

2000 MAR 22 1982
BIBLIOTECA DE LA UNAM



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

OPTIMIZACION DEL TRATAMIENTO ALCALINO DE LA PAJA DE TRIGO MEDIANTE PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD EN OVINOS.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
JORGE JURADO ACEVEDO

Asesores:

- I.B.I. Araceli Aguilera Barreyro
- M.V.Z.M.C. Eliseo Alcántara Sánchez
- M.V.Z.M.S. Fernando Pérez-Gil Romo





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

	<u>Página</u>
Resumen	1
Introducción	2
Material y Métodos	12
Resultados	16
Discusión	33
Conclusiones	39
Literature Citada	40

INDICE DE CUADROS

	<u>Página</u>
I- Producción de los esquilmos agrícolas mas importantes en nuestro país, cosecha Otoño-Invierno 84, Primavera-Verano 1985. -----	3
II Tratamientos a los que fue sometida la paja de trigo -----	14
III Caracterización química de la paja de trigo -----	20
IV Digestibilidad (%) <u>in vitro</u> y desaparición <u>in situ</u> de la materia seca de la paja de trigo tratada con amoniaco anhidro bajo diferentes condiciones de concentración, humedad y tiempo. -----	21
V Digestibilidad (%) <u>in vitro</u> y desaparición <u>in situ</u> de la materia seca de la paja de trigo tratada con hidróxido de calcio bajo diferentes condiciones de concentración, humedad y tiempo -----	23
VI Prueba de Tukey de la digestibilidad <u>in vitro</u> y desaparición <u>in situ</u> de la materia seca de la paja de trigo tratada con amoniaco anhidro -----	25
VII Prueba de Tukey de la digestibilidad <u>in vitro</u> y desaparición <u>in situ</u> de la materia seca de la paja de trigo tratada con hidróxido de calcio -----	26
VIII Digestibilidad y desaparición de la materia seca (%) en los mejores tratamientos de la paja de trigo tratada con amoniaco anhidro -----	27
IX Digestibilidad y desaparición de la materia seca (%) en los mejores tratamientos de la paja de trigo tratada con hidróxido de calcio -----	28

X	Composición química de los diez tratamientos seleccionados de la paja de trigo tratada con amoniaco anhidro -----	29
XI	Composición química de los diez tratamientos seleccionados de la paja de trigo tratada con hidró- xido de calcio -----	30
XII	Desaparición <u>in situ</u> de las fracciones de fibra y de nitrógeno de la paja de trigo tratada con amoniaco anhidro bajo diferentes condiciones de concentración, humedad y tiempo -----	31
XIII	Desaparición <u>in situ</u> de las fracciones de fibra y de nitrógeno de la paja de trigo tratada con hidróxido de Calcio bajo diferentes condiciones de concentración, humedad y tiempo -----	32

RESUMEN.

JURADO ACEVEDO JCRGE. Optimización del tratamiento alcali no de la paja de trigo mediante pruebas de digestibilidad en ovinos. (bajo la asesoría de I.F.I. Araceli Aguilera Barreyro, M.V.Z. MC. Eliseo Alcántara Sánchez y el M.V.Z. MS. Fernando Pérez-Gil Romo).

La insuficiente disponibilidad de alimentos de alto contenido proteínico y energético a bajo costo para la alimentación de rumiantes ha ocasionado un subdesarrollo en la producción pecuaria. Los esquilmos agrícolas son alimentos potenciales, debido a que en nuestro país se producen 61 millones de toneladas, de las cuales el 4% los representa la paja de trigo, de la cual se aprovechan del 30%; por lo anterior, es necesario estimular el uso de este esquilmo en forma más redituable buscando opciones sencillas y eficaces para mejorar su aporte nutritivo, ya que presenta un escaso contenido proteínico y baja digestibilidad. El objetivo de esta investigación fue el de encontrar las condiciones óptimas para el tratamiento de la paja de trigo con amoníaco e hidróxido de calcio con el fin de lograr su máxima digestibilidad. La paja de trigo se trató con 5 niveles de álcali (base a M.S.): 0, 2, 3, 4 y 5% para el NH_3 anhidro y 0, 3, 5, 7 y 8% para el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ también se aplicaron 3 niveles de humedad, para el NH_3 de 10, 20 y 30% y para el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de 25, 35 y 50%. Con el fin de conocer el tiempo óptimo de reacción del álcali sobre la paja, se probaron 5 periodos, los cuales fueron de 7, 15, 30, 45 y 60 días para ambos álcalis. Se realizaron 75 tratamientos de 2.5 kg. por duplicado, por álcali en bolsas de plásticos perfectamente selladas, en condiciones de temperatura ambiente. Terminado el tiempo de reacción se procedió a evaluar la digestibilidad de materia seca in vitro y la desaparición de materia seca in situ de los tratamientos. A los resultados se les aplicó el análisis de varianza de un diseño completamente al azar con arreglo factorial $5 \times 3 \times 5$. Las medidas se compararon mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$). Por medio de este análisis se seleccionaron los 10 tratamientos con los valores de digestibilidad más altos para cada álcali, a los cuales posteriormente se les de terminó la desaparición in situ de las fracciones de fibra. Seleccionándose los tratamientos que tuvieron la máxima digestibilidad los cuales correspondieron a los tratamientos que consistieron en 4% de NH_3 , 20% de humedad y 45 días de reacción y de 3% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 35% de humedad y 30 días de reacción. Al evaluar la desaparición in situ de fracciones de fibra, se observaron incrementos significativos ($P \leq 0.05$) en la desaparición de hemicelulosa con el tratamiento con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mientras que con el NH_3 se incrementó significativamente ($P \leq 0.05$) la desaparición de hemicelulosa, celulosa y FEN; por lo que se concluye que la amoniatización de la paja de trigo es más eficaz para incrementar la digestibilidad que el tratamiento con $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

INTRODUCCION

La insuficiente disponibilidad de alimentos de alto valor nutritivo (proteínico y energético) a bajo costo para la industria pecuaria, así como la variación en la calidad nutritiva y disponibilidad de los pastos en las diferentes regiones de nuestro país, ocasionan un pobre rendimiento en la producción pecuaria, en especial en el caso de los ruminantes. Es por ello que existe la imperiosa necesidad de aprovechar racionalmente todos aquellos subproductos susceptibles de ser empleados como fuente de nutrimentos en la alimentación de los ruminantes. Dentro de estos desechos se encuentran principalmente los esquilmos agrícolas (pajas de diferentes cereales y leguminosas) (18,19), los residuos de maderas (40), residuos industriales de frutas (15) y su subproductos de la industria azucarera (36).

Las pajas cereales son residuos de cosechas, que por su alta disponibilidad, representan un gran potencial como alimento - para los ruminantes, particularmente importante en un país como - el nuestro, donde la producción de cereales y oleaginosas se detinan preferentemente a la alimentación humana (9).

En nuestro país anualmente se producen 61 millones de toneladas de esquilmos agrícolas, de las cuales 2,555,911 de toneladas son de paja de trigo y de éstas solo el 30% son aprovechadas (14,45) (cuadro I), puesto que en la mayoría de los casos esta - paja es quemada ocasionando problemas de contaminación (7,10,44).

La utilización de la paja de trigo como alimento para ganado ha sido muy limitada debido a su bajo contenido de proteína y energía, y a su alto contenido de lignina. No obstante su diges-

CUADRO I
 PRODUCCION DE LOS ESQUILMOS AGRICOLAS MAS IMPORTANTES
 EN NUESTRO PAIS, COSECHA OTOÑO-INVIERNO 84
 PRIMAVERA-VERANO 1985.

Esquilmos agrícolas	Tons. (M.S.)	Aprovechadas	Desaprovechadas
		%	%
Rastrojo de maíz	27 869 066	77	23
Olote	3 986 278	-	-
Totomoxtle	744 461	-	-
Paja de ajonjolí	47 622	42	58
Vara de algodón	434 449	-	-
Paja de arroz	1 077 869	24	76
Paja de cártamo	151 690	50	50
Paja de cebada	565 485	69	31
Paja de frijol	638 228	81	19
Paja de sorgo	6 724 968	55	45
Paja de soya	566 494	45	55
Paja de trigo	2 553 311	30	70
Punta de caña	4 430 306	-	-
Bagazo de caña	466 976	-	-
Total	61 257 803		

(14)

tibilidad es baja. Sin embargo esta puede modificarse (9,1) mediante procedimientos físicos (32,43), químicos (1,8,9,16,22,25,32,43), y biológicos (16). Por tanto es necesario aprovechar estos esquilmos agrícolas y por ende se deben buscar opciones sencillas, económicas y eficaces para mejorar su valor nutritivo.

Químicamente los esquilmos agrícolas se caracterizan por poseer elevado porcentaje de celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina y sílice, y ser generalmente pobres en fósforo y nitrógeno, cambiando la concentración de estos compuestos de acuerdo a la variedad de la paja, tipo de suelo, clima, edad a la que se cosechó y otros factores (8,44).

Los esquilmos agrícolas contienen un alto porcentaje de lignocelulosa, este compuesto está formado por celulosa, hemicelulosa, asociado con cantidades variables de lignina y sílice (31,40,44), estos dos últimos compuestos actúan como una barrera que impide la acción de las enzimas de la microflora del rumen sobre la hemicelulosa y celulosa (1,22,40).

La lignina es un componente aromático cuyo contenido es de 27% en forrajes inmaduros y hasta 15% en forrajes maduros (41), es virtualmente indigerible, mientras que la celulosa y hemicelulosa son fermentados por los microorganismos formando productos finales como ácidos grasos volátiles (fuente principal de energía para los rumiantes), metano y Dióxido de carbono (8).

La hemicelulosa está en asociación con la celulosa y la lignina, es un polisacárido amorfo que incluye cadenas cortas de glucosa, polímeros de xilosa, arabinosa, manosa, galctosa, más azúcares mezclados con polímeros de ácido urónico, la xilosa es

virtualmente el principal componente de la hemicelulosa. El contenido de hemicelulosa varía de un 6-40% en las plantas y es aprovechado por la microflora de rumen en un 45 a 90% (41).

La celulosa es el polisacárido más abundante de la pared celular y el más insoluble, la celulosa es aprovechada por la microflora del rumen, en un grado variable entre un 25 a 90% (41).

