

1029

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EFECTO DEL HIDROXIDO DE SODIO ( $\text{NaOH}$ ) SOBRE  
LA DIGESTIBILIDAD in vivo E in vitro DEL  
RASTROJO DE MAIZ EN  
GANADO CAPRINO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

PRESENTA

GERARDO ENRIQUE CORONADO NIETO

MARIN, N. L.

ABRIL DE 1983

F

SF383

C6

c.1



1080061203

**INVENTARIADO  
AUDITORIA  
U. A. N. L.**

---

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO DEL HIDROXIDO DE SODIO ( $\text{NaOH}$ ) SOBRE  
LA DIGESTIBILIDAD in vivo E in vitro DEL  
RASTROJO DE MAIZ EN  
GANADO CAPRINO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

PRESENTA

GERARDO ENRIQUE CORONADO NIETO

MARIN, N. L.

ABRIL DE 1983

T  
SF 383  
C 6

040 636  
FA3  
1983



Biblioteca Central  
Maana Solidaridad

F- Tesis



B. Raúl Rangel Flores  
UANL  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA

EFEECTO DEL HIDROXIDO DE SODIO (NaOH) SOBRE LA DIGESTIBILIDAD in vivo E in vitro DEL RASTROJO DE MAIZ EN GANADO CAPRINO.

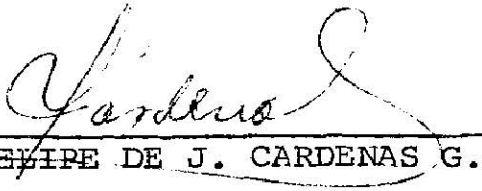
TESIS QUE PRESENTA GERARDO ENRIQUE CORONADO NIETO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO - AGRONOMO ZOOTECNISTA.

COMISION REVISORA

ASESOR PRINCIPAL:

  
\_\_\_\_\_  
ING. M.C. ERASMO GUTIERREZ ORNELAS

ASESOR AUXILIAR:

  
\_\_\_\_\_  
ING. M.C. FELIPE DE J. CARDENAS G.

FECHA: ABRIL DE 1983.

D E D I C A T O R I A

A DIOS

Por permitirme finalizar  
mi carrera profesional.



A MIS PADRES:

SR. SABINO CORONADO OLVERA

SRA. DELFINA NIETO DE CORONADO

Con mucho amor, cariño y respeto -  
por su incansable sacrificio, apoyo  
y perseverancia en darme una carre-  
ra profesional.

A MIS HERMANOS:

JESUS JAVIER

MA. DEL ROBLE

JOSEFINA MAGDALENA

JUAN MANUEL

OSCAR

ROSA MARIA

GLORIA ELVA

JAIME

ANA MARIA

A MI NOVIA :

SRITA MA. DE LOURDES RODRIGUEZ LOERA

Con amor.

A TODOS MIS FAMILIARES

Y AMIGOS.

## AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento al  
ING. M.C. ERASMO GUTIERREZ ORNELAS e  
ING. M.C. FELIPE DE JESUS CARDENAS G.

Por su valioso asesoramiento para la  
realización de éste trabajo.

AL CENTRO DE FOMENTO Y DESARROLLO  
CAPRINO DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA  
DE LA U.A.N.L. POR TODAS LAS FACILI  
DADES BRINDADAS.

# I N D I C E

	PAGINA
I. I N T R O D U C C I O N.....	1
II. R E V I S I O N D E L I T E R A T U R A.....	3
1. Potencialidad de los esquilmos agrícolas en la alimentación animal.....	3
2. Desventajas del uso de los esquilmos agrícolas como alimento para los animales.....	4
3. Diversas formas para incrementar el aprovecha- miento de los esquilmos agrícolas.....	4
3.1. Tratamientos físicos.....	4
3.2. Tratamientos químicos.....	5
III. M A T E R I A L E S Y M E T O D O S.....	12
Experimento 1: Efecto del NaOH sobre la digestibi- lidad <u>in vivo</u> del rastrojo de maíz.....	13
Experimento 2: Efecto del NaOH sobre la digestibi- lidad <u>in vitro</u> del rastrojo de maíz.....	15
IV. R E S U L T A D O S Y D I S C U S I O N.....	16
V. C O N C L U S I O N E S Y R E C O M E N D A C I O N E S.....	24
VI. R E S U M E N.....	25
VII. B I B L I O G R A F I A.....	27

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO		PAGINA
1	Resumen de ANVA para las variables de interés.....	16
2	Efecto del NaOH sobre la DMS, DMO y el consumo de agua <u>in vivo</u> del rastrojo de maíz.....	17
3	Efecto del NaOH sobre el consumo real y estimado del rastrojo de maíz y los cambios de peso vivo.....	20
4	Efecto del NaOH sobre la digestibilidad de la materia seca y digestibilidad de la materia orgánica <u>in vitro</u> del rastrojo de maíz.....	21
<b>FIGURA</b>		
1	Efecto del NaOH sobre la DMS y DMO <u>in vivo</u> del rastrojo de maíz.....	19
2	Efecto del NaOH sobre la DMS y DMO <u>in vitro</u> del rastrojo de maíz.....	23

## I. INTRODUCCION

La creciente explosión demográfica y la demanda alimenticia asociada a este fenómeno ha causado consternación a nivel mundial. Cerca del 70% de los alimentos consumidos por el hombre son granos o derivados de éstos. En 1975, cerca del 40% de los granos producidos se dieron como alimento a los animales (Anónimo, 1982); esto indica que una gran cantidad de los granos producidos en el mundo es consumida por las diferentes especies de animales que el hombre cría. Por lo tanto, es de suma importancia tratar de conservar los granos para el consumo humano y hacer a los animales más dependientes de forrajes, esquilmos agrícolas, subproductos agroindustriales, así como de desechos que actualmente no se utilizan en la alimentación animal.

