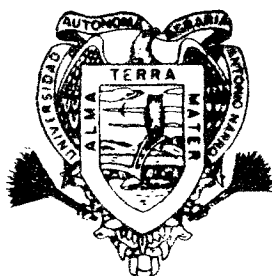


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"



DIETAS PARA BOVINOS A BASE DE RASTROJO  
DE MAIZ  
TRATADO QUIMICAMENTE CON AMONIACO  
ANHIDRO

FRANCISCO JAVIER VALDES OYERVIDES

**T E S I S**

Presentada como requisito parcial  
para optar al Grado Académico de:  
MAESTRO EN CIENCIAS  
ESPECIALIDAD CIENCIA ANIMAL

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"

DIETAS PARA BOVINOS A BASE DE RASTROJO DE MAIZ  
TRATADO QUIMICAMENTE CON AMONIACO ANHIDRO

FRANCISCO JAVIER VALDES OYERVIDES

T E S I S

Presentada como requisito parcial  
para optar al Grado Académico de:

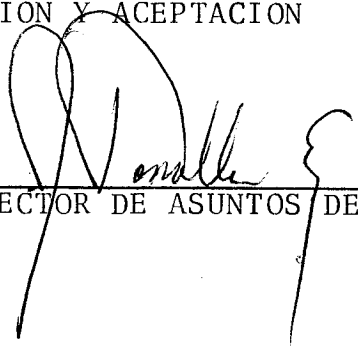
MAESTRO EN CIENCIAS  
ESPECIALIDAD CIENCIA ANIMAL

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA

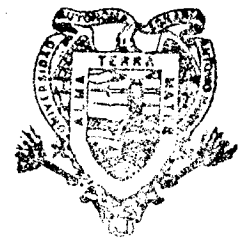
DIETAS PARA BOVINOS A BASE DE RASTROJO DE MAIZ  
TRATADO QUIMICAMENTE CON AMONIACO ANHIDRO

Tesis preparada por: FRANCISCO JAVIER VALDES OYERVIDES  
como requisito parcial para optar al grado académico  
Maestro en Ciencias.

APROBACION Y ACEPTACION



SUB-DIRECTOR DE ASUNTOS DE POSTGRADO



FECHA:

BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBON  
BANCO DE TES  
U.A.A.N.

COMITE PARTICULAR DE TESIS

ASESOR PRINCIPAL:

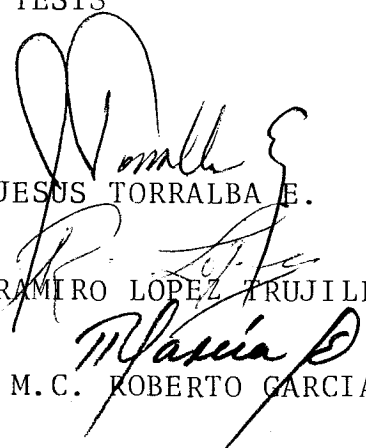
DR. JESUS TORRALBA E.

ASESOR:

DR. RAMIRO LOPEZ TRUJILLO

ASESOR:

ING. M.C. ROBERTO GARCIA E.



## RECONOCIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por brindarme su apoyo para la realización de este trabajo.

Mi profundo y sincero agradecimiento al Campo Agrícola Experimental de Pabellón Aguascalientes por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

Al Ing. M.C. Antonio Valdés Oyervides, Coordinador Regional del Campo Agrícola Experimental de Pabellón, Ags., por sus valiosas intervenciones de asesoría en este trabajo.

Al Ing. M.C. Rolando Herrera Saldaña, investigador del Programa de Forrajes del Campo Agrícola Experimental de Pabellón, Ags., por su brillante e importante función de asesor para el logro de mis objetivos.

Al Dr. Jesús Torralba Elguézabal, Maestro-investigador de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" por toda la ayuda brindada durante el desarrollo de mi trabajo.

Al Dr. Ramiro López Trujillo, Maestro-investigador de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", por sus siempre bien dispuestos consejos y comentarios para realizar este

escrito.

Al Ing. Jaime M. Rodríguez del Angel, Maestro-investigador de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", por su valiosa colaboración para desarrollar el aspecto estadístico de este estudio.

A todos mis maestros y compañeros.

DEDICATORIA

Con Amor  
a mi esposa Laura, por su  
gran apoyo moral

Con Cariño  
a mis hijos Hildebrando y  
Francisco Javier

Con Respeto y Cariño  
a mis padres,  
Hildebrando Valdés Flores<sup>+</sup>  
y  
Ramona O. de Valdés

Con gran afecto a mis hermanos.

## INDICE

	Pag.
INDICE DE CUADROS.	
1. INTRODUCCION.	1
2. REVISION DE LITERATURA.	4
2.1. Los Forrajes y su Clasificación.	4
2.2. Utilización de Residuos Agrícolas por los Rumiantes.	7
2.3. Tratamiento Físico de los Forrajes.	9
2.4. Tratamiento Químico de los Forrajes.	12
3. MATERIALES Y METODOS.	18
3.1. Composición de las Dietas y Duración de los Ensayos.	22
3.1.1. Primer Ensayo.	22
3.1.2. Segundo Ensayo.	24
3.2. Análisis Químicos.	24
3.2.1. Primer Ensayo.	24
3.2.2. Segundo Ensayo.	25
3.3. Diseño Experimental.	25
3.3.1. Primer Ensayo.	25
3.3.2. Segundo Ensayo.	25
4. RESULTADOS Y DISCUSION.	26
4.1. Primer Ensayo.	27
4.2. Segundo Ensayo.	35
5. CONCLUSIONES.	39

	Pag.
5.1. Primer Ensayo.	39
5.2. Segundo Ensayo.	40
6. RESUMEN.	41
7. LITERATURA CITADA.	45