Desde el punto de vista nutricional la lignocelulosa consta de tres fracciones.

a) Lignina, la cual es esencialmente inaprovechable por la microflora del rumen.

b) La fracción energética digerible, fácilmente aprovechable por la degradación bacteriana.

c) Fracción de energía potencialmente digerible, que es más resistente al ataque de las bacterias, pero que puede aprovecharse mediante tratamientos especiales (40,41).

El alto contenido de celulosa de los esquilmos agrícolas es una fuente potencial de energía, sin embargo, la digestibilidad y el contenido de proteína cruda de estos subproductos son bajos para cubrir los requerimientos de manutención (16). No obstante al añadir a los esquilmos agrícolas fuente de nitrógeno, como es nitrógeno no proteínico (urea y amoníaco), los microorganismos del rumen sintetizan la proteína de origen microbiano que es utilizada por el rumiante (17,40,49,57).

Tomando en cuenta lo anterior, se han desarrollado métodos de tratamientos físicos (18,32), químicos (7,17,22,44,47) y biológicos (18), con el objeto de incrementar el valor nutritivo y la

digestibilidad de estos subproductos, de los cuales los que han tenido mejores resultados han sido los tratamientos químicos, principalmente los que involucran el uso de álcalis como son el NH_3 , NaOH y Ca(OH)_2 , ya que con estos métodos se hidroliza el complejo lignocelulósico de las plantas, liberando a la celulosa y hemicelulosa de la lignina y sílice, por lo tanto se mejora la calidad nutritiva de los mismos (7,17,22,44,47).

I Tratamientos físicos.

a) Molienda. Por sí misma no mejora la digestibilidad, sino que aumenta marcadamente el consumo de materia seca, reduciendo el tiempo de retención y la energía necesaria para que las partículas atraviesen el rumen, se aumenta la superficie expuesta y con ello la tasa de fermentación en el rumen (32,40).

b) Cocción a presión. Consiste en el cocimiento con vapor a presión (8kg/cm^2 a 170 grados $^{\circ}\text{T}$); las temperaturas y presiones más altas producen mayor incremento de digestibilidad in vitro, en caso de astillas de álamo varía de un 15-20% a un 50-60%, por otro lado al cocer la paja de gramíneas a una presión de 30kg/cm^2 se observó un incremento de la digestibilidad in vitro de 20 puntos porcentuales. Los inconvenientes de este método es el alto requerimiento de agua y elevado costo de inversión (18).

c) Irradiación. Es un método muy costoso en el cual se pueden utilizar rayos gamma para romper el complejo lignocelulósico (18,41).

II Tratamientos biológicos.

Este tipo de tratamiento incrementa la digestibilidad de la paja cultivando en ellas ciertos tipos específicos de hongos. Sin embargo la mayoría de los organismos que degradan la celulosa y hemicelulosa no sirven, ya que privan a la paja de los nutrimen

tos que los propios rumiantes pueden digerir sin necesidad de tratamiento. Cualquier procedimiento biológico empleado para romper la unión lignina, celulosa y hemicelulosa, debe basarse en un organismo que degrade la lignina. Aunque no hay organismos que se limiten a degradar la lignina, existen algunos, como el hongo Fleurotus ostreatus, que degrada más la lignina que la celulosa, con lo cual el porcentaje de lignina es inferior al del material original (18,39).

III Tratamientos químicos.

Actualmente la mayoría de los que se utilizan son agentes alcalinos, sin embargo, existen otros agentes químicos que se -- pueden utilizar como por ejemplo: ácidos, sales de Cloro, Ozono, Dióxido de azufre, Peróxido de H., etc. pero son más caros y más difíciles de aplicar y en general son menos efectivos, que los álcalis (4,5,18,27).

Los métodos de tratamiento con álcalis pueden clasificarse como sigue:

-Por vía húmeda

- 1) Beckman (NaOH).
- 2) Beckman modificado (Togrimsby) (NaOH).

-Por vía seca.

- 1) Procedimiento industrial.
- 2) Tratamiento en propia explotación agrícola.
 - I) Seguido del apilado (NaOH)
 - II) Seguido del ensilado (NaOH, Ca(OH)₂)
 - III) De pacas cubiertas con lamina de plástico (NH₃).

En los métodos por vía húmeda, se sumerge la paja en 10 litros de solución química por cada kilo de paja seca; en los métodos

dos, por vía seca, se rocía con 0.1-3 litros de solución química por cada kilo de materia seca, o se somete a la acción del amoníaco anhidro (18)

El primer método químico utilizado comercialmente fue el creado por Beckman en Alemania en 1919, el cual se basó en trabajos realizados por Kellner y Kholer en 1900 (18,19), utilizándolo en forma comercial en algunos países entre los que figuran Dinamarca (42)

Se han llegado a utilizar álcalis combinados tales como -- NaOH, hidróxido de Calcio y de Potasio en diferentes porcentajes (18,22), obteniéndose mejores resultados con las combinaciones de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y NaOH que producen mejores ganancias que por sí solos. Esto no resulta claro en relación al $\text{Ca}(\text{CH}_3)_2$ porque no se sabe si fue debido al efecto del tratamiento o al efecto nutricional del calcio (22).

Sin embargo, uno de los métodos más prometedores es el de la amoniatización usando amoníaco anhidro y donde además de ser más económico que otros tratamientos, también incrementa el contenido de nitrógeno total, mejorando el valor nutritivo de los forrajes bastos de mala calidad (17,18,25,26,37,43,47,49).

Varios investigadores han demostrado que la paja de trigo al ser tratada con 3.5% de amoníaco anhidro en base a materia seca durante 30 días, aumenta la digestibilidad de la materia orgánica, contenido de nitrógeno y digestibilidad de la fibra (1,18, 22,49,51,58).

Se ha demostrado que la digestibilidad in vitro de la mate

ria seca de los esquilmos tratados con amoniaco se incrementan con la temperatura (37,57), ya que el amoniaco es un producto químico de acción lenta, pero como ocurre con las reacciones químicas se pueden acelerar por medio de la temperatura (57), reduciéndose el tiempo de tratamiento del forraje, obteniéndose resultados similares a los conseguidos con tratamientos a base de NaOH o amoniaco anhídrido por un periodo de 30 días de almacenamiento (37,57).

Estudios con forrajes que contienen un 50% de humedad, han demostrado que el amoniaco tiene efecto fungicida (49), por lo que este método, además de mejorar la digestibilidad, puede ser una alternativa para conservar la paja almacenada con humedad elevada (49,58).

El hidróxido de calcio es menos corrosivo y más seguro en su manejo que el NaOH, además suele ser fácilmente disponible. Su empleo en el tratamiento de esquilmos agrícolas puede ayudar a suplementar los requerimientos de calcio y éste puede ser particularmente benéfico en el caso de las vacas lecheras (8).

El empleo de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ al tratar la paja ha sido interesante porque es más barato que otros álcalis y resulta ser casi tan efectivo como el NaOH, pero es menos soluble (18).

Para evaluar la eficiencia de los tratamientos químicos se han empleado como indicadores, la prueba de desaparición de materia seca in situ y la digestibilidad in vitro.

La desaparición de materia seca in situ es un método que se utiliza para estimar la cantidad de materia seca digerida, por medio de la evaluación de la utilización del sustrato por los microorganismos ruminales. mediante el uso de pequeñas bolsas de nylon

que contienen a la muestra; la prueba se realiza suspendiendo di
chas bolsas dentro del rumen de un animal provisto de una fístu-
la ruminal. Esta técnica puede usarse en condiciones de campo ya
que es de fácil manejo y bajo costo. La forma de evaluar esta --
técnica es por medio de la desaparición de la materia seca conte-
nida en la bolsa de nylon, interpretándose como materia seca di-
gerida en el rumen (12,20,38,50).

La técnica de las bolsas de nylon es más práctica que la -
técnica in vitro. El índice de correlación entre la digestión in
situ e in vivo de la materia seca es de 0.90 siendo estas muy si-
milares (11,57).

La digestibilidad in vitro de los alimentos para ruminantes
puede medirse en el laboratorio con toda seguridad, ya que es fa-
cil de montar. Este método es llamado de "dos etapas", en donde
en la primera etapa, la muestra del alimento finamente molida se
incuba durante 48 horas en condiciones aneróbicas con líquido ru-
minal. En la segunda etapa se acidifica con ácido clorhídrico has-
ta obtener un pH de 2 y se digiere incubando con pepsina durante
48 horas. Este método determina la digestibilidad aparente de los
alimentos (28,30,50).

Los índices de correlación entre la digestión in vitro e in
vivo de la materia seca es de 0.90 o incluso más altos, permitien-
do así una estimación precisa sobre la digestibilidad del forraje
en cuestión (11).

OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue determinar las condiciones óptimas para el tratamiento químico de la paja de trigo con Ca(OH)_2 y NH_3 en cuanto a concentración del álcali, humedad y tiempo de reacción mediante la determinación de su digestibilidad in vitro y desaparición de materia seca in situ.

MATERIAL Y METODOS

Esta investigación se realizó en las instalaciones del Departamento de Nutrición Animal de la División de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán". En ella se evaluó a nivel piloto, la viabilidad técnica así como su efecto sobre el valor nutricional de la paja de trigo tratada con diferentes niveles de hidróxido de calcio y amoníaco anhidro, aplicado bajo distintas condiciones de humedad y tiempo de reacción.

1) Materias primas:

a) La paja de trigo fue obtenida del Estado de México.
b) Se utilizaron 6 borregos criollos machos del año de edad, procedentes de Topilejo, D.F. con un peso promedio de 25kg ± 3kg.

2) Se fistularon para colocar una cánula blanda de vinilo en el rumen mediante la técnica propuesta por Brown et al (6).

3) Se realizó el análisis químico de la paja sin tratar consistiendo en:

a) Análisis químico proximal, mediante la metodología propuesta por la A.O.A.C. (2).

b) Determinación de fracciones de fibra (hemicelulosa, lignina y celulosa) y contenido celular, por los métodos propuestos por Van Soest (53,55,56).

c) Determinación de la desaparición de materia seca in situ y digestibilidad de materia seca in vitro, mediante el método propuesto por Mehrez y Ørskov (29) y por el método modificado de Tilley y Terry (52) respectivamente.

