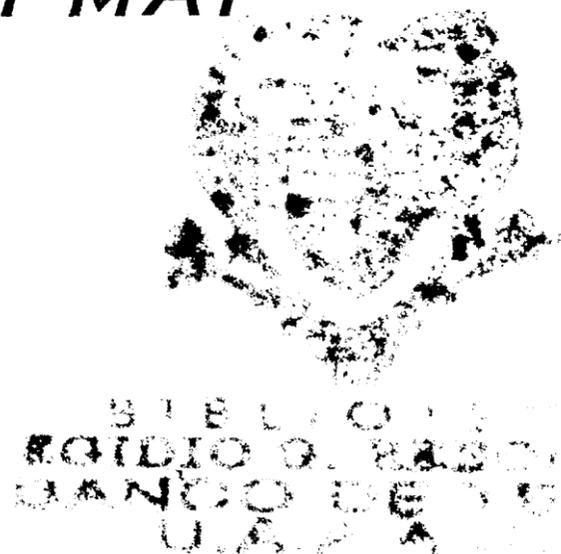


**Comportamiento de Ovinos Alimentados en
Base a Rastrojo de Maíz con Diferente Tamaño
de Partícula Tratado con Amoniaco -
Anhidro (NH₃)**

NELSON JESUS PECH MAY

TESIS



**Presentada como Requisito Parcial para
obtener el grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
en Nutrición Animal**



**Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"**

Programa de Graduados

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

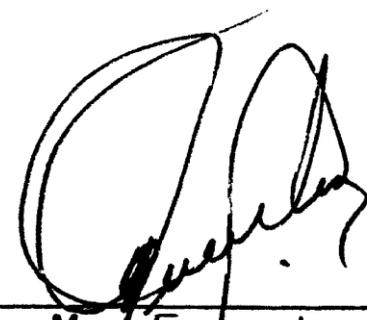
Agosto de 1992

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
EN NUTRICION ANIMAL

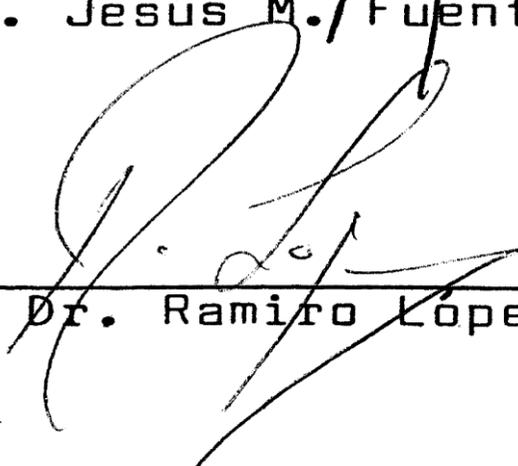
C O M I T E P A R T I C U L A R

Asesor principal:



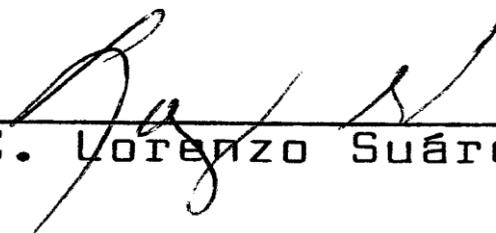
Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez

Asesor:



Dr. Ramiro Lopez Trujillo

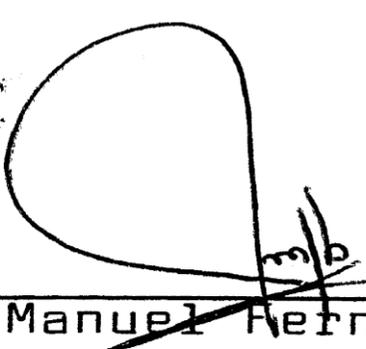
Asesor:



Ing. M.C. Lorenzo Suárez García



UNIVERSIDAD DE COAHUILA DE ZARAGOZA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
BANCO DE TESIS



Dr. José Manuel Hernández Brondo
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Agosto de 1992

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a los asesores: Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez, Dr. Ramiro López Trujillo y al M.C. Lorenzo Suárez García, por su valiosa contribución y sugerencias para la realización del presente escrito.

Como un reconocimiento especial al Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez por su apoyo desinteresado durante mis estudios.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme la oportunidad de superarme profesionalmente.

A todo el personal del Laboratorio de Nutrición Animal, por las facilidades prestadas para la realización de este trabajo, especialmente a la Q. Carmen Pérez Martínez, por el apoyo brindado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por su apoyo para realizar mis estudios de Maestría.

Al personal de Servicios Técnicos Especializados del Programa Ganadero de la Delegación Estatal de la SARH.

A Leticia Ayala López, por su colaboración en el mecanografiado del escrito.

DEDICATORIA

A mis Padres:

Alejandro Pech Can
Isela May de Pech

de quienes he recibido comprensión,
amor y apoyo, y me han encausado
a ser útil a mis semejantes.

A mis Hermanos:

Samony, Cuauhtémoc,
José, Alejandro,
Laly, Salomón
Elio y Hugo

por su comprensión, estímulo y
porque continuemos siempre unidos.

A mis Tíos:

por el apoyo moral durante mi
formación.

A mis maestros y compañeros de postgrado.

COMPENDIO

COMPORTAMIENTO DE OVINOS ALIMENTADOS EN BASE A RASTROJO DE MAIZ CON DIFERENTE TAMAÑO DE PARTICULA TRATADO CON AMONIACO-ANHIDRO (NH₃)

Por

NELSON JESUS PECH MAY

MAESTRIA EN NUTRICION ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. AGOSTO DE 1992

DR. Jesús Fuentes Rodríguez - Asesor -

Palabras clave: rastrojo de maíz, amoniaco anhidro,
tamaño de partícula.

En las instalaciones de la universidad se desarrolló un experimento en dos fases: la primera con el fin de evaluar el aprovechamiento del rastrojo de maíz a diferentes tamaños de partícula tratado con amoniaco anhidro, mediante una prueba de alimentación con borregas de reemplazo, mientras que en la segunda fase se determinaron los coeficientes de digestibilidad de los diferentes nutrientes del forraje por medio de una prueba in vivo.

En la primera fase se emplearon 24 ovinos hembra en buenas condiciones de salud para evaluar el

aprovechamiento del rastrojo de maíz tratado mecánica y químicamente, ofrecido ad libitum, más un concentrado durante un período de alimentación de 56 días. Se registró el peso vivo cada 14 días, estimándose el consumo de rastrojo, consumo de materia seca, ganancia de peso y conversión alimenticia. En la segunda fase se determinaron los coeficientes de digestibilidad in vivo de la proteína cruda (DIVPC), extracto etéreo (DIVEE), fibra neutro detergente (DIVFND), fibra ácido detergente (DIVFAD) y de la materia seca (DIVMS). El diseño experimental empleado fue completamente al azar con arreglo factorial y comparación múltiple de medias.

Los consumos de rastrojo por animal por día fueron: 1.06 kg para los animales alimentados con forraje no amoniado y 1.02 kg para los animales alimentados con el amoniado y por el tratamiento mecánico fueron 1.12, 0.87 y 1.14 kg para los animales que recibían rastrojo molido, picado y entero, respectivamente. Con relación al consumo de materia seca total, los animales que se les ofreció rastrojo sin tratamiento fue 1.16 kg y para los que recibieron forraje tratado fue 1.14 kg por animal por día, mientras que para los que se les ofreció forraje molido, picado y entero fueron 1.220, 0.954 y 1.284 kg respectivamente, encontrándose diferencias ($P \leq 0.05$) por el tratamiento físico en las dos variables.

Las ganancias de peso por animal por día fueron: 0.038 kg para los animales que se alimentaron con rastrojo

sin tratar y 0.047 kg para los alimentados con rastrojo amoniato, por el tamaño de partícula fueron 0.039, 0.046 y 0.043 kg para los que se les ofreció rastrojo molido, picado y entero, respectivamente. No se encontraron diferencias ($P \geq 0.05$) entre las ganancias debido a los factores en estudio. En la conversión alimenticia, los valores fueron: 30.98 y 24.73 para los animales que recibieron rastrojo de maíz no amoniato y amoniato, mientras que los animales que recibieron forraje molido, picado y entero fueron 32.19, 21.57 y 29.80, respectivamente.

La DIVPC fue 54.45 por ciento para el forraje sin tratar y 64.79 para el amoniato, y de 55.63, 59.77 y 63.47 por ciento para el rastrojo molido, picado y entero, respectivamente. La DIVEE fue de 68.18 por ciento para el tratado químicamente y 43.53 por ciento sin tratamiento; y 50.01, 61.86 y 52.69 por ciento por el tratamiento mecánico encontrándose diferencias ($P \leq 0.05$) solamente en la DIVEE debido a la amoniatión.

La DIVFND fue 74.23 y 65.65 por ciento por el tratado y sin tratamiento, y por el tamaño de partícula fueron 65.74, 73.61 y 70.47 por ciento, encontrándose diferencias ($P \leq 0.05$) por los dos factores.

Los valores de la DIVFAD fueron 63.97 por ciento para el rastrojo sin tratamiento y 71.73 por ciento para el amoniato, y 62.27, 72.54 y 68.74 por ciento por el tratamiento mecánico. La DIVMS fue 65.26 por ciento para

el rastrojo de maíz sin tratamiento y 70.37 por ciento para el amoniado, por el tamaño de partícula fueron 59.03 por ciento para el molido, 76.63 por ciento para el picado y 67.80 por ciento para el entero, encontrándose diferencias ($P \geq 0.05$) solamente en la de MS por el tratamiento mecánico.

En el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) en ninguna variable por efecto de la interacción de los dos factores estudiados (químico y mecánico).

ABSTRACT

PERFORMANCE OF SHEEP FEED CORN STOVER WITH DIFFERENT
PARTICLE SIZES TREATED WITH ANHYDROUS AMMONIA (NH₃)

By

NELSON JESUS PECH MAY

MASTER OF SCIENCE

ANIMAL NUTRITION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. AUGUST 1992

Dr. Jesús Fuentes Rodríguez - Adviser -

Key words: corn stover, anhydrous ammonia, particle
size.

An experiment was conducted to determine the performance of sheep fed corn stover treated with anhydrous ammonia (NH₃) at there particle sizes. Digestibility coefficients of protein crude, ether extract, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and dry matter were also determined by a trial in vivo. The feeding period consisted of 56 days in wich 24 female sheeps were randomly assignes to the chemically and mecanically treated

corn stover. The sheep received corn stover ad libitum plus .180 kg of a concentrate mixture for maintenance sheep were weighted at day one and every 14 days there after corn stover intake, dry matter intake, weight gains and feed conversion were measured. The experimental design was completely at random with a factorial array and a multiple means comparison were used.

Corn stover intakes were 1.06 kg and 1.02 kg for animals receiving the non-ammoniated and the ammoniated corn stover. The results for the mechanical treatment being 1.12 kg, 0.870 kg and 1.14 kg for animals receiving grounded, minced and whole corn stover respectively. Dry matter intakes were 1.17 and 1.14 kg for day for animals receiving the non-ammoniated and the ammoniated corn stover, where as with respect to the sheep receiving forage grounded, minced and whole were 1.22, 0.954 and 1.28 kg. Statistical differences ($P \leq 0.05$) between treatments in both variables were observed for mechanical treatment.

Weight gains per day were 0.038 and 0.047 kg for animals receiving the non treated and the treated corn stover and 0.039, 0.046 and 0.043 kg for animals receiving forage grounded, minced and whole respectively. No significant differences ($P \geq 0.05$) were observed due to the above mentioned factors.

Feed conversion were 30.98 and 24.73 for animals receiving the non-ammoniated and the ammoniated corn stover, where as with respect to the animals receiving forage grounded, minced and whole were 32.14, 21.57 and 29.80 respectively.