## INDICE DE CUADROS

	Pag.
CUADRO 1. COMPOSICION EN BASE A MATERIA SECA DE LAS DIETAS EMPLEADAS PARA EVALUAR EL EFECTO DEL TRATAMIENTO DEL RASTROJO DE MAIZ CON AMONIACO ANHIDRO. PRIMER ENSAYO.	19
CUADRO 2. COMPOSICION EN BASE A MATERIA SECA DE LAS DIETAS EMPLEADAS PARA EVALUAR EL EFECTO DEL RASTROJO DE MAIZ CON AMONIACO ANHIDRO. SEGUNDO ENSAYO.	20
CUADRO 3. COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD DE LAS SEIS DIETAS CORRESPONDIENTES AL PRIMER ENSAYO.	28
CUADRO 4. INCREMENTOS EN DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA (M.S.), MATERIA ORGANICA (M.O.), PROTEINA CRUDA (P.C.) Y FIBRA ACIDO DETERGENTE (F.A.D.), POR EFECTO DEL TRATAMIENTO CON NH <sub>3</sub> AL RASTROJO DE MAIZ EN RELACION A LAS DIETAS BASADAS EN RASTROJO DE MAIZ SIN TRATAR. PRIMER ENSAYO.	30
CUADRO 5. CONSUMO POR DIA POR ANIMAL EN LAS SEIS DIETAS CORRESPONDIENTES AL PRIMER ENSAYO.	32
CUADRO 6. INCREMENTOS DE PESO LOGRADOS POR TOROS EN EL PRIMER ENSAYO.	34
CUADRO 7. INCREMENTOS DE PESO LOGRADOS POR LOS TOROS EN EL SEGUNDO ENSAYO.	36

## 1. INTRODUCCION

México tiene una alta tasa de crecimiento demográfico con fuertes repercusiones sobre la disponibilidad presente y futura de alimentos básicos, especialmente aquellos que son fuente de proteína animal, como carne y leche. La creciente demanda de granos para la alimentación humana limita cada vez más el uso de éstos en las explotaciones bovinas. Por otro lado, los altos costos de forrajes de buena calidad hacen generalmente inabordable la producción de alimentos de origen animal. Bajo esta situación es urgente crear nuevas alternativas de producción que limiten al máximo el uso de los granos en la alimentación de rumiantes para reducir los costos de producción y evitar competencia con el humano.

El interés por la utilización de residuos agrícolas en la alimentación de rumiantes se ha venido incrementando mundialmente en los últimos años, a medida que la disponibilidad de granos se reduce; en México se producen alrededor de 60 millones<sup>1</sup> de toneladas de residuos agrícolas, de los cuales el rastrojo de maíz y sorgo y paja de trigo respectivamente representan el 58 y 15% (DGEA, 1978). Estos residuos son usados parcialmente como un complemento durante las épocas de sequía. Sin embargo en su mayoría estos residuos son dejados en el campo para pos-

---

1. Producción estimada en relación grano-forraje de 1:1.

teriormente incorporarlos al suelo y servir como abono orgánico, mientras que en otros países son utilizados como fuente importante en la alimentación de rumiantes (Todorov, 1975).

Los residuos agrícolas representan en potencia una fuente de alimento para los rumiantes, pero debido a su alto contenido de lignina en la mayoría de las ocasiones no satisfacen los requerimientos nutritivos de mantenimiento. Está comprobado que el grano de maíz y rastrojo de maíz puede producir la misma cantidad de energía bruta (Anderson, 1978). Sin embargo, si el rumiante ingiere ambos obtiene más beneficio de los granos que de los forrajes. La liberación de energía de los forrajes está limitada al potencial de digestibilidad típico de los rumiantes, lo cual no permite utilizar éstos en un nivel similar a los granos.

De acuerdo a lo expresado, Stuart (1977), el bajo valor nutritivo de los forrajes se atribuye a lo siguiente: a) El alto contenido de lignina disminuye la digestibilidad de la celulosa y demás carbohidratos estructurales; b) La baja digestibilidad del material ingerido y su forma física tosca y voluminosa aumenta el llenado del rumen con las fracciones no utilizables que reducen drásticamente la ingestión voluntaria; c) La fermentación ruminal de estos materiales produce una elevada proporción de ácido acético, el cual es utilizado con muy baja eficiencia para los procesos productivos de los animales en engorda.

Diversos métodos físicos y químicos han sido desarrollados tendientes a elevar la digestibilidad de la materia seca de los residuos agrícolas; en muchos países el tratamiento de pajas y rastrojos con hidróxido de sodio (NaOH) o amoníaco anhidro ( $\text{NH}_3$ ) han producido resultados promisorios (Horton, 1978; Pfenstein, 1978; Rexen, 1979; Van Hoeke y Cottyn, 1979), destacándose ventajosamente el método de la "amonificación", el cual a la vez que incrementa la digestibilidad del forraje, aumenta el contenido protéico de éste al impregnarse de nitrógeno proveniente del  $\text{NH}_3$ . Otra valiosa ventaja de este método es que a diferencia del tratamiento con NaOH no requiere agua. Este método es muy apropiado en nuestro país ya que las áreas temporeras son típicas de la producción de forrajes factibles al tratamiento. En México existen muy pocas experiencias reportadas sobre el uso del método de "amonificación" de pajas y rastrojos.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar diferentes dietas hechas a base de rastrojo de maíz tratadas con  $\text{NH}_3$  ofrecidas a toros bajo condiciones de estabulación.

