durante el
proceso de ensilaje, se tomaron muestras del forraje para
análisis químico.

En base a una determinación preliminar de la materia
seca del maíz despendado, se adicionó una solución saturada
de hidróxido de sodio (96:4), mezclándose con un tractor con
pala hidráulica; finalmente los silos fueron apisonados con
tractor para lograr la expulsión del aire al máximo. Al fi-
nalizar fueron cubiertos con plástico para evitar la entrada

de aire y la pérdida de humedad.

Después de permanecer cerrados los silos por un periodo de 45-55 días, se procedió a abrirlos para efectuar el análisis químico proximal (1), fracciones de fibra (21) y pli.

Se llevaron a cabo tres experimento biológicos.

Experimento 1

Se realizó una prueba de comportamiento en donde se emplearon 48 becerras Holstein con peso promedio de 186 kg las cuales fueron pesadas previa dieta de 12-24 hrs. de alimento y agua; al inicio, a los 15 días y posteriormente cada 28 días hasta el término del experimento.

Los animales se desparasitaron contra nemátodos al inicio del experimento con (Ripercol), así como también se vitaminaron (Vigantol A.D.E. fuerte) mediante aplicación intramuscular de acuerdo a las especificaciones del productor.

Se distribuyeron de acuerdo a su peso en tres diferentes tratamientos conforme a un diseño experimental de bloques al azar; se alojaron en grupos de cuatro animales; en corrales de piso, comedero y bebedero de cemento, donde se les ofreció dos veces al día, a las 8:00 AM y 15:00 PM de acuerdo al tratamiento, el ensilaje de maíz y una cantidad fija de pellets de alfalfa (cuadro 3) para llenar sus requerimientos según el National Research Council (N.R.C.) durante 15 días de adaptación y 155 días de prueba.

Experimento 2

Se llevó a cabo una prueba de patrones de fermentación ruminal. Para ello se utilizaron 12 de las 48 becerras usadas

en el experimento 1, con peso promedio de 237 kg, a las cuales se les ofreció únicamente ensilaje de maíz por un período de 10 días respetando el tipo de ensilaje que consumieron durante la prueba inmediata anterior. Durante el onceavo día se extrajeron 20 ml de líquido ruminal por animal por medio de sonda esofágica; las muestras se depositaron en frascos color ámbar para protegerlas de la luz solar, agregándoseles previamente unas gotas de tolueno para inhibir la fermentación bacteriana.

De acuerdo a la técnica de Cottyn y Bouque (5), se tomaron con pipeta 5 ml de la muestra anterior en un tubo de centrífuga y se les adicionó 1 ml de ácido metafosfórico al 25%. El ácido metafosfórico precipita a las proteínas que contaminan a la columna. Después de 30 minutos, el contenido fue centrifugado a 4000 r.p.m. (centrífuga refrigerada) por 20 minutos. Este preparado se inyectó en un cromatógrafo* para hacer la lectura de los ácidos grasos volátiles.

Experimento 3

Se llevó a cabo una prueba de digestibilidad in vivo en donde se utilizaron las becerras del experimento 2 bajo las mismas condiciones de alimentación. El período experimental fue de 15 días, de los cuales los 10 primeros fueron de adaptación y los 5 restantes de recolección.

La prueba de digestibilidad consistió en llevar un control del alimento consumido diario por animal y de la cantidad de heces excretadas durante un período de tiempo previamente establecido, haciendo un análisis químico de alimento

y heces con el objeto de determinar: materia seca, materia orgánica, fibra neutro detergente (FND), lignina, celulosa y hemicelulosa (2); y por diferencia calcular la cantidad de alimento que fue digerido por el animal. Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Dig} = 100 - \left[100 \cdot \left(\frac{\% \text{ indicador en alimento}}{\% \text{ indicador en heces}} \right) \cdot \left(\frac{\% \text{ nutrientes en heces}}{\% \text{ nutrientes en alimento}} \right) \right]$$

Nota: % del indicador en el alimento = % de cenizas insolubles.