Regarding the in vivo digestibility of the nutrients evaluated, the percentages obtained for crude protein were 54.45 per cent for the forage without treatment and 64.79 per cent for the ammoniated one; and 55.63 per cent, 59.77 per cent and 63.47 per cent for the stover when grounded, minced and whole. The percentages for the ether extract digestibility were 43.53 per cent and 68.18 per cent for the chemical treatment; and 50.01 per cent, 61.86 per cent and 52.69 considering the mechanical treatment, statistical differences ($P \leq 0.05$) in the variable ether extract were for the chemical treatment. Regarding the fraction of NDF, the percentages in the chemical treatment were 65.63 and 74.23 per cent where as by particle size they were 65.74, 73.61 and 70.47 per cent with statistical differences ($P \leq 0.05$) being found. ADF the values for were 63.97 per cent for the non treated stover and 71.73 per cent for the ammoniated one; and 62.27, 72.54 and 68.74 per cent considering the mechanical treatment. The values for IVDMD were 65.26 per cent for the corn stover without treatment and 70.37 per cent for the ammoniated one; by size of particle they were 59.03 per cent for the grounded stover, 76.63 per cent for the minced stover and 67.80 per cent for the

whole ones, statistical differences being found ($P \leq 0.05$) in the variable DM of the mechanical treatment.

In the variance analysis was not found significative ($P \geq 0.05$) in none variable for the interaction of the two factors studied (chemical and mechanical).

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	xv
INDICE DE FIGURAS	xvi
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	4
LOS RESIDUOS AGRICOLAS Y SUS CARACTERIS <u>TICAS</u>	4
TRATAMIENTOS DE FORRAJES TOSCOS	5
TRATAMIENTOS QUIMICOS DE PAJAS	6
EL TAMAÑO DE PARTICULA Y SU EFECTO SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DE LOS FORRAJES Y CON <u>SUMO</u> POR ANIMALES	7
EL AMONIACO ANHIDRO (NH ₃), SUS CARACTE <u>RISTICAS</u> Y USOS	10
EL AMONIACO COMO PRESERVATIVO	11
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL EMPLEO DEL = AMONIACO ANHIDRO (NH ₃) EN PAJAS Y OTROS MATERIALES FIBROSOS	12
EFECTO DEL AMONIACO SOBRE EL VALOR NUTRI <u>TIVO</u> DE FORRAJES Y SU UTILIZACION EN LA ALIMENTACION DE RUMIANTES	13
COMPARACION DEL EFECTO DEL AMONIACO Y DE OTRAS SUBSTANCIAS ALCALINAS	23
MATERIALES Y METODOS	26
LOCALIZACION Y CLIMA	26
MATERIALES	26
METODOS	27
PREPARACION DE SILOS	29
PRUEBA DE ALIMENTACION	30
PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD <u>in vivo</u>	32
ANALISIS ESTADISTICO	33
RESULTADOS	34
ANALISIS QUIMICO DE LA MEZCLA	34
PRUEBA DE ALIMENTACION	36
GANANCIA DE PESO	39
CONSUMO DE RASTROJO	39
CONSUMO DE MATERIA SECA TOTAL	40
CONVERSION ALIMENTICIA	40
DIGESTIBILIDAD <u>in vivo</u>	41

DISCUSION	44
GANANCIA DE PESO.	44
CONSUMO DE RASTROJO	45
CONSUMO DE MATERIA SECA TOTAL	45
CONVERSION ALIMENTICIA.	47
DIGESTIBILIDAD <u>in vivo</u>	48
CONCLUSIONES.	51
RESUMEN	52
LITERATURA CITADA	56
APENDICE.	63

INDICE DE CUADROS

CUADRO

Página

3.1	Distribución de los tratamien- tos de acuerdo al tamaño de partí- cula y a la condición del rastrojo de maíz	28
4.1	Análisis químico de la mezcla forraje-concen- trado según el tratamiento y tamaño de partí- cula del rastrojo de maíz	35
4.2	Fracciones de fibra de la mezcla forraje-con- centrado según el tratamiento y tamaño de par- tícula del rastrojo de maíz	35
4.3	Porcentaje de digestibilidad <u>in vitro</u> de pro- teína cruda y fracciones de fibra de los dife- rentes tratamientos	36
4.4	Comportamiento de ovinos alimentados con ras- trojo de maíz en tres tamaños de partícula, - sin tratar y tratada con amoniaco más un con- centrado	38
4.5	Efecto de los tratamientos sobre la digestibi- lidad <u>in vivo</u> del rastrojo de maíz	42
A.1	Pesos acumulados y ganancias de peso promedio por períodos y total de los animales experi- mentales según tratamiento	64

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
4.1	Comportamiento de peso de los animales según tratamiento y período	37

1. INTRODUCCION

Como es del dominio general, cada vez existe una mayor demanda de productos protéicos de origen animal y vegetal a causa del incremento de la población humana, por lo que el sector agropecuario tendrá que crecer en superficie y eficiencia; sin embargo, en algunas regiones se torna difícil debido a diferencias de mercado, sociales y del medio ambiente.

El rendimiento de los productos de origen animal, generalmente se ve limitado, ya que en casi la totalidad de nuestro territorio la producción animal depende de los recursos forrajeros disponibles en cada región y éstos están supeditados a condiciones estacionales, por lo que en ocasiones se alcanzan costos de producción muy altos.

Debido a la problemática en la alimentación animal, una opción es la utilización de subproductos de origen agroindustriales, principalmente para ganado mayor, ya que éstos se podrían utilizar en regiones y épocas críticas.

En nuestro México, existe una gran variedad de residuos agrícolas que se utilizan para estas situaciones,

pero que se podrían aprovechar con mayor éxito en dietas para rumiantes, mediante el empleo de técnicas adecuadas para su manejo. En el país, uno de los subproductos más considerables en cantidad, es el rastrojo de maíz, ya que la mayoría de la población es tradicionalmente maicera y existen alrededor de 500 millones de toneladas al año (García, 1982).

Por lo anterior, se han estado estudiando métodos para incrementar el valor nutritivo y digestibilidad de los esquilmos, tales como pajas y rastrojos, mediante tratamientos físicos, químicos y biológicos. Los más prometedores son los dos primeros, ya que mientras uno aumenta el consumo, el otro hace más disponible los nutrientes, por lo que el animal lo aprovecha de manera más eficiente, ya que es más utilizable por los microorganismos del rumen con lo que se podría elevar la producción de carne y/o leche con un costo menor.

Por lo anterior, se plantearon los siguientes objetivos:

- a) Evaluar mediante una prueba de alimentación el aprovechamiento del rastrojo de maíz a diferentes tamaños de partícula tratada con amoníaco, ofrecido ad libitum para mantenimiento de ovinos.
- b) Determinar los coeficientes de digestibilidad de los diferentes nutrientes del forraje

procesado mecánica y químicamente mediante una prueba in vivo.

2. REVISION DE LITERATURA

Los Residuos Agrícolas y sus Características

Klopfenstein (1978) menciona que en algunos países es impresionante el potencial que tienen los residuos de cosechas en la producción animal, ya que al menos por cada kilogramo de grano producido, queda en el campo la misma cantidad de forraje, pero el problema es que la planta, al momento de la cosecha del grano, es madura; de modo que este esquilmo es muy fibroso.

Los remanentes agrícolas como las pajas y rastrojo tienen una baja calidad nutritiva debido principalmente a su estado de madurez (lignificación) por lo que resulta con las siguientes características (Llamas, 1984):

- a) Alto grado de lignificación con la presencia de uniones éster entre la lignina, hemicelulosa y celulosa.
- b) Presencia de residuos acetiles en la celulosa que reduce la digestibilidad.
- c) Alta cristalización de la celulosa, lo que hace lenta la digestión.

d) Presencia de sílice y el bajo contenido de proteína cruda.

Por su parte, Nicholson (1984) cita que el contendo nutricional y digestibilidad de las pajas depende de la especie de forraje, grado de maduración, grado de deterioro y método de manejo. El mismo autor menciona que el valor nutritivo del rastrojo de maíz es mayor que la de otros esquilmos y el ganado puede ser introducido dentro de los cultivos después de la cosecha del grano para recoger el forraje o, por otra parte, el rastrojo puede ser picado, molido o ensilado en forma similar al ensilaje de maíz; por ejemplo, en un trabajo de Berger et al. (1979), quienes usaron novillos para evaluar el ensilaje de rastrojo de maíz que quedó después de la cosecha del grano con alta humedad o alrededor de un mes después de que el grano seco fue cosechado; los rastrojos fueron comparados con ensilajes de maíz normal y obtuvieron que las ganancias promedio diarias en dos pruebas en años diferentes fueron de 0.65 kg para el rastrojo con alta humedad, 0.480 para forraje después de un mes de la cosecha y 0.88 para el ensilaje normal.

Tratamientos de Forrajes Toscos

Con el fin de mejorar la calidad nutritiva de los forrajes toscos, se han estado desarrollando métodos de tratamientos físicos, químicos y biológicos. Dentro de los tratamientos físicos más utilizados están el molido,

picado, peletizado, por presión de vapor, aunque existen otros como el empleo de radiaciones (Llamas, 1984). Los tratamientos químicos se realizan en base a sustancias ácidas y alcalinas; entre las primeras las más usadas son: el ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido clorhídrico (HCl) y fórmico ($H\overset{O}{\underset{OH}{C}}=O$), entre otros; las sustancias alcalinas que se manejan más son: el hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de potasio (KOH), hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$), hidróxido de amonio (NH_4OH) y últimamente el amoníaco anhidro (NH_3); pero también se emplea la urea ($NH_2-\overset{O}{\underset{||}{C}}-NH_2$) como precursor del amoníaco (Shimada, 1986; Klopfenstein, 1978). Los tratamientos biológicos se realizan mediante la utilización de hongos como los de pudrición suave, oscura y blanca (Nicholson, 1984). De todas las técnicas que se han desarrollado hasta la fecha, las que han demostrado mejores resultados sobre las pajas y rastrojos son los métodos químicos y dentro de ésta la utilización de sustancias alcalinas, pero la que más se ha popularizado en los últimos años y tiene mayores ventajas es el método de la amoniación (Oji et al., 1977) ya que es más económico que mediante el uso de otras sustancias.

Tratamientos Químicos de Pajas

Según Asmund y Lars (1983) la mayoría de los tratamientos químicos que se están desarrollando son basados en los siguientes principios:

1. Tratamiento por humedecimiento con soluciones básicas o ácidas.

2. Tratamiento por adición de estas soluciones, eventualmente combinándolos con el molido, picado o en cubos.

Mientras tanto, Feist et al. (1970) y Llamas (1984) mencionan que el tratamiento de pajas con sustancias alcalinas o ácidas realizan una predigestión, ya que solubiliza algo de la hemicelulosa mediante la saponificación de los enlaces éster entre la lignina y los carbohidratos estructurales de la pared celular, se produce una hinchazón de la celulosa, ocasionada por el contacto con el agua y facilita la acción de las celulosas bacterianas con el consecuente aumento en la digestión de los componentes de la fibra y consumo de forraje. Por su parte, Klopfenstein (1978) y Nicholson (1984) indican que la respuesta a este tipo de tratamiento depende de distintos factores tales como: especie de la planta, características del forraje, nivel y tipo de agente activo utilizado, tiempo de tratamiento y temperatura, entre otros.

El Tamaño de Partícula y su Efecto Sobre el Valor Nutritivo de los Forrajes y Consumo por Animales

Según Pidgen y Bender (1978) los factores limitativos del desdoblamiento de la celulosa son la lignificación tamaño de partícula y los contenidos de nitrógeno y de sustancias minerales; ya que la lignocelulosa pobre en nitrógeno requiere ser complementada con este elemento

para facilitarle al máximo su digestión, pero la reducción del tamaño de partícula por molienda aumenta el requerimiento de nitrógeno.

También mencionan que cuando existe menos del 65 por ciento de digestibilidad de un forraje, el factor es importante para regular la ingestión y se puede modificar por molienda mecánica, ya que:

- Reduce el tiempo y la energía necesaria para que las partículas atraviesen el rumen.
- Aumenta el área superficial y con ello el índice de fermentación en el rumen.
- Incrementa la densidad del pienso y por consiguiente, se eleva la capacidad efectiva de aprovechamiento del animal.

Por lo tanto, la molienda es un modo eficaz de mejorar la calidad de los forrajes toscos, ya que permite que el animal aproveche casi tanta energía digestible (ED) como con los forrajes de buena calidad no sometidos a tratamientos.

Por su parte Balch y Campling (1965) mencionan que el tamaño crítico no está bien definido y probablemente varía con el tamaño del animal, y posiblemente con la especie de la planta; por ejemplo: Troelsen y Campbell (1968) quienes consideran que las leguminosas tienen un mayor rango de pasaje que los pastos de similar digestibi-

lidad, igualmente Greenhalgh y Reid (1973) después de una investigación, concluyeron que el tamaño óptimo de las partículas del alimento para el pasaje en el rumen es menor en borregos que en el ganado vacuno, y a la vez, menor en animales jóvenes que en animales adultos. Esto debido a que el consumo de dietas de baja calidad pueden ser más resistentes a la trituración mecánica y microbial y el pasaje puede ser restringido más que en forrajes de alta calidad.