## 2. REVISION DE LITERATURA

La alta disponibilidad de los residuos agrícolas tales como pajas de trigo, cebada, avena y rastrojos de maíz y sorgo representan un gran potencial forrajero susceptible de ser más eficientemente aprovechado; como mínimo un kilogramo de residuo de cereal es producido por cada kilogramo de grano (Klopfenstein, 1978). Esto ha despertado el interés de los investigadores por elevar el bajo valor nutritivo de estos forrajes y a la fecha se tienen resultados promisorios (Bolsen et al 1977).

El uso de residuos de cosecha está relacionado principalmente con el tipo de residuo cosechado y su disponibilidad y calidad de sus nutrientes para satisfacer los requerimientos de los animales y por otro lado se requiere que los costos de corte, manejo, transporte, almacenamiento y procesamiento sean lo suficientemente bajos para competir con otras fuentes de nutrientes (Ward, 1978).

### 2.1. Los Forrajes y su Clasificación

De acuerdo a la clasificación internacional de alimentos, las pajas y rastrojos están comprendidos dentro del grupo de forrajes toscos pertenecientes al primero de los ocho grupos, junto con la harina de alfalfa, heno de gramíneas y legumino-

sas, cascarillas de semillas, etc. Estos forrajes se caracterizan por su alto contenido de fibra mayor al 18% (Crampton y Harris, 1969). Sin embargo, esta clasificación es un tanto arbitraria si consideramos que desde un punto de vista de la utilización de sus nutrientes por el animal existen variaciones considerables entre henos de gramíneas y leguminosas y las pajas de cereales. Church (1980), señala que las características generales de los forrajes toscos son las de ser alimentos voluminosos con poco peso por unidad de volumen, la mayoría de ellos presentan un alto contenido de material clasificado como paredes celulares compuestas por altas y variadas cantidades de celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice y son pobres en carbohidratos fácilmente utilizables, si se comparan con los granos, de acuerdo con esto Van Soest (1971, citado por Healt et al., 1973), señala una gran variación en la disponibilidad de los constituyentes de la pared celular de los forrajes toscos y que los factores que limitan su utilización están en función de grados de lignificación, cutinización y silicificación. La lignina es un polímero tridimensional que tiene un esqueleto de fenilpropano que está fuertemente ligado a los carbohidratos estructurales que limitan la digestibilidad de la celulosa y hemicelulosa debido a que se establece una barrera que impide el ataque biológico y digestión de los componentes de la fibra (Van Soest, 1970). Las pajas de cereales poseen un alto grado de lignificación lo que limita grandemente la utilización de los carbohidratos estructurales (Stuart, 1977).

Church (1980), caracteriza a los rastrojos de maíz y sorgo como alimentos altos en fibra y lignina y que además son bajos en contenido de proteína (3 - 6%), baja digestibilidad, baja energía neta y nulo contenido de caroteno, vitaminas y minerales. En relación a esto Crampton y Harris (1969) reconsideran los forrajes conforme a su energía disponible, mencionando, por ejemplo, un pasto de crecimiento activo posee entre 60 a 65% de nutrientes digestibles totales y 2,750 kcal de energía metabolizable por kilogramo de materia seca, suficiente para llenar los requerimientos de una vaca, mientras que las pajas de cereales poseen en promedio de 35 a 40% de nutrientes digestibles totales y 1,350 kcal por kilogramo de materia seca de energía metabolizable insuficiente para llenar los requerimientos de mantenimiento de una vaca, por lo que es necesario suplementar energía metabolizable, proteína cruda, fósforo y calcio. Sin embargo, Church (1980) señala la importancia de utilizar los materiales fibrosos en la alimentación de los rumiantes ya que ayudan a la producción de saliva, motilidad del rumen y al flujo uniforme de la digesta a través del tracto gastro-intestinal, además de ayudar a mantener una relación adecuada de ácidos grasos volátiles. Sin embargo, en los últimos años la utilización de residuos de cereales va más allá de contribuir únicamente al buen desarrollo fisiológico del rumiante por lo que actualmente en muchos países del mundo se vienen utilizando como componentes básicos de raciones en sistemas intensivos de producción de carne (Anderson, 1978).

## 2.2. Utilización de Residuos Agrícolas por los Rumiantes.

Los resultados experimentales indican que los residuos agrícolas poseen un bajo valor nutritivo. Según Haines y Le Grand, (1961) el cogollo de caña se puede ofrecer a los animales como forraje de invierno, pero éstos pierden peso. De Alba (1971) reporta algunas experiencias con vacas lecheras que recibían cogollo de caña o forraje de Napier, como parte de la ración, resultando que las vacas que recibieron cogollo de caña consumieron y produjeron menos que las que recibieron Napier. Del mismo modo, Haines y Le Grand (1961), que analizaron la potencialidad de los residuos de caña de azúcar, señalan que el cogollo de caña no ofrece ningunas ventajas para la alimentación de ganado y que es preferible dejarlo en el campo como fuente de materia orgánica. Los resultados encontrados en la paja de arroz no difieren mucho de los anteriores. Oh et al. (1971) reportan que este forraje apenas cubre las necesidades de mantenimiento cuando se suministra como única fuente energética a carneros adultos.

Church (1980) menciona que los rastrojos de maíz y sorgo pueden ser utilizados como base en las dietas de vacas reproductoras de carne, excepto durante la última etapa de preñez y durante la lactancia; para bovinos en crecimiento puede incluirse la dieta hasta el 50% de rastrojo, no afectando las ganancias de peso aunque la eficiencia de conversión sea menor.