Los datos generados de los experimentos se interpretaron estadísticamente mediante un análisis de varianza de acuerdo a los lineamientos establecidos por Snedecor y Cochran (19) y Steel and Torrie (20).

* Modelo Varian Aerograph serie 1400.

Resultados

Los resultados de los análisis químicos efectuados a los ensilajes se muestran en el cuadro 1. El contenido de proteína (N X 6.25), así como de nitrógeno no proteico están disminuidos en los ensilajes de forraje de maíz despenchado con y sin hidróxido de sodio, comparativamente con el ensilaje de maíz completo debido a que esta es más rico en proteína por la presencia del grano.

El contenido de cenizas totales se ve aumentado en el ensilaje tratado con NaOH, no siendo así en los otros dos tratamientos.

En cuanto a las cenizas insolubles en ácido, se observan disminuidas en el ensilaje con sosa mientras que en los otros ensilajes se mantuvieron constantes. De igual forma las paredes celulares están disminuidas en el tratamiento con sosa.

En las fracciones de fibra observamos diferencias entre tratamientos: hubo una disminución de hemicelulosa, aumento de celulosa así como de lignina en el ensilaje tratado con sosa, mientras que el contenido celular se ve aumentado comparativamente en los otros dos tratamientos.

Los resultados de pH se muestran en el cuadro 2. En general el pH tendió a ser superior en el ensilaje tratado con hidróxido de sodio.

Experimento 1

Los resultados de la prueba de comportamiento se muestran en el cuadro 3. No hubo diferencias estadísticas significativas en las ganancias diarias de peso entre los animales

consumiendo forraje de maíz con sosa contra los que consumieron maíz completo. El consumo de materia seca fue mayor en el tratamiento con hidróxido de sodio, mientras que la conversión alimenticia en el forraje de maíz con y sin sosa resultaron estadísticamente iguales.

Experimento 2

Los resultados al respecto se muestran en el cuadro 4. La producción ruminal de ácidos grasos volátiles no se vio afectada por la adición de hidróxido de sodio para el primer tratamiento, ni por la presencia del grano en el segundo, por lo que resultaron ser estadísticamente iguales ($P < 0.05$), los tres tratamientos en cuanto a la producción de ácido acético, propiónico y butírico (figura 1).

Experimento 3

Los resultados de la digestibilidad in vivo se muestran en el cuadro 5. Como se demostró la digestibilidad de las fracciones de fibra del tratamiento con hidróxido de sodio es mayor con respecto a las digestibilidades de los tratamientos de forraje de maíz con y sin grano. De igual forma el análisis estadístico muestra que no hay diferencias significativas entre los tratamientos de forraje de maíz con y sin grano, mientras que estos comparados con el tratamiento con NaOH sí muestran una diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

Cuadro 1

Análisis químico de los tratamientos %.

	I	II	III
Prot. (N X 6.25)	5.05 ^a ±0.57	7.8±1 ^b .3	5.1± ^a 0.33
Materia seca	32.74 ^a ±2.9	29.75 ^a ±3.4	31.4 ^a ±4.4
Nitrógeno no protéico	0.38	0.55	0.45
Cenizas totales	15.48	8.04	8.04
Cenizas insolubles	2.57	3.89	3.71
Fibra Neutro Detergente	58.96	61.87	62.66
Fibra Acido Detergente	45.67	39.99	42.74
Contenido celular	41.04	38.13	37.33
Celulosa	31.55	29.80	30.68
Lignina	7.51	5.96	7.51
Hemicelulosa	15.29	21.88	19.92

a,b/ para cada parámetro, valores con distinta literal son diferentes estadísticamente.

I Forraje de maíz sin grano adicionado con NaOH.

II Forraje de maíz con grano.

III Forraje de maíz sin grano.

Cuadro 2

Valor del pH de los tratamientos.

	I	II	III
pH	4.8 ^b .29	3.8 ^a .08	4.04 ^a .52

a,b/ valores con distinta literal son diferentes estadísticamente.

I Forraje de maíz sin grano adicionado con NaOH.

II Forraje de maíz con grano.

III Forraje de maíz sin grano.