4) Realizada la caracterización química de la paja, se procedió a tratar con 5 niveles diferentes de la sustancia química:

hidróxido de calcio y amoniaco anhidro. También se probaron 3 niveles de humedad. Asimismo con el fin de conocer el tiempo de -- reacción del álcali sobre la paja, se probaron 5 diferentes tiempos.

Los 3 factores que se analizaron fueron: concentración, humedad y tiempo con sus respectivos niveles para cada álcali. El diseño experimental empleado fue un arreglo factorial 5X3X5, con un total de 75 tratamientos por álcali (ver cuadro II).

Antes de tratar la paja, ésta se molió en un molino de martillos modelo Menotti No. 6.

4.1) Tratamiento con hidróxido de calcio:

Una vez calculada la cantidad de paja, agua y álcali para cada tratamiento, se procedió a mezclar el agua con la sustancia química para que ésta se disolviera perfectamente bien, se extendió la paja y se empezó a rociar la mezcla (agua + hidróxido de calcio) por medio de una regadera, mezclándose perfectamente, tratando que éste fuese lo más uniforme posible.

4.2) Tratamiento con amoniaco anhidro:

Una vez calculada la cantidad de paja, amoniaco anhidro y agua necesaria para cada tratamiento, se realizó el mezclado de la paja y el agua, rociándose ésta por medio de una regadera, después se procedió a llenar las bolsas de plástico con 2.5kg. de paja. Las bolsas se cerraron parcialmente y se inyectó el amoniaco anhidro bajo la presión de un tanque de 6 kg de capacidad. Durante el proceso de amoniatización el tanque se situó sobre una balanza, y por diferencia de peso se cuantificó la cantidad de amoniaco añadido para cada tratamiento.

CUADRO II.
TRATAMIENTOS A LOS QUE FUE SOMETIDA LA PAJA DE TRIGO

% de concentración del álcali		% de humedad		Tiempos de reacción (días)	
NH ₃	Ca(OH) ₂	NH ₃	Ca(OH) ₂	NH ₃	Ca(OH) ₂
0	0	10	25	7	7
2	3	20	35	15	15
3	5	30	50	30	30
4	7	-	-	45	45
5	8	-	-	60	60

En base a materia seca.

Ambos tratamientos se hicieron por duplicado en bolsas de plástico con capacidad de 2.5 kg bajo condiciones de temperatura ambiente, las bolsas se sellaron perfectamente.

5) Terminados los tratamientos se procedió a obtener la muestra de análisis, con la cual se trabajó para realizar las pruebas de desaparición de materia seca in situ y digestibilidad de materia seca in vitro a las 24 y 48 horas respectivamente. Este paso fue el primer tamiz por medio del cual se eliminaron aquellos tratamientos con menores digestibilidades.

6) Los resultados obtenidos de la desaparición de materia seca in situ y la digestibilidad in vitro se analizaron mediante un análisis de varianza de un diseño completamente al azar con arreglo factorial $5 \times 3 \times 5$ y como prueba de rango múltiple, la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de $P = 0.05$ (48), empleando el paquete estadístico S.A.S. (46).

7) Por medio de este análisis se obtuvieron los 10 mejores tratamientos para cada álcali, a los que se les realizó una segunda evaluación, la cual consistió en:

- a) Determinación de cenizas a los tratamientos con $\text{Ca}(\text{OH})_2$,
- b) Determinación de la desaparición de la fracción de fibra in situ a ambos tratamientos a las 24 horas.
- c) Determinación de la desaparición de materia seca in situ de N_2 a las 24 horas a los tratamientos con NH_3 .
- d) Determinación del porcentaje de N_2 .
- e) Determinación del porcentaje de fracciones de fibra.

8) El diseño estadístico que se empleó en esta segunda evaluación fue el mismo que se aplicó en la primera etapa, pero sin utilizar el paquete estadístico S.A.S. (46).

RESULTADOS

En el cuadro III se señalan las características y la digestibilidad de la paja de trigo que se empleó en el experimento; como se puede observar el esquilmo tiene un elevado porcentaje de paredes celulares (celulosa, hemicelulosa y lignina), un bajo contenido de proteína cruda y una baja digestibilidad.

Después del tratamiento con amoníaco anhidro la paja tuvo alteraciones físicas, su color cambió de un amarillo obscuro a café claro y se hizo más quebradizo. En ninguno de los tratamientos se observó crecimiento de moho o la presencia de insectos.

Los resultados obtenidos para la digestibilidad de la materia seca in vitro y la desaparición de materia seca in situ de la paja de trigo tratada con amoníaco y cal bajo diferente concentración, humedad y tiempo se presentan los cuadros IV y V.

Al ser sometidos los resultados de digestibilidad al análisis de varianza y a la prueba de Tukey, la computadora al ser programada para utilizar el paquete S.A.S. (46) arrojó los datos expresados en los cuadros VI y VII; donde estos fueron agrupados por concentración, humedad y tiempo, ya que la computadora no pudo comparar los 75 tratamientos entre sí, debido a que se trataba de un gran número de combinaciones.

Para el tratamiento con amoníaco anhidro la mejor concentración fue de 4% ya que en la digestibilidad in vitro resultó ser la más eficiente, en cambio en la desaparición de materia seca in situ ocupó el tercer lugar, pero se observó que no había

diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre la demás concentraciones, por lo tanto, se escogió la concentración de 4% por ser el nivel más bajo con el cual se obtuvieron mejores resultados. En cuanto a humedad la mejor fue donde se utilizó un 30%, pero al no haber significancia estadística ($P \leq 0.05$) con las demás humedades tanto en digestibilidad in vitro y la desaparición de materia seca in situ, se optó por escoger el tratamiento que tenía el 20% de humedad, ya que la diferencia de las digestibilidades tanto in vitro y la desaparición de materia seca in situ, con un 20 y 30% de humedad son mínimas; por otro lado, también se eligió por cuestiones de disponibilidad de agua ya que en algunos lugares nuestro país es escasa. El mejor tiempo de reacción del álcali en donde se encontró la desaparición de materia seca in situ más alta fue a los 45 días, mientras que en la digestibilidad in vitro éste tiempo ocupó el segundo lugar; sin embargo, se escogió este tiempo de reacción del álcali por ser el más uniforme. El mejor tratamiento para el amoníaco anhidro donde se encontró una mayor digestibilidad de la paja de trigo fue con 4% de concentración, 20% de humedad y un tiempo de 45 días (ver cuadro VI)

Para el tratamiento con hidróxido de calcio la mejor concentración fue del 8% de álcali, obtenida de la digestibilidad in vitro; pero al observar que no había diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) en el porcentaje de las digestibilidades con las 5 concentraciones tanto en digestibilidad in vitro y desaparición de materia seca in situ se optó por escoger el tratamiento con un 3% de concentración ya que es igual de eficaz a las demás concentraciones y más económica.

El porcentaje de humedad que mejor resultado dió para la digestibilidad in vitro fue la de 35 y 50% sin presentar diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) entre ellas, para la desapa-

rición de materia seca in situ, la mejor se obtuvo con un 35% de humedad; de acuerdo con los resultados obtenidos se eligió el 35% de humedad como nivel óptimo para el tratamiento con hidróxido de calcio. El tiempo de reacción donde el álcali tuvo mayor eficacia para incrementar la desaparición de materia seca in situ fue a los 60 días, pero en la digestibilidad in vitro este tiempo resultó ser el menos eficaz. En cambio, el mejor tiempo en la digestibilidad in vitro fue a los 30 días y en la desaparición de materia seca in situ este tiempo ocupó el segundo lugar, escogiéndose así como el mejor tiempo de reacción del álcali sobre la paja de trigo. El mejor tratamiento para el hidróxido de calcio donde se obtuvo mejor digestibilidad fue el que consistió de 3% de concentración del álcali, 35% de humedad y un tiempo de 30 días. (ver cuadro VII).

De acuerdo al resultado del análisis estadístico se procedió a elegir de los 75 tratamientos por cada álcali los 10 tratamientos que tuvieron las mejores digestibilidades, los cuales se muestran en los cuadros VIII y IX.

En los cuadros X y XI se presenta la composición química de los 10 tratamientos seleccionados de la paja de trigo tratada con amoníaco anhidro e hidróxido de calcio respectivamente; como se puede observar en el cuadro X, el contenido de nitrógeno en la paja aumentó con el tratamiento de amoníaco anhidro mientras que el contenido de paredes celulares disminuyó significativamente ($P < 0.05$); en tanto que en el cuadro XI se aprecia que en el tratamiento se aumentó significativamente ($P < 0.05$) el contenido de cenizas y decreció el contenido de nitrógeno.

Una vez caracterizada químicamente la paja de trigo sometida

da a los tratamientos, se procedió a calcular el porcentaje de la desaparición de materia seca in situ de las fracciones de fibra - de la paja de trigo tratada y sin tratar cuyo resultados se señalan en los cuadros XII y XIII.