Mientras tanto, Waiman et al. (1972) citan que el molido, picado o peletizado de forrajes secos disminuye el nivel de fibra cruda y cambia ligeramente el contenido de otros componentes; por lo que el procesamiento como el peletizado de forrajes de baja calidad resulta en un aumento en la digestibilidad. En un trabajo realizado por Greenhalgh y Reid (1973) utilizando ovejas y ganado vacuno encontraron que la disminución en la digestibilidad de la materia seca (MS) fue de 13 unidades porcentuales con heno de alta calidad y 12 unidades con heno de menor calidad. El efecto fue particularmente marcado para la fracción de NDF y menor para nitrógeno; aunque la gran pérdida de energía del alimento en las heces debido al molido es compensado por las reducidas pérdidas de energía como metano y calor. Por otra parte, Flores (1983) indica que la molienda es uno de los principales métodos físicos para incrementar el consumo hasta de un 30 por ciento de calorías digestibles, pero si se expresa como energía

neta sería mayor. Se considera que la molienda representa el 50 por ciento de lo que se logra con el tratamiento alcalino, pero este efecto se nota con mayor claridad en forrajes de baja calidad.

La especie animal también influye en la decisión de realizar el procesamiento mecánico de los forrajes toscos, por ejemplo, Shimada (1983) menciona que debido a que los ovinos son muy selectivos y consumen de preferencia las hojas y tallos delgados, desperdiciando cantidades considerables de las partes leñosas de los residuos agrícolas, pero que este problema puede ser resuelto por medio del picado del forraje, cuidando que éste no sea muy fino (seco o polvoso), ya que disminuiría el consumo.

El Amoniaco Anhidro (NH_3), sus Características y Usos

Según Nicholson (1984), a presión y temperatura normal, el amoniaco anhidro es un gas incoloro con olor penetrante. Esta sustancia es fácilmente licuada bajo presión y disuelta rápidamente con agua. Cuando está a 20°C la presión del valor es de 8.5 atmósferas y el peso específico a 0°C es de 0.63; el punto de ebullición a presión atmosférica es de -33.4°C y el punto de congelación es de -77.7°C . El amoniaco es normalmente disponible con alto grado de pureza, alrededor de 99 por ciento (con aproximadamente 82 por ciento de nitrógeno).

El amoniaco anhidro es usado extensivamente como un material crudo en la industria de fertilizantes o

directamente como tal y es de mucha importancia en este renglón; también se puede utilizar para tratamiento o como aditivo en forrajes. En un trabajo realizado por Glewen y Young (1982) se evaluó la efectividad del NH_3 (uno por ciento) sobre la estabilidad del ensilaje de maíz y hallaron que el forraje amoniado tuvo un ligero cambio de temperatura en contraste con el no tratado que se incrementó ($P \leq 0.05$) hasta 48°C a los siete días; también observaron que los niveles de nitrógeno insoluble en ADF (NIADF) tendieron a disminuir ($P \leq 0.05$) los primeros días en ambos ensilajes, pero luego fueron altos ($P \leq 0.05$) en los ensilados no tratados, aunque está asociado con los grandes cambios de temperatura, igualmente observaron que en este último forraje, en los primeros días los niveles de ácido acético y propiónico tendieron a disminuir ($P \geq 0.05$) y luego se incrementaron ($P \leq 0.05$) al igual que el pH, pero disminuyó el ácido láctico ($P \leq 0.05$).

El Amoniaco como Preservativo

Según Knapp et al. (1975), quienes después de emplear el NH_3 en el tratamiento de forrajes concluyeron que este químico tiene potencial como preservativo, ya que puede reducir el calentamiento, el enmohecimiento, pérdidas de materia seca, incrementa el nitrógeno total, N-amoniaco y desaparición in vitro de la pared celular, también permite el empaque y almacenaje del heno, así como incrementa la digestibilidad de materiales altamente

lignificados tales como tallos de maíz. Por su parte, Thorlacius y Robertson (1984) trabajaron con alfalfa con alta humedad, hasta 35 por ciento, a los que se les aplicó uno y dos por ciento de NH_3 y fueron destapados a los cuatro y 21 días después de la amoniación y encontraron que la inyección del dos por ciento de NH_3 fue muy efectiva en prevenir calentamiento y crecimiento de mohos en los períodos de remoción del plástico, pero la amoniación también incrementó el contenido de proteína cruda de todos los forrajes tratados, siendo el mejor al que se le aplicó el dos por ciento de NH_3 y este porcentaje igualmente previno la disminución de la digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO) que ocurrió durante el almacenaje en los demás tratamientos. Asimismo, Rotz et al. (1986) avalan todo lo anterior y agregan también que se mejora la apariencia visual del forraje y la disminución de las pérdidas de MS es debido a la envoltura al tratar el heno.

Ventajas y Desventajas del Empleo del Amoniaco Anhidro (NH_3) en Pajas y Otros Materiales Fibrosos

Sundstol y Coxworth (1984) mencionan que el método de amonificación tiene las siguientes ventajas: se incrementa el nitrógeno no protéico (NNP), no presenta alcalis residuales, ya que el exceso de amoniaco se volatiliza, y por lo tanto, no afecta el balance de minerales, tiene efecto como preservativo, la cantidad de energía gastada en este proceso es relativamente pequeña, comparada con

la producción de otros alimentos para animales, el tratamiento con NH_3 no causa contaminación en suelo o agua; también pueden ser eliminadas semillas de malezas, ejemplo: avena loca, y el método es económico pero depende del nivel de tecnología aplicado.

Cabe mencionar que este químico tiene algunas desventajas como las siguientes: el exceso de amoníaco (2/3) es perdido en el aire, bajo ciertas condiciones el exceso puede causar contaminación del aire para animales de granja, el valor energético del producto final es menor que el obtenido con algunos otros métodos (tratamiento con NaOH), en los años próximos es posible que se incremente considerablemente el precio.

Efecto del Amoníaco Sobre el Valor Nutritivo de Forrajes y su Utilización en la Alimentación de Rumiantes

Flores (1983) afirma que el método de amonificación ejerce por lo general un efecto positivo en el consumo, pero cuando el forraje queda muy húmedo es menos apetecible y en ellos es difícil extraer el amoníaco sobrante, aunque se puede solucionar utilizando el ensilaje ácido para neutralizarlo. Cuando el proceso se realiza satisfactoriamente, se obtiene por lo general un aumento en la digestibilidad del 10-15 por ciento, se incrementa también la energía digestible y considera que los forrajes toscos tratados aumentan su calidad nutritiva semejándose a un heno de calidad media. Por su parte Hernández (1980)

menciona que es más variable el aumento en la digestibilidad y puede ser del 17-40 por ciento, pero dependiendo de la temperatura y duración del tratamiento.

En un trabajo realizado por Hankins (1986) en el que empleó el NH_3 para mejorar el valor nutritivo de forrajes toscos, tales como pasto y heno de Festuca, paja de trigo y de arroz y tallos de maíz, encontró que los contenidos de proteína se incrementaron de 100 a 150 por ciento mientras que el pasto bermuda (Cynodon dactylon) solamente se incrementó 58 por ciento; también encontró que la digestibilidad de la materia seca (MS) del heno de C. dactylon, heno de Festuca, paja de trigo y rastrojo de maíz tratado con NH_3 fueron de 16, 46, seis y 28 por ciento, respectivamente; igualmente encontró aumentos en el consumo de heno de Festuca, paja de trigo y arroz y rastrojo de maíz para borregos, vaquillas, novillos y vacas. Por su parte Rode et al. (1986) compararon el efecto del NH_3 , urea y rolado en cebada con alta humedad y su consecuencia en la digestión por ganado y obtuvieron los siguientes resultados: la desaparición de la MS fue mayor para la cebada rolada que para los tratamientos restantes, pero en los coeficientes de digestibilidad in vivo no hubo diferencias, la digestión aparente del nitrógeno estuvo en relación con el consumo. La digestión del almidón fue mayor ($P \leq 0.01$) para la cebada rolada y la de ADF para la tratada químicamente.

Mientras tanto, Horton y Steacy (1979) experimentaron con novillos sobre el resultado del tratamiento con NH_3 sobre el consumo de tres variedades de cereales (cebada, avena y trigo) picado a cinco centímetros, ofrecido ad libitum más un suplemento y obtuvieron que la adición de 3.5 por ciento de NH_3 incrementó el contenido de PC en las pajas de trigo y avena por alrededor de 160 por ciento y en el de cebada fue más variable de 50 a 276 por ciento, pero la amoniación no afectó ($P \geq 0.05$) el contenido de fibra cruda, aunque sí influyó en aumentar el consumo voluntario y de MS total por 19 y 13 por ciento respectivamente; también acrecentó la digestibilidad en un promedio de siete por ciento y la energía digerida aumentó de .201 a .253 Mcal/W⁷⁵ kg/día, un incremento del 26 por ciento. Cabe mencionar que se encontraron diferencias entre las distintas variedades y pajas de cereal analizados, por lo que concluyeron que éstos no responden uniformemente al tratamiento con NH_3 . Por otra parte, Cloete y Kritzinger (1986) emplearon 75 g de urea/kg de paja de trigo molido y entero con niveles de humedad de 25, 37.5 y 50 por ciento y los períodos de tratamientos de cero, cuatro, ocho, 12, 24 y 48 semanas y observaron un pequeño incremento en la digestibilidad in vitro de materia orgánica en el forraje entero y un ligero decremento en el contenido de constituyentes de la pared celular con un período de tiempo mayor.

Por su parte, Cajal (1986) y Díaz et al. (1983) indican que los esquilmos amoniatados pueden utilizarse

hasta en un 50 por ciento en raciones para becerros y novillos, en estos animales se observaron mejores ganancias y consumos de alimento amoniado, así como mejores conversiones alimenticias, y por consiguiente, menores costos por kilogramo aumentado. Así como Llamas et al. (1985) evaluaron los siguientes tratamientos: paja de trigo tratada con NH_3 (PT + NH_3) vs. paja sin tratar (PST) y suplementación de sorgo vs. pulido de arroz, y contemplaron que el NH_3 aumentó en ocho por ciento la DIVMS, la FDN disminuyó del 80.6 a 70.9 y la hemicelulosa de 24.4 a 18.8 por ciento. Además, la proteína cruda (N x 6.25) aumentó de 3.1 a 10.6 (242 por ciento); mientras que en la prueba con novillos los consumos de alimento y ganancia de peso no fueron significativos ($P \geq 0.05$).

Igualmente, Herrera-Saldaña et al. (1982) experimentaron con novillos el efecto del cinco por ciento de NH_3 en la paja de trigo, mediante los tratamientos siguientes: paja de trigo con NH_3 (PT + NH_3), PT (testigo) y PT + harina de pluma (PT + HP) sobre la digestibilidad, consumo, producción ruminal de nitrógeno amoniacal (N- NH_3) y ácidos grasos volátiles (AGV), así como niveles de nitrógeno como urea en el plasma (NUP) y hallaron que únicamente el 18 por ciento del NH_3 inyectado fue ligado a la paja, la amoniacación incrementó el contenido de proteína de la PT por 225 por ciento (del 3.6 a 8.1 por ciento); se observaron mayores consumos de MS, MO, PC y energía bruta (EB) por la amoniacación, pero la adición de HP incrementó

significativamente ($P \leq 0.01$) solamente el consumo de MO y a una ($P \leq 0.05$) la de PC y EB, igualmente la amoniación acrecentó los coeficientes de digestibilidad de la PC, de la PT y de la ADF fue de 10.6 por ciento mayor que la de paja no tratada; pero no hubo diferencias con la PT + HP; asimismo, el NH_3 aumentó ($P \leq 0.05$) la digestibilidad de la EB. Las concentraciones de AGV no variaron para ninguna dieta y la de N-NH_3 y NUP difirieron ($P \leq 0.05$) entre dietas.

Mientras que otros investigadores como Solaiman et al. (1979) en un trabajo con paja de trigo mostraron que el 12.6 por ciento del N retenido en la paja amoniata-da fue ligado a la fracción ADF. Al-Rabbat y Heaney (1978) no encontraron altas síntesis microbiales en borregos alimentados con forraje amoniata-do que cuando se ofreció PT sin tratar al 64 por ciento de la ración, pero los contenidos de N en las dietas fueron relativamente altos, 2.9 y 1.8 respectivamente, los cuales pueden haber influen-ciado los resultados obtenidos. Males y Gaskings (1982) reportaron mayor balance de N en corderos que se les ofreció PT amoniata-da que con dietas alimenticias basadas en heno de bromo-alfalfa o de PT sin tratar.