Cuadro 3

Comportamiento de becerras Holstein ajustado a
85 días de prueba.

	I	II	III
Peso inicial,kg	180.62 ^a 18.90	180.93 ^a 18.02	181.50 ^a 18.07
Ganancia diaria,kg	.651 ^a 0.04	.679 ^a 0.10	.538 ^b 0.04
Materia seca silo,kg	392.05 ^a 46.5	348.42 ^b 24.2	314.17 ^b 29.4
Materia seca alfalfa,kg	.3619	.3619	.3619
Conversión alimenticia	7.25 ^a 0.80	6.29 ^b 1.10	7.06 ^a 0.80
Proteína total	599.9 ^a 28.03	688.90 ^b 22.7	554.40 ^c 18.9
Índice de eficiencia proteínica	1.09 ^a .052	.99 ^b .035	.97 ^b .032

a,b,c/ para cada parámetro valores con distinta literal
son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

I Ferraje de maíz sin grano adicionado con NaOH.

II Ferraje de maíz completo.

III Ferraje de maíz sin grano.

Cuadro 1

Producción de Ácidos grasos volátiles (% molar).

	I	II	III
Acético	75.26 ^a 1.84	75.68 ^a 1.2	76.73 ^a 2.06
Propiónico	19.13 ^b 1.34	19.79 ^b 1.90	17.88 ^b 2.02
Butírico	5.59 ^b 1.42	4.53 ^b 2.12	5.39 ^b 1.38

a,b/ para cada parámetro valores con distinta literal son diferentes estadísticamente.

I Forraje de maíz sin grano adicionado con NaOH.

II Forraje de maíz completo.

III forraje de maíz sin grano.

Cuadro 5

Resultados de la prueba de digestibilidad.

% digestibilidad	I	II	III
Materia seca	77.73 ^a ±1.86	61.79 ^b ±0.58	61.09 ^b ±2.66
Materia orgánica	78.26 ^a ±2.05	65.74 ^b ±0.62	64.40 ^b ±3.31
Paredes celulares	76.38 ^a ±2.28	60.24 ^b ±1.55	58.31 ^b ±4.44
Fibra ácido detergente	74.33 ^a ±2.62	56.24 ^b ±5.10	55.13 ^b ±3.81
Celulosa	81.48 ^a ±2.57	67.74 ^b ±1.36	65.78 ^b ±4.37
Hemicelulosa	81.12 ^a ±3.38	71.05 ^b ±2.59	65.12 ^b ±5.89

Todos los valores son promedios ± desviación standard de cuatro animales.

a,b/ para cada parámetro valores con distinta literal son diferentes estadísticamente.

I Forraje de maíz sin grano adicionado con NaOH.

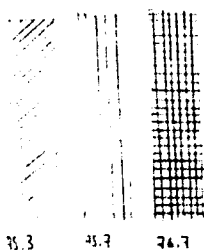
II Forraje de maíz completo.

III Forraje de maíz sin grano.

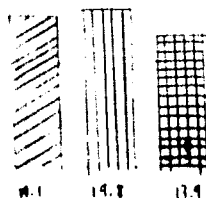
Gráfica 1

Producción de Acidos Grasos Volátiles (% molar).

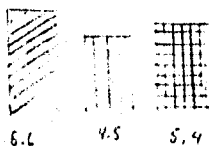
ACETICO



BUTIRICO



PROPIONICO



= Forraje de maíz sin grano adicionado con NaOH.

= Forraje de maíz completo.

= Forraje de maíz sin grano.

