

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"



ALIMENTACION DE BORREGOS CRIOLLOS CON RACIONES A BASE DE RASTROJO
DE MAIZ TRATADO CON DIFERENTES NIVELES DE HIDROXIDO
DE SODIO (NaOH)

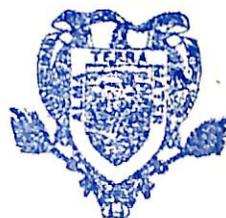
ROBERTO GARCIA ELIZONDO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD CIENCIA ANIMAL

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA

Buenavista, Saltillo, Coahuila

1980

ALIMENTACION DE BORREGOS CRIOLLOS CON RACIONES A BASE DE RAS-
TROJO DE MAIZ TRATADO CON DIFERENTES NIVELES DE
HIDROXIDO DE SODIO (NaOH)

Tesis presentada por Roberto García Elizondo, como requisito
parcial para obtener el grado académico de Maestro en Cien---
cias.

Aprobación y aceptación:

Subdirector de Asuntos de Postgrado
Dr. Eduardo Narro Farías

Asesor
Dr. David Rodríguez Maltos

Fecha



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

Comité Examinador:

Presidente del Jurado
Dr. David Rodríguez Maltos

Dr. Joel Maltos Romo

Dr. Ramiro López Trujillo

RECONOCIMIENTOS

El autor agradece al Colegio de Graduados de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" la oportunidad que le brindó para la realización de sus Estudios de Postgrado, a través del otorgamiento de una beca y de las facilidades para llevar a cabo la presente investigación.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a los maestros, Dr. David Rodríguez Maltos, Dr. Joel Maltos Romo y Dr. Ramiro López Trujillo por su orientación y asesoría para la terminación de este trabajo.

Agradezco además la colaboración de todas aquellas personas que de una forma u otra contribuyeron a la realización de esta tesis.

Mi más sincero reconocimiento a mi querida esposa, Piedad A. Flores de García por el apoyo que me brindó y su valiosa colaboración para la culminación de esta investigación.

INDICE

	Página
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	3
Clasificación de las fracciones químicas de los forrajes	3
Los forrajes como fuente de energía	3
Tratamientos de forrajes fibrosos con productos químicos	5
Tratamientos de forrajes fibrosos con métodos físicos	8
Tratamiento de forrajes fibrosos con métodos biológicos	9
Combinación de tratamientos a forrajes fibrosos	10
Tratamiento de forrajes fibrosos con hidróxido de sodio (NaOH)	11
Alimentación de rumiantes con pajas tratadas químicamente	13
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	16
Materiales	16
Métodos	17
RESULTADOS Y DISCUSION	21
Efectos del NaOH sobre la composición química del rastrojo de maíz	21
Efecto del NaOH sobre los constituyentes de la pared celular del rastrojo de maíz	21
Efecto del rastrojo de maíz tratado con NaOH sobre los aumentos de peso y consumo de alimento por borregos criollos	25
Efecto del NaOH sobre el pH del fluido ruminal de borregos criollos	29
Efecto del NaOH sobre la digestibilidad aparente del rastrojo de maíz	29
CONCLUSIONES	42

	Página
RESUMEN	43
LITERATURA CITADA	45

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Clasificación de las fracciones de forraje de acuerdo a sus características nutritivas.	4
2	Tratamiento, número de animales y diluciones de NaOH:H ₂ O asperjadas a rastrojo de maíz -- utilizado en la alimentación de borregos -- criollos. (El NaOH se agregó en base al contenido de materia seca).	18
3	Análisis proximal (en base a materia seca) - del rastrojo de maíz sin tratar y tratado -- con diferentes concentraciones de NaOH, utilizado en la alimentación de borregos criollos.	22
4	Promedios de contenido celular y constituyentes de la pared celular del rastrojo de maíz tratado con diferentes concentraciones de -- NaOH (en base a materia seca).	23
5	Ganancias de peso y consumo de alimento de - borregos criollos alimentados con rastrojo - de maíz sin tratar y tratado con diferentes concentraciones de NaOH.	26
6	pH del fluido ruminal de borregos criollos - a 0, 2, 4 y 6 horas después de ser alimentados con rastrojo de maíz sin tratar y tratado con diferentes concentraciones de NaOH.	30
7	Digestibilidad aparente en borregos, del rastrojo de maíz sin tratar y tratado con diferentes concentraciones de NaOH.	31
8	Efecto del nivel óptimo estimado de NaOH sobre la respuesta en digestibilidad aparente del rastrojo de maíz e incrementos de peso, con borregos criollos en comparación con el tratamiento control.	40

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ganancia de peso (G) de borregos criollos alimentados con rastrojo de maíz tratado con diferentes concentraciones de NaOH.	28
2	Digestibilidad aparente de la materia seca -- (MSD) y materia orgánica (MOD) del rastrojo de maíz tratado con diferentes concentraciones de NaOH en borregos.	33
3	Digestibilidad aparente de la fibra detergente neutral (NDF-D) y fibra detergente ácido - (ADF-D) del rastrojo de maíz tratado con diferentes concentraciones de NaOH en borregos.	34
4	Digestibilidad aparente de la lignina detergente neutral (ADL-D) del rastrojo de maíz -- tratado con diferentes concentraciones de - - NaOH en borregos.	36
5	Digestibilidad aparente de la celulosa (CD) y hemicelulosa (HD) del rastrojo de maíz tratado con diferentes concentraciones de NaOH en borregos.	38

INTRODUCCION

En los últimos años los sistemas de alimentación -- del rumiante, han tenido cambios significativos debido principalmente a la competencia por el alimento entre el hombre y los animales. El rápido crecimiento demográfico y el encarecimiento de los alimentos utilizados en la nutrición animal, -- han hecho girar la investigación en torno a la búsqueda de -- alimentos que no sean consumidos directamente por el hombre y que puedan ser aprovechados por el animal, tal es el caso de los forrajes toscos, pajas de cereales, corteza de árboles, cáscaras de semillas y otros residuos fibrosos.

En años recientes se ha incrementado el uso de residuos agrícolas de bajo valor nutritivo en raciones para rumiantes en sistemas intensivos de producción animal, debido básicamente a dos razones: 1).- La competencia nula entre nonumiantes y rumiantes por alimentos fibrosos; 2).- La habilidad que tienen los rumiantes para convertir materiales fibrosos en productos alimenticios para el hombre, como es el caso de la leche y carne.

Debido a lo anterior, se han realizado investigaciones con el propósito de desarrollar métodos o tratamientos -- que incrementen la digestibilidad de alimentos fibrosos. Entre los métodos más comunmente utilizados se encuentran los --

tratamientos químicos con compuestos alcalinos y clorados, métodos físicos utilizando irradiación por medio de electrones altos en energía, diferentes presiones y temperaturas y métodos biológicos utilizando enzimas.

Considerando que en la República Mexicana existen grandes cantidades de plantas y esquilmos agrícolas susceptibles de ser aprovechados en la alimentación animal, es necesario buscar técnicas apropiadas que permitan lograr una mejor utilización de estos productos por el rumiante.

El presente experimento se realizó con la finalidad de:

- 1) Evaluar el efecto del tratamiento con diferentes niveles de NaOH, al rastrojo de maíz en relación a: su composición química, consumo, incrementos de peso y pH ruminal en borregos criollos.
- 2) Determinar el nivel óptimo de NaOH para incrementar la digestibilidad en borregos criollos de: - Materia seca, materia orgánica y constituyentes de la pared celular del rastrojo de maíz.

REVISION DE LITERATURA

Los rumiantes son animales capaces de utilizar en cierto grado, la fibra proveniente de los forrajes toscos y convertirla en nutrientes de buena calidad, que puedan ser fácilmente utilizados por el hombre (Goering y Van Soest, 1970).

Clasificación de las fracciones químicas de los forrajes.

La clasificación de las fracciones químicas de los forrajes y alimentos toscos de acuerdo a su disponibilidad nutritiva para los animales se presenta en el cuadro 1 (Van Soest, 1967).

La proteína, carbohidratos solubles y otros constituyentes de las células de las plantas, categoría A, son disponibles a los rumiantes y no rumiantes en una cierta proporción. Los componentes de la categoría B, presentan una limitada o nula potencialidad de utilización en los dos tipos de animales. Las enzimas que hidrolizan la celulosa, lignina y hemicelulosa no son secretadas por los animales superiores. La utilización de celulosa y hemicelulosa es posible sólo a través de la fermentación microbial, que ocurre en los primeros compartimientos del estómago del rumiante.

Los forrajes como fuentes de energía.

Las tres cuartas partes de las pajas de forrajes --

Cuadro 1. Clasificación de las fracciones de forraje de acuerdo a sus características nutritivas.

Clase	Fracción	Disponibilidad nutritiva	
		Rumiantes	No rumiantes
CATEGORIA A			
(Contenido celular)	Azúcares, Carbohidratos solubles, Almidones	Completa	Completa
	Pectinas	Completa	Alta
	Nitrógeno no protéico	Alta	Alta
	Proteínas	Alta	Alta
	Lípidos	Alta	Alta
	Otros solubles	Alta	Alta
	CATEGORIA B		
(Pared celular)	Hemicelulosa	Parcial	Baja
	Celulosa	Parcial	Baja
	Proteína perdida por calor	Indigestible	Indigestible
	Lignina	Indigestible	Indigestible

(de Van Soest, 1967).

toscas están formadas de celulosa, hemicelulosa y lignina --- (Klopfenstein y Woods, 1970; Klopfenstein y col., 1972). Estas pajas podrían ser una excelente fuente de energía para -- los rumiantes. Sin embargo, la capacidad de estos animales pa -- ra aprovechar carbohidratos estructurales, está limitada por uno o más de los siguientes factores:

- 1) Actuación de la lignina como una barrera inerte entre los carbohidratos y las enzimas digestivas del rumen (Garino y col., 1975).
- 2) La forma altamente cristalina de la celulosa que no permite ser inmediatamente atacada por la acción de las enzimas (Yu Yu y col., 1971).
- 3) La inhibición de la digestibilidad de los car--- bohidratos causada por la sílica (Van Soest y -- Wine, 1968).

Se han utilizado métodos químicos, físicos y biológicos para incrementar la cantidad disponible de energía a -- partir de estos forrajes (Saxena y col., 1971; McManus y col., 1972; Goering y col., 1973), los cuales serán revisados en -- secciones posteriores.

Tratamientos de forrajes fibrosos con productos químicos.