CUADRO III
CARACTERIZACION QUIMICA DE LA
PAJA DE TRIGO (1)

Parámetro	%
Humedad	6.07 \pm 0.21
Materia Seca	93.93 \pm 0.22
Proteína Cruda	3.49 \pm 0.06
Cenizas	9.77 \pm 0.23
FDN	76.88 \pm 1.02
FDA	59.53 \pm 2.55
Hemicelulosa	17.39 \pm 2.16
Celulosa	40.48 \pm 0.44
Lignina	12.15 \pm 2.85
Contenido Celular	23.12 \pm 1.44
Desaparición de materia seca " <u>in situ</u> " a las 24 hrs.	35.62 \pm 1.85
Digestibilidad "in vitro" de materia seca a las 48 hrs.	45.55 \pm 2.18

(1) Base a Materia Seca

FDN Fracciones Neutro Detergentes

FDA Fracciones Acido Detergentes

CUADRO IV
 DIGESTIBILIDAD IN VITRO Y DESPARICION IN SITU DE LA MATERIA SECA
 DE PAJA DE TRIGO TRATADA CON
 AMONIACO ANHIDRO BAJO DIFERENTES CONDICIONES
 DE CONCENTRACION, HUMEDAD Y TIEMPO. (1)

% Concentración	% Humedad	Tiempo (Días)	% Digestibilidad	% Desaparición
			"in vitro"	"in situ"
0	10	7	45.55 ± 2.18	35.62 ± 1.85
0	10	15	50.38 ± 0.46	36.93 ± 3.19
0	10	30	52.73 ± 3.02	34.14 ± 4.49
0	10	45	53.32 ± 3.88	37.22 ± 9.78
0	10	60	47.76 ± 0.86	35.49 ± 0.31
2	10	7	44.71 ± 3.68	38.59 ± 7.42
2	10	15	51.05 ± 0.77	43.67 ± 0.34
2	10	30	55.34 ± 0.08	38.70 ± 1.13
2	10	45	56.66 ± 0.05	46.61 ± 1.14
2	10	60	60.27 ± 2.02	39.37 ± 0.64
3	10	7	43.04 ± 3.83	43.97 ± 2.59
3	10	15	51.35 ± 0.27	38.86 ± 0.00
3	10	30	50.26 ± 0.5	40.77 ± 0.66
3	10	45	58.92 ± 0.95	45.61 ± 12.7
3	10	60	58.85 ± 0.30	36.68 ± 0.12
4	10	7	51.06 ± 3.49	44.91 ± 1.34
4	10	15	52.03 ± 5.06	46.28 ± 0.04
4	10	30	52.78 ± 6.19	44.41 ± 3.70
4	10	45	59.77 ± 3.37	45.16 ± 2.30
4	10	60	64.77 ± 2.17	43.04 ± 1.65
5	10	7	47.32 ± 0.96	46.21 ± 0.00
5	10	15	50.85 ± 0.49	43.47 ± 0.00
5	10	30	54.67 ± 0.47	46.55 ± 0.00
5	10	45	54.88 ± 4.57	40.69 ± 3.36
5	10	60	59.47 ± 2.37	39.58 ± 1.80
0	20	7	46.15 ± 2.19	35.40 ± 1.54
0	20	15	45.94 ± 3.34	39.09 ± 5.85
0	20	30	40.31 ± 0.16	40.31 ± 7.67
0	20	45	46.64 ± 0.91	40.74 ± 8.69
0	20	60	56.32 ± 0.83	33.59 ± 0.88
2	20	7	51.43 ± 1.79	41.72 ± 6.97
2	20	15	52.52 ± 0.37	42.27 ± 0.00
2	20	30	53.39 ± 1.77	39.97 ± 0.00
2	20	45	53.00 ± 2.83	40.41 ± 3.09
2	20	60	58.91 ± 3.91	48.01 ± 4.37
3	20	7	52.70 ± 3.82	43.67 ± 14.21

CUADRO IV

% Concentración	% Humedad	Tiempo	% Digestibilidad	% Desaparición
		(Días)	"in vitro"	"in situ"
3	20	15	65.94 ± 1.03	42.74 ± 2.96
3	20	30	57.84 ± 1.06	51.34 ± 0.00
3	20	45	50.40 ± 2.40	52.76 ± 1.92
3	20	60	64.25 ± 2.19	46.20 ± 3.88
3	20	7	50.57 ± 0.81	42.65 ± 10.74
4	20	15	54.02 ± 0.55	43.30 ± 2.92
4	20	30	52.92 ± 2.84	46.14 ± 2.39
4	20	45	64.45 ± 5.59	52.06 ± 1.27
4	20	60	66.80 ± 2.26	40.86 ± 6.34
5	20	7	51.79 ± 2.94	42.95 ± 4.05
5	20	15	57.29 ± 0.28	43.73 ± 0.00
5	20	30	57.90 ± 1.54	44.40 ± 0.00
5	20	45	66.80 ± 0.53	46.71 ± 7.04
5	20	60	68.36 ± 2.31	46.70 ± 6.22
0	30	7	48.52 ± 0.39	38.40 ± 4.21
0	30	15	51.93 ± 0.25	38.12 ± 5.95
0	30	30	51.92 ± 2.75	30.51 ± 0.01
0	30	45	51.62 ± 0.87	47.40 ± 8.88
0	30	60	51.23 ± 2.14	34.39 ± 10.72
2	30	7	56.73 ± 2.17	41.50 ± 6.40
2	30	15	43.66 ± 0.23	42.95 ± 2.90
2	30	30	55.90 ± 1.9	46.81 ± 3.86
2	30	45	64.03 ± 4.24	41.30 ± 1.48
2	30	60	55.39 ± 3.34	38.68 ± 0.53
3	30	7	53.04 ± 0.20	45.96 ± 7.84
3	30	15	46.88 ± 2.60	51.00 ± 1.27
3	30	30	54.58 ± 0.03	50.10 ± 2.71
3	30	45	64.50 ± 2.12	47.21 ± 1.49
3	60	60	71.69 ± 4.87	42.67 ± 2.36
4	30	7	54.40 ± 4.81	43.09 ± 2.88
4	30	15	49.50 ± 0.10	47.22 ± 0.88
4	30	30	54.71 ± 4.94	46.04 ± 4.49
4	30	45	62.39 ± 1.49	43.03 ± 3.44
4	30	60	69.44 ± 0.85	41.63 ± 0.00
5	30	7	43.50 ± 3.60	44.26 ± 5.27
5	30	15	58.66 ± 0.48	46.04 ± 0.74
5	30	30	66.79 ± 3.73	52.51 ± 6.48
5	30	45	59.10 ± 0.50	46.18 ± 2.66
5	30	60	54.76 ± 1.79	41.67 ± 4.17

(1) Base a materia seca

CUADRO V
 DIGESTIBILIDAD (%) IN VITRO Y DESAPARICION IN SITU
 DE LA MATERIA SICA DE LA PAJA DE TRGGO TRATADA CON:
 HIDROXIDO DE CALCIO BAJO DIFERENTES CONDICIONES
 DE CONCENTRACION, HUMEDA Y TIEMP

% Concentración	% Humedad	Tiempo (Días)	% Digestibilidad	
			" <u>in vitro</u> "	" <u>in situ</u> "
0	25	7	40.00 ± 0.55	40.43 ± 0.70
0	25	15	43.21 ± 4.53	34.67 ± 2.69
0	25	30	45.51 ± 4.37	47.07 ± 0.41
0	25	45	38.31 ± 2.16	28.39 ± 3.21
0	25	60	32.96 ± 0.14	55.83 ± 1.44
3	25	7	46.58 ± 0.33	37.15 ± 2.64
3	25	15	45.30 ± 3.52	36.98 ± 0.00
3	25	30	50.96 ± 1.19	49.02 ± 0.23
3	25	45	44.33 ± 2.33	34-55 ± 3.18
3	25	60	37.44 ± 4.88	52.36 ± 3.06
5	25	7	48.22 ± 1.19	55.50 ± 6.21
5	25	15	47.93 ± 5.03	38.22 ± 0.05
5	25	30	45.63 ± 0.15	41.25 ± 4.20
5	25	45	44.66 ± 2.06	36.47 ± 1.15
5	25	60	39.82 ± 0.18	57.31 ± 11.90
7	25	7	46.05 ± 1.05	37.52 ± 7.08
7	25	15	38.27 ± 3.00	34.53 ± 5.07
7	25	30	44.57 ± 4.57	49.19 ± 5.25
7	25	45	45.36 ± 3.52	36.60 ± 3.41
7	25	60	36.83 ± 4.28	56.79 ± 8.73
8	25	7	41.72 ± 2.43	39.10 ± 11.14
8	25	15	47.44 ± 0.36	33.59 ± 4.52
8	25	30	53.18 ± 0.92	46.06 ± 4.96
8	25	45	44.03 ± 2.87	42.86 ± 15.09
8	25	60	33.79 ± 2.58	61.42 ± 0.37
0	35	7	45.68 ± 0.76	34.01 ± 3.66
0	35	15	41.50 ± 1.41	33.58 ± 7.60
0	35	30	53.56 ± 3.61	47.56 ± 4.65
0	35	45	52.55 ± 0.15	45.88 ± 0.57
0	35	60	39.21 ± 0.79	57.19 ± 5.10
3	35	7	36.51 ± 1.52	38.62 ± 6.34
3	35	15	46.25 ± 6.97	36.16 ± 7.05
3	35	30	51.21 ± 3.13	56.78 ± 5.57
3	35	45	54.69 ± 4.45	47.87 ± 2.00
3	35	60	38.94 ± 2.07	60.24 ± 5.09
5	35	7	41.83 ± 1.00	45.99 ± 3.33

CUADRO V

% Concentración	% Humedad	(Días)	% Digestibilidad	% Desaparición
			" <u>in vitro</u> "	" <u>in situ</u> "
5	35	15	45.00 ± 0.00	45.98 ± 3.83
5	35	30	43.85 ± 2.36	48.27 ± 7.93
5	35	45	54.01 ± 1.01	38.53 ± 4.63
5	35	60	32.93 ± 2.54	52.63 ± 2.65
7	35	7	45.52 ± 2.52	43.41 ± 1.94
7	35	15	47.26 ± 1.65	45.54 ± 1.30
7	35	30	46.40 ± 3.39	45.54 ± 5.48
7	35	45	46.68 ± 0.38	40.68 ± 0.16
7	35	60	37.67 ± 2.91	49.09 ± 9.05
8	35	7	49.57 ± 2.22	43.20 ± 2.11
8	35	15	50.03 ± 1.42	55.57 ± 1.16
8	35	30	46.56 ± 4.85	35.64 ± 1.18
8	35	45	47.56 ± 3.35	44.79 ± 6.07
8	35	60	35.47 ± 2.18	49.25 ± 6.13
0	35	7	40.05 ± 1.25	35.80 ± 6.17
0	50	15	50.60 ± 2.26	39.91 ± 14.09
0	50	30	47.20 ± 3.14	35.82 ± 4.79
0	50	35	46.39 ± 0.16	35.75 ± 1.00
0	50	60	36.01 ± 0.75	45.03 ± 2.51
3	50	7	55.05 ± 4.74	39.64 ± 19.40
3	50	15	47.74 ± 1.50	45.31 ± 10.28
3	50	30	49.60 ± 0.14	48.02 ± 0.21
3	50	45	45.37 ± 3.15	37.86 ± 6.81
3	50	60	34.94 ± 5.39	49.53 ± 3.49
5	50	7	42.93 ± 2.53	37.92 ± 0.39
5	50	15	45.43 ± 4.28	60.19 ± 2.37
5	50	30	52.66 ± 0.93	43.78 ± 0.18
5	50	45	49.60 ± 0.10	45.87 ± 4.41
5	50	60	32.35 ± 1.16	41.94 ± 1.21
7	50	7	50.94 ± 2.48	47.52 ± 8.24
7	50	15	55.59 ± 1.85	38.83 ± 1.78
7	50	30	49.25 ± 1.16	42.26 ± 3.39
7	50	45	49.05 ± 2.34	54.55 ± 3.02
7	50	60	38.48 ± 4.30	48.67 ± 0.19
8	50	7	51.76 ± 0.05	38.36 ± 1.71
8	50	15	53.07 ± 0.75	55.13 ± 1.37
8	50	30	47.86 ± 1.22	41.08 ± 4.05
8	50	45	51.92 ± 1.62	43.53 ± 1.84
8	50	60	32.48 ± 0.78	45.79 ± 0.58