Discusión

Moers et al., (10), demostraron una mejora en ganancia de peso en borregos alimentados con ensilaje de rastrojo de maíz previamente tratado con 4% de NaOH, con respecto a los que consumieron rastrojo sin tratar. Calderón et al., (4), probó rastrojo de maíz tratado con 4% de NaOH contra rastrojo sin tratar sobre el crecimiento de becerros para producción de carne sin lograr una mejoría en la ganancia de peso, pero sí en la conversión alimenticia. En el presente experimento, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en las ganancias diarias de peso entre los animales que recibieron ensilaje de maíz tratado con hidróxido de sodio y los que recibieron maíz completo. Mientras que sí hubo diferencias significativas entre estos dos tratamientos y el rastrojo de maíz sin tratar. Las menores ganancias de peso las obtuvieron las becerras alimentadas con rastrojo de maíz sin sosa, debido al bajo consumo voluntario del forraje y por las condiciones tan pobres del mismo. De acuerdo con lo anterior, los dos primeros ensilajes se pueden utilizar como alimento para becerras de 200 kg de peso con resultados similares en las ganancias diarias de peso, tomando en cuenta que en el primer caso hablamos de forraje de maíz tratado mientras que en el segundo se trata de maíz completo.

Experimentos anteriores, han demostrado que el mejor rendimiento del rastrojo se debe a que el tratamiento alcalino afecta las paredes celulares, rompiendo los enlaces existentes entre los carbonos de celulosa y hemicelulosa, disminuyéndolas

hasta un 13% con el tratamiento permitiendo así que sean más digeribles por los animales para obtener mayores ganancias diarias de peso (9). Nuestros resultados pudieron ser debidos a que la adición del hidróxido de sodio aumenta la salinidad del forraje haciendolo más apetecible por el ganado como demostró Rounds et al.,(16).Otros autores piensan que cuando un alimento es alcalinizado se observa un incremento en el consumo voluntario por aumento en su gustosidad (3).

De acuerdo a investigaciones anteriores (10),(4),(15), con respecto al consumo de alimento y conversión alimenticia nuestros resultados fueron similares, en el tratamiento de maíz completo, el consumo de materia seca fue menor en relación al rastrojo con sosa para tener ganancias diarias de peso iguales en ambos tratamientos, lo que nos hace pensar que la conversión alimenticia para el tratamiento con maíz completo fue mejor que con el tratamiento con rastrojo adicionado con sosa: es decir se demostró en nuestro trabajo que con el rastrojo con sosa se tuvo que consumir más alimento para tener las mismas ganancias de peso que con el maíz completo donde se consumió menos. Por otro lado en el tratamiento de forraje de maíz sin aditivo el consumo de materia seca fue el menor de los tres tratamientos y también la conversión alimenticia fue la más baja pero estadísticamente igual al tratamiento con sosa, lo que demostró que el tratamiento con maíz completo fue el más eficaz en cuanto a la conversión alimenticia.

Experimento 2

Estudios previos demostraron que la adición de sosa aumentó la digestibilidad de los forrajes de baja calidad, estos trabajos no valoraron la acción de la sosa sobre los porcentajes de ácidos grasos volátiles (16). Klopfenstein et al., (8), discute la acción de la sosa sobre los forrajes sin mencionar su repercusión sobre los porcentajes de ácidos grasos volátiles y en sus resultados concluye son producto de que dicho álcali actúa sobre la celulosa y hemicelulosa de las paredes celulares provocando así que los microorganismos ruminales tengan mayor superficie de contacto sobre el alimento, haciéndolo más digerible y obteniendo mejores ganancias de peso. En nuestra observación, la producción ruminal de ácidos grasos volátiles (% molar), resultó ser estadísticamente igual para los tres tratamientos, de tal manera que estos ácidos no se vieron afectados por la adición de sosa para el primer tratamiento ni por la presencia del grano en el segundo.

Experimento 3

Previos trabajos informan (8), (9), (17), que los tratamientos con álcalis incrementan el valor nutritivo de los forrajes de baja calidad debido al aumento significativo en la digestibilidad de la materia seca. Como demostramos en el presente trabajo en el cuadro 5, la digestibilidad de las fracciones de fibra del forraje adicionado con hidróxido de sodio fueron superiores en relación a las digestibilidades de los otros tratamientos. Este se debe por una parte, a que los animales que se les proporcionó el forraje de maíz con sosa

fueron los que tuvieron mayor consumo voluntario como lo mencionó Bhattacharya (5), en relación a los otros dos tratamientos. Por otro lado, la acción ejercida por el hidróxido de sodio sobre las paredes celulares del forraje de acuerdo a Klopfenstein (8), logró que ésta fuera más digerible cuadro 5, teniendo consecuentement ganancias de peso similares a las obtenidas por los animales que consumieron el maíz completo probablemente debido a que en éste el consumo de materia seca fue menor.