Por otro lado, Nelson et al. (1984) investigaron los rangos de pasaje, consumo, digestibilidad aparente y balance de N en carneros a los que se les ofreció tres niveles de una mezcla de harina de sangre-harina de gluten de maíz y mazorca de maíz tratada con cero, dos, tres o

cuatro gramos de $\text{NH}_3/100$ g de MS y obtuvieron que el nivel de NH_3 afectó linealmente el contenido de NDF y ligeros incrementos en la DIVMS, pero únicamente pequeños aumentos en el N de la pared celular (N-NDF y N-ADF) ocurrieron por la amoniación. También observaron que el rango de pasaje se acrecentó ($P \leq 0.04$) con el cuatro por ciento de NH_3 ; aunque el pH no fue afectado por el NH_3 , pero la proteína varió en los tratamientos de 9.9 a 24.8 por ciento. Estos mismos investigadores hallaron que el NH_3 aumentó ($P \leq 0.01$) cuadráticamente el consumo de MS con el tres por ciento de NH_3 y una disminución con el cuatro por ciento. Este factor a la vez disminuyó linealmente ($P \geq 0.02$) la digestibilidad aparente de la MS a consumo ad libitum, pero se notó un efecto cúbico ($P \leq 0.01$) a consumo restringido, tampoco fue afectado el N urinario. Mientras que Colebrander et al. (1983) encontraron un aumento de 49.5 por ciento en PC y en el pH del ensilaje de maíz amoniado; al comparar los ensilados con vacas lecheras mediante dietas completas de 60 por ciento de concentrado o ensilado sin tratar suplementado con urea o con soya y contemplaron que los animales que consumieron la dieta amoniada produjeron ligeramente más leche que los que ingirieron las otras dietas; las fuentes de nitrógeno no influenciaron en los porcentajes de proteína y sólidos no grasos de la leche, pero las vacas que consumieron forraje sin NH_3 tuvieron un menor ($P \geq 0.05$) porcentaje de grasa en la leche que las otras

dietas. Por su parte Huber et al. (1973) y Huber y Santana (1972) hallaron que el NH_3 y la urea aumentaron los contenidos de proteína cruda del ensilado de maíz por 1.3 y 1.45 por ciento, respectivamente; también elevó el consumo ($P \leq 0.05$) del forraje tratado con NH_3 y con urea por vacas lactando cuando se comparó con el control, y por lo tanto, mayores ganancias de peso, aunque no fueron significativas, también observaron significativas en la producción de leche, por los tratamientos, así como incrementos en el ácido láctico, nitrógeno insoluble y el pH por la amonificación.

Al tratar la planta de maíz con NH_3 , rastrear el NH_3^{15} y muestrear los días cero, tres, siete, 14, 21 y 50, se observó que el N- NH_3 fue de 50, 50, 39, 39, 39 y 38 por ciento del N total para los días respectivos. Inicialmente alrededor del 90 por ciento del N estuvo como NH_3 y para el día siete disminuyó a 72 por ciento, después se estabilizó. A cero días el N insoluble en agua del ensilaje tratado fue del 51 por ciento del N total y a los 50 días se incrementó a 62 por ciento, mientras que en el ensilado no tratado varió de 80 a 70 por ciento (Huber et al., 1976).

El tratamiento de residuos de plantas de maíz con amoníaco ha sido estudiado por numerosos investigadores, como por ejemplo: Oji et al. (1977) quienes trataron rastrojo de maíz a un tamaño de partícula de cinco centímetros cada uno con tres o cinco por ciento de NH_3 más 30

por ciento de agua; más dos por ciento de suplemento y su evaluación con corderos y obtuvieron que se incrementaron los consumos de MO por 45 a 50.5 por ciento respectivamente, también la digestibilidad aparente de MS, MO, EB, ADF y celulosa comparado con el control; igualmente se notaron diferencias en el pH, ácidos orgánicos y contenido de varias fracciones de N, particularmente con el tratamiento de tres por ciento de NH_3 quien aumentó el contenido de proteína verdadera y ácido acético ($P \leq 0.05$).

Otros investigadores como Saenger et al. (1980) quienes estudiaron el efecto del NH_3 sobre el rastrojo de maíz (RM), mediante la utilización de novillos en los siguientes tratamientos: RM + suplemento de maíz (control), RM + suplemento de urea, RM + harina de soya y rastrojo de maíz tratado con dos por ciento de NH_3 y los resultados mostraron que el NH_3 acrecentaron ($P \leq 0.01$) el contenido de proteína cruda del RM (de 5.06 a 13 por ciento); igualmente el consumo de MS fue el mayor ($P \leq 0.001$), la digestibilidad de MS fue superior ($P \leq 0.05$) por amoniación comparado con las dietas restantes. Asimismo, la retención de N fue más alta ($P \leq 0.01$) con NH_3 que con el control y el suplementado con soya, pero no fue diferente ($P \geq 0.01$) con el suplementado con urea.

En otro estudio de Martínez et al. (1985) donde evaluaron el efecto del NH_3 sobre la composición química del rastrojo de maíz y el comportamiento de borregos tabasco alimentados con 50 por ciento de este forraje,

49.5 de un concentrado más urea o pasta de girasol, hallaron que el porcentaje de PC se incrementó de 5.44 a 12.72 por ciento y paralelamente el contenido de nitrógeno no protéico (NNP) por la amoniación; por este tratamiento la FAD no cambió pero sí disminuyó la FND de 78.52 a 63.12 y la hemicelulosa de 31.68 a 19.62 por ciento. Igualmente encontraron que los animales que recibieron el rastrojo amoniado, consumieron más MS ($P \leq 0.05$) en base al peso metabólico, comparado con el control, pero no se obtuvieron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) en la conversión alimenticia.

Por su parte, Morris y Mowat (1980) investigaron el efecto del NH_3 y el molido o picado sobre el valor nutritivo del rastrojo de maíz y su valoración in vivo con novillos implantados con hormonas (aproximadamente 81 por ciento del rastrojo de maíz más 19 por ciento de un suplemento), quienes obtuvieron que el molido incrementó ($P \leq 0.001$) el consumo de materia seca digestible (MSD) y energía digestible por 47, 39 y 39 por ciento, respectivamente, expresado en base al peso metabólico; la amoniación también aumentó ($P \leq 0.01$) las mismas variables por 12, 22 y 31 por ciento para cada uno. Por otra parte, la interacción (amoniación x molido) acrecentó lo anterior por 63, 71 y 85 por ciento respectivamente, sobre las raciones solamente molidas o no tratadas. Cabe mencionar que el molido disminuyó ($P \leq 0.001$) la digestibilidad de la MS y FDN por cinco y 10 por ciento, respectivamente, y

además redujo ($P \leq 0.001$) la digestibilidad de la MO Por cinco por ciento, aunque tuvo una tendencia a mermar la digestibilidad aparente de energía y FAD e incrementar la de PC. Por su parte, la amoniación mejoró ($P \geq 0.001$) la digestibilidad aparente de la MS, MO, energía y NDF por nueve, 14 y 14 por ciento, respectivamente. Cabe indicar que los novillos mostraron balance negativo de N debido a que el molido aumentó ($P \leq 0.001$) el consumo de N, disminuyó el N fecal, aumentó las pérdidas de N urinario y retención de N, pero no fueron significativas; igualmente la amoniación mostró las mismas tendencias. Estos mismos investigadores analizaron el líquido ruminal el último día de cada paso de colección, esto fue 0.5 h antes y dos horas después de la comida y encontraron que el molido no afectó significativamente el $N-NH_3$, AGV totales, propionato, relación acetato:propionato y pH, pero sí incrementó ($P \leq 0.001$) el acetato del rumen; igualmente la amoniación no afectó significativamente los parámetros anteriores a excepción de un aumento ($P \leq 0.01$) del propionato, todo lo anterior fue hecho a 0.5 horas antes de la comida. Cuando se hizo el análisis, después de dos horas de la comida, no se encontraron efectos significativos por el molido y la amoniación y se comparó antes vs. después de la amoniación y solamente se notaron cambios en el $N-NH_3$ y AGV totales, los cuales se incrementaron ($P \leq 0.01$) después de la comida.

Asimismo, Paterson et al. (1981) obtuvieron incrementos significantes en el consumo y digestibilidad en corderos cuando trataron rastrojo de maíz con tres por ciento de amoniaco por tres semanas, pero en experimentos con novillos el rastrojo de maíz tratado no mostró efecto positivo sobre el comportamiento de los animales, los cuales contrastan con todas las investigaciones anteriores.

Comparación del Efecto del Amoniaco y de otras Substancias Alcalinas

Duarte y Shimada (1984) al tratar rastrojo de maíz con NH_3 , NaOH o urea y preparar dietas conteniendo 45 por ciento de forraje y un complemento que incluyó monesina sódica ofrecida a borregos pelibuey; encontraron en el análisis químico que el NH_3 incrementó la proteína cruda (PC) a más del doble que el forraje sin tratar, la proteína verdadera fue ligeramente superior a los demás tratamientos. La FND disminuyó al igual que la hemicelulosa y lignina, el contenido celular aumentó a 43.7 por ciento; con relación a los animales, observaron que los consumos de rastrojo de maíz tratado con NH_3 obtuvieron mejores ganancias de peso, mayor consumo de alimento ($P \leq 0.05$) para los animales que consumieron rastrojo con NH_3 y NaOH , pero la conversión alimenticia no tuvo diferencias ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos.

Por otra parte, Hasimoglu et al. (1969) proporcionó a corderos 70 por ciento de paja de trigo tratada con NaOH

y 30 por ciento de un concentrado que incluyó pasta de soya o urea, y obtuvo ganancias de hasta 160 g/día, consumos totales de 1.226 kg y conversiones alimenticias de 7.6 con el concentrado que incluyó pasta de soya, con urea los animales fueron menos eficientes.

En un trabajo con corderos, realizado por Hunt et al. (1984), experimentaron el efecto del tamaño de partícula y del NaOH en la digestibilidad; el forraje utilizado fue paja de trigo más 100 g de un concentrado con 60 por ciento de PC; los tamaños de partícula fueron 2.5 vs. 10 centímetros y las cantidades de NaOH cero vs. cuatro por ciento y encontraron que el químico aumentó ($P \leq 0.05$) el consumo de MS total y digestibilidad de la FDN. Los corderos alimentados con 2.5 cm de partícula de paja de trigo tuvieron mayor consumo ($P \leq 0.05$) pero menor digestibilidad de MS y FDN al compararlo con el forraje de 10 cm.

Urrutia et al. (1982), al ofrecer rastrojo y ensilaje de maíz con y sin mazorca tratado con NaOH más 138 g de suplementación/día a borregos en crecimiento, encontraron que las ganancias de peso logradas con los forrajes sin tratar no fueron diferentes ($P \geq 0.05$) (120, 83 y 97 g en el ensilaje de maíz, cañuela y rastrojo, respectivamente). De los forrajes tratados la ganancia diaria obtenida con la planta sin mazorca (88 g) fue significativamente inferior ($P \leq 0.05$) a la de maíz completo (133 g) y similar a la del rastrojo (98 g) ($P \geq 0.05$) no habiendo diferencias entre las dos restantes. No

detectaron efecto de tratamiento alcalino sobre la ganancia de peso en cada forraje. El consumo diario de rastrojo en base seca fue inferior ($P \geq 0.05$) que el de maíz completo y cañuela (583 y 579 g vs. 664 y 764; 671 y 600 g, sin y con NaOH, respectivamente). La adición de álcalis incrementó significativamente ($P \leq 0.05$) el consumo de maíz completo. No encontraron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) en la conversión alimenticia entre los tratamientos.

3. MATERIALES Y METODOS

Localización y Clima

El presente estudio se desarrolló durante los meses de junio a octubre de 1987, en la unidad metabólica y en el Laboratorio de Nutrición Animal, pertenecientes a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, misma que se encuentra ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, sobre la carretera Saltillo-Zacatecas, a la altura del kilómetro ocho; las coordenadas geográficas son 25°22' latitud norte y 101°01' de longitud oeste, y una altura promedio de 1742 msnm. Su clasificación climática es BWh Xw'(e'), la cual tiene las siguientes características: muy seco, cálido, lluvias escasas todo el año y extremoso; su precipitación media anual es 298.5 mm, mientras que la temperatura media anual es de 14.8°C, con una máxima promedio anual de 21.3°C y una mínima promedio anual de 11.9°C (Mendoza, 1983).