Los residuos de cosecha de maíz, trigo, avena, cebada, etc., se utilizan en muchos países como fuente importante de forraje, sin embargo, el utilizarlos en grandes proporciones en la dieta y en la forma tradicional, en muchos casos, resulta poco práctico ya que de acuerdo a lo expresado por varios investigadores, estos alimentos vacían el tracto digestivo y por tanto la digestibilidad es mínima, se reduce la utilización de los nutrientes y aumenta la excreción metabólica fecal (Todorov, 1975). Existen diversos factores que hacen variar la digestibilidad de las pajas y rastrojos, de los cuales los más importantes son: factores intrínsecos al forraje (especie, variedad, medio ambiente, método de corte y manejo) y el otro es la forma en que el forraje es ofrecido al animal (composición de la dieta y nivel de la paja en la misma). En relación a esto, Jackson (1978) señala que la digestibilidad de la paja puede reducirse cuando el nivel del concentrado sobrepasa el 30% en la dieta, además de que el consumo de paja se reduce.

La tendencia actual en la alimentación con grandes cantidades de forraje tosco, está fundamentalmente en la manipulación de tres factores: a) Estimulación de la acción bacteriana en el rumen; b) Tratamiento físico de los forrajes tales como picado, molido, peletizado, etc., y c) El uso de alimentadores automáticos para facilitar la alimentación ad libitum de los animales (Bolsen et al. 1977), tratar los forrajes físicamente ya sea molerlos o picarlos y combinarlos por ejemplo

con melaza y uréa parecen presentar mayores ventajas para los rumiantes que cuando estos alimentos son ofrecidos tal como son cortados, ya que si bien no poseen un alto valor nutritivo como en el caso de los granos, si poseen cualidades para poder substituir parte de éstos en las raciones. Si a esto agregamos que los forrajes sean tratados químicamente, dichas cualidades se elevarán considerablemente. El resto de esta revisión estará dedicada a la recopilación de información relacionada con los tratamientos físicos y/o químicos y su contribución a elevar el valor nutritivo de los residuos agrícolas.

### 2.3. Tratamiento Físico de los Forrajes

El consumo voluntario y la digestibilidad de los alimentos son parte primordial del valor nutritivo (Rexen, 1979). Raymond (1968, citado por Waldo, 1970) expresa el valor nutritivo de un forraje como el producto del consumo voluntario por la digestibilidad y por la eficiencia de utilización de sus nutrientes. En relación a esto, Jackson (1978) expresa que el objetivo del tratamiento de pajas y rastrojos es incrementar la digestibilidad y/o consumo voluntario.

El tratamiento físico consiste en tratar mecánicamente a las pajas, ya sea molerlas, picarlas, peletizarlas, etc. El tratamiento mecánico no mejora la digestibilidad pero el consumo si se incrementa; resultados experimentales muestran que

el efecto del molido o peletizado se refleja en una pequeña disminución de la digestibilidad (5 - 10%) y un incremento notable en el consumo voluntario (Beardsley, 1964; Moore, 1964; Pigden y Heaney, 1969). Estos hechos son explicables basándose en las características de los procesos digestivos de los rumiantes. Balch y Campling (1962) expresan que el consumo voluntario de los forrajes fibrosos está regulado por la rapidez de degradación hasta el tamaño de partícula adecuada para pasar el agujero retículo omasal, en cambio en el forraje tratado mecánicamente el agujero retículo-omasal no obstruye el vaciado del rumen, disminuyendo el tiempo de retención en dicho órgano. En relación a esto, Thorton y Minson (1972) expresan que el consumo voluntario está relacionado en forma inversa con el tiempo de retención, de forma que una disminución de este último se refleja fuertemente en un incremento del consumo. Greenhalgh y Wainman (1972) encontraron que en las dietas a base de forrajes toscos molidos se origina un incremento en el consumo y ganancia de peso con novillos y que esto es debido al efecto del molido, ya que a pesar de que la digestibilidad disminuye, se incrementan los valores de energía útil porque los nutrientes que son digeridos se utilizan más eficientemente por el animal. Esto es explicable por lo señalado por Gill et al., (1969) de que la velocidad de digestión de la celulosa y los carbohidratos estructurales es proporcional a la superficie libre que presentan los forrajes. Congruente a esto, Milne y Campling (1972) encontraron una disminución de

27% en el tiempo de retención de la paja de arroz en forma de comprimidos, causando una disminución en la digestibilidad de un 10%, en cambio el consumo voluntario se incrementó en un 30% produciendo un aumento de energía neta disponible de un 11%. Similares resultados fueron encontrados por Fernández y Greenhalgh (1972) resultando un incremento de 30% en el consumo voluntario en paja de trigo molida con respecto a la picada y un 15% de energía digestible.

Otro método físico que a diferencia del anterior incrementa considerablemente la digestibilidad de los forrajes toscos es el tratamiento con vapor caliente. El mecanismo de reacción con este tratamiento está relacionado con la acción de delignificación y la liberación de los ácidos orgánicos derivados de los grupos acetil de la estructura de lignocelulosas. (Guggo *et al.* 1971) reportan incrementos de alrededor de 119% en la digestibilidad de los zacates que fueron tratados con vapor caliente al parecer y de acuerdo con lo reportado con diversos investigadores, los coeficientes de digestibilidad de los forrajes alcanzan sus máximos valores cuando se combina el tratamiento con vapor y la adición de compuestos químicos como hidróxido de sodio (NaOH) o amoníaco anhidro (NH<sub>3</sub>). Sin embargo, Rexen (1979) expresa que los tratamientos con vapor caliente pueden ser muy eficientes para elevar la digestibilidad de los forrajes, aunque presentan el inconveniente de necesitar equipo muy sofisticado con altas inversiones de capital.