(1) Base a materia seca

CUADRO VI
 PRUEBA DE TUKEY DE LA DIGESTIBILIDAD IN VITRO
 Y DESAPARICION IN SITU DE LA MATERIA SECA
 DE LA PAJA DE TRIGO TRATADA CON NH₃

Variables	Digestibilidad "in vitro"	Desaparición "in situ"
% Concentración		
0	49.79 ^a	37.08 ^a
2	54.16 ^b	42.04 ^b
3	55.68 ^{bc}	45.29 ^b
4	57.30 ^c	44.59 ^b
5	56.81 ^c	44.77 ^b
% Humedad		
10	53.15 ^a	41.30 ^a
20	55.38 ^b	43.42 ^a
30	55.71 ^b	43.54 ^a
Tiempo (Días)		
7	49.36 ^a	41.85 ^{ab}
15	51.40 ^b	42.98 ^{ab}
30	54.60 ^c	43.50 ^{ab}
45	57.76 ^d	44.87 ^a
60	60.61 ^e	40.56 ^b

a, b, c, d, e: Para cada columna de cada variable valores con distinta -
 literal son estadísticamente diferentes (P= 0.05).

CUADRO VII
 PRUEBA DE TUKEY DE LA DIGESTIBILIDAD IN VITRO
 Y DESAPARICION IN SITU DE LA MATERIA SECA
 DE LA PAJA DE TRIGO TRATADA CON $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Variables	Digestibilidad "in vitro"	Desaparición "in situ"
% Concentración		
0	42.50 ^a	41.12 ^a
3	44.88 ^b	44.67 ^a
5	44.44 ^{ab}	44.65 ^a
7	45.24 ^b	44.65 ^a
8	47.78 ^b	45.03 ^a
% Humedad		
25	43.23 ^a	42.51 ^a
35	44.66 ^{ab}	45.68 ^b
50	45.82 ^b	43.89 ^{ab}
Tiempo (Días)		
7	44.65 ^a	39.55 ^a
15	47.00 ^b	42.28 ^{ab}
30	48.53 ^b	45.16 ^b
45	46.71 ^{ab}	40.94 ^a
60	35.96 ^c	52.20 ^c

a, b, c: Para cada columna de cada variable valores con distinta literal son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

CUADRO VIII
DIGESTIBILIDAD Y DESPARICION DE LA M.S.(%) EN LOS MEJORES
TRATAMIENTOS DE LA PAJA DE TRIGO CON
AMONIACO ANHIDRO

% Concentración (1)	% Humedad (1)	Tiempo (Días)	Digestibilidad	Desaparición
			" <u>in vitro</u> "	" <u>in situ</u> "
ST			45.55 ± 2.81	35.62 ± 1.85
3	10	45	58.93 ± 0.95	45.62 ± 12.75
3	20	30	57.84 ± 0.00	51.19 ± 0.00
3	20	45	50.40 ± 2.40	52.77 ± 1.92
4	10	45	49.77 ± 3.37	45.16 ± 2.30
4	10	60	64.78 ± 2.17	43.04 ± 1.65
4	20	30	52.92 ± 2.84	46.14 ± 2.39
4	20	45	64.45 ± 5.59	52.07 ± 1.27
4	20	60	66.81 ± 2.26	40.86 ± 6.34
5	10	30	54.67 ± 0.47	46.55 ± 0.00
5	20	45	66.81 ± 0.53	46.72 ± 7.04

ST (Paja sin tratar)

(1) Base a materia seca

CUADRO IX
 DIGESTIBILIDAD Y DESAFARICION DE LA M.S.(%) EN LOS MEJORES
 TRATAMIENTOS DE LA PAJA DE TRIGO CON
 HIDROXIDO DE CALCIO

% Concentración (1)	% Humedad (1)	Tiempo (Días)	Digestibilidad	Desaparición
			" <u>in vitro</u> "	" <u>in situ</u> "
ST			45.55 ± 2.18	35.62 ± 1.85
3	25	30	50.96 ± 1.19	49.02 ± 0.22
3	35	30	51.21 ± 3.13	56.78 ± 5.57
3	35	45	54.69 ± 4.45	47.88 ± 2.00
3	35	60	60.25 ± 2.07	60.25 ± 5.09
5	25	30	45.63 ± 0.15	41.25 ± 4.20
5	35	45	54.01 ± 1.01	38.53 ± 4.63
5	35	60	32.93 ± 2.54	52.64 ± 2.26
7	25	60	36.84 ± 4.28	56.79 ± 8.73
7	35	30	46.40 ± 3.39	45.55 ± 5.48
7	35	45	46.68 ± 0.38	40.68 ± 0.16

ST (Paja sin tratar)

(1) Base a materia seca

CUADRO X
COMPOSICION QUIMICA (%) DE LOS DIEZ TRATAMIENTOS SELECCIONADOS
DE LA PAJA DE TRIGO CON AMONIACO ANHIDRO. (1)

C H T	FDN	FDA	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina	Nitrógeno	Cenizas
ST	82.29±0.00 ^a	59.54±0.00 ^a	17.34±0.00 ^a	40.99±0.00 ^{ab}	12.15±0.00	0.58±0.00 ^a	9.77±0.23
3 10 45	77.77±1.49 ^{ab}	55.59±0.82 ^{be}	22.19±2.31 ^{ab}	40.52±0.46 ^{ab}	7.74±0.91	0.82±0.00 ^b	8.95±0.23
3 20 30	76.27±0.32 ^{ab}	56.49±0.18 ^b	19.71±0.07 ^{ab}	40.84±0.07 ^{ab}	9.85±0.49	0.96±0.06 ^{bd}	9.28±0.27
3 20 45	78.54±0.00 ^a	56.15±0.42 ^{be}	22.37±0.00 ^{ab}	40.93±0.42 ^{ab}	9.28±0.54	0.96±0.06 ^{bd}	8.96±0.12
4 10 45	73.85±1.17 ^b	53.02±0.08 ^{cd}	20.83±1.08 ^{ab}	38.66±2.79 ^{ab}	7.71±2.38	0.99±0.02 ^{bc}	9.28±0.71
4 10 60	72.29±0.10 ^b	51.31±2.10 ^a	20.99±1.99 ^{ab}	36.68±0.52 ^a	9.84±2.16	1.18±0.02 ^c	8.46±0.50
4 20 30	75.23±1.32 ^b	57.31±0.60 ^{ab}	17.91±1.92 ^a	42.79±1.69 ^b	9.32±1.06	0.97±0.05 ^{bd}	9.27±0.46
4 20 45	76.22±0.95 ^{ab}	55.27±0.25 ^{bc}	24.45±0.00 ^b	40.89±0.06 ^{ab}	7.92±0.25	1.01±0.04 ^{bc}	8.85±0.04
4 20 60	79.08±2.70 ^a	55.55±1.03 ^{be}	23.52±0.00 ^b	41.36±1.85 ^{ab}	8.61±2.21	0.98±0.02 ^{bd}	8.85±0.24
5 10 30	78.22±2.59 ^{ab}	54.77±1.64 ^{ce}	23.44±0.89 ^b	38.57±2.11 ^{ab}	11.02±0.33	0.87±0.11 ^b	8.67±0.16
5 20 45	73.76±2.49 ^b	56.16±0.35 ^{be}	17.60±2.84 ^a	40.87±0.06 ^{ab}	9.07±0.39	1.12±0.02 ^{cd}	9.07±0.12

(1) En base a materia seca

C (Concentración)

H (Humedad)

T (Tiempo) (días)

ST (Paja sin Tratar)

FDN Fracciones Neutro Detergentes

FDA Fracciones Acido Detergentes

a, b, c, d, e: Para cada columna los valores con distinta literal son estadísticamente diferentes (P<0.05)

CUADRO XI
COMPOSICION QUIMICA (%) DE LOS TRATAMIENTOS, SELECCIONADOS DE LA
PAJA DE TRIGO CON HIDROXIDO DE CALCIO. (1)

C	H	T	F D N	F D A	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina	Cenizas	
			ST	82.29±0.00 ^a	59.54±0.00 ^a	17.34±0.00	40.99±0.00 ^{ab}	12.15±0.00	9.77±0.23 ^c
3	25	30		76.85±4.34 ^{ab}	57.16±0.36 ^{ab}	19.69±0.00	41.51±1.39 ^a	7.17±0.67	10.65±0.13 ^{ac}
3	35	30		73.39±2.90 ^b	54.59±1.51 ^{ab}	18.80±0.00	36.93±0.61 ^{ab}	9.86±0.28	12.98±0.47 ^{abc}
3	35	45		71.40±1.50 ^b	52.87±1.24 ^b	18.53±0.26	36.26±0.24 ^{ab}	10.04±2.03	12.76±0.37 ^{abc}
3	35	60		74.71±1.19 ^{ab}	54.62±0.05 ^{ab}	20.06±1.18	37.97±1.09 ^{ab}	9.84±0.53	14.35±1.15 ^{ab}
5	25	30		72.95±1.97 ^b	53.65±0.53 ^b	19.30±2.49	36.37±1.84 ^{ab}	10.11±1.48	13.36±2.19 ^{abc}
5	35	45		70.33±0.19 ^b	53.85±0.23 ^b	16.48±0.03	35.31±1.64 ^b	9.62±3.10	15.56±0.37 ^b
5	35	60		73.28±3.33 ^b	55.88±1.21 ^{ab}	17.40±2.11	39.98±2.86 ^{ab}	8.70±0.57	13.48±1.85 ^{bc}
7	25	60		75.27±0.39 ^{ab}	52.90±2.25 ^b	22.36±2.64	35.55±0.60 ^b	8.83±0.08	14.31±0.28 ^{ab}
7	35	30		73.88±1.24 ^{ab}	54.72±2.91 ^{ab}	19.16±1.66	38.91±2.10 ^{ab}	9.32±0.83	14.61±0.39 ^b
7	35	45		76.19±1.86 ^{ab}	55.06±0.59 ^{ab}	21.10±2.41	39.59±0.78 ^{ab}	8.70±0.61	12.67±0.57 ^{bc}