Por otra parte, el hecho de que el forraje con sosa sea más digerible por los animales que en los otros dos tratamientos fué demostrado con anterioridad debido a que el tiempo de tránsito en el tracto gastro intestinal es menor, provocando que el animal aumente la frecuencia de ingestión del alimento dando como resultado mayores consumos voluntarios (14).

Desde el punto de vista redituabilidad nosotros desglosamos cada tratamiento por separado y analizamos las dos opciones: el ensilar el maíz completo y el ensilarlo después de haber obtenido el elote, más la adición del álcali. Debido a que el costo de producción de una hectárea de maíz para los dos casos fue el mismo, en el caso del maíz despencado, al momento de ensilar sumamos el costo de la adición del hidróxido de sodio. En el estudio de los costos y redituabilidad consideramos que cuando ensilamos la planta sin elote se esta obteniendo por hectárea un doble propósito: primero, forraje para el ganado y en segundo lugar el elote para consumo humano, lo cual económicamente reditúa un beneficio bastante considerable por hectárea, siempre y cuando se si-

embren un promedio de 50 mil plantas de maíz y que crezcan con dos elotes en promedio cada una; al momento de despencar el agricultor obtendrá bajo estas condiciones 100,000 elotes los cuales destinará para consumo humano obteniendo una ganancia de 150,000.00 (M.N.), calculando que el precio del elote oscila entre \$1.50 y \$3.00 de acuerdo a la época del año. Por otro lado el agricultor puede aprovechar el forraje sobrante tratado previamente con sosa como alimento para ganado, agregando dicho álcali en forma de una solución saturada al cuatro por ciento en base a la materia seca (96:4); es decir, que por cada tonelada de materia seca se ocupan 40.00 kg de NaOH que al aplicarlo a las 50 toneladas de forraje equivalentes a 19,251 kg de materia seca que se producen en promedio por hectárea se necesitaría 770 kg de NaOH. Si tomamos en consideración que el costo de la sosa es de \$9.57 kg, el capital invertido por el tratamiento equivale a \$7,368.90.

Conclusión

El tratamiento del forraje de maíz con 4% de NaOH mejora su valor nutritivo para el rumiante debido al aumento significativo en la digestibilidad de la materia seca, dando lugar a ganancias diarias de peso similares a las proporcionadas por un silo de maíz completo (hojas, tallo y grano).

Por lo tanto se apreció que no obstante siendo el forraje con sosa de menor calidad que el forraje completo, el consumo voluntario se ve favorecido por la adición del álcali, lográndose así mayores aumentos de peso en relación al testigo sin sosa, y comparables al maíz completo ensilado.

Sugerimos que una alternativa sería esperar a que el grano este en un estado masoso para cosechar la mazorca (despencar) y en esta forma darle utilidad al grano para consumo humano y al forraje ensilarlo previo tratamiento con 4% de NaOH como alimento para el ganado.

Dos aspectos importantes nos impulsan a pensar en un mejor aprovechamiento de los residuos agrícolas.

Primeramente, en el futuro de nuestro país, el maíz se utilizará principalmente para la alimentación humana, lo que forzosamente debe de reducir la cantidad disponible para alimentar animales, sobre todo en forma de ensilaje; esto acarrea sin duda que la producción de rastrojo aumente y se tenga que buscar su mejor aprovechamiento.

Segundo lugar, los residuos agrícolas constituidos por tres cuartas partes de celulosa y hemicelulosa que aún son fuente de energía para los rumiantes, se pueden mejorar en

cuanto a su valor nutritivo mediante tratamiento químico.

Considerando los aspectos económicos mencionados y tomando en cuenta la inversión del tratamiento alcalino comparada con las ganancias obtenidas por la venta del clote así como las ganancias de peso obtenidas en los animales que posteriormente se transforman en ganancias económicas debidas al mejoramiento del valor nutritivo del forraje; se propone que en los medios rurales se aproveche este método para no hacer competitiva la alimentación del hombre y de los animales fomentando la agricultura de doble propósito.