Los animales son, hablando en términos generales, muy ineficientes para transformar la proteína vegetal y la energía en productos comestibles; los animales rumiantes, en contraposición con los monogástricos, tienen la ventaja de que pueden ser alimentados en base a esquilmos agrícolas y subproductos agroindustriales que el hombre no utiliza directamente en su alimentación.

Uno de estos esquilmos, el rastrojo de maíz, es el más abundante en México produciéndose alrededor de 48 millones de toneladas anualmente (Anónimo, 1982), lo que significa que utilizándose

de una manera eficiente, puede ser una solución para la alimentación animal; pero debido a que la mayoría de dichos esquilmos -- tienen baja digestibilidad, alto contenido fibroso, etc., se -- hace necesario involucrar algún tipo de procesamiento, ya sea físico o químico que pueda incrementar su valor nutritivo.

En algunos trabajos realizados recientemente, se ha demostrado que algunos esquilmos como el rastrojo de maíz y algunas pajas, tratadas con hidróxido de sodio (NaOH) aumentan su digestibilidad in vitro; aunque este efecto depende mucho del tipo de esquilmo, es por esto que los resultados obtenidos no pueden -- aplicarse en forma general para todos.

Considerando lo anterior, el presente trabajo fue planeado con el fin de determinar el efecto que tiene el hidróxido de sodio (NaOH) sobre la digestibilidad in vivo e in vitro de la materia seca y materia orgánica del rastrojo de maíz en ganado caprino; así como estimar el nivel óptimo de NaOH que permita aumentar la digestibilidad del rastrojo de maíz.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 1. Potencialidad de los esquilmos agrícolas en la alimentación animal.

Uno de los principales problemas que afronta la ganadería en México para lograr una producción animal alta, eficaz y redituable, lo constituye la alimentación de los animales; ya que el alto costo de los granos y alimentos balanceados crean la mayor limitante en cuanto a su utilización en las dietas animales.

Los esquilmos agrícolas y subproductos agroindustriales que en México alcanzan la cifra de 93 millones de toneladas anualmente (Anónimo, 1982), se presentan como una alternativa nada despreciable para no sustituir, sino reducir el costo debido a granos y alimentos balanceados. Actualmente la mayoría de estos esquilmos son desperdiciados, quemados o utilizados ineficazmente y en una cantidad ínfima. Si estos esquilmos, principalmente el rastrojo de maíz, se aprovecharan de la manera más eficaz, se contaría con un alimento muy abundante que rebasaría los 48 millones de toneladas al año (Anónimo, 1982).

Solo como referencia se mencionan algunos de los muchos esquilmos agrícolas y subproductos agroindustriales con los que cuenta México y que no son aprovechados eficientemente; rastrojo de maíz, pajas de sorgo, de frijol, de trigo, de cártamo, de ce-



bada, de algodón, de ajonjolí, de soya, de elote, de garbanzo, de arroz, de cacahuate, de haba, de avena, de chícharo, de linaza, de nabo, punta de caña, rastrojo de girasol, olote de maíz, bagazo de caña, cascarilla y salvado de trigo, pasta de cártamo y de coco, orujo de uva, cáscara de piña, pulpa de henequén, de café, de cacao, etc.

## 2. Desventajas del uso de los esquilmos agrícolas como alimento para los animales.

Como todas las cosas, el uso de estos esquilmos presenta - cierta restricciones o desventajas que deben ser tomadas muy en cuenta desde el momento en que se piensan utilizar; dichas desventajas estan dadas por su escaso valor nutritivo específicamente al ser poco digestibles y tener escaso consumo voluntario (Bermejo, 1971; Maynard, 1975).

## 3. Diversas formas para incrementar el aprovechamiento de los - esquilmos agrícolas.

### 3.1. Tratamientos físicos:

Existen varias formas de tratamiento físico para los esquilmos agrícolas, siendo el molido uno de los principales. Mediante este sencillo tratamiento se aumenta el valor nutritivo de los - esquilmos debido a que se reduce el tiempo y energía necesarias

para que las partículas de alimento pasen por el rumen; se aumenta la superficie de contacto y con ello el índice de fermentación en el rumen al facilitar el ataque microbiano; se aumenta la densidad de las partículas y por consiguiente aumenta la capacidad efectiva del animal (Pigden y Bender, 1972, citados por Gutiérrez, 1981).

Otro tratamiento es el peletizado, siendo este un poco más complejo que la molienda, y consiste en hacer después de la molienda pequeños comprimidos del alimento mediante la aplicación de temperatura y presión, entre las ventajas que ofrece este otro procedimiento están un incremento en el consumo voluntario de alimento, mayor eficiencia en el consumo del mismo debido a que el desperdicio es mínimo; disminución de los costos de transportación debido a su mayor densidad y además es fácilmente almacenable por largo tiempo.

### 3.2. Tratamientos químicos:

Otra de las alternativas que se han propuesto para hacer una mejor utilización de los esquilmos agrícolas es el de su tratamiento con sustancias químicas, las cuales son utilizadas para promover un aumento en la digestibilidad de los forrajes toscos. Se ha trabajado comúnmente con tres sustancias en experimentos con animales; estas sustancias son el hidróxido de sodio, el cual ha sido el más utilizado en los últimos años (Anderson y

Ralston, 1973; Garrett, et al. 1976; citados por Klopfenstein, - 1978), otros utilizados en menor grado como el hidróxido de calcio (Rounds y Klopfenstein, 1974, citados por Klopfenstein, 1978) e hidróxido de potasio (Klopfenstein y Woods, 1970, citados por Klopfenstein, 1978).