#### 2.4. Tratamiento Químico de los Forrajes

Al añadir compuestos químicos tales como NaOH ó  $\text{NH}_3$  a los forrajes tratados físicamente, se ha demostrado que se incrementa en igual forma la digestibilidad y el consumo voluntario (Jelks, 1976). El método químico más popular ha sido el tratamiento de pajas y rastrojos con NaOH; éste originalmente fue desarrollado por Beckman (1919) citado por Stuart (1977), y al parecer ha dado resultados satisfactorios lográndose incrementos en digestibilidad de hasta 20%. Sin embargo, el método presenta el inconveniente de que se requieren grandes volúmenes de agua para lavar el alcali retenido por la paja, además de que ocurren pérdidas considerables de materia seca en el proceso de lavado. Este método ha resultado incosteable ya que los costos de procesamiento son demasiado altos (Chandra y Jackson, 1971). Investigaciones por Wilson y Pigden (1964) han logrado reducir considerablemente el uso de agua en el tratamiento con NaOH, sin embargo los incrementos en digestibilidad son muy inferiores a los logrados por el método "Beckman".

El efecto del NaOH sobre los forrajes es explicado por Beckman (1919 y 1921, citados por Stuart, 1977), señalando que en las condiciones de tratamiento por él establecidas, la lignina es removida hasta en un 50% además de una gran parte del ácido silícico presente. En relación a esto, Stuart (1977) afirma que el incremento en la digestibilidad de la celulosa

tratada con NaOH se atribuye a la remoción de la lignina y de sílice, aunque también el efecto mecánico se considera importante en la separación de las paredes celulares. Summers y Sherrod (1974) y Ololade et al. (1970) agregan que el tratamiento con alcalis eleva considerablemente la digestibilidad de muchos forrajes, por delignificación y por hinchazón de los pliegues de la pared celular, lo que permite gran degradación enzimática. Rexen (1979) menciona que en el tratamiento con bases químicas ocurren cambios físicos y químicos que mejoran la disponibilidad de los componentes de la pared celular. Sin embargo, estos cambios son de naturaleza compleja y aún no existe explicación en detalle.

El método químico que parece tener mayores ventajas y el cual se ha popularizado en los últimos años, es el método de "amonificación" en el cual se utilizan sustancias químicas tales como  $\text{NH}_3$  gaseoso o hidróxido de amonio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ); este método fue desarrollado por Sundstol et al. (1978). El tratamiento de forrajes con este método no únicamente incrementa la digestibilidad y consumo voluntario sino también el contenido de proteína cruda y por otro lado no requiere agua para el tratamiento por lo que no existen pérdidas de materia seca (Streeter et al. 1979). En relación a estas ventajas, Jackson (1978) señala que a diferencia del tratamiento con NaOH, el  $\text{NH}_3$  no deja residuos de alcalis en las pajas, lográndose además un incremento notable en el contenido de nitrógeno. Sin embargo, el  $\text{NH}_3$  es considerado una base más débil que el NaOH y por

tanto los incrementos en la digestibilidad son inferiores. Al Rabbat y Heaney (1978b) y Horton y Steacy (1979) mencionan que el incremento de nitrógeno se debe a que durante el tratamiento con  $\text{NH}_3$  se adhieren a la paja cantidades considerables de nitrógeno, el cual es favorablemente utilizado por los rumiantes para la síntesis de proteína microbiana.

La reacción química que ocurre al tratar forrajes con  $\text{NH}_3$  es similar a la que ocurre con  $\text{NaOH}$ , sin embargo, el tiempo de reacción es más largo (20 días) que con el  $\text{NaOH}$  (24 horas). Además, el forraje debe ser almacenado en una estructura cerrada para evitar pérdidas de amoníaco (Klopfenstein, 1979). El amoníaco es un producto químico de lenta reacción en el cual, como ocurre con otras reacciones químicas, la temperatura juega un papel muy importante ya que la duración del tratamiento depende de la temperatura prevaleciente. A mayor temperatura más rápida reacción (Sundstol *et al.*, 1978). Los mismos autores recomiendan que el tratamiento de forrajes con 3 - 4% de  $\text{NH}_3$  y a menos de  $5^\circ\text{C}$  la duración sea de más de 8 semanas; de  $5 - 15^\circ\text{C}$  durará de 4 a 8 semanas; de  $15$  a  $30^\circ\text{C}$  durará 1-4 semanas y de más de  $30^\circ\text{C}$  durará menos de una semana.

Waage Petersen y Vestergard Thomson (1977) trataron químicamente a la paja de cebada con diferentes dosis de  $\text{NH}_3$  (2.6 - 5.9%, a diferentes temperaturas ( $15-75^\circ\text{C}$ ) y a diferentes tiempos (1-14 días), logrando óptimos resultados cuando la dosis de  $\text{NH}_3$  fue de 3.4% con temperaturas de  $30^\circ\text{C}$  y 14

días, obteniéndose una digestibilidad in vitro de la materia orgánica de 68% y un consumo de proteína cruda de 11.1%, siendo los valores originales de 38% y 3.1% respectivamente. Similares resultados fueron obtenidos por Soleiman *et al.* (1979) al tratar paja de trigo con 3.3% de amoníaco anhidro, incrementándose la digestibilidad in vitro de 39.8 a 52.1% en 50 días de tratamiento, observando también incrementos de nitrógeno de 266%. Los resultados de la mayoría de los experimentos han indicado que existe muy poca mejora en la digestibilidad cuando la dosis de  $\text{NH}_3$  sobrepasa del 3-4% de la materia seca, cuando el amoníaco resulte caro, se considera como la óptima económica una dosis inferior al 3%.

Lawlor y O'Shea (1979) obtuvieron incrementos en la digestibilidad in vivo de la paja de cebada tratada con  $\text{NH}_3$  de 16%, mientras que el contenido de proteína cruda solamente fue de 4.5% en relación a la paja no tratada.