A la fecha han sido innumerables los compuestos quí -- micos que se han venido utilizando con el fin de aumentar la digestibilidad de materiales fibrosos. Compuestos como sulfu-

ro de sodio (Na_2SO_4), óxido de calcio (CaO) (Gharib y col., - 1972a; Gharib y col., 1975b), hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) - (Melendez y col., 1976), hipoclorito de sodio (NaClO) (Barton y col., 1974), clorito de sodio (NaClO_2) (Goering y col., 1973; Yu Yu y col., 1975), hidróxido de potasio (KOH) (Anderson y - Ralston, 1973a; Melendez y col., 1976) en diferentes cantidades que fluctuaron de 0-30 g/100 g de materia seca. El tiempo de tratamiento y el tamaño del material utilizado son factores que han influido en los resultados obtenidos hasta la fecha.

La digestibilidad de forrajes toscos por el rumiante se ve reducida por procesos de lignificación y por la presencia de compuestos indigestibles como sílice y cutina, unidos a los carbohidratos disponibles (Guggolz y col., 1971b; - Saxena y col., 1971; Shultz y col., 1974).

Algunos mecanismos que se encuentran asociados con la digestibilidad de los forrajes son:

- 1) La inhibición de la enzima celulasa por un compuesto polifenólico soluble (Swart y col., 1961).
- 2) La inhibición de la enzima celulasa por enlaces covalentes existentes entre la lignina, sílice y/o hemicelulosa (Brauns y Brauns, 1960).
- 3) La condición anaeróbica en relación con la enzima ligninasa (Gibson, 1968).

- 4) La posibilidad de que las estructuras cristalin-
nas de la celulosa pudieron ser más resistentes
a la disolución (Van Soest y Lovelace, 1969).

Se ha pensado que tales mecanismos pueden ser modi-
ficados mediante la utilización de algunas soluciones tales -
como: NaOH: KOH y NaOH: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en diferentes proporciones y
compuestos como el cloro en forma de gas, que al adicionarse
a forrajes fibrosos aumenta la digestibilidad de su materia -
seca (Ololade y Mowat, 1969; Garret y col., 1974; Murillo y -
col., 1975).

En otros experimentos, Gharib y col. (1972a), encon-
traron que 16 g de Na_2SO_3 , 4 g de Na_2S y 12 g de NaOH/100 g -
de materia seca durante 24 horas, incrementaron la digestibi-
lidad de forrajes hasta en un 50%. Meléndez y col. (1976), en
contraron que el KOH aumentó la digestibilidad in vitro de la
paja de trigo hasta un 61%, seguido por NaOH (60%) y $\text{Ca}(\text{OH})_2$
(56%). Goering y col. (1973), utilizaron clorito de sodio pa-
ra mejorar la digestibilidad de pastos, pajas y cáscara de ca-
cahuate y encontraron que ésta última era más resistente al -
tratamiento químico. Por otra parte, Yu Yu y col. (1975), rea-
lizaron estudios in vitro para analizar el efecto de varios -
productos químicos sobre la digestibilidad de forrajes, encon-
traron que la aplicación de clorito de sodio a pajas de trigo,
avena y residuos de alfalfa, redujo el contenido de lignina en

un 54%. La aplicación de cloro en forma gaseosa y una combinación de NaOH y cloro, mostraron resultados similares al solubilizar la hemicelulosa en un 77%.

Tratamientos de forrajes fibrosos con métodos físicos.

Una serie de investigaciones se han realizado utilizando diferentes métodos físicos como temperatura, presión e irradiación con electrones altos en energía (Klopfenstein y col., 1967; Gharib y col., 1975a; Yu Yu y col., 1975), todos ellos encaminados a mejorar la digestibilidad de forrajes fibrosos.

La irradiación con electrones altos en energía, produce delignificación, depolimerización y destrucción de la estructura cristalina de la celulosa, obteniéndose un aumento en la disponibilidad de carbohidratos fácilmente fermentable (Millett y col., 1970).

Yu Yu y col. (1975), encontraron al utilizar irradiación con electrones altos en energía en pajas de trigo, --avena y residuos de alfalfa, un incremento en la digestibilidad in vitro de las paredes celulares cuando se utilizaron niveles altos de irradiación; mientras que la digestibilidad in vivo de las paredes celulares causada por la acción de los microorganismos del rumen, se redujo grandemente al aplicar estos niveles de irradiación.

Se han desarrollado algunos métodos para incrementar la digestibilidad de la celulosa. Al reducir el tamaño de las partículas de los forrajes toscos, se incrementa el área disponible a la acción de los microorganismos del rumen. Este mejoramiento en la digestibilidad de la celulosa, se ha observado en estudios in vitro pero no en estudios in vivo, debido esto a que la velocidad de pasaje a través del tracto digestivo es mucho mayor, decreciendo así el valor nutritivo del forraje (Dehority y Johnson, 1961).

Gharib y col. (1975a), en un experimento para estudiar el efecto del tamaño de la partícula en la digestibilidad de la corteza de álamo en borregos, encontraron resultados similares en la digestibilidad de la materia seca (27.4, 25.7, 30.3%) para diferentes tamaños de partícula (0.32, 0.95 y 1.59 cm respectivamente).

Tratamiento de forrajes fibrosos con métodos biológicos.

La aplicación de enzimas a forrajes fibrosos es otro de los métodos utilizados para mejorar su digestibilidad. Yu Yu y col. (1975) encontraron al aplicar celulasas y pectinasas a pajas de trigo, avena y residuos de alfalfa, un incremento en la digestibilidad in vitro de las paredes celulares de los residuos de alfalfa de 30%, no ocurriendo lo mismo con las pajas de trigo y avena.

McManus y col. (1972), encontraron que la aplicación de celulasas a forrajes ensilados, aumenta la disponibilidad de los carbohidratos fácilmente fermentables e incrementa el contenido de ácidos orgánicos del ensilado. Estos ácidos no sólo tienen la función de actuar como preservativos del silo, sino que además son una fuente de energía para los rumiantes.

Combinación de tratamientos a forrajes fibrosos.

En investigaciones donde se utilizó una combinación de NaOH al 6% y vapor a presión atmosférica durante 30 minutos a paja de cebada (Maeng y col., 1971), encontraron digestibilidades de los componentes de la pared celular, energía y retención de nitrógeno muy superiores al ensilaje de alfalfa sin tratar. Por otro lado Klopfenstein y col. (1967), encontraron al alimentar borregos con pajas de diferentes pastos sometidas a presión de 28 kg/cm^2 durante 3 minutos, sin y con la adición de 3% de NaOH (en base a la materia seca de las pajas), un incremento en digestibilidad mayor al 50% cuando las pajas fueron sometidas a la presión solamente y una digestibilidad mayor del doble cuando se utilizaron presión y NaOH conjuntamente.

Gharib y col. (1975a), estudiaron el efecto del tiempo de reacción (1 y 20 días), temperatura (25,50 y 75°C) y concentración de NaOH (0, 3, 6, 9 y 12 g de NaOH/100 g de -

materia seca), sobre la digestibilidad in vitro de pulpa de álamo y reportan cantidades menores de hemicelulosa y lignina en los tratamientos donde se utilizaron 9 y 12 g de NaOH en un tiempo de tratamiento de 24 horas y ningún efecto debido a la temperatura.

Tratamiento de forrajes fibrosos con hidróxido de sodio (NaOH).

Una serie de trabajos iniciales (Gadden, 1920; Archibald, 1924; McAnally, 1942; Wilson y Pigden, 1964; Ololade y Mowat, 1969), han demostrado que el tratamiento de pajas con NaOH incrementa la digestibilidad de la materia seca. Dichos procedimientos comprendían métodos de enjuague con agua una vez que el material había sido tratado con álcali, ocasionando con ello la pérdida de carbohidratos y proteínas solubles, reduciendo así el valor nutritivo del forraje. Después de varios intentos, otros investigadores (Donefer y col., 1969; Feist y col., 1970; Shultz y col., 1974), simplificaron los procedimientos pioneros reduciendo la cantidad de agua, eliminando el lavado y neutralizando los álcalis con soluciones de un ácido débil.

Investigaciones recientes (Klopfenstein, 1973; Shultz y Ralston, 1974; Ololade y Mowat, 1975; Garret y col., 1976a, b), señalan incrementos en el valor nutritivo y consumo de alimento de diferentes forrajes de baja calidad, cuando fueron sometidos a tratamientos químicos con NaOH.

En Canadá (Maeng y Mowat, 1970), han observado en borregos que las digestibilidades de la pared celular y energía de la paja de cebada tratada con 6% de NaOH fueron muy superiores a las digestibilidades de los mismos componentes de la alfalfa ensilada y sin tratar. Por otra parte (Shin y col., 1975), al estudiar el efecto de diferentes niveles de NaOH sobre la digestibilidad de la materia seca, encontraron que ésta se incrementó al aumentar de 0 a 9 g/100 g de muestra la concentración de NaOH.

El NaOH se ha utilizado para remover la lignina de algunos forrajes toscos con el propósito de incrementar su digestibilidad. Chandra y Jackson (1971), utilizaron un método de aspersion y encontraron que el NaOH en una proporción de 10 g/100 g de muestra (10%), redujo el contenido de lignina del clote de maíz en un 26% e incrementó la digestibilidad de la materia seca.

El efecto de pajas tratadas con NaOH ha sido investigada en borregos con respecto a la digestibilidad de la materia seca, fluidos ruminales y metabolismo del plasma. Los tratamientos con NaOH (2, 3 y 4%), incrementaron la digestibilidad de la materia seca, mientras que la retención de nitrógeno disminuyó con el nivel del 4% de NaOH. Al incrementar la concentración de sosa, aumentó el nivel de ácido propiónico, disminuyendo los ácidos isovalérico y acético y el ácido bu-

tórico tendió a incrementarse. Las concentraciones de amoníaco en el rumen disminuyeron, así como los niveles de urea en la sangre (Ololade y Mowat, 1975). Shin y col. (1975) encontraron al alimentar borregos con pajas tratadas con niveles de NaOH al 9% resultados similares, y establecieron que los niveles ascendentes de NaOH en las pajas estaban correlacionados con el descenso lineal en los niveles de urea sanguínea y amoníaco ruminal. El pH del rumen aumentó conforme se incrementó el NaOH en la ración (6.93 a 7.15) sin causar con ello parálisis ruminal o alteraciones fisiológicas. No obstante se han observado anormalidades fisiológicas muy frecuentes en animales alimentados con forrajes tratados a base de hidróxidos tales como : orina alcalina, diuresis osmótica y hemoglobinuria (Ololade y col., 1973).

Alimentación de rumiantes con pajas tratadas químicamente.