De los métodos de tratamiento químico, el primero en utilizarse fué el método Beckman (1922, citado por Gutiérrez, 1981), el cual consiste en tratar la paja picada con una solución de -- NaOH al 1.5% utilizándose 10 litros de solución por kilogramo de paja; se deja reposar de 4 a 24 horas a temperatura ambiente para después lavar la paja con 40 a 50 litros de agua por kilogramo de paja para eliminar el álcali residual, después de esto la paja ya se puede dar como alimento a los animales con un aumento en la digestibilidad de la materia orgánica a más de 65%. Sin em bargo, éste método presenta más desventajas que ventajas ya que se requiere de mucha mano de obra y una gran cantidad de agua y álcali.

Otro método propuesto es el de Wilson y Pigden (1964, citado por Gutiérrez, 1981) llamado método seco, y es uno de los mejores para reducir las desventajas del método Beckman y consiste en tratar con álcali el forraje usando solo 30 ml. de agua por - cada 100 g. de materia seca, dejándose reposar de 13 a 21 días. Estos autores, trabajando con paja de trigo, encontraron que tra

tando 100 partes de paja con 15 partes de NaOH en 30 partes de agua, la digestibilidad in vitro aumentó de un 32% para la paja sin tratar, hasta un 78% de la paja tratada con el NaOH.

El porcentaje de lignina del forraje no se reduce debido al tratamiento químico (Klopfenstein, et al. 1972; Ololade, et al. 1970, citados por Klopfenstein, 1978), y el incremento de la digestibilidad es debido probablemente a la ruptura de los enlaces que existen entre la lignina y celulosa o lignina y hemicelulosa (Tarkow y Feist, 1969, citados por Klopfenstein, 1978), aunque también es posible debido a una mayor disponibilidad del nitrógeno por efecto del NaOH (Hernández, 1982).

Garrett, et al. (1970) trabajaron con paja de arroz peletizándola, obteniendo un incremento del 37% en el consumo voluntario y además el triple de ganancias diarias que la paja no tratada. La principal ventaja del peleteado es que puede ser almacenado, transportado y consumido fácilmente y en grandes cantidades debido a su alta densidad.

Las diferentes especies de plantas responden, según muestran otras investigaciones, de una manera muy variable al tratamiento químico (Chandra y Jackson, 1971, citados por Klopfenstein, 1978).

Klopfenstein, et al. (1972) observaron al tratar tallos de alfalfa, olote, plantas completas y tallos de maíz con NaOH y -- otros tratamientos químicos un incremento en la digestibilidad -- de la materia orgánica y una mayor retención de nitrógeno en comparación con testigos no tratados.

Klopfenstein y Koers (1973, citados por Klopfenstein, 1978) trabajaron sobre el efecto del tratamiento químico sobre el ensilaje de arroz. El forraje era cortado y picado en el campo, enseguida se trataba con una solución de NaOH al 4%, se le adicionaba agua hasta que tuviera una humedad del 65% y se ensilaba; despues se les dió este forraje a novillos en un porcentaje del 50% de la ración total y se observó que aumentaban casi el doble del tratamiento testigo.

En paja de arroz tratada con NaOH a diferentes presiones y temperaturas, Garrett, et al. (1979) encontraron que los trata--mientos a presión y temperatura ambiental tuvieron como resulta--do un aumento del 50% de ganancia de peso diaria en borregos alimentados con forraje tratado, esta respuesta se debió al aumento de la digestibilidad de la celulosa de la paja y a un mayor consumo de alimento.

Waller y Klopfenstein (1975, citados por Klopfenstein, 1978) estudiaron las combinaciones de hidróxido de sodio e hidróxido --

de calcio en el tratamiento de forraje para observar la ganancia de peso de novillos y encontraron que en las combinaciones en -- que el hidróxido de sodio estaba presente en mayor proporción -- había mejores ganancias de peso. En otro experimento, tallos de maíz fueron picados, tratados químicamente con el 3% de NaOH y posteriormente ensilados; este forraje se les dió después de un tiempo a borregos, observándose un incremento significativo en la digestibilidad y en la eficiencia de las ganancias de peso.

Jayasuriya y Owen (1975) al evaluar carneros castrados alimentados con paja de avena tratada con NaOH al 5% aproximadamente y 35% de concentrado de la ración total, observaron que la digestibilidad de la materia orgánica de la paja de avena se incrementó significativamente de 8 a 11%, además de un aumento en el consumo voluntario de la paja tratada comparada con el testigo.

En pruebas de digestibilidad in vitro se ha demostrado un mejoramiento de la misma, y es esencialmente una función lineal de la cantidad de álcali añadido a las pajas hasta un 8 a 10% -- (Denfer, 1973; Rexen, et al. 1976, citados por Gutiérrez, 1981), en niveles más altos que estos la paja se hace menos palatable -- además de una marcada disminución de su digestibilidad.

Garrett, et al. (1976, citados por Klopfenstein, 1978) trataron químicamente la paja de arroz con hidróxido de amonio y --

después fué cubierta con una lona de plástico durante 12 horas; la paja fue aereada antes de darla a los borregos, sin embargo, el rechazo por éstos no se dejó esperar, los animales no la consumían a menos de que fuera agregado algún alimento fermentado. Por el contrario en ganado en fase de terminación, el tratamiento de hidróxido de amonio sobre el olote ensilado fué superior - en cuanto a ganancias producidas sobre el tratamiento de hidróxido de calcio e hidróxido de sodio. Una ventaja del hidróxido de amonio es que el amonio residual que queda en el forraje sirve - como una fuente de nitrógeno no protéico en la ración.