(1) En base a materia seca

C (Concentración)

H (Humedad)

T (Tiempo (días))

ST (Paja sin tratar)

FDN Fracciones Neutro Detergentes

FDA Fracciones Acido Detergentes

a, b, c: Para cada columna los valores con distinta literal son estadísticamente diferentes (P<0.05)

CUADRO XII
 DESAPARICION "IN SITU". (%) DE LAS FRACCIONES DE FIBRA Y DE NITROGENO
 DE LA PAJA DE TRIGO TRATADA CON AMONIACO ANHIDRO
 BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE CONCENTRACION, HUMEDAD Y TIEMPO. (1)

C	H	T	F D N	F D A	Hemicelulosa	Celulosa	Nitrogeno
		ST	31.10 ± 1.99 ^a	35.35 ± 1.87 ^{abc}	16.56 ± 2.42 ^c	31.34 ± 1.99 ^a	30.42 ± 2.02 ^a
3	10	45	50.63 ± 0.00 ^b	51.43 ± 0.00 ^b	48.77 ± 7.72 ^b	53.29 ± 0.00 ^b	55.07 ± 7.19 ^{bcd}
3	20	30	47.47 ± 0.23 ^{ab}	48.90 ± 0.22 ^{bc}	43.41 ± 0.26 ^{ab}	50.08 ± 0.60 ^{bc}	55.91 ± 3.44 ^{bcd}
3	20	45	50.86 ± 2.00 ^b	50.85 ± 2.00 ^b	50.98 ± 2.14 ^b	54.69 ± 1.83 ^b	50.30 ± 2.02 ^c
4	10	45	38.39 ± 2.60 ^{ab}	38.26 ± 2.60 ^{abc}	38.69 ± 3.39 ^{ab}	39.46 ± 2.55 ^{ab}	59.01 ± 1.73 ^{bcd}
4	10	60	31.56 ± 2.07 ^{ac}	33.71 ± 2.03 ^{ac}	28.71 ± 1.83 ^{ac}	30.23 ± 2.13 ^a	59.94 ± 1.26 ^{bcd}
4	20	30	47.47 ± 2.65 ^{ab}	41.29 ± 2.61 ^{abc}	38.00 ± 3.35 ^{ab}	44.20 ± 2.48 ^{ab}	54.46 ± 2.02 ^{bc}
4	20	45	47.94 ± 1.45 ^{bc}	49.98 ± 1.40 ^{bc}	42.56 ± 1.32 ^{ab}	52.47 ± 1.32 ^b	68.71 ± 0.87 ^d
4	20	60	37.07 ± 6.73 ^{ab}	34.82 ± 6.98 ^{abc}	42.17 ± 7.36 ^{ab}	35.35 ± 7.03 ^{ac}	64.99 ± 3.75 ^{bd}
5	10	30	31.16 ± 7.65 ^a	31.15 ± 7.66 ^a	31.25 ± 7.52 ^{ac}	29.43 ± 7.84 ^a	57.70 ± 4.70 ^{bcd}
5	20	45	39.84 ± 7.94 ^{ab}	40.66 ± 7.83 ^{abc}	37.23 ± 7.87 ^{ab}	38.97 ± 8.01 ^{ab}	61.93 ± 5.02 ^{bcd}

31

(1) Base a materia seca

C (Concentración)

H (Humedad)

T (Tiempo)

ST (Paja sin tratar)

FDN Fracciones Neutro Detergentes

FDA Fracción Acido Detergente

a, b, c, d: Para cada columna los valores con istinta leteral son estadísticamente diferentes

(P < 0.05)

CUADRO XIII
 DESAPARICION IN SITU DE LAS FRACCIONES DE FIERA
 DE LA PAJA DE TRIGO TRATADA CON HIDROXIDO DE CALCIO BAJO
 DIFERENTES CONDICIONES DE CONCENTRACION, HUMEDAD Y TIEMPO.(1)

Tratamiento	F D N	F D A	Hemicelulosa	Celulosa
C H T				
ST	31.10 ± 1.99 ^{bc}	35.35 ± 1.87 ^{ab}	16.56 ± 2.42 ^{cf}	31.34 ± 1.99 ^{ab}
3 : 25 : 30	40.43 ± 7.09 ^{ab}	44.71 ± 0.31 ^{abc}	36.36 ± 0.28 ^a	46.29 ± 8.24 ^{ub}
3 : 35 : 30	49.48 ± 6.51 ^{ac}	53.07 ± 6.05 ^{ac}	38.08 ± 7.85 ^{ad}	48.67 ± 6.61 ^{nb}
3 : 35 : 45	37.11 ± 2.41 ^{ab}	39.06 ± 2.33 ^{abc}	31.56 ± 2.62 ^{ac}	35.97 ± 2.45 ^{ab}
3 : 35 : 60	55.63 ± 5.68 ^a	56.76 ± 5.53 ^c	67.23 ± 4.20 ^e	58.73 ± 5.28 ^b
5 : 25 : 30	36.89 ± 2.67 ^{ab}	37.72 ± 4.45 ^{ab}	14.14 ± 6.15 ^{bc}	33.14 ± 4.78 ^{ab}
5 : 35 : 45	25.31 ± 5.62 ^b	30.38 ± 5.25 ^b	13.96 ± 0.00 ^{bf}	23.38 ± 3.81 ^u
5 : 35 : 60	51.06 ± 9.30 ^{ac}	51.44 ± 0.00 ^{abc}	38.68 ± 1.87 ^{ad}	38.57 ± 18.78 ^{ab}
7 : 25 : 60	52.49 ± 9.60 ^{ac}	51.60 ± 9.78 ^{ac}	54.55 ± 9.19 ^{de}	51.79 ± 9.74 ^{ab}
7 : 35 : 30	42.13 ± 0.00 ^{ab}	43.78 ± 0.00 ^{abc}	37.44 ± 0.00 ^a	42.76 ± 0.00 ^{ab}
7 : 35 : 45	32.35 ± 3.76 ^{ab}	32.21 ± 3.75 ^b	32.67 ± 3.74 ^{ac}	31.31 ± 3.81 ^{ab}

(1) Base a Materia seca

C (Concentración)

H (Humedad)

T (Tiempo)

ST (Paja sin tratar)

FDN Fracciones Neutro Detergentes

FDA Fracciones Acido Detergentes

a, b, c, d, e, f: Para cada columna los valores con distinta literal son estadísticamente diferentes (P ≤ 0.05)

32

DISCUSION.

Las alteraciones en el color y la consistencia de la paja tratada con amoniaco anhidro, concuerdan con los resultados presentados por Martínez (26), Saenger, et al (43), Sundstøl, et al (49) y Tejeda, et al (51). La humedad no ocasionó problemas de crecimiento de moho y la ausencia de insectos en los tratamientos con NH_3 y $\text{Ca}(\text{OH})_2$, es un hecho observado por Sundstøl, et al (49) y Wais et al (58), no obstante Bass, et al (3) informa que en la investigación donde se utilizó 5% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con 60% de agua no sirve como alimento, ya que presenta crecimiento de moho a los 60 días.

El tratamiento donde se utilizó 4% de NH_3 , 20% de humedad por un tiempo de reacción del álcali de 45 días, (cuadro VIII) - tuvo un incremento promedio entre la digestibilidad in vitro y la desaparición de materia seca in situ de 44% en comparación con la paja sin tratar, siendo estos resultados similares a los observados por Herrera Saldaña et al (17), Miles y Gaskins (25) y Sundstøl, et al (49). El hecho de que con niveles superiores en NH_3 no se haya encontrado una digestibilidad superior, está de acuerdo a lo informado por Sundstøl et al (49) quienes indican que con niveles superiores de 3-4% de NH_3 con base a materia seca hay muy poca diferencia en la digestibilidad.

En cuanto al $\text{Ca}(\text{OH})_2$, cuando este compuesto se usó a una concentración de 3%, durante 30 días de reacción (cuadro IX), se encontro que había un aumento en la digestibilidad in vitro y de desaparición de materia seca in situ en promedio de 35% en comparación con la paja sin tratar. Por otro lado Klopfenstein (22) y Jackson (18) proponen que la combinación de NaOH con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tie-

nen mejores resultados que cuando se utilizan por sí solos. Sánchez (44) menciona que el KOH eleva la digestibilidad de la paja de trigo hasta 61% seguido por el NaOH de 60% y Ca(OH)_2 de 56%.

En el cuadro X se puede observar que en la paja de trigo - amoniataada el contenido de FDN disminuyó habiendo una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en los tratamientos 4:10:45, 4:10:60, 4:20:30 y 5:20:45 con respecto a la paja sin tratar, todos los - tratamientos restantes se mantuvieron iguales incluyendo el ---- 4:20:45; en relación a la FDA todos los tratamientos tuvieron di - ferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto a la paja sin tra - tar excluyendo al 4:20:30. En la concentración de celulosa no hu - bo cambios significativos ($P \leq 0.05$) con respecto a la paja sin - tratar. Por otra parte la hemicelulosa tuvo un aumento significa - tivo ($P \leq 0.05$) en los tratamientos 4:20:45, 4:20:60 y 5:10:30 en comparación con la muestra sin tratar; lo anterior se puede expli - car por el hecho de que la amoniataación produjo la hidrólisis de las uniones éster del complejo lignocelulósico, incrementando la solubilidad de la hemicelulosa (25,32,35,37,51), lo que ocasionó un decremento en la concentración de las paredes celulares -- (1,32,35,37,51), por otro lado la moniatización no tuvo efecto - sobre la celulosa, hecho observado por Jackson (19), Lindberg, et al (24), Tejeda, et al (51), Van Soest, et al (54).