Ha quedado bien establecido en la literatura y en la práctica que los tratamientos con álcalis incrementan el valor nutritivo de forrajes de baja calidad. Estos hallazgos han encaminado a los investigadores a la realización de diversos estudios relacionados con la utilización de suplementos alimenticios para animales que consumen pajas tratadas. Swingle y Waymack, (1975) han propuesto suplementos a base de nitrógeno no protéico, así mismo Saxena y col. (1971) y Koers y col. (1972) han señalado que la paja de trigo pretratada, al casi carecer de proteínas debe ser suplementada con pasta de

soya, urea o con fosfato diamónico; cuando así se hace han observado aumentos de peso diario en corderos de 177 g en tanto que el grupo no suplementado 61g, así como consumos de alimento de 1.29 y 0.87 kg/día y conversión alimenticia de 7.3 y -- 19.1 respectivamente.

El olote de maíz es un aceptable alimento para borregos cuando se le somete a tratamientos químicos de NaOH al 3% más vapor a presión (17.5 kg/cm^2). Cuando se aplicó NaOH -- después de someter el olote al vapor a presión, se obtuvieron aumentos de peso de 215 g y conversiones de alimento a carne de 6.2. Cuando el NaOH se aplicó simultáneamente al vapor a -- presión, los aumentos de peso fueron de 186 g/día y de 87 g -- para el olote no tratado y conversiones alimenticias de 6.2 y 8.5 para olote tratado y sin tratar respectivamente (Oji y -- col. 1976).

En estudios realizados con borregos (Garret y col., 1974; Ololade y Mowat, 1975) utilizando NaOH como tratamiento a pajas de trigo y arroz, encontraron aumentos en la digestibilidad de la materia seca, fibra cruda, celulosa, materia orgánica y energía de las pajas y aumentos de peso diarios hasta 50% mayores comparados con los pesos de los animales alimentados con pajas no tratadas.

Shultz y Ralston (1973), utilizando vaquillas Here-

ford para probar los efectos del NaOH al 1% sobre los aumentos de peso y consumo de alimento; encontraron que el consumo total de materia seca fue más elevado en las raciones con pajas molidas y los consumos más bajos fueron con paja peletizada sin tratar con ganancias de peso de 390 g/día para la ración de paja peletizada y tratada más urea, en comparación con aumentos de peso de 60 g/día de la ración molida sin tratar.

De lo descrito en la revisión de literatura se establece que los tratamientos con álcalis, incrementan el valor nutritivo de forrajes de baja calidad y aunque han sido innumerables los compuestos utilizados, el NaOH es uno de los compuestos que mejores resultados ha dado. Es necesaria seguir investigando sobre la concentración de NaOH más adecuada, con el fin de establecer una utilización más racional de dicho compuesto.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El presente experimento se realizó en las instalaciones pecuarias y laboratorio de Nutrición Animal y Bioquímica de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", para lo cual se utilizó rastrojo de maíz tratado con diferentes concentraciones de hidróxido de sodio (NaOH) comercial, proporcionándose posteriormente a borregos en crecimiento. El experimento comprendió del 11 de marzo al 13 de junio de 1977.

El trabajo consistió de dos fases no simultáneas: alimentación y digestibilidad. En la primera los animales recibieron rastrojo de maíz y un suplemento protéico y en la segunda sólo rastrojo de maíz.

Materiales.

En el ensayo de alimentación se utilizaron cuatro corrales con una superficie de 32 metros cuadrados cada uno, provistos de comederos, bebederos y saladeros. Para pesar los animales y el alimento ofrecido y rechazado se empleó una balanza con capacidad de 100 kilogramos con aproximación de 10 gramos.

Para estimar la digestibilidad se utilizaron 12 jaulas metabólicas individuales de 0.60 m de ancho y 1.20 m de largo, equipadas con comedero, bebedero y una malla de tela pa

ra recolectar heces.

En el ensayo de alimentación se utilizaron 28 borregos criollos con una edad aproximada y peso promedio de 7 meses y 28 ± 0.71 kilogramos respectivamente, los cuales provenían de agostadero y todos nacidos en la misma unidad de producción.

En el ensayo de digestibilidad se utilizaron 12 borregos criollos seleccionados al azar de los utilizados en el ensayo de alimentación.

Métodos.

Antes de aplicar la solución de NaOH, el rastrojo de maíz se cortó en trozos de aproximadamente dos centímetros de longitud. Diferentes cantidades de NaOH se diluyeron en volúmenes iguales de agua a fin de obtener los tratamientos que se muestran en el cuadro 2. Las soluciones se aplicaron al rastrojo de maíz en base a su contenido de materia seca en forma de aspersión, (utilizando una cubeta de plástico perforada) hasta que éste alcanzaba aproximadamente un 70% de materia seca para todos los tratamientos. Posteriormente el rastrojo fué almacenado en bolsas de plástico (1.0m de ancho por 1.5 m de largo), las cuales fueron colocadas dentro de toneles con una capacidad de 200 litros durante un período mínimo de 10 días antes de ser proporcionados a los animales.

Cuadro 2. Tratamiento, número de animales y diluciones de -- NaOH:H₂O asperjadas a rastrojo de maíz utilizado - en la alimentación de borregos criollos. (El NaOH se agregó en base al contenido de materia seca).

Tratamiento	No. Animales	NaOH:H ₂ O g:ml ²
Control	7	0:360
2% NaOH	7	18:360
4% NaOH	7	36:360
6% NaOH	7	54:360

Los animales fueron castrados, desparasitados interna y externamente y se les aplicó una dosis (2 cc) de vitaminas A, D y E por vía intramuscular. Posteriormente fueron pesados y mediante un bloqueo distribuidos en grupos de 4 animales y 7 repeticiones por tratamiento. Los animales asignados a cada tratamiento fueron alojados en una sola corraleta, sometiéndose a un período preexperimental de observación y adaptación de 15 días. Después de esta etapa, los animales fueron sometidos a un período experimental de alimentación de dos meses, durante el cual se les proporcionó el rastrojo de maíz - (con 70% de materia seca, aproximadamente) tratado con las diferentes concentraciones de NaOH, recibiendo además un suplemento protéico (20% proteína cruda) a base de gallinaza (89%), melaza (8%), urea (2%) y sales minerales (1%). Tanto el rastrojo de maíz como el suplemento protéico fueron proporcionados

dos a libre acceso durante el período de alimentación en comederos por separado, con el propósito de medir por grupo (tratamiento) el consumo de forraje y de suplemento en cada caso. Además del peso inicial, los borregos fueron pesados cada 28 días. El alimento ofrecido y rechazado se pesó diariamente -- con el fin de determinar el consumo diario.

Al finalizar el período experimental de alimenta---ción, tres borregos de cada tratamiento fueron seleccionados al azar y sometidos a un ensayo de digestibilidad con dura---ción de 10 días, para lo cuál los animales fueron colocados - en jaulas individuales y alimentados con rastrojo de maíz tra--tado con diferentes concentraciones de NaOH, el cual se pro--porcionó a libre acceso. El alimento ofrecido y rechazado se pesó diariamente con el fin de determinar el consumo por animal. El último día del ensayo de digestibilidad, se tomaron - muestras del fluido ruminal a los animales por medio de una - sonda esofágica para determinar el pH antes y a las 2, 4 y 6 horas después de ser alimentados los animales.

Con el objeto de evaluar los cambios en la composi---ción química del rastrojo de maíz, se tomaron muestras periódicas durante las etapas de alimentación y digestibilidad, so--metiéndolas al análisis proximal (A.O.A.C., 1970) y al de -- los constituyentes de la pared celular por el método descrito por Goering y Van Soest (1970). Durante los últimos cinco - -

días de la prueba de digestibilidad, se pesaron diariamente - las heces, de las cuales se tomaron muestras (10% del total) de cada animal, para realizar el análisis proximal (A.O.A.C., 1970) y el de los constituyentes de la pared celular, utilizando el método de Goering y Van Soest (1970). El pH del fluido ruminal se determinó por medio del potenciómetro Beckman - Spandomatic SS2.

El presente estudio se evaluó estadísticamente utilizando el diseño experimental de bloques al azar para ganancia de peso, considerando a cada borrego como una unidad experimental. El diseño experimental completamente al azar para los constituyentes de la pared celular y un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4x4 (Niveles de NaOH y horas) para pH del fluido ruminal. Las comparaciones de medias de tratamientos para las variables respuestas fueron realizadas por la prueba de rangos múltiples de Duncan. Para obtener la ecuación de respuesta de la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, constituyentes de la pared celular e incrementos de peso se utilizaron polinomios ortogonales - - (Steel y Torrie, 1960).

RESULTADOS Y DISCUSION

Efectos del NaOH sobre la composición química del rastrojo de maíz.

En el cuadro 3 se muestra el análisis proximal del rastrojo de maíz sin tratar y tratado con NaOH. El principal cambio asociado con el tratamiento de NaOH, fue un incremento directamente proporcional en el contenido de cenizas al aumentar la concentración de NaOH. No se encontró ningún efecto -- significativo del NaOH en el contenido de materia seca, proteína, fibra y grasa para los diferentes tratamientos. El efecto sobre éstos componentes concuerdan con los reportados en otras investigaciones (Bacigalupo y col., 1973; Garret y col., 1976a) los cuales encontraron que al incrementar la concentración de NaOH sobre forrajes toscos aumentaba el contenido de cenizas, debiéndose esto a la presencia del NaOH.

Efecto del NaOH sobre los constituyentes de la pared celular del rastrojo de maíz.

En el cuadro 4 se muestran de acuerdo a los diferentes tratamientos con NaOH, el contenido celular y los constituyentes de la pared celular (NDF) del rastrojo de maíz. La materia seca del rastrojo de maíz sin tratar, está constituida por un alto porcentaje de celulosa y hemicelulosa (82.2%). La aplicación de diferentes concentraciones de NaOH al rastrojo de maíz, produjo una disminución significativa ($P \leq .05$) de

Cuadro 3. Análisis proximal (en base a materia seca) del rastrojo de maíz - sin tratar y tratado con diferentes concentraciones de NaOH, utilizado en la alimentación de borregos criollos.

Variable (%)	T R A T A M I E N T O			
	Control	2% NaOH	4% NaOH	6% NaOH
Materia seca	66.0	68.4	67.9	68.2
Proteína cruda	6.6	6.9	6.7	6.0
Grasa	9.5	10.0	9.6	8.1
Fibra	30.8	29.8	29.0	28.4
Cenizas	3.8	5.8	7.8	10.2
E.L.N.	49.3	47.5	46.9	47.3

Cuadro 4. Promedios de contenido celular y constituyentes de la pared celular del rastrojo de maíz tratado con diferentes concentraciones de NaOH (en base a materia seca).