Cuthbert, et al. (1978) en un experimento con 64 novillos de 328 Kg. de peso probaron la inclusión de niveles de 0, 30, 45 y 60% de paja tratada con hidróxido de sodio acompañada de una dieta de ensilaje de zacate. Los animales fueron sacrificados a los 450 Kg. de peso no habiendo diferencias entre los tratamientos - en cuanto a ganancias de peso y hubo un efecto negativo en la -- dieta del 60% de paja tratada; sin embargo, los novillos alimentados con el 45% de la dieta de paja tratada tuvieron una conformación satisfactoriamente superior comparados con el testigo.

Peña, et al. (1982) trabajaron con 60 vacas vacías sin cría al pie alimentadas con dos combinaciones de gallinaza y rastrojo de maíz tratado con un 4% de hidróxido de sodio, observaron que dicho tratamiento no mejoró significativamente el consumo de la

ración, ni la eficiencia en su utilización, encareciendo únicamente la operación.

Gihad, et al. (1980) al evaluar la digestibilidad de la materia seca y la materia orgánica en cabras y borregos, encontraron un incremento significativo ( $P \leq 0.05$ ) en la paja de arroz -- tratada con hidróxido de sodio, en comparación con la paja de -- arroz no tratada. Paralelo a ésto, observaron también un aumento significativo en la cantidad de lignina en la paja tratada en -- comparación con la paja no tratada.



### III. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo fué realizado en las instalaciones del Centro de Fomento Caprino y en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. ubicados en el kilómetro 17 de la carretera Zuazua-Marín, Municipio de Marín, N.L.

El trabajo consistió en dos experimentos con el fin de determinar el efecto del tratamiento químico con hidróxido de sodio (NaOH) sobre la digestibilidad in vitro e in vivo de la materia seca y la materia orgánica del rastrojo de maíz en ganado caprino.

Los materiales utilizados fueron los siguientes:

- Media tonelada de rastrojo de maíz obtenido del Campo Experimental de Desarrollo Caprino "San José" de la FAUANL instalado en Villa de García, N.L. Este rastrojo fué picado a un tamaño de partícula de 5 cm. aproximadamente.
- 16 animales machos caprinos de la raza Nubio, de 10 meses de edad, los cuales fueron desparasitados, pesados, identificados y despezuñados al inicio del experimento.
- Cuatro bebederos de 100 litros cada uno.
- 10 Kg. de hidróxido de sodio.

- 16 arneses para colección total de excremento.
- Material y reactivos necesarios para la digestibilidad -- in vitro, según técnica de Tilley y Terry (1963).

EXPERIMENTO 1: Efecto del NaOH sobre la digestibilidad in vivo del rastrojo de maíz.

En este experimento se probó el efecto de 4 niveles de NaOH sobre la digestibilidad de la materia seca y la materia orgánica del rastrojo de maíz. El tiempo de reacción para el tratamiento químico fué de 8 horas. Se colocaron 4 animales en cada una de las cuatro corraletas para iniciar la fase de adaptación a las mismas, la cual duró 7 días; en esta fase los animales comieron sorgo verde picado a libre acceso y un kilogramo de alimento con centrado por corral. En la segunda semana del experimento se les cambió la alimentación a 6 Kg. de rastrojo de maíz seco diario y medio kilogramo de alimento concentrado por corral. Durante la tercer semana del experimento se suspendió el concentrado y solo se les proporcionó la misma cantidad de rastrojo de maíz pero -- ahora tratado con diferentes niveles de NaOH, los tratamientos fueron los siguientes: para el primer corral, 0% de NaOH (el forraje solo fué humedecido con 18 litros de agua); en el segundo corral, 2% de NaOH (60 g. disueltos en 18 litros de agua); en el tercer corral, 4% de NaOH (120 g. disueltos en 18 litros de --

agua) y para el último corral, 6% de NaOH (180 g. disueltos en 18 litros de agua). Estas soluciones fueron asperjadas sobre el rastrojo de maíz, el cual se dejó reposar por 8 horas cubierto con una lona de plástico antes de dárselo a los animales; también en esta semana fueron colocados los 16 arneses a los animales. Por último, en la cuarta semana del experimento, se les proporcionó a los animales la misma alimentación que en la tercer semana; se llevó a cabo la toma de datos durante 7 días consecutivos, haciendo dos colectas diarias de excremento (mañana y tarde) de cada uno de los animales y colocándolo bajo refrigeración en bolsas identificadas individualmente; también se midió el consumo diario de rastrojo por tratamiento, recolectando el rechazo de pastura dejada en el comedero y pesándola diariamente. Tanto el inicio como al final de la prueba se midieron los pesos vivos de los animales, así como también se midió el consumo de agua -- total por tratamiento.

La digestibilidad in vivo fué estimada por dos métodos: el método de indicadores, siendo el indicador la lignina en el alimento y en el excremento; la cual fué determinada por el método del permanganato de potasio (Harris, 1970) y también fué estimada la digestibilidad por el método directo para lo cual se calculó el consumo individual por el método indirecto usando también la lignina como marcador.

EXPERIMENTO 2: Efecto del NaOH sobre la digestibilidad in vitro  
del rastrojo de maíz.

En este otro experimento se utilizó el mismo esquilmo, rastrojo de maíz, tratado químicamente para ver su efecto sobre la digestibilidad de la materia seca y la materia orgánica, solo -- que la técnica para estimar la digestibilidad fué in vitro - - (Tilley y Terry, 1963) utilizándose para ello el líquido ruminal de un novillo fistulado, previamente alimentado solo con rastrojo de maíz picado durante 5 días antes de la recolección. El - - tiempo de reacción en el laboratorio fué de 8 horas, saturándose el rastrojo con una solución de NaOH en los niveles de 0, 2, 4 y 6% de su materia seca respectivamente.