Como se señala en el cuadro XI, el contenido de FDN en la paja de trigo tratada con Ca(OH)_2 en general disminuyó encontrándose diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) en los tratamientos 3:35:30, 3:35:45, 5:25:30, 5:35:45 y 5:35:60 con res - pecto a la paja sin tratar. En todos los tratamientos restantes no se observaron diferencias significativas. En cuanto a la celu - losa y hemicelulosa no hubo cambios significativos ($P \leq 0.05$).

En la paja tratada con los dos álcalis se observó una ligera disminución en la concentración de lignina con respecto a la muestra sin tratar, pero sin ser estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). Esta disminución es debido a la acción del amoníaco - sobre al complejo lignina-celulosa-hemicelulosa, en el cual éste saponifica los enlaces éster entre lignina, hemicelulosa y celulosa de las paredes celulares provocando hinchazón y aumento de flexibilidad de la fibra, incrementando el área de superficie de la celulosa y hemicelulosa para el ataque de las enzimas celolíticas de los microorganismos ruminales (8,23,43), este ocasionó que la hemicelulosa fuera más soluble en el caso del tratamiento con NH_3 , sin embargo, con el $Ca(OH)_2$ se solubilizaron ligeramente las paredes celulares, siendo estos resultados similares a los encontrados por Harber et al (16), Morres y Mowat (32) y Martínez (26).

El aumento de nitrógeno en la paja de trigo tratada con NH_3 (cuadro X) se puede explicar por la amoniatización, proceso que provoca el aumento del nitrógeno de un 41 a un 103% más en comparación con la paja sin tratar, siendo este aumento estadísticamente significativo ($P < 0.05$). Lo anterior concuerda con las investigaciones realizadas por Oji y Mowat (37) quienes al tratar el rastrojo de maíz con NH_3 a temperatura ambiente o elevada observaron que el contenido total de N_2 se incrementó entre un 64 y 100% respectivamente, así mismo, Sunistøl et al (49) tratando pajas con NH_3 encontraron que el contenido de N_2 por lo menos se duplica. Martínez (26) encontró que la cantidad de nitrógeno proteínico aumenta de un 0.32 a 1.42% en pajas tratadas con NH_3 anhidro. El incremento de N_2 que se observa al amoniatizar un forraje de mala calidad varía de un 28 a un 379% (1,21,25,35,43, 51,58); sin embargo, Herrera - Saldaña et al (17) informan un -

decremento que va de 13.5 a 18%. La retención de NH_3 se debe probablemente a la formación de sales, lo que provoca que no se evapore (1). La incorporación de N_2 está determinado por el tipo de paja, concentración del álcali, humedad de la paja, el tiempo de reacción y la temperatura ambiente (49), por otro lado, Dolberg et al (13), afirman que la fijación de nitrógeno es mayor en las variedades con alto contenido de nitrógeno original que las que presentan un escaso contenido.

Como se puede observar en los cuadros X y XI la concentración de cenizas en el tratamiento con NH_3 es similar a todos los tratamientos. No obstante en la paja de trigo tratada con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hay aumento considerable de cenizas debido al suministro de calcio en el tratamiento.

En cuanto al porcentaje de desaparición in situ de fracciones de fibra en la paja tratada con NH_3 (cuadro XII), la desaparición de FDN aumentó 60% en promedio en los tratamientos 3:10:45, 3:20:45 y 4:20:45, en comparación con la paja sin tratar habiendo significancia estadística ($F \neq 0.05$); este aumento concuerda con los informes de Lindberg et al (24), Morris y Mowat (32), Morrison y Brice (33) y Oji y Mowat (37), siendo de 12.3 a 20.2%. La desaparición in situ de FDA tuvo un aumento numérico de 43% en promedio en los tratamientos 3:10:45, 3:20:45 y 4:20:45 no habiendo significancia estadística ($F \neq 0.05$) con la paja sin tratar; Al-Rabbat y Hearney (1), Herrera-Saldaña et al (17), Morris y Mowat (37), Williams (59) y Zorrilla et al (60), quienes encontraron un incremento en la desaparición de FDA de un 12.0 - 44.6%. La desaparición in situ de hemicelulosa tuvo un incremento de 129 - 208% en los tratamientos 3:10:45, 3:20:45, 4:10:45, 4:20:30, 4:20:45, 4:20:60 y 5:20:45, habiendo significancia estadística ($P \neq 0.05$) -

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

de todos los tratamientos con respecto a la muestra sin tratar, lo cual ha sido observado con los trabajos de Males y Gaskins (25) Morris y Mowat (32) Nelson et al (34), Nelson et al (35), Oji y - Mowat (37), y Tejada y Cabezas (51), reportaron también un incremento en la desaparición de hemicelulosa.

La desaparición in situ de celulosa aumentó un 66% promedio de los tratamientos 3:10:35, 3:20:30, 3:20:45 y 4:20:45, habiendo una diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) con respecto a la muestra sin tratar; Al-Rabbat y Heaney (1), Lindberg - et al (24) y Oji Mowat (37) reportan un incremento que va de 39.2 63.4% de desaparición de celulosa con cordando con los resultados obtenidos.

La desaparición in situ de nitrógeno (cuadro XII) en todos los tratamientos aumentó considerablemente de 65-126% encontrándose diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) en comparación con la paja sin tratar; obteniéndose los valores más altos en los tratamientos en donde se utilizó 4% de NH_3 con 20% de humedad y 45 días, esto se debe a que la humedad juega un papel muy importante en la fijación del N_2 , y la paja amoniatazada presenta un aumento estadísticamente significativo ($P \leq 0.05$) en cuanto a la desaparición in situ del N_2 , esto también es informado por Al - Rabbat y Heaney (1), Males y Gaskins (25), y Morris y Mowat (32), indicando que los microorganismos del rumen lo emplearon para cubrir los requerimientos nutricionales de nitrógeno.

En cuanto al porcentaje de desaparición de fracciones de fibra in situ de la paja de trigo tratada con $Ca(OH)_2$ (cuadro XIII) la desaparición de FDN y FDA aumentó en un 79 y 60% respectivamente con el tratamiento 3:35:60, observándose diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) con la paja sin tratar, en los -

tratamientos restantes no se encontraron diferencias significativas. La desaparición in situ de hemicelulosa se elevó entre 119 y un 306% en los tratamientos 3:25:30, 3:35:30, 3:35:60, 7:25:60 y 7:35:30 con respecto a la paja sin tratar habiendo una diferencia estadística ($P \leq 0.05$). Por otro lado la desaparición in situ de celulosa presentó aumentos significativos ($P \leq 0.05$) con el tratamiento; sin embargo, existieron incrementos numéricos muy elevados de hasta un 87%, lo cual estuvo dado por las grandes desviaciones estándar. Estos resultados muestran que el tratamiento donde el álcali reaccionó por 60 días se obtuvieron mejores resultados lo que concuerda con Jackson (16) quién señala que el Ca(OH)_2 reacciona más lentamente por lo que es necesario dejarlo reaccionar durante 4 - 5 meses, para obtener mejores resultados.

CONCLUSIONES

- Las condiciones óptimas en cuanto a nivel de inclusión, porcentaje de humedad y tiempo de reacción en los tratamientos de la paja de trigo con amoníaco fueron: 3-4 % de NH_3 , 20% de humedad por un tiempo de reacción de 45 días.

- El Tratamiento con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ donde se obtienen mejores resultados con la desaparición in situ de fracciones de fibra, es cuando se deja reaccionar el álcali por un tiempo de 60 días.

- La amoniatización aumenta el contenido de nitrógeno y hemicelulosa (sin modificar la celulosa) de la paja.

- La humedad juega un papel muy importante en la fijación de N_2 amoniacal en la paja.

- El tratamiento con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ no provoca cambios en el contenido de hemicelulosa y celulosa.

- La amoniatización aumenta la desaparición in situ de hemicelulosa, celulosa y nitrógeno de la paja de trigo.

- El tratamiento con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ unicamente incrementa la desaparición in situ de hemicelulosa.

LITERATURA CITADA

- 1.- Al-Rabbat, M.J. and Heaney, D.P.: The effects of anhydrous-ammonia treatment of wheat straw and steam cooking of aspen wood on their feeding value and on ruminal microbial activity. I. Feeding value assessments using sheep. Can. J. Anim. Sci., 58 : 443-451 (1978).
- 2.- A.O.A.C. Oficial methods of analysis, 2 ed. Ed., Ass. Offic. Agric. Chem., Washintong, 1975.
- 3.- Bass, J.M., Parkins, J.J. and Fishwick, G.: The effect of Calcium hidroxide treatment on the digestibility of chopped
- 4.- Ben-Ghedalia, D. and Miron, J. : Effect of sodium hidroxide ozone and sulphur dioxide on the composition and in vitro - digestibility of wheat straw. J. Sci. Food Agric. 32 : 224-228 (1981)
- 5.- Ben-Ghedalia, D., Shefet, G. and Miron, J. : Effect the ozone and amonium hidroxide treatments on the composition and in vitro digestibility of cotton straw. J. Sci. Food Agric., 31 : 1337-1342 (1980).
- 6.- Brown, G.F., Armstrong, D.G. and Mac Rae, J.C. : The establishment in one operation of a canula into the rumen and - reetrant canula into the duodenum and ileum of the sheep. - Br. Vet. J., 124 : 78-82 (1968)
- 7.- Calderon, G.E., Rojas., Shimada, A.S. y Perez, C.C. : Alimentación de becerros con rastrojo de maíz tratado con álcali. Vet. Mex., 6 : 92-95 (1975)
- 8.- Capper. B.S., Morgan, D.J. and Parr, W.H. : Alkali-treated-roughages for feeding ruminants: a review. Trop. Sci., 19 : 73-88 (1977)
- 9.- Carrillo, M. : Tratamiento de paja con amoniaco anhidro --- para la alimentación del ganado. Primer simposio sobre aprovechamiento de esquilmos agricolas y subproductos industriales para la alimentación animal. Dirección General de aprovechamiento forrajero, México, 1982
- 10.- Castañeda, E., Espinosa, J., Sierra, J. y Riveroll, A. : --- Esquilmos Agrícolas. Primer Simposio sobre aprovechamiento de esquilmos agrícolas y subproductos industriales para la alimentación animal. Dirección General de aprovechamiento Forrajero, México, 1982