Materiales

Se utilizaron 24 borregas de la raza correidale, aparentemente sanas y con un peso promedio de 28.09 kg; los animales se distribuyeron al azar en seis grupos de cuatro borregas cada uno, las cuales fueron alojadas en

corraletas individuales de 2.5 m² de superficie, con cerca de malla, provisto de piso de cemento, equipados con cubetas para suministrar los alimentos y agua; también contaban con área de sombreadero. Todos los animales fueron desparasitados (interna y externamente), vitamizados (A, D, E) y vacunados (carbón sintomático, edema maligno y septicemia hemorrágica) antes del inicio de la prueba.

Se emplearon seis dietas que consistían de rastrojo de maíz sin tratar y tratado con cuatro por ciento de amoníaco anhidro (NH₃) y cada uno con tres tamaños de partícula (molido, picado y en pacas) así como un suplemento. La distribución de los tratamientos se muestra en el Cuadro 3.1.

Métodos

El estudio consistió de dos etapas: la primera estribó en una prueba de alimentación para evaluar el aprovechamiento del rastrojo de maíz tratado y no tratado, con diferentes tamaños de partícula más un suplemento para las ovejas. La segunda prueba determinó el coeficiente de digestión in vivo del rastrojo con los diferentes tamaños, amoniatados y sin NH₃ más 180 g de un concentrado.

Cuadro 3.1. Distribución de los tratamientos experimentales de acuerdo al tamaño de partícula y a la condición del rastrojo de maíz.

Concepto	T r a t a m i e n t o s					
	1	2	3	4	5	6
Número de animales	4	4	4	4	4	4
Tamaño de partícula	Molido	Picado (10 cm)	Entero (pacas)	Molido	Picado (10 cm)	Entero (Pacas)
Condición del rastrojo	Sin Tratamiento	Sin Tratamiento	Sin Tratamiento	Tratado con NH_3	Tratado con NH_3	Tratado con NH_3

Preparación de los Silos

Se inició con el molido y picado de las pacas de rastrojo, el molido se llevó a cabo en un molino de martillos y utilizando una criba de aproximadamente una pulgada de diámetro, el picado se realizó mediante cortes de un tamaño de alrededor de 10 cm. Se trataron con amoniaco anhidro, 75 pacas de rastrojo de maíz (25 molidas, 25 picadas y 25 enteras) que pesaban alrededor de 1.100 en base a materia seca, igual número de pacas con los mismos tamaños que los anteriores permanecieron sin tratar.

El tratamiento del rastrojo de maíz se realizó mediante una modificación al método de Sundstol y Coxworth (1984), el cual consistió en formar una pila con tres estibas de pacas de forraje, esto se efectuó alrededor de toda la superficie que se iba a emplear y se dejó libre la parte interna de la pila, dividiéndola por la mitad con pacas del forraje, estas divisiones se emplearon para vaciar en ellas el rastrojo molido y picado por separado; debido a que el rastrojo contenía menor porcentaje de humedad al recomendable para realizar un buen tratamiento (aproximadamente 30 por ciento), se procedió a rociar con agua todo el forraje hasta calcular que se alcanzó el porcentaje que se recomienda.

Alrededor de la estiba se cavó una zanja de 30 cm de ancho por 30 cm de profundidad y en seguida se cubrió la pila con una sábana de plástico negro de 0.3 mm de espesor y que alcanzó a cubrir la pila y quedara libre

aproximadamente 1.5 m alrededor de toda la estiba; la parte libre de la sábana se introdujo en la zanja y se fijó con tierra removida, dejando una parte libre para introducir la manguera para inyectar el amoniaco anhidro.

La cantidad de NH_3 inyectado al forraje fue del cuatro por ciento del peso en base seca (cerca de 42 kg), después de finalizada la inyección lenta del gas se fijó la parte libre del plástico y se dejó que reaccionara por un tiempo de cuatro semanas antes de proceder al muestreo de la estiba, después del tiempo de reacción se destapó y se dejó aerear por tres días para que se volatilizara el amoniaco sobrante, antes de proporcionárselo a los animales.

Cabe mencionar que debido a que en los días de la aereación se notó en el forraje el crecimiento de mohos, se procedió a extender el rastrojo con el fin de que perdiera humedad y así evitar que continuara su deterioro.

Prueba de Alimentación

Los animales empleados se eligieron al azar para cada uno de los seis tratamientos (rastrojo tratado y no tratado, con forraje molido, picado y entero para cada uno). La prueba alimenticia tuvo una duración de 56 días, contando con una etapa previa de adaptación de 15 días durante los cuales las borregas fueron adecuadas a los espacios de las instalaciones, manejo y a la nueva dieta

que recibirían. El rastrojo de maíz en los diferentes grupos se ofreció ad libitum más 180 g de un concentrado en base húmeda que consistió de 60 por ciento de pasta de soya, 15 por ciento de sorgo, 15 por ciento de gallinaza, nueve por ciento de melaza, 0.5 de sal común, todo para cubrir los requerimientos de MS, PC y ED para borregas de reemplazo de 30 kg de peso vivo, con una ganancia o pérdida de aproximadamente 180 g, según las tablas de la NRC (1975) para ganado ovino.

La mezcla forraje-concentrado (86:14) ofrecido se analizó químicamente por medio de las técnicas descritas por la AOAC (1984), también se determinaron las fracciones de celulosa, hemicelulosa y lignina mediante el método Van Soest descrito por Tejada (1985) y la digestibilidad in vitro de estas fracciones en la mezcla por el método de Tilley y Terry (1963); para observar solamente el efecto del tratamiento químico, debido a la metodología de estos análisis.

El alimento fue ofrecido dos veces al día, en la mañana a las 8 a.m., primero se proporcionaba el concentrado (180 g) en base húmeda, para evitar que hubieran rechazos se cuidaba que lo consumieran completamente y en seguida se les suministraba el rastrojo; en la tarde se les proporcionaba alimento a las 4:00 p.m. Solamente rastrojo de maíz, igualmente las borregas tuvieron libre acceso a agua limpia y fresca diariamente; el alimento ofrecido y rechazado fue pesado una vez por semana para

determinar el consumo por animal y por tratamiento.

Cabe mencionar que al inicio de la fase de adaptación se registraron los pesos de los animales, así como al principio de la prueba de alimentación y ulteriormente se registraron cada 14 días, previo ayuno por 12 horas de alimento y agua. Las variables que se midieron fueron: peso inicial, peso cada 14 días y peso al final de la prueba, también se calcularon los incrementos de peso diario, consumo de rastrojo y de materia seca total, así como la conversión alimenticia.

Prueba de Digestibilidad in vivo

Esta fase se realizó seguido de la prueba de alimentación con el fin de evitar que los animales se desadaptaran a la dieta (rastrojo + concentrado), el ensayo se llevó a cabo mediante la técnica de Harris (1970), pero los animales solamente tuvieron un período de adaptación de siete días para adaptarlos a las jaulas metabólicas; a las bolsas de lona con arneses y a las sondas Folley para desviar la orina. La prueba tuvo una duración de siete días a partir del día ocho al 15 en la que los animales se alimentaron en la misma secuencia y horario de la prueba de alimentación y se les ofreció agua ad libitum; igualmente, se registraron diariamente los pesos del alimento ofrecido y rechazado así como el de las heces, las cuales se congelaron para su posterior análisis proximal por medio de las técnicas de la AOAC (1984), fracciones de

fibra mediante el método Van Soest descrito por Tejada (1985), estos análisis para estimar la digestibilidad, también se registraron los pesos al inicio y al final de esta prueba.

En esta fase solamente se lograron sondear 12 animales, por lo que únicamente se utilizaron dos repeticiones por tratamiento.

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos en la prueba de alimentación y digestibilidad in vivo se analizaron mediante un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 2 x 3 (cero y cuatro por ciento de NH_3 y cada uno con tres tamaños de partícula) según Ostle (1965).

4. RESULTADOS

Análisis Químico de la Mezcla

Los análisis químicos que se realizaron correspondieron a la mezcla forraje-concentrado ofrecido a los animales, calculado a una proporción 86:14, suponiendo un consumo de 1.300 kg de alimento. En estos resultados se puede notar la influencia del tratamiento químico sobre el rastrojo, estos datos los podemos observar en el Cuadro 4.1.

Con relación a los resultados obtenidos del análisis de las fracciones de fibra de la mezcla forraje-concentrado se muestran en el Cuadro 4.2.

Los resultados de la digestibilidad in vitro de la proteína cruda, fibra neutro detergente y fibra ácido detergente de la mezcla de rastrojo de maíz-concentrado, se exponen en el Cuadro 4.3, en la que podemos evaluar el efecto del tratamiento mecánico y químico sobre el rastrojo de maíz más el concentrado mencionado, que es como se ofreció en las pruebas biológicas.

Cuadro 4.1. Análisis químico de la mezcla de forraje-concentrado, según el tratamiento y tamaño de partícula del rastrojo de maíz.

Tratamiento ^a	Materia ^b seca	Proteína cruda	Extracto etéreo	Cenizas
	- - - - - % - - - - -			
Rastrojo + concentrado	94.28	7.95	1.17	6.37
Rastrojo molido + NH ₃ + concen- trado	79.30	12.76	1.36	6.39
Rastrojo picado + NH ₃ + concen- trado	77.51	13.50	2.20	5.93
Rastrojo entero + NH ₃ + concen- trado	75.02	12.79	2.80	5.97

^a Los tratamientos contienen una proporción forraje-concentrado de 86:14

^b Estimado de la MS del forraje + concentrado

Cuadro 4.2. Fracciones de fibra de la mezcla forraje-concentrado según el tratamiento y tamaño de partícula del rastrojo de maíz.

Tratamiento	FND ^a	CC ^b	Hemicelulosa	FAD ^c	Lignina
	- - - - - % - - - - -				
Rastrojo + concentrado	72.65	27.35	34.01	38.61	9.52
Rastrojo molido + NH ₃ + concen- trado	68.50	31.50	23.99	44.51	8.15
Rastrojo picado + NH ₃ + concen- trado	71.07	28.93	31.07	40.00	7.69
Rastrojo entero + NH ₃ + concen- trado	72.75	27.25	34.19	38.56	7.35

a: fibra neutro detergente

b: contenido celular

c: fibra ácido detergente

Cuadro 4.3. Porcentaje de digestibilidad in vitro de la proteína cruda y fracciones de fibra de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Proteína cruda - - - - -	FND ^a % - - - - -	FAD ^b - - - - -
Rastrojo + concentrado	71.31	51.06	25.28
Rastrojo molido + NH ₃ + concentrado	72.94	54.69	10.61
Rastrojo picado + NH ₃ + concentrado	74.85	56.20	25.33
Rastrojo entero + NH ₃ + concentrado	79.37	57.35	26.10

a: fibra neutro detergente

b: fibra ácido detergente

Prueba de Alimentación

En la Figura 4.1 podemos notar la tendencia de los pesos obtenidos en esta fase por los animales en los diferentes tratamientos y períodos a causa del efecto de la amoniación sobre el tamaño de partícula del rastrojo de maíz; los datos numéricos de esta figura se encuentran en el Cuadro A.1.

Los parámetros medidos en esta etapa del trabajo, tales como ganancia de peso total y estimado por día, consumo de forraje, consumo de concentrado y de materia seca, así como la conversión alimenticia de los animales, lo podemos observar en el Cuadro 4.4.