Bibliografía

- 1) Association of Official Agricultural Chemists: Official Methods of Analysis. 10th. Ed. Washington, D.C. (1965).
- 2) Bateman, V.J.: Nutrición Animal: Manual de Métodos Analíticos. Centro Regional de Ayuda Técnica. (1970).
- 3) Bhattacharya, A.N. and R.G. Warner: Voluntary Feed Intake of Pelleted Diets for Cattle, Sheep and Rabbits as affected by different Alkali Supplements. J. Anim. Sci. Vol. 27: 1418 (1968).
- 4) Calderón, F.; Rojas, R.; Shimada, A. y Peraza, C.: Alimentación de Becerros con Rastrojo de Maíz tratado con Alkali. Vet. Mex. Vol. 6:1 (1975).
- 5) Cottyng, B.G. and Bouque, Ch.V.: Rapid Method for the Gas Chromatographic Determination of Volatile Fatty Acids in Rumen Fluid. J. Agric. and Food Chem. Vol. 16 (1978).
- 6) De Alba, J.: Alimentación del Ganado en América Latina. Prensa Médica Mexicana. 2a. Ed. (1971).
- 7) Dirección General de Economía Agrícola, con Sumas Aparentes. DGEA-SAG. (1970-1974).
- 8) Klopfenstein, T.J.; Krause, V.E.; Jones, M.J. and Woods, W.: Chemical Treatments of Low Quality Roughages. J. Anim. Sci. Vol. 35 (2): 418-422 (1972).
- 9) Klopfenstein, T.J.: Chemical Treatment of Crop Residues. J. Anim. Sci. Vol. 43 (2): 841-848 (1978).
- 10) Koers, W.; Woods, W. and Klopfenstein, T.J.: Sodium Hydroxide Treatment of Corn Stover and Cobs. J. Anim. Sci. Vol. 35: 1030 (1970).

- 11) Koers, W.; Prokop, M. and Klopfenstein, T.J.: Sodium Hydroxide Treatment of Crop Residues. J. Anim. Sci. Vol. 35: 1131 (1972).
- 12) Koers, W.; Klopfenstein, T.J. and Woods, W.: Sodium Hydroxide Treatment of Corn Cobs. J. Anim. Sci. Vol. 29:163 (1969).
- 13) National Research Council: Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 5th. Ed. (1978).
- 14) Preston, T.R. and Willis, M.B.: Producción Intensiva de Carne. Ed. Diana. (1974).
- 15) Rounds, W.; Klopfenstein, T.J.: Chemicals for Treating Crop Residues. J. Anim. Sci. Vol. 36 (1): 251 (1974).
- 16) Rounds, W.; Klopfenstein, T.J.; Walter, J. and Messerm, T.: Influence of Alkali Treatments of Corn Cobs on In Vitro Dry Matter Disappearance and Lamb Performance. J. Anim. Sci. Vol. 43 (2): 478-482 (1976).
- 17) Sanchez, J.E.: Cambios en la Composición Química y Digestibilidad de Forrajes de Baja Calidad Nutritiva mediante el Uso de Diversos Compuestos Químicos. Técnica Pecuaria en México. INIP-SAG. Vol. 31:68 (1976).
- 18) Sanchez, R.R.: Producción de Granos y Forrajes. Ed. Limusa - Wiley. (1976).
- 19) Snedecor, G.W. y Cochran, W.G.: Métodos Estadísticos. Cia. Ed. Continental. (1979).
- 20) Steel, G. and Torrie, J.H.: Principles and Procedures of Statística. Mc. Graw-Hill. (1960).

- 21) Van Soest, P.J.: Development of a Comprehensive System of Feed Analysis and Its Application to Forages. J. Anim. Sci. Vol. 26 (1967).
- 22) Waller, J.C.; Klopfenstein, T.J.: Hidroxides for Treating Crop Residues. J. Anim. Sci. Vol. 41 (1) (1975).