Los resultados en ambos experimentos fueron analizados estadísticamente según el diseño completamente al azar y las medias de tratamientos fueron comparadas entre sí utilizando la prueba de Duncan (Steel y Torrie, 1960).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos de los dos experimentos en que -- consistió el trabajo son presentados a continuación.

Experimento I: Efecto del NaOH sobre la digestibilidad in vivo del rastrojo de maíz.

En este experimento se midieron las variables de digestibilidad in vivo de la materia seca (DMS) y materia orgánica (DMO), consumo de rastrojo diario y cambios de peso vivo; en el cuadro 1 se puede observar un resumen de los análisis de varianza (ANVA) para cada variable.

CUADRO 1.- Resumen de ANVA para las variables de interés.

Variable	F. Calculada	F. Teórica		C.V.
		0.05	0.01	
DMS	0.333 N.S.	3.59	6.22	27.02
DMO	0.360 N.S.	3.59	6.22	27.28
Consumo	1.300 N.S.	3.59	6.22	32.28
Cambios de peso	0.950 N.S.	3.49	5.95	31.60

N.S. = No significativo (P ≥ 0.05)

Los resultados obtenidos en este experimento para el caso de DMS y DMO, como se puede observar en el cuadro 1, no existió un efecto significativo (P ≥ 0.05) sobre la DMS y DMO del rastrojo

jo tratado con NaOH en comparación con el rastrojo no tratado.

CUADRO 2.- Efecto del NaOH sobre la DMS, DMO y el consumo de - -  
agua in vivo del rastrojo de maíz.

Niveles de NaOH (%)	% Lignina en alimento	DMS del rastrojo de maíz (%)	DMO del rastrojo de maíz (%)	Consumo de agua (litros)
0	3.9	60.32	60.01	57.0
2	4.5	48.31	47.54	56.3
4	5.8	41.02	40.76	58.4
6	6.3	34.72	35.39	65.9

Como se puede observar (cuadro 2) el porcentaje de lignina en el alimento fué incrementando a medida que se aumentaba la concentración de NaOH aplicado al forraje; esto es muy importante debido a que la lignina fué el indicador utilizado para estimar la digestibilidad, pensando en un principio que no sería alterada su concentración inicial debido al NaOH, sin embargo, el porcentaje de lignina no se mantuvo estable siendo esto una fuente de error en la estimación de la digestibilidad por el método de indicadores.

Para la DMS y DMO se observó una tendencia a reducir a medida que el porcentaje de NaOH en el rastrojo era mayor, sin embar

go, esta tendencia no fué estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ). Esto no concuerda con la mayoría de los estudios donde se reportan incrementos en la DMS y DMO debido al tratamiento con NaOH - (Cuthbert, et al. 1978; Escobar y Parra, 1978; Klepfenstein, et al. 1978), sin embargo, aquí pudo deberse por el tipo de animales utilizados (machos caprinos jóvenes), los cuales tal vez responden diferente a la utilización de forrajes tratados. En el cuadro 2, se observa además el consumo de agua por tratamiento, aclarándose que en ésta variable no se hizo análisis de varianza, pero se puede ver que en el tratamiento en el que se suministraba mayor cantidad de NaOH en el forraje el consumo de agua fué mayor (15.6% más).

Gráficamente los resultados del cuadro 2 se pueden observar en la figura 1, donde se muestra en la DMS y DMO una tendencia a reducir.

Respecto al consumo de rastrojo y a los cambios de peso sufridos por los animales, podemos apreciar en el cuadro 3 que no existieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para consumo de rastrojo estimado por métodos indirectos (indicadores) ni para cambios de peso vivo.