SIMBOLOGIA

—————	Rastrojo de Maíz Molido tratado con NH_3
.....	Rastrojo de Maíz Picado tratado con NH_3
- - - - -	Rastrojo de Maíz Entero tratado con NH_3
—————	Rastrojo de Maíz Molido sin tratar
—————	Rastrojo de Maíz Picado sin tratar
- · - · -	Rastrojo de Maíz Entero sin tratar

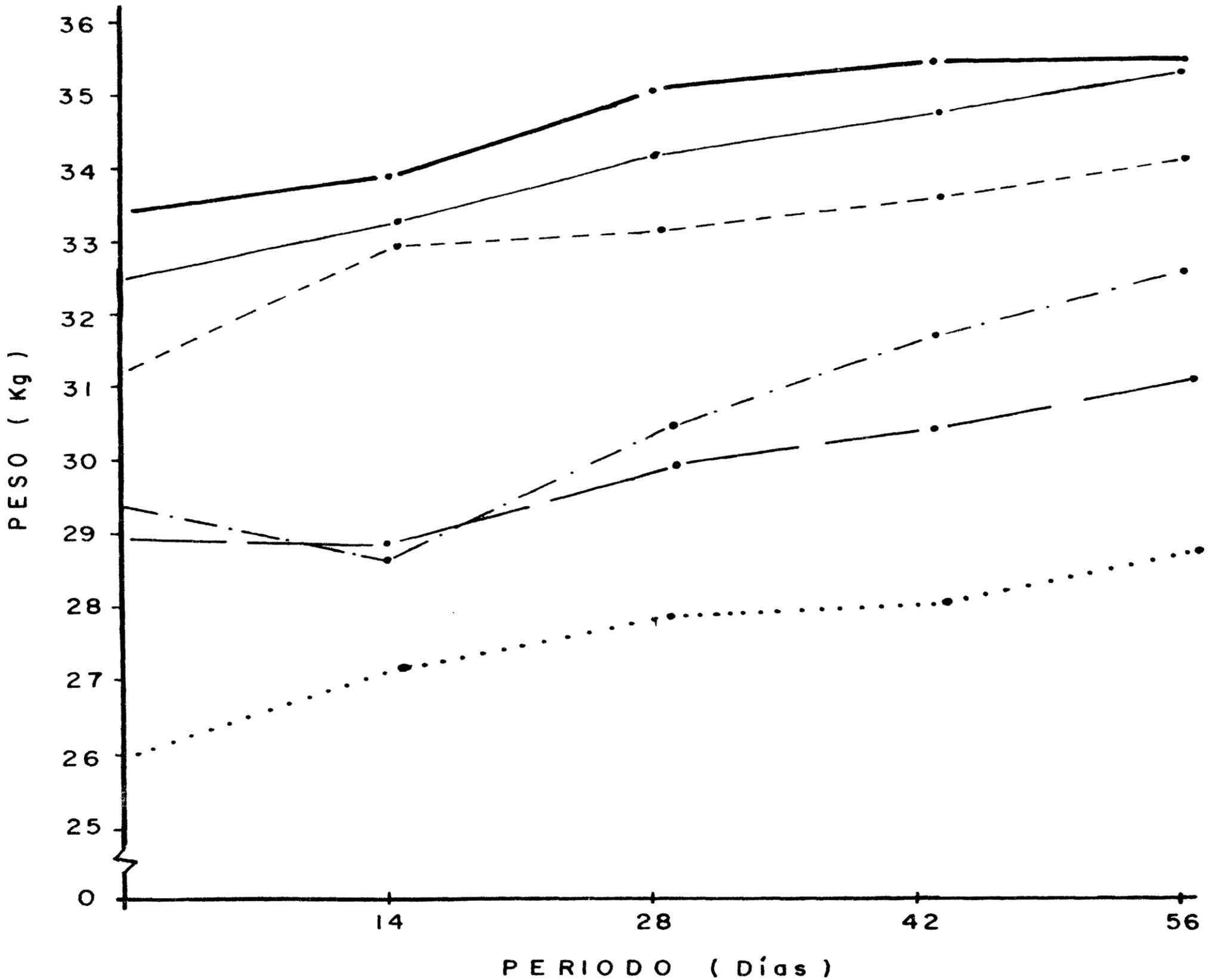


Figura 4.1.- Comportamiento del peso de los animales de acuerdo al tratamiento y al período.

Cuadro 4.4. Comportamiento de ovinos alimentados con rastrojo de maíz en tres tamaños de partícula, sin tratar y tratada con amoniaco más un concentrado.

Concepto	Rastrojo de maíz sin tratar			Rastrojo de maíz tratado con NH ₃		
	Molido	Picado	Entero	Molido	Picado	Entero
	Número de animales	4	4	4	4	4
Peso inicial (kg)	33.35	29.15	29.40	32.40	25.95	31.25
Peso final (kg)	35.14	31.25	31.86	35.10	29.00	33.60
Ganancia de peso/animal (kg)	1.80	2.10	2.46	2.55	3.05	2.35
Ganancia de peso/día (kg)	0.032	0.038	0.044	0.046	0.054	0.042
Consumo de rastrojo/día (kg)	1.11	0.89	1.18	1.12	0.850	1.10
Consumo de concentrado/día (kg)	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
Consumo de materia seca/día (kg)	1.215	1.001	1.380	1.232	0.908	1.288
Conversión alimenticia	37.65	26.34	29.00	26.78	16.81	30.06

Ganancia de Peso

El efecto del amoniaco anhidro sobre esta variable en los animales promedio 47.33 g/día/animal comparándolo con 38.00 g/día/animal para los que consumieron el forraje sin tratar, independientemente del tamaño de partícula del rastrojo. Este último factor influyó sobre la ganancia de peso de la siguiente manera: 39.0, 46.0 y 43.0 g/día/animal para el forraje molido, picado y entero, respectivamente. Pero los resultados estadísticos no mostraron diferencias ($P \geq 0.05$) en las medias para las ganancias de peso debido a la influencia del tratamiento con NH_3 o al tamaño de partícula del forraje.

Consumo de rastrojo

Igualmente, en el Cuadro 4.4 podemos notar que el menor consumo de forraje ($P \leq 0.05$) lo tuvieron los animales que se les suministró rastrojo de maíz amoniado (1.02 kg vs. 1.06 kg) al compararlo con el forraje sin tratamiento, y con respecto al tamaño de partícula se observó un consumo superior ($P \leq 0.05$) en los ovinos que se les ofreció rastrojo entero, seguido por el molido y por último el picado, encontrándose valores de 1.14, 1.12 y 0.87 kg/día/animal, respectivamente. Al realizar la prueba de medias se obtuvo que el mayor consumo de rastrojo lo tuvieron los animales que se les suministró forraje de maíz entero sin tratar y molido amoniado, pero no existe diferencia estadística ($P \geq 0.05$) entre los que consumieron

rastrojo molido sin tratar, seguido por el rastrojo entero tratado y por último el forraje picado sin tratar y tratado no encontrándose diferencias ($P \geq 0.05$) entre estos.

Consumo de Materia Seca Total

En esta variable se incluyen la materia seca del forraje más el del concentrado; se observó un consumo superior ($P \leq 0.05$) de MS en los animales que se les ofreció rastrojo sin tratar al compararlo con el amoniatoado (1.17 vs. 1.14 kg). Con respecto al tamaño de partícula, también se observaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) notando que los animales que se les ofreció forraje entero más el concentrado consumieron mayor MS, seguido por los del rastrojo molido y por último el forraje picado (1.284, 1.220 y 0.954 kg respectivamente). La prueba de medias reportó que los animales a los que se les ofreció rastrojo de maíz entero tratado y sin tratar consumieron mayor MS, no encontrándose diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$) entre estos tratamientos, seguido por las ovejas que se alimentaron con forraje molido tratado y sin tratar y picado sin tratar más el concentrado.

Conversión Alimenticia

En el mismo Cuadro 4.4 podemos observar que los valores obtenidos en la conversión alimenticia son altos, pero se nota que el tratamiento químico influyó en esta variable con 24.73 kg de alimento/kg de producto vs. 30.98 kg de alimento/kg de producto para los animales que -

consumieron rastrojo de maíz sin tratar. Por su parte, el tratamiento físico contribuyó en buena forma en el mejoramiento de esta variable, aunque siempre alta, encontrándose valores de 32.19, 21.57 y 29.80 kg de alimento/kg de producto obtenido para los animales que consumieron el rastrojo de maíz molido, picado y entero, respectivamente.

Digestibilidad in vivo

En el Cuadro 4.5 se señalan los porcentajes de digestibilidad aparente de la proteína cruda, extracto etéreo, fracciones de fibra de la materia seca del rastrojo de maíz con y sin tratamiento y con los diferentes tamaños de partícula más el concentrado, en el que podemos observar que el tratamiento químico aumentó la digestibilidad de la proteína de 54.45 por ciento para el forraje sin tratar a 64.79 por ciento para el amoniado, pero al realizar el análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$). La digestibilidad de la grasa cruda aumentó en un buen porcentaje debido a la amoniación, al compararlo con el rastrojo sin tratar, hallándose valores de 66.18 y 43.53 por ciento respectivamente, encontrándose diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$). En la fracción FND y FAD se observó un aumento en la digestibilidad, debido al tratamiento químico al compararlo con el forraje sin tratar, obteniéndose valores para FND de 74.23 y 65.63 por ciento, respectivamente y para la FAD de 71.73 y 63.97 por ciento, respectivamente. Al realizar el análisis

Cuadro 4.5. Efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad in vivo del rastrojo de maíz

Tratamiento ^a	Proteína cruda	E.E. ^b	FND ^c	FAD ^d	DIVMS ^e
Rastrojo molido sin tratar + concentrado	47.50	35.39	60.72	56.95	52.01
Rastrojo picado sin tratar + concentrado	53.03	55.26	70.11	68.89	76.46
Rastrojo entero sin tratar + concentrado	62.84	39.95	66.13	66.08	67.33
Rastrojo molido + NH ₃ + concentrado	63.76	64.64	70.96	67.60	66.05
Rastrojo picado + NH ₃ + concentrado	66.52	68.46	77.11	76.19	76.80
Rastrojo entero + NH ₃ + concentrado	64.10	65.44	74.82	71.41	68.27

a: todos los tratamientos incluyen 18 g de concentrado/día

b: extracto etéreo

c: fibra neutro detergente

d: fibra ácido detergente

e: digestibilidad in vivo de la materia seca

estadístico, solamente se encontraron diferenciales significativos ($P \leq 0.05$) en la digestibilidad de la FND a causa de la amoniación.

La aplicación de NH₃ aumentó regularmente la digestibilidad de la MS, pero no difieren estadísticamente ($P \geq 0.05$), hallándose valores de 65.26 por ciento para el forraje sin tratar y 70.37 por ciento para el rastrojo amoniado.

Con respecto al tamaño de partícula, se observó que la digestibilidad de la proteína cruda aumentaba a medida que el tamaño del forraje era mayor, obteniéndose valores de 55.63, 59.77 y 63.47 por ciento para el rastrojo molido, picado y entero, respectivamente. Para el extracto etéreo los datos son: 50.01, 61.86 y 52.69 por ciento para los mismos tamaños de partícula mencionados; no encontrándose diferencias estadísticas ($P \geq 0.05$). Con relación al tamaño del rastrojo sobre la digestibilidad del FND y FAD y de la MS, los mayores porcentajes se obtuvieron con el rastrojo de maíz picado, encontrándose valores para FND de 64.74, 73.61 y 70.47; para la FAD de 62.27, 72.54 y 68.74, y para la MS de 59.03, 76.63 y 67.80 para el forraje molido, picado y entero, respectivamente, más el concentrado, observándose diferencias significativas ($P \leq 0.05$) solamente para la FND y MS por el efecto del tratamiento físico.

Cabe mencionar que en el análisis de varianza no se encontraron diferencias ($P \geq 0.05$) por la interacción (efecto del tratamiento químico y mecánico juntos) en ninguna variable de la prueba de alimentación y digestibilidad in vivo solamente en forma separada, como ya se mencionó.

5. DISCUSION

Ganancia de Peso

En cuanto a esta variable, se observó que los animales obtuvieron poca ganancia de peso, los datos obtenidos son menores a los de Hasimoglu et al. (1969) quienes alimentaron corderos con paja de trigo tratada con NaOH, más un suplemento o urea, encontrando ganancias de 160 y 82 g/animal/día, respectivamente y un poco inferiores a los de Urrutia et al. (1982) obteniendo ganancias de 98 g al suministrar rastrojo de maíz tratado con NaOH más 150 g de un concentrado a borregos merino; encontramos que debido al tratamiento con NH_3 , los animales que recibieron este forraje tuvieron un 20 por ciento más de ganancia que a los que se les ofreció rastrojo sin NH_3 ; proporcionalmente este valor es superior al obtenido por Martínez et al. (1985) con borregos pelibuey, ofreciéndoles rastrojo de maíz amoniado más urea como suplemento. El tamaño de partícula de forraje influyó en este parámetro con valores para el molido y picado de -9.3 y 6.9 por ciento para el molido y picado respectivamente, al compararlo con el forraje entero.