Variable (%)	T R A T A M I E N T O				E.S. ⁺
	Control	2% NaOH	4% NaOH	6% NaOH	
Contenido celular	36.8 ^a	39.8 ^a	50.3 ^b	52.3 ^b	2.6
Fibra det. neutral	63.2 ^a	60.2 ^a	49.7 ^b	47.7 ^b	2.6
Fibra det. ácido	38.4	39.2	38.2	37.2	0.8
Lignina det. ácido	11.2	11.1	10.6	10.7	0.6
Celulosa*	27.2	28.1	27.6	26.5	0.8
Hemicelulosa**	24.8 ^a	21.0 ^a	11.5 ^b	10.5 ^b	2.7

a, b Los valores en la misma hilera señalados por distinta literal son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

* (Fibra detergente ácido) - (Lignina detergente ácido).

** (Fibra detergente neutral) - (Fibra detergente ácido).

E.S.⁺ Error standar.

los constituyentes de la pared celular, lo que indica una mayor solubilización causada por hidrólisis de los componentes fibrosos del rastrojo de maíz tratado. Sin embargo, el efecto aparente se observó principalmente en la hemicelulosa con una disminución significativa ($P \leq .05$), hecho que ayuda a explicar el descenso en el porcentaje de las paredes celulares. Se observó un incremento significativo ($P \leq .05$) para el contenido celular, al aumentar las concentraciones de NaOH. No hubo efectos significativos del NaOH sobre la fibra detergente ácido (ADF), lignina detergente ácido (ADL) y celulosa.

Estos resultados ponen de manifiesto varios aspectos en lo que respecta a una posible mayor utilización del rastrojo seco de maíz como alimento para los ovinos. Por un lado, llama la atención el alto contenido de celulosa y hemicelulosa del forraje; por otra parte, los efectos que produjo la aplicación de NaOH en diferentes concentraciones, indican que al someter el rastrojo de maíz a tratamientos alcalinos moderados, la celulosa y hemicelulosa pueden ser hidrolizadas parcialmente y convertidas en compuestos más simples y potencialmente más digeribles por el animal (Feist y col., 1970; Guggolz y col., 1971a,b; Gharib y col., 1972a,b; Anderson y Ralston, 1973b; Encinas y col., 1976; Oji y col., 1977).

Algunos investigadores han establecido que no existe una reducción en el contenido de lignina de pajas tratadas

con niveles bajos de NaOH (Ololade y col., 1970; Saxena y col., 1971). En lo que respecta a los cambios químicos ocurridos en el rastrojo de maíz, cabe señalar que el tratamiento alcalino (2, 4 y 6% de NaOH) usado en este trabajo no produjo delignificación, como ha sucedido cuando se han aplicado tratamientos alcalinos más severos a forrajes de baja calidad y a maderas (Chandra y Jackson, 1971; Klopfenstein y col., 1972; Anderson y Ralston, 1973a; Summers y Sherrod, 1975; Gharib y col., 1975a; Meléndez y col., 1976). Los tratamientos alcalinos empleados en esta investigación produjeron solamente una descomposición en los constituyentes menos complejos que la lignina, como es la hemicelulosa. Estos resultados concuerdan con investigaciones de otros autores (Guggolz y col., 1971a,b; Klopfenstein y col., 1972; Yu Yu y col., 1975; Ololade y Mowat, 1975) al utilizar otros materiales altamente fibrosos.

Efecto del rastrojo de maíz tratado con NaOH sobre los aumentos de peso y consumo de alimento por borregos criollos.

La ganancia de peso y consumo de alimento obtenidos durante el período experimental de alimentación, se presenta en el cuadro 5. Se encontró que las ganancias diarias de peso fueron diferentes ($P \leq .05$), incrementándose al aumentar la concentración de NaOH hasta el 4%, con una ganancia de 64 g/animal/día y disminuyó con el 6% de NaOH. La función que ajusta la tendencia de estos resultados es de tipo cuadrático ($Y_i = 32.87 + 21.29X_i - 3.73X_i^2$; $r^2 = 0.27$) y la ganancia diaria de -

Cuadro 5. Ganancias de peso y consumo de alimento de borregos criollos alimentados con rastrojo de maíz sin tratar y tratado con diferentes concentraciones de NaOH.

Concepto	T R A T A M I E N T O				E.S. ⁺
	Control	2% NaOH	4% NaOH	6% NaOH	
No. de animales	7	7	7	7	---
Días de alimentación	56	56	56	56	---
Peso inicial (kg)	28.07	28.07	28.07	28.14	---
Peso final (kg)	30.00 ^{ac}	31.14 ^{ab}	31.64 ^b	29.50 ^c	0.45
Ganancia diaria (g)	34 ^{ac}	55 ^{ab}	64 ^b	24 ^c	9.00
Consumo de forraje (g/día)*	800	855	910	791	---
Consumo de concentrado(g/día)*	72	76	140	160	---
Consumo mat. seca (g/día)	872	931	1050	951	---
Consumo mat. org. (g/día)	816	854	928	812	---

* Valores en base a materia seca.

a,b,c Los valores en la misma hilera señalados por distinta literal son estadísticamente diferentes ($P \leq .05$).

E.S.⁺ Error standar.

peso máxima estimada, fue de 63.1 g para una concentración de 3% de NaOH (figura 1).

El consumo de rastrojo de maíz fue mayor para el -- grupo de borregos del tratamiento con 4% de NaOH y el consumo de suplemento protéico se incrementó al aumentar la concentración de NaOH al rastrojo de maíz de los diferentes tratamientos.

Los aumentos diarios de peso reportados en este trabajo son bajos, debido al reducido consumo de materia seca -- (2.9, 3.0, 3.3 y 3.3% del peso vivo de los borregos) para los tratamientos control, 2, 4 y 6% de NaOH respectivamente, en - relación al 4.3% del peso vivo recomendado para este tipo de animales (NRC, 1974). Los bajos consumos de materia seca indican un consumo inferior de energía digestible y proteína di--gestible, lo cual se refleja en bajos aumentos de peso. Por - otro lado, los aumentos de peso diarios aquí reportados, indican que el rastrojo de maíz tratado con una concentración de 4% de NaOH, pueden utilizarse en raciones de mantenimiento para este tipo de animales en épocas críticas.

El incremento en el consumo de rastrojo (materia seca y materia orgánica) aquí reportados, concuerda con los resultados obtenidos por diferentes investigadores (Saxena y -- col., 1971; Koers y col., 1972; Shultz y Ralston, 1973; Caldede

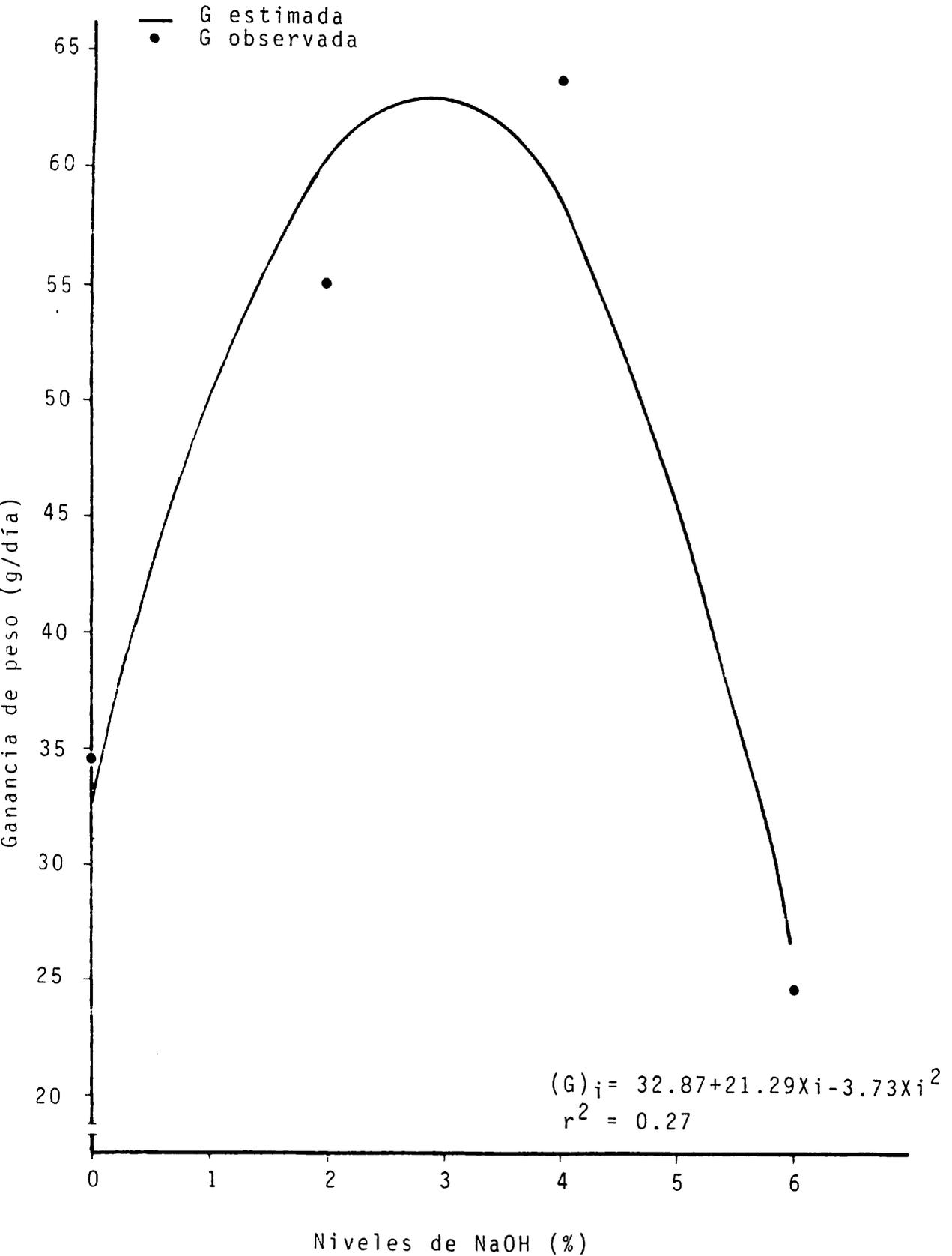


Figura 1. Ganancia de peso (G) de borregos criollos alimentados con rastrojo de maíz tratado con diferentes -- concentraciones de NaOH.

rón y col., 1975; Yu Yu y col., 1975; Garret y col., 1976a,b), los cuales utilizaron diversos materiales fibrosos (forrajes toscos) tratados con diferentes álcalis, en la alimentación de rumiantes.