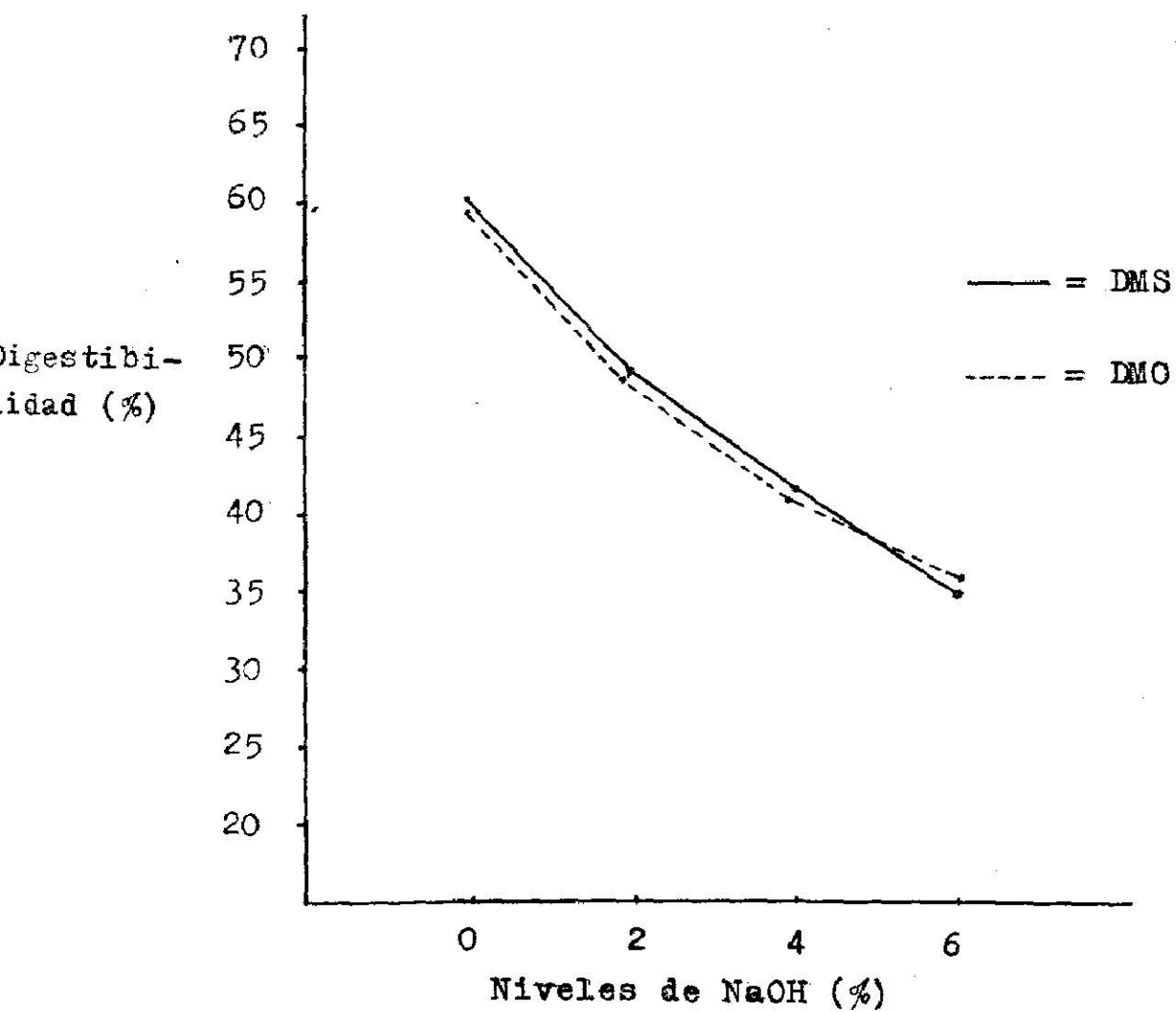


FIGURA 1.- Efecto del NaOH sobre la DMS y DMO in vivo del rastrojo de maíz.



CUADRO 3.- Efecto del NaOH sobre el consumo real y estimado del rastrojo de maíz y los cambios de peso vivo.

Niveles de NaOH (%)	Consumo real (Kg.)	Consumo estimado (Kg.)	Cambios de peso vivo (Kg.)
0	28.11	23.83	-5.08
2	27.20	18.35	-7.10
4	25.90	12.73	-7.35
6	27.21	13.27	-6.71

El que no existieran diferencias estadísticas ni para consumo de rastrojo ni para cambios de peso vivo, significa que la causa por la que los animales bajaron de peso no fué debido al tratamiento químico del forraje, sino al tipo de alimentación tan rigurosa y prolongada a que fueron sometidos.

Respecto al consumo real de rastrojo por tratamiento calculado mediante la diferencia del forraje ofrecido y el forraje rechazado por lote comparado con el consumo estimado de forraje, calculado mediante un método indirecto, se observa que no son nada similares y esto es debido a que el consumo estimado fué calculado por medio de una fórmula que involucra a la lignina como marcador y se esperaba que la cantidad o concentración en el forraje no se alteraría, pero como hemos visto, la cantidad de lignina se incrementó a medida que se aumentaba la cantidad de

NaOH en el forraje, esto mismo fué observado por Gihad, et al. (1980), al tratar paja de arroz con NaOH para alimentar cabras y borregos.

Experimento 2: Efecto del NaOH sobre la digestibilidad in vitro del rastrojo de maíz.

En este experimento se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ ) en la digestibilidad de la materia seca in vitro (DMSIV) y digestibilidad de la materia orgánica in vitro (DMOIV) del rastrojo de maíz como resultado de su tratamiento químico con el NaOH. En el cuadro 4 se pueden observar -- los promedios de digestibilidad de la materia seca y materia orgánica del rastrojo de maíz tratado químicamente.

CUADRO 4.- Efecto del NaOH sobre la digestibilidad de la materia seca y digestibilidad de la materia orgánica in vitro del rastrojo de maíz.

Niveles de NaOH (%)	DMSIV (%)	DMOIV (%)
0	30.51 <sup>b</sup>	41.40 <sup>c</sup>
2	31.27 <sup>b</sup>	51.23 <sup>ab</sup>
4	38.61 <sup>a</sup>	55.50 <sup>a</sup>
6	31.66 <sup>b</sup>	45.54 <sup>bc</sup>

a, b, c = Medias con diferente letra son estadísticamente distintas. ( $P < 0.05$ )

El incremento en la DMSIV y DMOIV del rastrojo de maíz como resultado del tercer tratamiento (4% de NaOH) fué de 23 y 25% -- respectivamente en comparación con el testigo. El efecto del -- NaOH sobre la digestibilidad del rastrojo si existió aunque en -- poca cantidad y solo hasta 2 y 4%.

Gráficamente los resultados del cuadro 4 se pueden observar en la figura 2.

Debe de mencionarse que la digestibilidad in vitro se realizó con inóculo de bovino y no de caprino debido a que no existían animales caprinos fistulados, y se esperaba que no existirían diferencias drásticas entre especies pero al parecer, los caprinos pueden poseer en un momento dado una ecología ruminal diferente.