Consumo de Rastrojo

En los datos obtenidos podemos notar que el amoníaco disminuyó en un 3.45 por ciento el consumo de forraje por los animales alimentados con este rastrojo al compararlo con el rastrojo sin tratamiento. Esta disminución fue ligeramente mayor a la obtenida por Urrutia et al. (1982) en ovinos alimentados con rastrojo de maíz tratado con NaOH, pero el consumo de forraje fue menor; encontrando que los animales solamente consumieron 579 g/día. Por otra parte, los datos de este trabajo son superiores a los obtenidos por Hasimoglu et al. (1969) quienes alimentaron corderos con paja de trigo tratada con NaOH y un concentrado con pasta de soya o urea y observaron que los animales consumieron 858 g de rastrojo tratado por día y 700 g/día respectivamente. Con respecto al tamaño de partícula se obtuvieron disminuciones en el consumo de 2.63 y 23.7 por ciento para el rastrojo molido y picado con relación al rastrojo entero, independiente del tratamiento químico.

Consumo de Materia Seca Total

En el Cuadro 4.4 se observó que los animales alimentados con rastrojo de maíz tratado consumieron una cantidad de MS ligeramente inferior (1.14 kg/día) a los que se les suministró rastrojo sin tratar (1.16 kg/día) esto corresponde a solamente 1.72 por ciento menos de consumo de MS. Esto es un poco mayor al obtenido por Urrutia et al. (1982) quienes únicamente tuvieron una disminución de 0.55 por

ciento al ofrecer rastrojo de maíz con NaOH a borregos, obteniendo valores de 721 y 717 g para el forraje sin tratar y tratado. Pero los datos de la presente investigación son contrarios a Martínez et al. (1985) y a Oji et al. (1977) donde los primeros observaron un incremento del 17 por ciento en el consumo de materia seca por borregos pelibuey alimentados con rastrojo de maíz más urea como suplemento, obteniendo valores de 1.12 y 1.31 kg de MS/día para el rastrojo sin tratar y tratado. Por su parte, los segundos investigadores hallaron aumentos de 43 unidades porcentuales en el consumo de MS al suministrar aproximadamente 98 por ciento de rastrojo de maíz tratado con tres por ciento de NH_3 más un suplemento, los datos son de 664 g/día para el control y 949 g/día para el rastrojo amoniado. Igualmente son contrarios a Hunt et al. (1984) quienes obtuvieron un incremento en esta variable de 32 por ciento alimentando corderos con paja de trigo sin suplemento, encontrando valores de 479.5 y 636 g de MS/día para el forraje sin tratar y tratado con cuatro por ciento de NaOH; siendo estos valores muy inferiores a los obtenidos en el presente trabajo. Con relación al tamaño de partícula, podemos notar que los animales alimentados con rastrojo de maíz molido y picado obtuvieron consumos que corresponden a -4.68 y -25.46 por ciento respectivamente al compararlo con el forraje entero, estos valores son contrarios a los obtenidos por Hunt et al. (1984) hallando un aumento de 7.3 unidades porcentuales en el consumo de MS, al ofrecer a corderos paja de trigo de 2.5 cm comparado con uno

de 10 cm y tratados con NaOH; pero con relación a los dos primeros tamaños de partícula observamos que el molido aumentó en un 27 por ciento el consumo de MS con relación al picado; estos datos son similares a Morris y Mowat (1980) quienes encontraron un incremento de 46 por ciento en esta variable del rastrojo de maíz molido ofrecido a novillos implantados con sinovex al compararlo con el forraje picado; con relación al ligero aumento en el consumo de MS por los animales que se les ofreció rastrojo entero, posiblemente sea la forma de suministro, ya que las cubetas eran pequeñas y se saturaban con poco rastrojo molido o picado y los animales no consumían lo que se tiraba, al contrario de lo que sucedía con los que se les ofreció forraje entero, quienes sí consumían el forraje que caía fuera del recipiente. Sin embargo, existe literatura suficiente como la de Flores (1983) y otras citas que mencionan que a medida que disminuye el tamaño de partícula, el consumo de forraje tiende a aumentar.

Conversión Alimenticia

Aunque la conversión alimenticia de las borregas fue poco eficiente, podemos notar que la amonificación mejoró en un 20.10 por ciento esta variable en los animales que se les suministró forraje tratado con respecto al no tratado; los valores obtenidos son superiores y contrarios a Martínez et al. (1985) quienes al alimentar borregos pelibuey con rastrojo de maíz tratado con NH_3 más urea como

suplemento obtuvieron conversiones de 7.4 y 8.2 para el testigo y rastrojo amoniado respectivamente, siendo 10 por ciento mayor esta variable por efecto del tratamiento químico. Pero está de acuerdo con Urrutia et al. (1982) quienes observaron una eficiencia en la conversión de aproximadamente seis por ciento al ofrecer rastrojo de maíz tratado con NaOH, hallando valores de 8.0 para el rastrojo no tratado y 7.4 para forraje tratado. Los animales que consumieron forraje molido y picado tuvieron una conversión del ocho por ciento mayor y 27.60 menor, respectivamente al compararlo con el rastrojo entero. La mayor ganancia de peso por el menor consumo obtenido con los animales que consumieron rastrojo de maíz picado, ya sea tratado o sin tratar, es debido a un mayor tiempo de retención del alimento en el tracto digestivo, contrario a lo sucedido en el forraje molido. De acuerdo a los resultados, podemos mencionar que el molido influyó negativamente en esta variable.

Digestibilidad In Vivo

De los resultados obtenidos en esta fase, podemos observar que la amoniación aumentó en buena medida la digestibilidad de la proteína cruda, extracto etéreo, FDN, FAD y de la materia seca en porcentajes de 18, 52, 13, 12 y 7.8 por ciento, respectivamente. El aumento en la digestibilidad de la PC es contrario a Morris y Mowat (1980) y Oji et al. (1977) donde los primeros obtuvieron valores de 56.4 y 48.4 para rastrojo sin NH_3 y amoniado, -

respectivamente, al ofrecerlo a novillos añeros implantados; y los segundos investigadores encontraron valores de 60.8 por ciento para el control y 57.1 para los corderos que consumieron rastrojo con tres por ciento de NH_3 ; igualmente contrarios a Herrera-Saldaña et al. (1982) quienes hallaron digestibilidades de 48 por ciento para el testigo y 31.8 por ciento para novillos alimentados con paja de trigo amoniado. Pero los datos obtenidos en el presente trabajo son similares a Horton y Steacy (1979) quienes al ofrecer paja de cebada, avena y trigo a novillos, obtuvieron digestibilidades de 64.8, 66.0 y 63.8 por ciento para la paja sin tratar y 67.26, 66.36 y 68.36 por ciento, respectivamente, para la paja amoniada. Estos aumentos corresponden a 3.7, 0.5 y siete por ciento para cada tipo de paja de los cereales mencionados.

En la digestibilidad del extracto etéreo observamos que la amoniación influyó positivamente e incrementó en un 52 por ciento esta variable.

Con respecto a la digestión in vivo de la FND, FAD y MS, podemos observar que la amoniación influyó aumentando en un 13, 12 y 7.8 por ciento respectivamente estos parámetros con relación al no tratado químicamente, como ya se mencionó. El incremento en la FND va de acuerdo con lo reportado por Morris y Mowat (1980) al alimentar novillos con rastrojo de maíz amoniado y con Hunt et al. (1984) al ofrecer paja de trigo tratada con NaOH. Los aumentos en las dos siguientes variables son similares a los obtenidos

obtenidos por los autores mencionados y también con Oji et al. (1977) al utilizar rastrojo de maíz amoniado para alimentar corderos; Herrera-Saldaña et al. (1982) al ofrecer paja de trigo amoniada a novillos; Hunt et al. (1984) al emplear paja de trigo tratada con NaOH para alimentar corderos.

El tratamiento mecánico influyó en forma ascendente a medida que aumentaba el tamaño de partícula en la digestibilidad de la proteína cruda, siendo de 7.4 y 14 por ciento para el picado y entero al compararlo con el rastrojo molido. Con respecto a la digestibilidad de las variables extracto etéreo, FND, FAD Y MS, se observó que el forraje, picado tuvo mayor digestibilidad, seguido por el rastrojo entero y por último el molido; los incrementos del forraje picado con relación al molido son: 23.7, 11.97, 16.5 y 29.8 por ciento en las variables mencionadas; estos datos son similares a Morris y Mowat (1980) al ofrecer rastrojo de maíz picado y molido tratado con NH_3 a novillos; por lo que podemos mencionar que la mayor digestibilidad en el forraje picado y entero se debe al mayor tiempo (menor velocidad de paso) de retención del rastrojo en el rumen, teniendo los microorganismos ruminales mayor tiempo de ataque del forraje.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

- a) El rastrojo de maíz procesado mecánicamente y tratado con amoniaco anhidro más una mínima cantidad de concentrado, puede emplearse con éxito para el mantenimiento de ovinos, aunque los costos se elevan ligeramente.
- b) La utilización del tratamiento químico con amoniaco anhidro en el rastrojo de maíz puede elevar los coeficientes de digestibilidad de algunos nutrientes de este forraje. Asimismo, el empleo del tratamiento físico, como es el picado del forraje, puede mejorar la digestibilidad de los nutrientes, pero no el molido.

7. RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo con el fin de evaluar el efecto del amoniaco anhidro (NH_3) sobre el rastrojo de maíz en pacas, picado y molido, mediante el comportamiento de ovinos, para los cuales se realizaron dos pruebas: en la primera se utilizaron 24 borregas con un peso promedio de 28.09 kg en una prueba de alimentación, dividiéndola en seis tratamientos en los que se evaluó el aprovechamiento del forraje tratado mecánica y químicamente más un concentrado para ovejas de reemplazo. Las variables que se midieron en esta fase fueron: consumo de rastrojo, consumo de materia seca, ganancia de peso y conversión alimenticia. En la segunda prueba se determinaron los coeficientes de digestibilidad in vivo de proteína cruda (DIVPC), extracto etéreo (DIVEE), fibra neutro detergente (DIVFND), fibra ácido detergente (DIVFAD) y de la materia seca (DIVMS).

El diseño experimental empleado fue completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 3 y comparación múltiple de medias de Duncan.

De los resultados encontrados en la prueba de alimentación se observó una ligera disminución en el -

consumo de forraje por animal/día para los alimentados con rastrojo de maíz amoniato al compararlo con el no amoniato (1.02 kg vs. 1.06 kg); con respecto al tamaño de partícula, se notaron consumos de 1.14, 1.12 y 0.87 kg/animal/día para los que recibieron forraje entero molido y picado, respectivamente. En cuanto al consumo de materia seca total, se obtuvieron consumos de 1.167 y 1.14 kg para las ovejas que se les ofreció forraje sin tratar y tratado y de 1.284, 1.220 y 0.954 kg/animal/día para los que se les suministró rastrojo entero, molido y picado respectivamente. Se observaron diferencias ($P \leq 0.05$) por el tratamiento mecánico en las dos variables.

En cuanto a la ganancia de peso por animal por día, obtuvieron valores de 47.30 g para los alimentados con rastrojo de maíz amoniato y 38.00 g para los que recibieron no amoniato; por el tratamiento mecánico se alcanzaron ganancias de 46.0, 43.0 y 39.0 g/animal/día para los alimentados con forraje picado entero y molido, respectivamente. Se notó influencia por los tratamientos, aunque no fue diferente ($P \geq 0.05$). Para el tratamiento químico sobre la conversión alimenticia de los animales, se obtuvieron valores de 24.73 vs. 30.98 al compararlo con el no tratado, por el efecto de tamaño de partícula se observaron valores de 24.73 vs. 30.98 kg/kg al compararlo con el no tratado. Por el efecto del tamaño de partícula se observaron valores de 21.57, 29.80 y 32.19 kg/kg de producto para los animales que se alimentaron con rastrojo

picado, entero y molido, respectivamente.

En la DIVPC del rastrojo más el concentrado, aumentó ligeramente esta variable obteniéndose valores de 54.45 y 64.79 por ciento al compararlo sin la utilización del amoniaco y de 55.63, 59.77 y 63.47 por ciento para el rastrojo molido, picado y entero, respectivamente. La DIVEE fue 66.18 por ciento para el forraje amoniado y 43.53 para el no amoniado, y por el procesamiento mecánico fue 50.01, 61.86 y 52.69 por ciento para forraje molido, picado y entero, respectivamente. Se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) en la variable EE debido al tratamiento químico.