Efecto del NaOH sobre el pH del fluido ruminal de borregos -- criollos.

No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq .05$) en el pH del fluido ruminal (cuadro 6) entre tratamientos, horas antes y después de ser alimentados los borregos, ni en la interacción (tratamientos y horas). Esto indica que la aplicación de diferentes concentraciones de NaOH (2, 4 y 6%) al rastrojo de maíz que consumieron los animales, tienen poca o ninguna influencia sobre los cambios en el pH del rumen, debido a la capacidad de éste para mantener un pH alrededor de 7. Los resultados aquí reportados concuerdan -- con los obtenidos por otros investigadores (Klopfenstein, 1973; Shin y col., 1975; Garret y col., 1976a,b). los cuales no encontraron cambios en el pH del fluido ruminal de borregos, al ser alimentados con diferentes forrajes tratados con NaOH.

Efecto del NaOH sobre la digestibilidad aparente del rastrojo de maíz.

La digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica y constituyentes de la pared celular del rastrojo de maíz se presentan en el cuadro 7. La digestibilidad apa

Cuadro 6. pH del fluido ruminal de borregos criollos a 0, 2, 4 y 6 horas después de ser alimentados con rastrojo de maíz sin tratar y tratado con diferentes concentraciones de NaOH.

Tratamiento	<u>Antes de ser alimentados</u>	<u>Después de ser alimentados (hr)</u>		
	0	2	4	6
Control	6.82	6.83	6.86	6.77
2% NaOH	6.84	6.86	6.90	6.87
4% NaOH	6.87	6.94	6.98	6.84
6% NaOH	6.86	7.00	7.03	6.93

Cuadro 7. Digestibilidad aparente en borregos, del rastrojo de maíz sin tratar y tratado con diferentes concentraciones de NaOH.

Variable (%)	T R A T A M I E N T O				E.S. [±]
	Control	2% NaOH	4% NaOH	6% NaOH	
Materia seca	53.8 ^a	56.1 ^a	65.6 ^b	62.9 ^b	1.4
Materia orgánica	56.3 ^a	58.7 ^a	66.9 ^b	63.4 ^c	1.1
Fibra det. neutral	59.6 ^a	62.8 ^{ab}	67.6 ^{bc}	68.0 ^c	1.5
Fibra det. ácido	54.6 ^a	57.5 ^a	66.2 ^b	63.7 ^b	1.6
Lignina det. ácido	4.0 ^a	4.8 ^a	17.5 ^b	14.2 ^c	0.6
Celulosa	76.6 ^a	79.9 ^a	88.3 ^b	86.8 ^b	1.3
Hemicelulosa	67.3 ^a	72.8 ^b	72.6 ^b	75.8 ^b	1.6

a,b,c Los valores en la misma hilera señalados por distinta literal son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$)

E.S.[±] Error standar.

rente de la materia seca y materia orgánica fue diferente - - (P \leq .05) entre tratamientos, incrementándose al aumentar las - - concentraciones de NaOH hasta el 4% y disminuyó con el 6%, -- siendo el rastrojo de maíz tratado con 4% NaOH el que obtuvo el máximo valor, 66 y 67% para materia seca y materia orgánica respectivamente. Sin embargo, como puede observarse en la figura 2, estos resultados muestran una respuesta a los niveles crecientes de NaOH de tipo cúbico ($Y_i=52.46+0.86X_i+1.05X_i^2-0.15X_i^3$; $r^2=0.80$) para la materia seca. Es importante hacer la observación que del coeficiente de determinación total ($r^2=0.80$) los efectos lineal, cuadrático y cúbico representan el 78, 0 y 22% respectivamente. La materia orgánica -- presentó una tendencia similar ($Y_i=55.10+1.12X_i+0.86X_i^2-0.14X_i^3$; $r^2=0.88$) y del coeficiente de determinación total ($r^2=0.88$) -- los efectos lineal, cuadrático y cúbico representan el 64, 13 y 23% respectivamente, encontrándose que la digestibilidad -- máxima estimada fue 64.3 y 64.8%, con una concentración de 5 y 4.7% de NaOH para materia seca y materia orgánica respectivamente.

La digestibilidad aparente de los constituyentes de la pared celular (Fibra detergente neutral) fue directamente proporcional a la concentración de NaOH, siendo el tratamiento de 6% el que obtuvo el máximo valor (68%). La función que explica la tendencia de estos resultados es de tipo lineal -- ($Y_i=60.0+1.5X_i$; $r^2=0.68$), como se muestra en la figura 3.

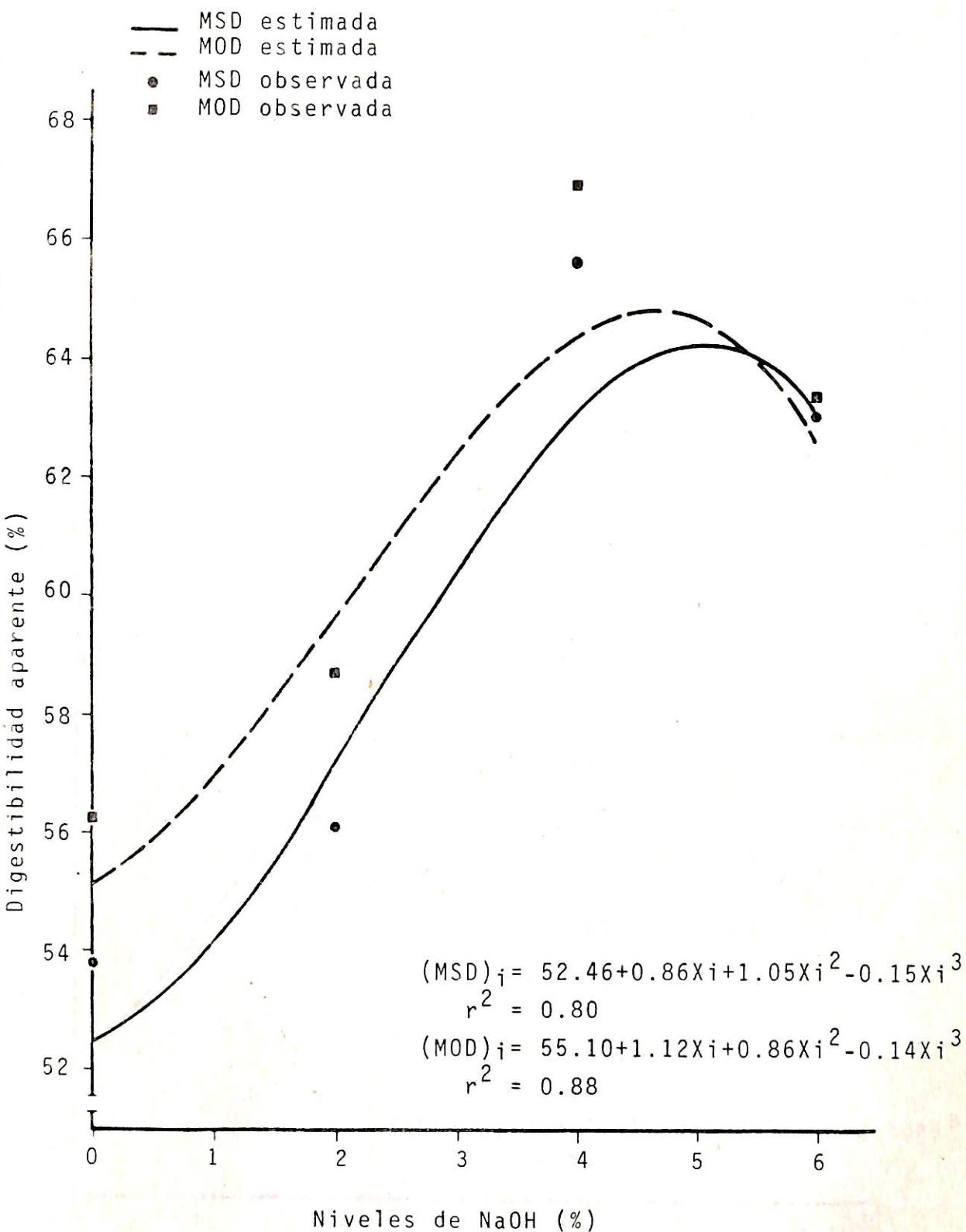


Figura 2. Digestibilidad aparente de la materia seca (MSD) y materia orgánica (MOD) del rastrojo de maíz tratado con diferentes concentraciones de NaOH en borregos.