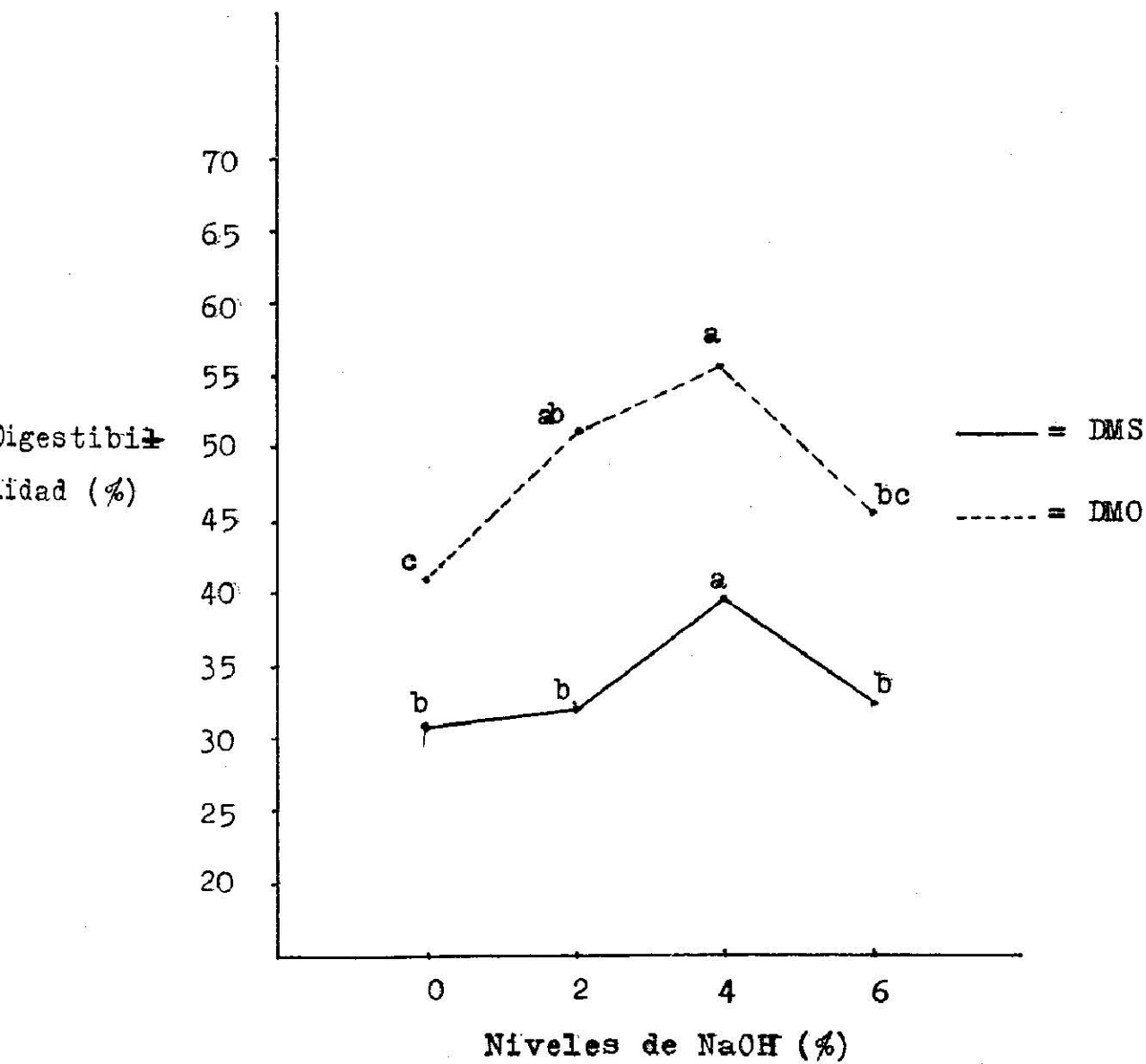


FIGURA 2.- Efecto del NaOH sobre la DMS y DMO in vitro del rastrojo de maíz.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las cabras no responden al tratamiento químico del rastrojo de maíz con hidróxido de sodio (NaOH).

El método de marcadores utilizando a la lignina no funciona para estimar DMS, DMO ni consumo individual cuando se utiliza -- NaOH en el forraje.

El tratamiento del forraje con NaOH causa un aumento en la concentración de lignina en el mismo.

Solo se encontró efecto del NaOH sobre la DMS y DMO in vitro.

### Recomendaciones:

Utilizar otros métodos para estimar la digestibilidad cuando se usen tratamientos químicos del forraje.

Estudiar la ecología ruminal en cabras.

## VI. RESUMEN

En este trabajo se realizaron dos experimentos; uno in vivo con 16 animales y otro in vitro en el laboratorio, para evaluar el efecto del tratamiento químico con hidróxido de sodio (NaOH) sobre la digestibilidad in vivo (DMS) e in vitro (DMSIV) de la materia seca y materia orgánica del rastrojo de maíz en ganado caprino.

En el primer experimento, el rastrojo de maíz picado fué -- tratado con NaOH a los niveles de 0, 2, 4 y 6% de su materia seca respectivamente, y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) en la DMS y DMO debido al tratamiento del forraje con el NaOH. También se observó un mayor consumo de agua (15.6% más) en el corral donde los animales estaban consumiendo mayor cantidad de NaOH en el forraje. Se observó una reducción general de peso de los animales en el transcurso del -- experimento (aproximadamente 6 Kg. por animal) aunque el análisis estadístico demostró que dicha reducción de peso no fué debida al tratamiento químico del forraje, sino a la dieta tan pobre y prolongada.

En el segundo experimento, el rastrojo de maíz fue tratado también con NaOH a niveles de 0, 2, 4 y 6% de su materia seca -- respectivamente, encontrándose un incremento estadísticamente -- significativo ( $P \leq 0.05$ ) en la DMSIV y DMOIV debido a la adición

del 4% de NaOH. El incremento fué de aproximadamente 23 y 25% - para la DMSIV y DMOIV respectivamente.