Al Rabbat y Heaney (1978a) comparando raciones que contenían 64% de paja de trigo sin tratar o tratada con  $\text{NH}_3$  (el resto 25% de alfalfa y 10% de harina de semilla de algodón) y otra ración con 100% de alfalfa, se observó un consumo en ovejas de 1.66, 1.41 y 1.66 kg por día para alfalfa, paja sin tratar y paja tratada, respectivamente, mientras que los aumentos de peso fueron de 155, 59 y 100 g por día para alfalfa, paja sin tratar y paja tratada, respectivamente, demostrando que la paja de trigo tratada con  $\text{NH}_3$  puede substituir gran parte de raciones a base de forrajes de costos altos.



Horton y Steacy (1979) evaluaron el consumo y digestibilidad in vivo de pajas de cebada, avena y trigo tratadas con 3.5% de amoníaco anhidro. Los coeficientes de digestibilidad de materia orgánica de las pajas tratadas se elevaron en promedio 2.2, 3.7 y 6.3% para cebada, avena y trigo respectivamente, el consumo se incrementó en 6, 12 y 21% para pajas de cebada, avena y trigo respectivamente, en relación a la paja no tratada. Por otro lado, se incrementó el contenido de proteína cruda en cantidades que variaron de 50 a 276%. Estos resultados demuestran que las pajas de cereales no responden uniformemente al tratamiento con  $\text{NH}_3$  en términos de digestibilidad, proteína cruda y consumo. Sin embargo, la "amonificación" puede mejorar significativamente el valor nutritivo de los residuos agrícolas.

Garrent et al. (1979) realizaron experimentos de alimentación con ovejas y novillos tendientes a determinar el valor nutritivo de la paja de arroz tratada con  $\text{NaOH}$  y  $\text{NH}_3$ ; las dietas contenían el 72 ó 36% de paja. Esta fue tratada con 4% de  $\text{NaOH}$  en base a materia seca y 4.7% de  $\text{NH}_3$ . El proceso de amonificación se realizó a temperatura ambiente durante 50 días, la respuesta fue similar tanto en ovejas como en novillos; las dietas conteniendo el 72% de paja de arroz tratada fueron consumidas en grandes cantidades y la ganancia de peso por día de las ovejas fue de 137 g para las que consumieron paja tratada con  $\text{NaOH}$  de 136 g para las que consumieron paja con  $\text{NH}_3$  y de 86 g para las que consumieron paja sin tratar. En novillos, las ganancias

por día fueron: 542 y 533 g para la paja tratada con NaOH y  $\text{NH}_3$ , respectivamente y para la no tratada fue de 229 g. Con respecto a los animales consumiendo las dietas conteniendo el 36% de paja de arroz, sus ganancias de peso y la digestibilidad de la dieta fueron mayores que las que contenían el 72% de paja; sin embargo, la digestibilidad de las dietas y el comportamiento de novillos y ovejas fueron muy similares entre la paja tratada con NaOH y la paja sin tratar. Esta observación puede indicar una limitación práctica del uso de pajas tratadas con alcalis en dietas altas en concentrados. La digestibilidad in vivo para la materia orgánica, celulosa y energía fueron muy altas para la paja tratada en nivel de 72% en la dieta. El tratamiento con  $\text{NH}_3$  duplicó el contenido de nitrógeno de la paja de .7 a 1.49%.

### 3. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en dos ensayos. En el primero se evaluó la digestibilidad in vivo de la materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra ácido detergente, además se midió consumo de materia seca, materia orgánica y proteína cruda, aumentos de peso y conversión alimenticia en toros alimentados con seis dietas; tres a base de rastrojo de maíz tratado con amoníaco anhidro ( $\text{NH}_3$ ) y tres a base de rastrojo de maíz sin tratar. Las dietas fueron: 1) Rastrojo de maíz + melaza + uréa; 2) Rastrojo de maíz -  $\text{NH}_3$ ; 3) Rastrojo de maíz + melaza + pollinaza; 4) Rastrojo de maíz -  $\text{NH}_3$  + melaza; 5) Rastrojo de maíz + melaza + pollinaza (diferentes cantidades de ingredientes a ración 3; 6) - Rastrojo de maíz -  $\text{NH}_3$  + melaza + pollinaza. Los porcentajes de las seis dietas aparecen en el CUADRO 1.

El segundo ensayo consistió en evaluar los incrementos de peso, además se midió consumo de materia seca y conversión alimenticia de toros alimentados con tres dietas más ricas en energía, ya que en relación al primer ensayo se redujo la cantidad de rastrojo y se incluyó más de una cuarta parte de grano de sorgo del total de la dieta. Dichas dietas fueron: 1) Rastrojo de maíz + grano de sorgo + melaza + pollinaza + uréa; 2) Rastrojo de maíz -  $\text{NH}_3$  + grano de sorgo + pollinaza + melaza; 3) Ensilaje de maíz + rastrojo de maíz + melaza +

CUADRO 1. COMPOSICION EN BASE A MATERIA SECA DE LAS DIETAS EMPLEADAS PARA EVALUAR EL EFECTO DEL TRATAMIENTO DEL RASTROJO DE MAIZ CON AMONIACO ANHIDRO. PRIMER ENSAYO.

INGREDIENTES (%)	DIETAS					
	1	2	3	4	5	6
Rastrojo de Maíz	82.3	-	73.4	-	44.05	-
Rastrojo de Maíz-NH <sub>3</sub>	-	100	-	80.4	-	61.55
Pollinaza	-	-	19.5	-	41.06	23.90
Melaza	15.9	-	7.1	19.7	14.90	14.44
Uréa	1.80	-	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	100	100
ANALISIS QUIMICOS						
Materia Seca (%)	86.60	97.74	90.51	88.51	86.13	88.76
Cenizas (%)	6.91	5.29	8.73	5.50	10.19	7.72
Proteína Cruda (%)	10.52	12.50	10.71	10.72	15.75	15.62
Fibra Acido Detergente (%)	36.57	41.78	36.43	33.54	28.66	31.29
Lignina Acido Detergente (%)	5.20	5.50	6.08	4.41	5.96	5.28

CUADRO 2. COMPOSICION EN BASE A MATERIA SECA DE LAS DIETAS EMPLEADAS PARA EVALUAR EL EFECTO DEL RASTROJO DE MAIZ CON AMONIACO ANHIDRO. SEGUNDO ENSAYO.