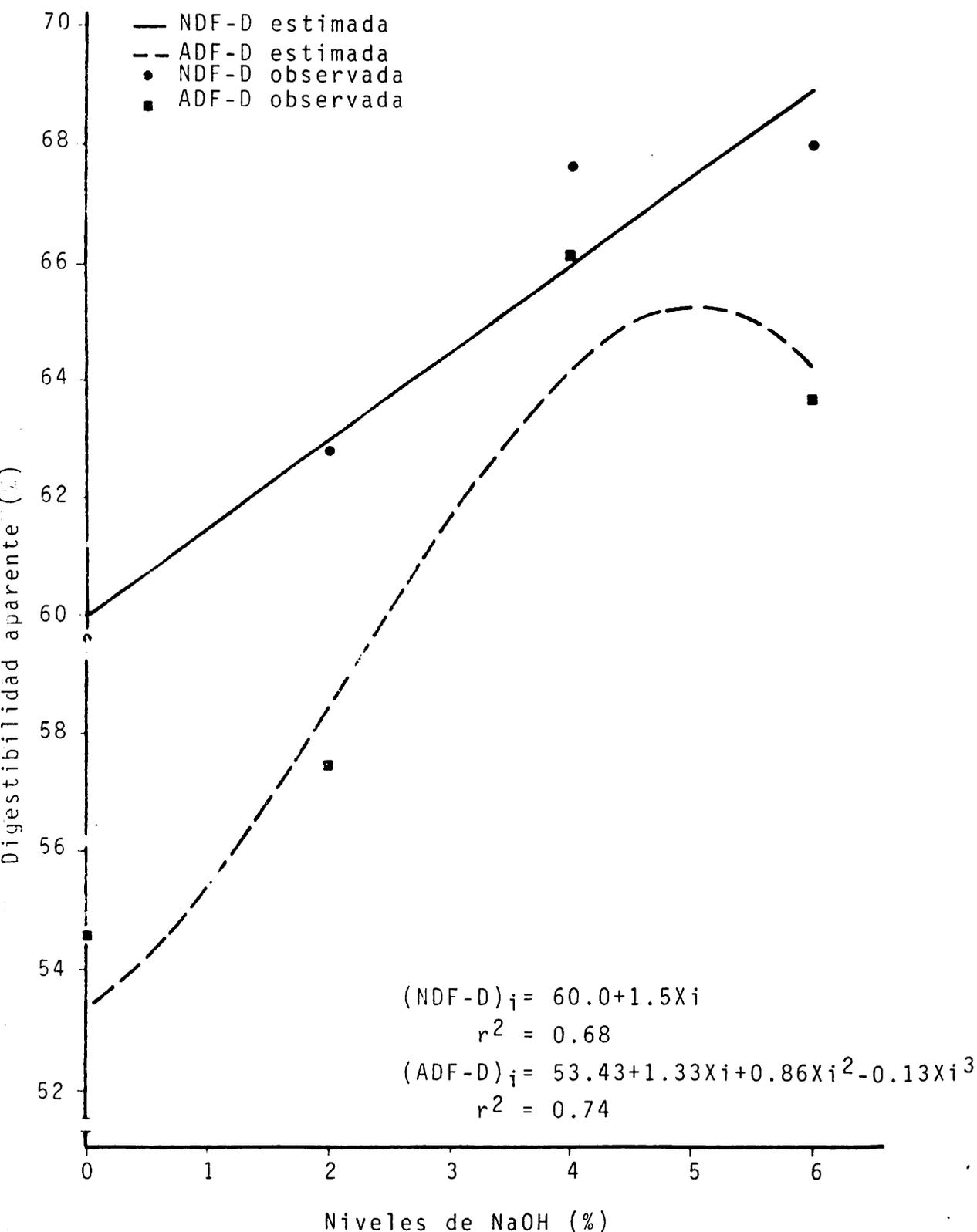


Figura 3. Digestibilidad aparente de la fibra detergente neutral (NDF-D) y fibra detergente ácido (ADF-D) del rastrojo de maíz tratado con diferentes concentraciones de NaOH en borregos.

La digestibilidad aparente de la fibra detergente ácido también tendió a incrementar al aumentar la concentración de NaOH hasta el 4% y disminuyó con el 6% de NaOH. La función que se ajusta a estos resultados es de tipo cúbico ($Y_i = 53.43 + 1.33X_i + 0.86X_i^2 - 0.13X_i^3$; $r^2 = 0.74$), donde del coeficiente de determinación total ($r^2 = 0.74$) los efectos lineal, cuadrático y cúbico representan el 82, 0 y 18% respectivamente y la digestibilidad máxima estimada (65%) corresponde a una concentración de 5% de NaOH (figura 3).

La digestibilidad aparente de la lignina detergente ácido tendió a incrementarse al aumentar la concentración de NaOH hasta el 4% y disminuyó con el 6% de NaOH. La función que explica la tendencia de estos resultados fue de tipo cúbico ($Y_i = 2.08 - 0.40X_i + 1.70X_i^2 - 0.22X_i^3$; $r^2 = 0.98$), donde del coeficiente de determinación total ($r^2 = 0.98$) los efectos lineal, cuadrático y cúbico representan el 69, 3 y 28% respectivamente y la digestibilidad máxima estimada (15.08%) corresponde a una concentración de 5.1% de NaOH (figura 4).

La digestibilidad aparente de la celulosa se incrementó a medida que se aumentó la concentración de NaOH hasta el 4% y disminuyó con el 6% de NaOH. La función que explica la tendencia de estos resultados fue de tipo cúbico ($Y_i = 75.57 + 1.55X_i + 0.75X_i^2 - 0.12X_i^3$; $r^2 = 0.83$), donde del coeficiente de determinación total ($r^2 = 0.83$) los efectos lineal, cuadrático y cúbico representan el 87, 0 y 13% respectivamente y la diges-

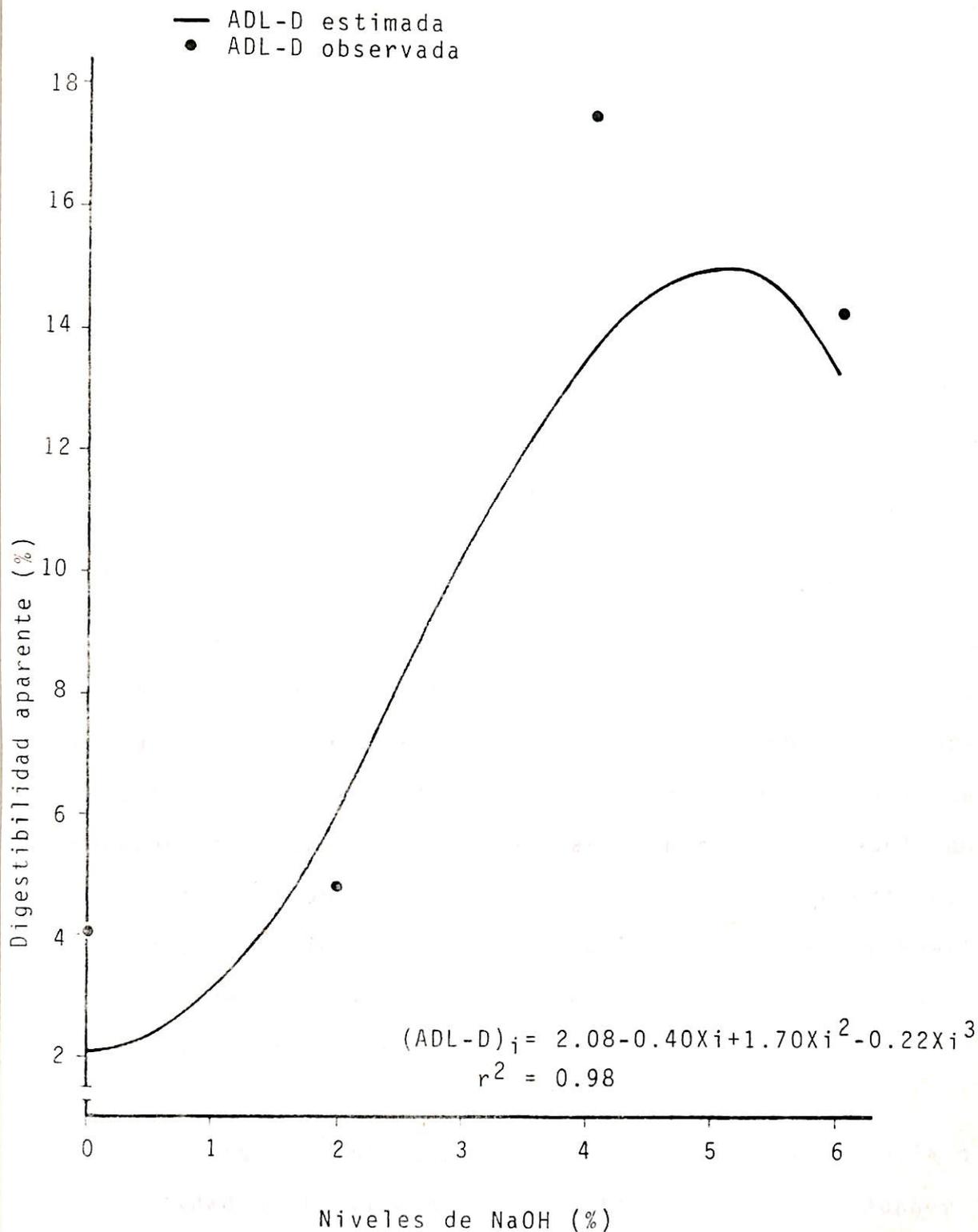


Figura 4. Digestibilidad aparente de la lignina detergente ácido (ADL-D) del rastrojo de maíz tratado con diferentes concentraciones de NaOH en borregos.

tibilidad máxima estimada fue de 87.1% para una concentración de 5.1% de NaOH (figura 5).

La digestibilidad aparente de la hemicelulosa se incrementó ($P \leq .05$) al aumentar la concentración de NaOH hasta un 6%. La función que explica la tendencia de estos resultados es de tipo lineal ($Y_i = 68.33 + 1.26X_i$; $r^2 = 0.56$) como se muestra en la figura 5.

Los resultados obtenidos en relación a la digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica, celulosa, hemicelulosa y lignina, muestran un ligero incremento con la aplicación de diferentes concentraciones de NaOH. Esto indica que posiblemente las diferentes concentraciones de NaOH, aumentaron el valor nutritivo del rastrojo de maíz. Resultados similares utilizando diferentes forrajes fueron reportados -- por otros investigadores (Feist y col., 1970; Maeng y Mowat, 1970, Chandra y Jackson, 1971; Barton y col., 1974; Shin y -- col., 1975; Ololade y Mowat, 1975).

Los resultados aquí reportados en relación a la digestibilidad de la lignina, se prestan a discusión. Aunque se ha establecido en la literatura que la lignina de plantas forrajeras es completamente indigestible por los rumiantes, Gordon y Homes (1972), describen la lignina en dos fracciones diferentes, la lignina central y la lignina superficial. La pri