De los resultados arrojados por estos dos experimentos se puede concluir que el tratamiento del rastrojo de maíz con hidróxido de sodio (NaOH) provoca un aumento en la concentración de lignina en el mismo, y que el método de marcadores para estimar la digestibilidad y el consumo individual utilizando la lignina como marcador no es muy confiable cuando se utiliza NaOH en el forraje debido a que su concentración varía y que el máximo aprovechamiento de esquilmos con alto contenido lignocelulósico por el ganado caprino no se logra con el tratamiento químico con NaOH, esto solo hizo más dificultosa la operación de alimentación; probablemente debido a que los caprinos poseen una ecología ruminal más susceptible al ataque de álcalis como el NaOH.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Anónimo. 1982. Vigoroso potencial forrajero de los esquilmos. -  
Cebú. 8(7):68-77.
- Berger, L., T. Klopfenstein y R. Britton. 1979. Effect of sodium  
hidroxide on efficiency on rumen digestion. J. Anim. Sci.  
49(4):1317-1323.
- Bermejo, A. 1971. Alimentación del ganado. Ministerior de Agri--  
cultura.
- Chaturvedi, M.L., U.B. Shingh y S.K. Ranjham. 1973. Effect of --  
alkali treatment of wheat straw on feed consumption, diges-  
tibility and VFA production in cattle and buffalo calves.  
J. Anim. Sci. 43(3):677-682.
- Cuthbert, N.H., P.N. Thickett y T. Brigtocke. 1978. The use of -  
sodium hidroxide-treated straw in rations for beff cattle.  
Anim. Prod. 27(3):161-169.
- Escobar, A. y R. Parra. 1978. Efecto del tratamiento con álcali  
(NaOH) sobre la composición química y digestibilidad in -  
vitro de diferentes RAF. Informe anual. Instituto de Produc-  
ción Animal. Universidad Central de Venezuela. pp. 41.
- García, J.L. 1982. Esquilmos: menor costo de crianza y engorda.



Cebú. 8(7):11-16.

- Garrett, W.N., H.G. Walker., G.O. Kohler y M.R. Hart. 1979. - -  
Response of ruminants to diets containing sodium hidroxide  
or ammonia treated rice straw. J. Anim. Sci. 48(2):92-103.
- Ghiad, E.A. y T.M. El-Bedawy. 1980. Fiber digestibility by goats  
and sheep. J. Dairy Sci. 63(1):1701-1706.
- Gutiérrez, E. 1981. Efecto del tratamiento químico y la suplemen-  
tación de cuatro nutrientes sobre la digestibilidad in vitro  
del rastrojo de maíz y la médula de caña. Tesis M.C. Centro  
de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Harris, L.E. 1970. Métodos para el análisis químico y la evalua-  
ción biológica de alimentos para animales. Center for Tro-  
pical Agriculture. University of Florida.
- Hernández, H. 1982. Efecto del tratamiento químico (NaOH) y la -  
suplementación con diferentes fuentes proteínicas sobre la  
digestibilidad y la liberación de amonio in vitro en rastro-  
jo de maíz. Tesis Profesional. Depto. de Zootecnia, Facul-  
tad de Agronomía, U.A.N.L. Monterrey, N.L.
- Jayasuriya, M.C.N. y E. Owen. 1975. Sodium hidroxide treatment -  
of barley straw; effect of volume and concentration of - -  
solution on digestibility and intake by sheep. Anim. Prod.

21(11):313-322.

- Jean, M.B., G. Fishwick., R.G. Hemingway y J.J. Parkins. 1980. -  
The effects of additions of sodium hidroxide and a concen--  
trated solution containing urea, calcium, phosphorus, so- -  
dium, trace elements and vitamins on the intake and diges--  
tibility of oat straw by beef cows. Anim. Prod. 30(1):13-21.
- Klopfenstein, T. 1978. Chemical treatment of crop residues. J. -  
Anim. Sci. 46(2):841-848.
- \_\_\_\_\_. V.E. Krause., M.J. Jones y W. Woods. 1972. Chemical --  
treatment of low quality roughages. J. Anim. Sci. 35(1):  
418-422.
- Maynard, L. y J. Lossl. 1975. Nutrición Animal. Edit. U.T.E.H.A.
- Moya, N. 1982. Como transformar la paja y otros esquilmos en ali-  
mento valioso para rumiantes. Revista Ganadero 7(5):36-42.
- Oji, U.I., D.N. Mowat y J.E. Winch. 1977. Alkali treatments of  
cron strover to increase nutritive value. J. Anim. Sci. --  
44(5):798-802.
- Parra, E. 1982. Los esquilmos, alimentos para rumiantes. Cebú.  
8(8): 8.

- Peña, L., G. Huitron y J. Zorrilla. 1982. Alternativas de manejo de ganado productor de carne en épocas de sequía. Ganadero 7(5):24-35.
- Rounds, W., T. Klopfenstein, J. Waller y T. Messersmith. 1976. - Influence of alkali treatments of corn-cobs on in vitro dry matter disappearance and lamb performance. J. Anim. Sci. -- 43(3):478-482.
- Saxena, S.K., D.E. Otterby, J.D. Donker y A.L. Good. 1971. Effects of feeding alkali-treated oat straw supplemented with soybean meal or nonprotein nitrogen on growth of lambs and on certain blood and rumen liquor parameters. J. Anim. Sci. 33(1): 485-490.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statics. McGraw-Hill Co., N.Y.
- Villavicencio, E. 1982. Revisión de algunos subproductos agrícolas e industriales en la alimentación animal. Ganadero. -- 7(5):17-20.