C O N C E P T O	D I E T A S		
	1	2	3
Rastrojo de maíz	44	--	18.0
Rastrojo de maíz-NH <sub>3</sub>	--	46	--
Sorgo	29	28	--
Pollinaza	15	15	--
Melaza	10	10	21.5
Ensilaje de maíz	--	--	48.0
Concentrado*	--	--	12.5
Uréa	1	--	--
Sal	1	1	--

\* El concentrado contenía sorgo molido (46%), harinolina (25%), pollinaza (25%), sal (15%), carbonato de calcio (2%) y presencia de vitaminas y minerales.  
El contenido de proteína de las tres dietas es similar (13.0%)

NOTA: El contenido de materia seca para las dietas 1, 2 y 3 es: 85, 88 y 67%, respectivamente.

5/10/68

BM 42  
S<sub>2</sub> 18  
M<sub>2</sub> 10

Urea 1  
Conc 12.5  
19

Sal 1

concentrado comercial. Esta última dieta representa el testigo ya que es la que generalmente usan los ganaderos de la región donde se realizó el experimento. Los porcentajes de los componentes de las raciones aparecen en el CUADRO 2; en esta segunda fase adicionalmente también se midió la digestibilidad in vivo de la materia seca.

Los ensayos fueron realizados en el Campo Agrícola Experimental de Pabellón Aguascalientes; dicho campo se encuentra localizado en el kilómetro 32.5 de la carretera Aguascalientes Zacatecas.

Para ambos ensayos se trataron químicamente 15.9 ton. de rastrojo de maíz con  $\text{NH}_3$ , de acuerdo al método Noruego descrito por Sundstol et al., (1978), para lo cual se construyeron dos estibas formadas por 500 pacas con un peso aproximado de 15 kg por paca, las cuales fueron cubiertas con polietileno de .5 mm de espesor aproximadamente; en la parte central de cada estiba fue insertado, en forma horizontal, un tubo de 4.5 m de largo y 2.8 cm de diámetro con perforaciones a lo largo de la superficie de aproximadamente 1 cm de diámetro. El tubo se conectaba en un extremo a la cisterna conteniendo el amoníaco, procediéndose a inyectar el mismo a razón de 39 g de  $\text{NH}_3$  por kilogramo de rastrojo de maíz. Las estibas permanecieron cubiertas por espacio de 40 días, destapándose para que escapara el exceso de amoníaco por cinco días antes de ofrecerse a los toros.

El rastrojo de maíz tratado y sin tratar fue molido en un

molino de martillos antes de revolverse con los demás ingredientes de las dietas de los animales.

Para ambos ensayos fueron utilizados 30 toros cruzados (Holstein, Cebú, Pardo suizo y Criollo), los cuales previo al experimento fueron desparasitados interna y externamente, además se les aplicó un millón de U.I. de vitamina A por vía intramuscular.

Los toros fueron alojados en corrales que fueron contruídos con postes de madera cercados con alambre liso acerado y galvanizado del número 12. El alimento se les suministró a los grupos correspondientes a cada dieta 2 veces al día, en canoas de madera alojadas en la parte externa del corral; la sal mineralizada se les ofreció en forma de blocks; el agua se les suministró en tambos de lámina. El alimento, la sal mineralizada y el agua se les ofreció a los animales a libre acceso; en ambos ensayos se midió el consumo por lo que diariamente se pesaba el alimento ofrecido y el rechazado. Los animales se pesaron al inicio y al final de cada ensayo. La duración total del experimento que incluye los dos ensayos fue de 80 días.

### 3.1. Composición de las Dietas y Duración de los Ensayos

#### 3.1.1. Primer Ensayo

Seis dietas fueron utilizadas para el primer ensayo; los animales se dividieron en seis grupos formados por 5 animales

cada uno y cada grupo recibió una de las dietas formuladas (CUADRO 1). Las dietas evaluadas en este primer ensayo se fundamentan en el hecho de observar el efecto desde ángulos distintos del rastrojo de maíz tratado con amoníaco anhidro ( $\text{NH}_3$ ) sobre la digestibilidad in vivo de la materia seca (M. S.), materia orgánica (M.O.), proteína cruda (P.C.) y fibra ácido detergente (F.A.D.). Por tanto, éste se evalúa como parte total (Dieta 2), complementado con melaza (Dieta 4) y con melaza y pollinaza (Dieta 6). Además, se estableció otro punto de comparación con las dietas a base de rastrojo de maíz sin tratar y que son aparentemente homólogas en cuanto a energía y proteína cruda de cada una de las dietas a base de rastrojo tratado, por lo que desde este punto de vista podrá observarse el efecto del rastrojo "amonificado" dentro de las comparaciones siguientes: Dieta 1 Vs. 2; Dieta 3 Vs. 4 y Dieta 5 Vs. 6.

Antes de iniciada la prueba, los animales fueron sometidos a un período de adaptación de 10 días a las seis dietas. La duración de este primer ensayo fue de 38 días; para estimar la digestibilidad se utilizó la lignina como indicador interno, de acuerdo a la técnica descrita por Forbes y Garrigus (1948), para la cual fueron tomadas muestras de excremento por estimulación del recto en todos los toros por dos días consecutivos y durante tres períodos, con intervalos de 10 días un del otro.