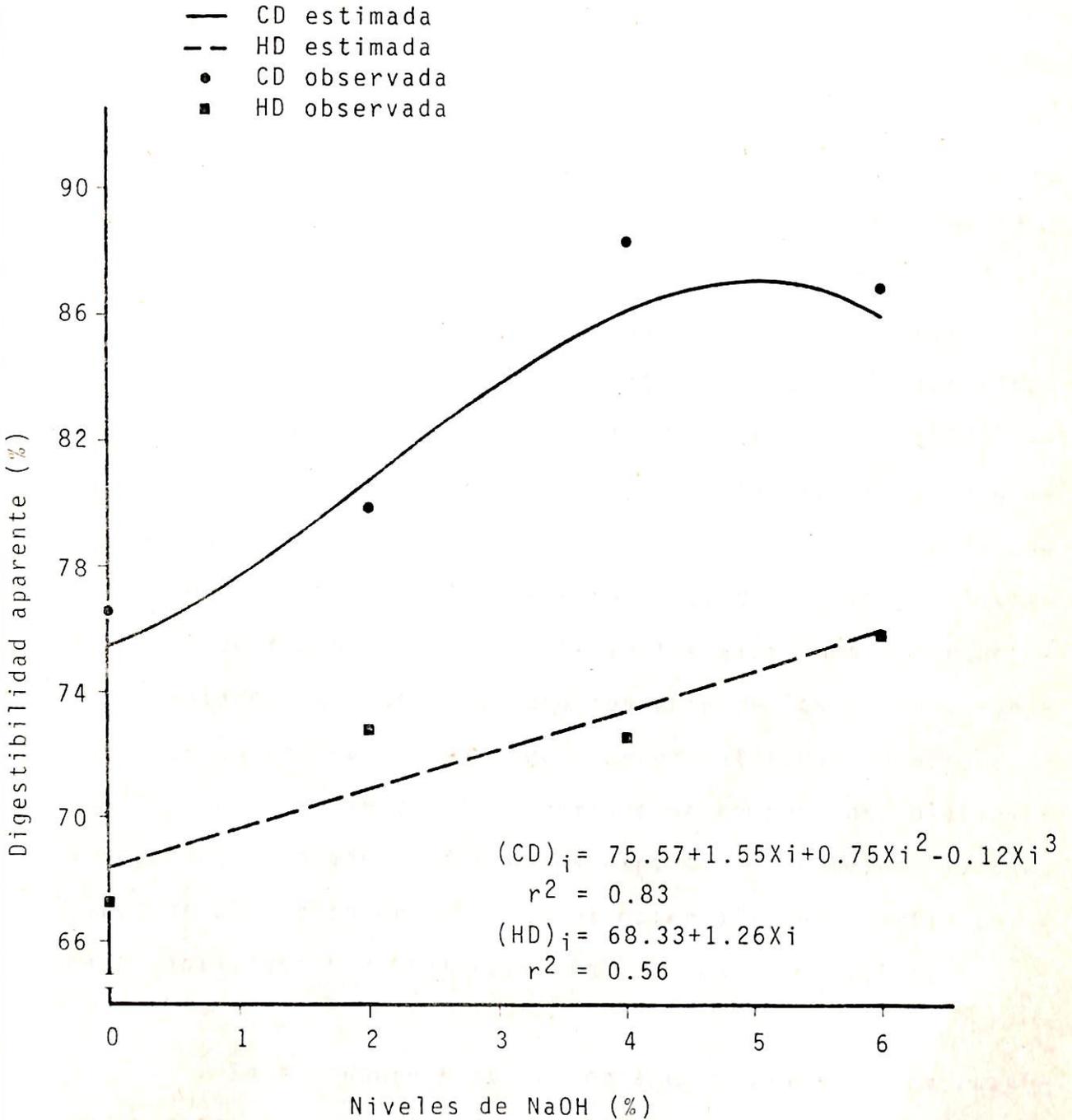


Figura 5. Digestibilidad aparente de la celulosa (CD) y hemicelulosa (HD) del rastrojo de maíz tratado con diferentes concentraciones de NaOH en borregos.

mera consiste de monómeros fenólicos ligados principalmente - por enlaces de tipo éter, unidos de carbón a carbón. En tanto que la lignina superficial, consiste principalmente de ácidos ferúlico y P-cumárico ligados a la lignina central por enla-- ces de tipo éster. Estos tipos de enlaces son fácilmente rotos por álcalis y quizá también pueden ser hidrolizados en el - - tracto digestivo del animal y en este caso podría ocurrir alguna digestión de la lignina. Investigaciones recientes (Thomas y col., 1969; Muller y col., 1972; Dash y col., 1974), -- han reportado alrededor de 42% de digestibilidad de la lignina en plantas forrajeras. Tanto en estos trabajos como los de otros investigadores (Ololade y col., 1970; Garret y col., -- 1974), encontraron que los tratamientos alcalinos moderados - incrementaron la digestibilidad aparente de los constituyen-- tes fibrosos de pajas de trigo y arroz, atribuyendo ésto a -- dos factores. Primero, al incremento de compuestos solubles - y segundo, a un efecto físico de expansión que mejoró la capa-- cidad de absorción de agua por el material que permitió una - mayor actividad hidrolítica de las enzimas celulíticas.

En el cuadro 8 se presenta un resumen de los resul-- tados obtenidos en relación a la respuesta máxima estimada de digestibilidad aparente de la materia seca, materia orgánica y constituyentes de la pared celular del rastrojo de maíz, -- los aumentos diarios de peso de borregos criollos y el nivel de NaOH estimado para máximo efecto en estas variables. La --

Cuadro 8. Efecto del nivel óptimo estimado de NaOH sobre la respuesta en digestibilidad aparente del rastrojo de maíz e incrementos de peso, con borregos-criollos en comparación con el tratamiento control.

Variable respuesta	Nivel óptimo estimado de NaOH (% en base a materia seca)	Respuesta estimada (%)	
		Control	Optima
Materia seca digestible	5.0	52	64
Materia orgánica digestible	4.7	55	65
Fibra det. neutral digestible	6.0	60	68
Fibra det. ácido digestible	5.0	53	65
Lignina det. ácido digestible	5.1	2	15
Celulosa digestible	5.1	76	87
Hemicelulosa digestible	6.0	68	76
Incremento de peso (g/día/animal)	3.0	33	63

respuesta máxima estimada para digestibilidad aparente de materia seca, materia orgánica, fibra detergente ácido, lignina detergente ácido y celulosa del rastrojo de maíz, se obtuvo con un nivel máximo estimado de aproximadamente 5% NaOH ajustándose a una función de tipo cúbico y un mejoramiento en digestibilidad aparente de aproximadamente 12% con respecto al control (0% NaOH). La digestibilidad aparente de la fibra detergente neutral y hemicelulosa presenta una función de tipo lineal con un nivel máximo estimado de 6% NaOH y un 8% más en digestibilidad aparente en ambos casos con respecto al control. Este mejoramiento en digestibilidad aparente se ve reflejado en los incrementos diarios de peso que se alcanzaron con un nivel máximo estimado de 3% NaOH, los cuales fueron superiores al grupo control en un 90%. Sin embargo, estos incrementos de peso están influenciados además por las diferencias en consumo de materia seca.

00437

U.A.A.A.N

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir lo siguiente:

1. La aplicación de NaOH hasta el 6% a rastrojo de maíz, incrementa su contenido celular un 42%, reduce la fibra detergente neutral 25% y hemicelulosa 42%.
2. El consumo diario de materia seca, por borregos criollos aumenta 20% cuando se adiciona NaOH hasta un 4% a rastrojo de maíz.
3. Las ganancias diarias de peso en borregos criollos se incrementan 88% con la aplicación de 4% NaOH a rastrojo de maíz.
4. La adición de 2, 4 y 6% NaOH a rastrojo de maíz no altera el pH del fluido ruminal de borregos criollos.
5. De los niveles de NaOH utilizados en este estudio, el 4% resulta ser el mejor; sin embargo, la curva de respuesta estimada indica que el nivel óptimo es 5% para digestibilidad aparente de materia seca, materia orgánica y constituyentes de la pared celular del rastrojo de maíz.

RESUMEN

Con el propósito de evaluar los efectos y niveles de hidróxido de sodio (NaOH) sobre la composición química y el aprovechamiento del rastrojo de maíz por borregos, se realizó un experimento en 2 etapas no simultáneas: alimentación y digestibilidad, en las que se utilizaron 28 y 12 borregos criollos de la región respectivamente, los cuales fueron divididos para la prueba de alimentación en grupos de 7 animales y para la prueba de digestibilidad en grupos de 3 animales, para constituir los siguientes tratamientos: Ración control y 3 raciones similares, donde el rastrojo de maíz fue tratado con 2, 4 y 6% de NaOH en base al contenido de materia seca. En general los tratamientos con NaOH hasta el 6% incrementaron ($P \leq .05$) el contenido de cenizas y contenido celular del rastrojo de maíz y redujeron ($P \leq .05$) la fibra detergente neutral y hemicelulosa. Con el nivel de 4% NaOH se incrementó el consumo de materia seca del rastrojo de maíz y los incrementos diarios de peso ($P \leq .05$) con respecto a los demás tratamientos. No se encontraron diferencias significativas ($P \leq .05$) para pH del fluido ruminal antes y después de ser alimentados los borregos con rastrojo de maíz tratado con NaOH.

En general los tratamientos con NaOH incrementaron ($P \leq .05$) la digestibilidad aparente del rastrojo de maíz y el nivel de 4% NaOH fue el que presentó los valores más altos --

65.6, 66.9, 66.2, 17.5 y 88.3% para digestibilidad aparente de materia seca, materia orgánica, fibra detergente ácido, lignina detergente ácido y celulosa respectivamente. La función que se ajusta a estos resultados es de tipo cúbico, siendo los valores máximos estimados para digestibilidad aparente de materia seca, materia orgánica, fibra detergente ácido, lignina detergente ácido y celulosa de 64.3, 64.8, 65.0, 15.1, 87.1% con concentraciones de NaOH de 5.0, 4.7, 5.0, 5.1 y 5.1% respectivamente. Los tratamientos con NaOH incrementaron ($P \leq .05$) la digestibilidad aparente de la fibra detergente neutral y hemicelulosa, presentando el nivel 6% NaOH los máximos valores (68.0 y 75.8% respectivamente), siendo la función que ajusta estos resultados de tipo lineal.

LITERATURA CITADA

- Anderson, D.C. and A.T. Ralston. 1973a. Chemical treatment of ryegrass straw: in vitro dry matter digestibility and -- compositional changes. J. Anim. Sci. 37: 148.
- Anderson, D.C. and A.T. Ralston. 1973b. Ryegrass straw utilization by sheep. J. Anim. Sci. 36: 1210 (Abstr.).
- A.O.A.C. 1970. Official methods of analysis. 11th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., U.S.A.
- Archibald, J.G. 1924. The effect of sodium hidroxide on the - composition, digestibility and feeding value of grain -- hulls and other fibrous material. J. Agr. Res. 27: 245.
- Bacigalupo, A., M. Vara, J.A. Perea, A. Lescano, F. Delzo y - T.S. Aguilar. 1973. Digestibilidad en ovinos y utiliza-- ción por vacunos de broza de algodón sin procesar y pro-- cesada con hidróxido de sodio. Memorias A.L.P.A. 8: 39.
- Barton, F.E.H., H.E. Amos, W.J. Albrecht, and D. Burdick. - - 1974. Treating penaut hulls to improve digestibility for ruminants. J. Anim. Sci. 38:860.

- Brauns, F.E. and D.A. Brauns. 1960. The chemistry of lignin. Academic Press. New York, U.S.A. 630 pp.
- Calderón, F., R. Rojas, A. Shimada y C. Peraza. 1975. Alimentación de becerros con rastrojo de maíz tratado con álcali. Rev. Veterinaria 6: 1.
- Chandra, S. and M.G. Jackson. 1971. A study of various chemical treatments to remove lignin from coarse roughages -- and increase their digestibility. J. Agr. Sci. 77: 11.
- Dash, S.K., H.H. Voelker, L.D. Muller, and D.J. Schingoethe. 1974. Dried whey as an additive for reconstituted alfalfa hay silage. J. Dairy Sci. 57:314.
- Dehority, B.A. and R.R. Johnson. 1961. Effect of particle size upon the in vitro cellulose digestibility of forages by rumen bacteria. J. Dairy Sci. 44: 2242.
- Donefer, E., I.O.A. Adeleye, and T.A.O.C. Jones. 1969. Effect of urea supplementation in the nutritive value of NaOH - treated oat straw. In Robert F. Gould (Ed.). Cellulases and their applications. Adv. Chem. Ser. No. 95. Amer. -- Chem. Soc. Washington, D.C., U.S.A.