- 11.- Church, D.C. : Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Ed. Acriba, Zaragoza, España, 1974
- 12.- Dehority, B.A. : Hemicelulose degradation by rumen bacteria. Fed. proc., 32 : 1819-1825 (1973)
- 13.- Diaz, T.N., Llamas, G.L. y Gómez, P.A. : Paja de trigo tratada con amonio gas y dos fuentes de energía para novillos en crecimiento. Reunión de Investigaciones Pecuarias en México. : 684-687 (1983).
- 14.- Dirección de Alimentación Animal y Recursos Forrajeros : -- Tratamiento de Esquilmos agrícolas con amoniaco anhidro. -- Informe 1985-1986, Subsecretaria de desarrollo y fomento -- agropecuario y forestal. Dirección General de Normativa Pecuaria, México, 1986
- 15 Gohl, B.I. : Los subproductos de los citrus para la alimentación del ganado. Rev. Mundial de Zoot., 6 : 24-27 (1973)
- 16.- Habers, L.H., Kreitner, G.L., Davis, Jr., Ramussen, M.A. -- and Corah, L.R. : Ruminal digestion of ammonium hidroxide - treated wheat straw observed by scanning electron microscopy. J. Anim. Sci., 54 : 1309-1319 (1982)
- 17.- Herrera-Saldaña, R. Church, D.C. and Kellems, R.O. : The effect of ammoniation treatment on in take a nutritive value of wheat straw. J. Anim. Sci., 54 : 603-608 (1982).
- 18.- Jackson, M.G., : Métodos de tratamiento de la paja para la alimentación animal. Estudio FAO de Producción y Sanidad Animal, 10, Roma, 1978.
- 19.- Jackson, M.G. : Review article : The alkali treatment of - straws. Anim. Feed Sci. Techno, 2 : 105-130 (1977).
- 20.- Kentom, T.J. : El uso de las bolsas de nylon para caracterizar el potencial de degradabilidad de alimentos para el rumiante. Prod. Anim. Trop., 5 : 115-126 (1980).
- 21.- Kernan, J.A., Crowle, W.L., Spurr, D.T. and Coxworth, E.C. : Straw quality of cereal cultivars before and after treatment with anhydrous ammonia. Can. J. Anim. Sci. 59 : 511-517
- 22.- Klopfenstein, T.J. : Chemical treatment of crop residues. J. Anim. Sci., 35 : 841-846 (1978).

- 23.- Klopfenstein, T.J., Krause, V.E., Jones, M.J. and Woods, W. Chemical treatment of low quality roughages. J. Anim. Sci., 35 : 418-422 (1972)
- 24.- Lindberg, J.E., Ternrud, I.E. and Theander, O. : Degradation rate and chemical composition of diferent types of álkali - treated straws during rumen digestion. J. Sci. Food Agric., 35 : 500-506 (1984)
- 25.- Males, J.R. and Gaskins, G.T. : Growth nitrogen retention . dry matter digestibility and ruminal characteristics associated with ammoniated straw diets. J. Anim. Sci., 55 : 505-515 (1982).
- 26.- Martínez, A.A.M.M. : Crecimiento de borregos alimentado con rastrojo de maíz tratada con NH anhidro. Tesis de licenciatura, Fac. de Med. Vet y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México, Mex. D.F. (1985).
- 27.- Mc Carthy, D.B., Richardson, C.R. and Albin, R.C. : Digestibility of sulfur dioxide treated mesquite in lambs. J. Anim. Sci. : 51 (suplem. 1): (1980).
- 28.- Mc Donald, P., Edwards, R.A. and Greenhalgh, J.F. : Animal Nutrition. 2nd. Ed. Longman, U.S.A., 1973
- 29.- Mehrez, A.Z. and Ørskov, E.R. : A study of the artificial - fibre bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. J. Agric. Sci. Camb. 88 : 645-650 (1977).
- 30.- Mincon, D.J. and Mc Lead, M.N. : The in vitro technique its modification for stimating digestibility of large numbers - of tropical pasture samples. Division of Tropical Pasture, - Technical paper No. 8 : Research Organization Australia L-5 (1972).
- 31.- Moyz, G. : Amoniacó anhidro para aumentar el valor nutritivo del esquilmo agrícola. Primer simposio sobre aprovechamiento de esquilmos agrícolas y subproductos industriales - para la alimentación animal. Dirección General de aprovechamiento Forrajero. México, 1982.
- 32.- Morris, P.J. and Mowat, D.N. : Nutritive value of ground -- and / or ammoniated corn stover. Can. J. Anim. Sci., 60 : - 327-238 (1980).

- 33.- Morrison, I.M. and Brice, R.E. : The digestion of untreated and ammonia-treated barley straw in an artificial rumen. - Anim. Feed Sci. Technol., 10 : 229-238 (1984).
- 34.- Nelson, M.L. Klopfenstein, T.J. and Britton, R.A. : Protein Supplementation of ammoniated roughages. I Concorbs Supplemented with a blood meal-corn gluten meal mixture-Lambs studies. J. Anim. Sci., 59 1601-1609 (1984).
- 35.- Nelson, M.L., Rush, I.G. and Klopfenstein, T.J. : Proteinsupplementation of ammoniated roughages, II-Eheat straw supplemented with alfalfa, blood meal or soybean meal to wintwring steeres. J. Anim. Sci., 61 : 245251 (1985).
- 36.- O'Donovan, B.P. : Posibilidades para la alimentación del ganado con subproductos tropicales. Rev. Mundial. de Zoot. 13 : 32-37 (1975).
- 37.- Oji, V.I. and Mowat, D.N.: Nutritive value of therms ammonia ted and Steam treated maize stover I. Intake digestibility - and Nitrogen retention. Anim. Feed. Sci. Technol., 4 : 177-186 (1979).
- 38.- Ørskov, E.R. and Hovell, F.D. : Digestión ruminal del heno - (medida a través de dacrón) en el ganado alimentado con caña de azúcar o heno pangola. Prod. Anim. Trop., 3 : 9-11 (1978).
- 39.- Ortega, D.M.E., Can, A.B., Herrera, P.F., Pérez-gil, R.F. : Efecto de la inoculación del hongo Comestible (Pleurotus-Ostreattus) en la composición química y digestibilidad de la paja de cebada. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 26 : 345-350 (1986).
- 40.- Pigden, W.J. y Bender, F. : Aprovechamiento de la Ligno-- lulosa por los rumiantes. Rev Mundial de Zoot., 4 : 7-10 - (1972).
- 41.- Pigden, W.J. an Heaney, D.P. : Lignocelulose in rumiant --- nutrition. In celulosas and Their aplicaciones. 245-261. Washintong, D.C. American Chemical Society. Advances in Chemistry Series 96 (1969)
- 42.- Rexen, F. : The effect on digestibility of a new Technique for álkali treatment of straw. Anim. Feed. Sci. Tech, 1 --- 73-83 (1976).

- 43.- Saenger, F., Lemerager, R.P. and Hendrix, K.S. : Anhydrous ammonia treatments of corn stover and its effects on digestibility intake and performance of beef cattle. J. Anim. Sci., 54 : 419-425 (1982).
- 44.- Sánchez, E.J. : Cambios en la composición química y digestibilidad de forrajes de baja calidad nutritiva, mediante el uso de diversos compuestos químicos. Tec. Pec. Mex., 31 68-74 (1976).
- 45.- S.A.R.H. : Producción anual de esquilmos agrícolas y subproductos industriales para la alimentación animal, (1986).
- 46.- S.A.S. User's guide. Statistical Analysis System. Instituto, Inc., Cary., 1979.
- 47.- Streater, C.L. and Horn, G.W. : Effect of treatment of wheat straw with ammonia and peracetic acid on digestibility in vitro and cell wall composition. Anim. Feed. Sci. Technol. 7 : 325-329 (1982).
- 48.- Steet, R.G.D. and Terrie, J.H. : Principles and Procedures of statistical and biometrical approach. 2nd. Ed., Mc. Coraw Hill. Kega. Kuska. Tokio, 1980.
- 49.- Sundstøl, F., Coxworth, E. y Mowat, D.N. : Mejoramiento del valor nutritivo de la paja mediante tratamiento con amoníaco. Rev. Mundial de Zoot., 26 : 13-21 (1978),
- 50.- Tejada de Hernández, I. : Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Depo. de Divulgación Técnica I.N.I.P. S.A.R.H. México, 1983.
- 51.- Tejada, R., Murillo, B. y Cabezas, M.T. : Paja de trigo tratada con amoníaco como sustituto del ensilaje de maíz para corderos en crecimiento. Prod. Anim. Trop. 4 : 173-178 (1979).
- 52.- Tilley, J.M.D. and Terry R.A. : Two stage technique for the in vitro digestion of forages. J. Brit. Soc., 18 : 104-109 (1963).
- 53.- Van Soest, P.J. : Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for determination of fiber and lignin. J. Assoc. Off. Agric. Chem., 46 : 829-835 (1963)

- 54.- Van Soest, P.J., Mascarenhas, F.A. and Hartley, R.D. : Chemical proprieties of fibre in relation to nutritive quality of ammonia-treated forages. Anim. Feed. Sci. Tec., 10 :----155-164 (1984).
- 55.- Van Soest, P.J. and Wine, R.H. : Use of detergent in the analysis of fibrous feed. IV. Determination of plant cell wall constituents. J. Assoc. Off. Agric. Chem., 50 : 50-55 (1967).
- 56.- Van Soest, P.J. and Wine, R.H. : Determination of lignin -- and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. J. Assoc. Off. Agric. Chem., 51 : 780-785 (1968).
- 57.- Waagepetersen, J. and Vestergaard, T.K. : Effect on digestibility and nitrogen content of barley straw of different ammonia treatments. Anim. Feed. Sci. Tec., 2 : 131-142 ---- (1977).
- 58.- Weiss, A.C. Guggolz, J. Kohler, G.O., Walker, H.G. and Gument, W.N. : Improving digestibility of straws for ruminant feed by acous ammonia. J. Anim. Sci., 35 : 109-112 ---- (1972).
- 59.- Williams, P.E.V. : Digestibility studies on ammonia - treated straw. Anim. Feed. Sci. Tec., 10 : 213-222 (1984).
- 60.- Zorrilla-R., J., Owens, F.N., Horn, G.W. and Mc New, R.W. - Effect of ammoniation of wheat straw on performance and digestion Kinetics in cattle. J. Anim. Sci., 60 : 814-821 - (1985).