La DIVFND fue 65.65 y 74.23 por ciento para el rastrojo de maíz sin tratar y tratado y por el tamaño de partícula fue 65.74, 73.61 y 70.47 por ciento para el rastrojo molido, picado y entero, respectivamente, encontrándose diferencias ($P \leq 0.05$) por este factor. La DIVFAD fue de 63.97 por ciento para el rastrojo sin tratamiento y 71.73 por ciento para el amoniado y 62.27, 72.54 y 68.74 por ciento por el tratamiento mecánico. La DIVMS fue de 65.26 por ciento para el rastrojo de maíz sin tratamiento y 70.31 por ciento para el amoniado; por el tamaño de partícula fueron 59.03 por ciento para el molido, 76.63 por ciento para el picado y 67.80 por ciento para el entero encontrándose diferencias ($P \leq 0.05$) por el tratamiento mecánico en la digestibilidad de MS.

En la interacción no se encontraron diferencias ($P \geq$

0.05) en ninguna variable.

9. LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 1984. Official methods of analysis. 14th ed. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C. USA.
- Al-Rabbat, M.F. and D.P. Heaney. 1978. The effects of anhydrous treatment of wheat straw and steem cooking of aspen wood on their feeding value and on ruminal microbial activity. II J. Fermentable energy and microbial growth derived from ammonia nitrogen in the ovine rumen. Can. J. Anim. Sci. 58(3):453-463. Canada.
- Asmund, E. y V.M. Lars. 1983. Forrajes conservados como alimento para vacas lecheras. En: Broster, W.H. y S. Henry (Comp.). Estrategia de alimentación para vacas lecheras de alta producción. AGT editor. México. p. 258.
- Balch, C.C. and R.C. Campling. 1965. Rate of passage of digesta through the ruminant digestive tract. In: Drougherty, R.W. (ed.). Physiology of digestion in the ruminant. Butterworths. Washington, D.C. USA. pp. 108-123.
- Berger, L.L., J.A. Paterson, T.J. Klopfenstein and R.A. Britton. 1979. Effect of harvest date and chemical treatment on the feeding value of corn-stalkage. J. Anim. Sci. 49(5):1312-1316. USA.

- Cajal, M.C. 1986. Esquilmos agrícolas. En: Shimada, A.S., F. Rodríguez G. y J. Cuaron A. (ed.). Engorda de ganado bovino en corrales. Consultores en producción animal. México. 258 p.
- Cloete, S.W.P. and N.M. Kritzinger. 1986. A laboratory assesment of various treatment conditions affecting the amoniation of wheat straw by urea. II. The effect of physical ferm moisture level and prolonged treatment period. Nutrition Abstracts 56(10): 642. Scotland.
- Colenbrander, V.F., W.F. Weiss, D.L. Hill and N.J. Moeller. 1983. Ammonia and urea in corn silage-based complete mixed diets for dairy cows. J. Anim. Aci. 56(3): 525-528. USA.
- Díaz N., T., G. Llamas L. y R. Gómez A. 1983. Paja de trigo tratada con amoniaco en gas y dos fuentes de energía para novillos en crecimiento. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. Reunión de Investigaciones Pecuarias en México. pp. 684-687. México.
- Duarte J., A., y A. Shimada S. 1984. Comportamiento del borrego pelibuey en crecimiento alimentado con dietas con base en rastrojo de maíz tratado con álcalis (NH_3 , NaOH, urea). Tec. Pec. Mex. 47 p. 141-146.
- Feist, E.C., A.J. Baker and H. Tarkow. 1970. Alkali requirements for improving digestibility of harwoods by rumen microorganism. J. Anim. Sci. 30(5):832-835. USA.
- Flores M., J.A. 1983. Bromatología animal. 3a. ed. Limusa. México. 1095 p.

- García A., J.L. 1982. Esquilmos menor costo de crianza en engorda. Cebú. 8:1. México.
- Glewen, M.J. and A.W. Young. 1982. Effect of ammoniation on the refermentation of corn silage. J. Anim. Sci. 54(4):713-718. USA.
- Greenhalgh, J.F.D. and G.W. Reid. 1973. The effects pelleting various diets on intake and digestibility in sheep and cattle. Anim. Proc. 16:223-233. Great Britain.
- Hankins, B.J. 1986. Using anhydrous ammonia to improve hay quality. Nutrition abstract 56(1):5. Scotland.
- Harris, E.L. 1970. Métodos para el análisis químico y la evaluación biológica de los alimentos para animales. Universidad de Florida. USA.
- Hasimoglu, S.T., T.J. Klopfenstein and T.H. Doane. 1969. Nitrogen source treated wheat straw. J. Anim. Sci. 29(1):160 (Abstract). USA.
- Hernández, B.J.K. 1980. Manual de nutrición alimenticia del ganado. Ajenjo. Madrid, España. pp. 76-78.
- Herrera-Saldaña, R., D.C. Church and R.O. Kellems. 1982. The effect ammoniation treatment on intake on nutritive value of wheat straw. J. Anim. Sci. 54(3):603-608. USA.
- Horton G., M.J. and G.M. Steacy. 1979. Effect of anhdrous ammonia treatment on the intake and digestibility of cereal straw by steers. J. Anim. Sci. 49(5):1239-1249. USA.
- Huber, J.T. and O.P. Santana. 1972. Ammonia treated corn silage for dairy cattle. J. Dairy Sci. 55(4):489-493. USA.

- Huber, J.T., R.E. Lichtenwalner and J.W. Thomas. 1973. Factors affecting responses of lactating cows to ammonia treated corn silage. J. Dairy Sci. 56(10): 1283-1290. USA.
- Huber, J.T., N.E. Smith and J. Stiles. 1976. Distribution of N^{15} in NH_3 treated and control corn silage. J. Anim. Sci. 43(1):325. (Abstract). USA.
- Hunt, C.W., J.A. Paterson, G.M. Zinn and J.R. William. 1984. Effect of particle length and sodium hydroxide treatment of wheat straw on site and extent of digestion by lambs. J. Anim. Sci. 58(6):1454-1456. USA.
- Knapp, W.R., D.A. Holt and V.L. Lechtenberg. 1975. Hay preservation and quality improvement by anhydrous ammonia treatment. Agronomy Journal. 67(6):766-769. USA.
- Klopfenstein, T. 1978. Chemical treatment of crops residues J. Anim. Sci. 46(3):841-848. USA.
- Llamas L., G. 1984. Tratamiento alcalino de pajas y rastros. En: Soriano, T.J., F. Ruiz L. y A. Shimada S. (eds.). Memorias del segundo curso nacional de actualización en nutrición y alimentación en rumiantes. APAINIP. P. 127-131. México.
- _____, H. Cañez C., R. Gómez A., T. Díaz N. y R. Romero G. 1985. Uso de paja de trigo tratada con amoníaco en la alimentación de novillos en crecimiento en corrales de engorda. Tec. Pec. Mex. 48:46-53. México.
- Males, J.R. and C.T. Gaskins. 1982. Growth, nitrogen retention, dry matter digestibility and characteristics associated with ammoniated wheat straw diets. J. Anim. Sci. 55(3):505-515. USA.

- Martínez A. A., M.J. Soriano T. y A. Shimada S. 1985. Crecimiento de borregos pelibuey alimentados con rastrojo de maíz tratado con amoniaco anhidro. Tec. Pec. Mex. 48. pp. 54-61. México.
- Mendoza H., J.M. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia de la UAAAN. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 615 p. Coahuila, México.
- Morris, P.J. and D.N. Mowat. 1980. Nutritive value of ground and/or ammoniated corn stover. Can. J. Anim. Sci. 60(2):327-336. Canada.
- National Research Council (NRC). 1975. Nutrient requirements of sheep. National Academy of Science. Washington, D.C. USA.
- Nelson, M.L., T.J. Klopfeintein and Britton. 1984. Protein supplementation of ammoniated roughages. 1. Corn-cobs supplemented with a blood meal-corn gluten meal mixture lamb studies. J. Anim. Sci. 59(6):1601-1609. USA.
- Nicholson, W.G.J. 1984. Digestibility, nutritive value and feed intake. IN: Sundstol, F. and E. Owen. Straw and other fibrous by-products as feed. Elsevier. Netherlands. p. 340-371.
- Oji, U.I., D.N. Mowat and J.E. Winch. 1977. Alkali treatments of corn stover to increase nutritive value. J. Anim. Sci. 44(5):798-802. USA.
- Ostle, B. 1965. Estadística aplicada. Limusa. México.
- Paterson, J.A., T.J. Klopfenstein and R.A. Britton. 1981. Ammonia. Treatment of corn plant residues: digestibilities and growth rates. J. Anim. Sci. 53(6):1592-1600. USA.

- . Pidgen, W.J. y F. Bender. 1978. Aprovechamiento de la lignocelulosa por los rumiantes. En: FAO. Revista mundial de zootecnia. 12:43-46. Italia.
- . Rode, L.M., K.J. Cheng and J.W. Costerton. 1986. Digestion by cattle of urea-treated, ammonia-treated or rolled high-moisture barley. Can. J. Anim. Sci. 66(3):711-721. Canada.
- . Rotz, C.A., R.J. Davis and J.W. Thomas. 1986. Anhydrous ammonia for preservation of alfalfa hay. Nutrition Abstract. 56(1):5. Scotland.
- Saenger, P.F., R.P. Lemenager and K.S. Hendrix. 1980. Intake and digestibility of corn harvest residue treated with anhydrous ammonia. J. Anim. Sci. 59(6):1601-1609. USA.
- Shimada, A.S. 1983. Fundamentos de nutrición animal comparativa. Consultores en producción animal. México. p. 272.
- . _____ . 1986. Procesamiento de esquilmos. En: Shimada, A.S., F. Rodríguez G. y J. Cuaron A. (Eds.). Engorda de ganado bovino en corrales. Consultores en producción animal. México. 258 p.
- Solaiman, S.G., G.W. Horn and F.N. Owen. 1979. Ammonium hydroxide treatment of wheat straw. J. Anim. Sci. 49(3):802-808. USA.
- . Sundstol, F. and E.M. Coxworth. 1984. Ammonia treatment. In: Sundstol F. and E. Owen. Straw and other fibrous by products as feed. Elsevier. Netherlands. pp. 197-247.
- . Tejada, I. 1985. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México. pp. 280-292.

- Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassland. Soc. 18:104-111. Great Britain.
- Thorlacius, S.O. and J.A. Robertson. 1984. Effectiveness of anhydrous ammonia as preservative for high moisture hay. Can. J. Anim. Sci. 64(4):867-880. Canada.
- Troelsen, J.E. and J.B. Campbell. 1968. Voluntary consumption of forage by sheep and its relation to the size and shape of particles in the digestive tract. Anim. Prod. 10:289-296. Great Britain.
- Urrutia M., J., L. Martínez R. y A. Shimada S. 1982. Valor nutritivo del rastrojo y ensilaje de maíz con o sin mazorca, tratados con hidróxido de sodio, para borregos en crecimiento. Tec. Pec. Mex. 42. pp. 7-16. México.
- Waiman, F.W., K.L. Blaxter and J.S. Smith. 1972. The utilization of energy of artificial dried grass prepared in different ways. J. Agric. Sci. Camb. 78:441-447.

A P P E N D I C E

Cuadro A.1. Pesos acumulados y ganancias de peso promedio por períodos y total de los animales según tratamiento.

Concepto	Rastrojo de maíz tratado con NH ₃			Rastrojo de maíz sin tratar		
	Molido	Picado	Entero	Molido	Picado	Entero
Pesos: kg/día						
0	32.55	25.95	31.25	33.35	29.15	29.40
14	33.00	27.15	32.40	33.60	28.95	28.93
28	34.20	27.67	32.75	34.86	29.90	30.20
42	34.50	28.30	33.20	35.15	30.40	31.40
56	35.10	29.06	33.60	35.15	35.25	31.86
Aumentos: kg/día						
0-14	0.45	1.2	1.15	0.25	-0.20	-0.47
14-28	1.2	0.52	0.35	1.2	0.95	1.27
28-42	0.3	0.63	0.45	0.35	0.55	1.2
42-56	0.6	6.7	0.40	0.0	0.85	0.46
=====						
T o t a l	2.55	3.05	2.35	1.80	2.1	2.46
Aumento/día (g)	45.5	54.4	41.9	32.1	37.5	43.9