Encinas F., E., P. Márquez y R. Zambrano. 1976. Cambios en la composición química y digestibilidad in vitro de paja de trigo tratada con NaOH o Ca(OH)₂ y posteriormente ensilada. Tec. Pec. Mex. 30: 113.

Feist, W.C., A.J. Baker, and H. Tarkow. 1970. Alkali requirements for improving digestibility of hard-woods by rumen microorganisms. J. Anim. Sci. 30: 832.

Gadden, W. 1920. The digestibility of straw after treatment with soda. J. Agr. Sci. 10: 437.

Garino, H.J., A.H. Javed, and E. Donefer. 1975. Use of NaOH treated oat straw rations for growing lambs. Can. J. - - Anim. Sci. 55: 474.

Garrett, W.N., H.G. Walker, G.O. Kohler, A.C. Waiss, Jr., R. P. Graham, N.E. East, and M.R. Hart. 1974. Nutritive value of NaOH and NH₃ treated rice straw. J. Anim. Sci. -- 38: 1342 (Abstr.).

Garret, W.N., H.G. Walker, G.O. Kohler, and M.R. Hart. 1976a. NaOH and NH₃ treated rice straw for ruminants. J. Anim. Sci. 42: 322 (Abstr.).

- Garret, W.N., H.G. Walker, G.O. Kohler, and M.R. Hart. 1976b. Feedlot response of beef steers to diets containing NaOH or NH₃ treated rice straw. 15th California Feeders Day - Program. Dept. Anim. Sci. and Agr. Ext. Davis, California, U.S.A. pp. 39-47.
- Gharib, F.H., J.C. Meiske, and R.D. Goodrich. 1972a. in vitro evaluation of chemically-treated low quality forage. J. Anim. Sci. 35: 1113 (Abstr.).
- Gharib, F.H., J.C. Meiske, and R.D. Goodrich. 1972b. Effect of grinding or sodium hydroxide treatment on low quality forage. J. Anim. Sci. 35: 1113 (Abstr.).
- Gharib, F.H., R.D. Goodrich, J.C. Meiske, and A.M. El Serafy. 1975a. Effects of grinding and sodium hydroxide treatment on poplar bark. J. Anim. Sci. 40: 727.
- Gharib, F.H., J.C. Meiske, R.D. Goodrich, and A.M. El Serafy. 1975b. in vitro evaluation of chemically-treated poplar bark. J. Anim. Sci. 40: 734.
- Gibson, D.T. 1968. Microbial degradation of aromatic compounds. Science 161: 1093.

- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, Reagentes, Procedures and Some Applications). U.S.D.A., Agr. Handbook No. 379.
- Goering, H.K., L.W. Smith, P.J. Van Soest, and C.H. Gordon. - 1973. Digestibility of roughage materials ensiled with - sodium chlorite. J. Dairy Sci. 56: 233.
- Gordon, A.J. and J.H.G. Homes. 1972 Contents and digestion of core and noncore lignin. J. Anim. Sci. 35: 1114 (Abstr.).
- Guggolz, J., G.M. McDonald, H.G. Walker, Jr, W.N. Garret, and G.O. Kohler. 1971a. Treatment of farm wastes for lives-- tock feed. J. Anim. Sci. 33: 284 (Abstr.).
- Guggolz, J., G.M. McDonald, H.G. Walker, Jr. A.H. Brown, W. - N. Garret, and G.O. Kohler. 1971b. Chemical treatment of agricultural wastes to improve digestibilities as lives-- tock feed. Proc. West. Sec. Amer. Soc. Anim. Sci. 22: 71.
- Klopfenstein, T.J., R.R. Bartling, and W.R. Woods. 1967. - - Treatments for increasing roughage digestion. J. Anim. - Sci. 26: 1492.
- Klopfenstein, T.J. and W.R. Woods. 1970. Sodium and potassium hydroxide treatment of wheat straw and corn cobs. J. -- Anim. Sci. 31: 246 (Abstr.).

Klopfenstein, T.J., V.E. Kranse, M.J. Jones, and W. Woods. --
1972. Chemical treatment of low quality roughages. J. --
Anim. Sci. 35: 418.

Klopfenstein, T.J. 1973. Treatments to increase the value of
crop residues for beef cattle and lambs. Proc. Dist. - -
Feed. Res. Conf. 28: 24.

Koers, W., M. Prokop, and T.J. Klopfenstein. 1972. Sodium hy-
droxide treatment of crop residues. J. Anim. Sci. - - -
35: 1131 (Abstr.).

Maeng, W.J. and D.N. Mowat. 1970. Digestibility of NaOH-Straw
with alfalfa silage. J. Anim. Sci. 31: 1168 (Abstr.).

Maeng, W.J., D.N. Mowat, and W.K. Bilanski. 1971. Digestibili-
ty of sodium hydroxide-treated straw fed alone or in com-
bination with alfalfa silage Can. J. Anim. Sci. 51: 743.

McAnally, R.A. 1942. Digestion of straw by the ruminant. Bio-
chem. J. 36: 392.

McManus, W.R., L. Manta, J.D. McFarlane, and A.C. Gray. 1972.
The effect of diet supplements and gamma irradiation on
dissimilation of low quality roughages by ruminants. III.
Effect of feeding gamma irradiation base diets of wheat
straw and rice straw to sheep. J. Agr. Sci. 79: 55.

Meléndez A., A., E. Sánchez y P. Márquez. 1976. Cambios en la composición química y digestibilidad in vitro de la paja de trigo, tratada con compuestos alcalinos. Tec. Pec. -- Mex. 30: 113.

Millett, M.A., A.J. Baker, W.C. Feist, R.W. Mellenberger, and L.D. Satter. 1970. Modifying wood to increase its in vitro digestibility. J. Anim. Sci. 31: 781.

Muller, L.D., V.L. Lechtenberg, L.F. Bauman, R.F. Barnes, and C.L. Rhykerd. 1972. in vitro evaluation of brown midrib mutant of Zea mays. J. Anim. Sci. 35: 883.

Murillo, B., M.T. Cabezas y R. Bressani. 1975. Pulpa y pergamino de café. X. Cambios en la composición química del pergamino de café por efecto de diferentes tratamientos alcalinos. Turrialba 25: 179.

National Research Council. 1974. Nutrient requirements of -- sheep. National Acad. of Sci. Washington, D.C., U.S.A.

Oji, V.I., D.N. Mowat. J.E. Winch, and J.G. Buchanan-Smith. -- 1976. Alkali treated of corn stover. J. Anim. Sci. -- -- 42: 1366.

Oji, V.I., D.N. Mowat, and J.E. Winch. 1977. Alkali treatments of corn stover to increase nutritive value. J. Anim. Sci. 44: 798.

Ololade, B.G. and D.N. Mowat. 1969. in vitro digestibility of sodium hydroxide treated straw. J. Anim. Sci. 29: 167 -- (Abstr.).

Ololade, B.G., D.N. Mowat, and J.E. Winch. 1970. Effect of processing methods on the in vitro digestibility of sodium hydroxide treated roughages. Can. J. Anim. Sci. 50: 657.

Ololade, B.C., D.N. Mowat, and S.C. Smith. 1973. Digestibility and nitrogen retention of NaOH-treated diet. J. Anim. -- Sci. 37: 352.

Ololade, B.G. and D.N. Mowat. 1975. Influence of whole-plant barley reconstituted with sodium hydroxide on digestibility, rumen fluid and plasma metabolism of sheep. J. - - Anim. Sci. 40: 351.

Saxena, S.K., D.E. Otterby, J.D. Donker, and A.L. Good. 1971. Effects of feeding alkali-treated oat straw supplemented with soybean meal or non-protein nitrogen on growth of lambs and on certain blood and rumen liquor parameters. J. Anim. Sci. 33: 485.

- Shin, H.T., U.S. Garrigus, and F.N. Owens. 1975. NaOH-treated wheat straw rations for sheep. J. Anim. Sci. 41: 417 (Abstr.).
- Shultz, T.A. and A.T. Ralston. 1973. NaOH-treated ryegrass -- straw and NPN sources. J. Anim. Sci. 36: 1211.
- Shultz, T.A., A.T. Ralston, and E. Shultz. 1974. Effect of various additives on nutritive value ryegrass straw silage. I. Laboratory silo and in vitro dry matter digestion observations. J. Anim. Sci. 39: 920.
- Shultz, T.A. and A.T. Ralston. 1974. Effect of various additives on nutritive value of ryegrass straw silage. II. Animal metabolism and performance observations. J. Anim. -- Sci. 39: 926.
- Steel, R.G. and J.H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co., New York, U.S.A.
- Summers, C.B. and L.B. Sherrod. 1975. Sodium hydroxide treatment of different roughages. J. Anim. Sci. 41: 420 - - - (Abstr.).
- Swart, W.G., Jr., I.A. Bell, N.W. Stanley, and W.A. Cope. - - 1961. Inhibition of rumen cellulase by an extract from sericea forage. J. Dairy Sci. 44: 1945.

- Swingle, R.S. and L.B. Waymack. 1975. Digestibility of grain sorghum stover and wheat straw supplemented with NPN. J. Anim. Sci. 41: 421.
- Thomas, J.W., L.D. Brown, R.S. Emery, E.J. Benne, and J.T. - - Huber. 1969. Comparisions between alfalfa silage and hay. J. Dairy Sci. 52: 195.
- Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive systems of feed analysis and its application to forages. J. Anim. Sci. 26: 119.
- Van Soest, P.J. and R.N. Wine. 1968. The determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 51: 780.
- Van Soest, P.J. and F.E. Lovelace. 1969. Solubility of silica in forages. J. Anim. Sci. 29: 182.
- Wilson, R.K. and W.J. Pigden. 1964. Effect of sodium hydroxide treatment on the utilization of wheat straw and poplar wood by rumen microorganisms. Can. J. Anim. Sci. 44: 122.
- Yu Yu, J.W. Thomas, and R.S. Emery. 1971. Treatment of straw with chlorine compounds and radiations. J. Anim. Sci. -- 33: 1155 (Abstr.).

Yu Yu, J.W. Thomas, and R.S. Emery. 1975. Estimated nutritive value of treated forages for ruminants. J. Anim. Sci. -- 41: 1742.