### 3.1.2. Segundo Ensayo

Tres dietas fueron formuladas y suministradas a toros con un peso promedio inicial de 307 kilogramos, para evaluar los incrementos de peso ganados en 42 días de prueba; los toros fueron divididos en 10 por ración y recibieron la misma dieta durante el período de prueba. (CUADRO 2).

En este segundo ensayo se midió como prueba adicional la digestibilidad de la materia seca de las tres dietas mediante la técnica de bolsa nylon, utilizando dos toros fistulados.

## 3.2. Análisis Químicos

### 3.2.1. Primer Ensayo

Las muestras de heces colectadas durante el primer ensayo fueron refrigeradas y posteriormente secadas en la estufa a 55°C por un período de 48 horas y después molidas a un máximo, utilizando un molino "cyclone".

Los análisis químicos fueron realizados de acuerdo a los métodos descritos por AOAC (1975). Las determinaciones de fibra ácido detergente (FAD) fueron realizadas de acuerdo al procedimiento propuesto por Goering y Van Soest (1970), modificado por Waldern (1971), denominado "Micrométodo"; la lignina fue determinada por el método de permanganato.

### 3.2.2. Segundo Ensayo

Se pesaron tres muestras de 5 g cada una, por cada dieta, posteriormente fueron introducidas en las bolsas de nylon e introducidas en el rumen de los toros fistulados durante 48 hora luego se secaron en la estufa a 60°C por 24 horas y se pesaron en las balanzas analíticas.

## 3.3. Diseño Experimental

### 3.3.1. Primer Ensayo

Se empleó el diseño completamente al azar con seis tratamientos; las diferencias entre medias fueron estimadas utilizando la prueba de Rango Múltiple de Duncan (Steel y Torrie, 1960).

### 3.3.2. Segundo Ensayo

Se utilizó un diseño completamente al azar con diferente número de repeticiones (10 toros para dieta 1, 10 para dieta 2 y 9 para dieta 3). La diferencia entre medias fue estimada utilizando la misma prueba que en el Primer Ensayo.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

El contenido de nitrógeno medido como proteína cruda se duplicó (5.7 a 12.5%) para un incremento neto de 6.8 unidades porcentuales por efecto del tratamiento con amoníaco anhidro ( $\text{NH}_3$ ) al rastrojo de maíz. Estos resultados son similares a lo expuesto por Sundstol et al. (1978) y Waages Petersen y Vestergard Thomsen (1977), quienes reportan incrementos en el contenido de proteína cruda de 5 a 6 unidades porcentuales al tratar paja de trigo con  $\text{NH}_3$  y diferentes a lo reportado por Horton (1978) obteniendo incrementos muy inferiores a los obtenidos en este trabajo debido a las bajas temperaturas, de tal manera que el enriquecimiento de nitrógeno de los forrajes por efecto del tratamiento con amoníaco declina con las bajas temperaturas; la temperatura media prevaleciente durante el tratamiento del rastrojo de maíz fue de  $22^\circ\text{C}$ , lo que probablemente favoreció el enriquecimiento de nitrógeno en el material.

Por efecto del tratamiento con  $\text{NH}_3$  ocurrió un cambio en la coloración del rastrojo, observándose un cambio en el color de amarillo a café oscuro. Este fenómeno es explicado por Shuer y Davidson (1971) como un resultado de la oxidación de los grupos fenoles o condensación de las fracciones aldehídicas de los azúcares.

#### 4.1. Primer Ensayo

Los resultados en la digestibilidad fueron los siguientes: la digestibilidad de la materia seca (M.S.) de las dietas 2, 4 y 6 conteniendo el rastrojo de maíz tratado con  $\text{NH}_3$  son estadísticamente superiores ( $P < .05$ ) a las dietas 1 y 3 pero iguales a la dieta 5 que contenía rastrojo de maíz sin tratar (CUADRO 3), de acuerdo a las comparaciones establecidas. La digestibilidad de la M.S. de la dieta 2 es superior ( $P < .05$ ) en 10 unidades porcentuales a la dieta 1; la dieta 4 es mayor ( $P < .05$ ) en 17.28 unidades a la dieta 3 y la ración 6 es superior a la ración 5 únicamente en 3.9 unidades porcentuales.

En lo que respecta a la digestibilidad de la materia orgánica se observa una tendencia similar, aunque los incrementos en las dietas a base de rastrojo de maíz tratado con  $\text{NH}_3$  no son tan elevados entre las comparaciones establecidas a excepción de la dieta 4 que es superior ( $P < .05$ ) en casi 16 unidades porcentuales a la dieta 3.

Los resultados obtenidos en la digestibilidad de la M.S. y M.O. son afines a lo reportado por Coxwort et al. 1977; Oji et al. 1977; Sundstol et al. 1978), señalando incrementos de 10 a 15 unidades porcentuales en la digestibilidad de paja de trigo y rastrojo de maíz por efecto del tratamiento con amoníaco anhídrido ( $\text{NH}_3$ ).

La suplementación de melaza y/o pollinaza mejora notable

CUADRO 3. COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD DE LAS SEIS DIETAS CORRESPONDIENTES AL PRIMER ENSAYO.

CONCEPTO	DIETAS						SE
	1	2	3	4	5	6	
Materia seca (M.S.)	41.50 <sup>b</sup>	51.19 <sup>a</sup>	40.05 <sup>b</sup>	57.33 <sup>a</sup>	50.50 <sup>a</sup>	54.40 <sup>a</sup>	2.99
Materia orgánica (M.O.)	51.59 <sup>bc</sup>	53.51 <sup>bc</sup>	47.63 <sup>c</sup>	63.57 <sup>a</sup>	57.90 <sup>ab</sup>	61.93 <sup>a</sup>	2.61
Proteína cruda (P.C.)	55.12 <sup>abc</sup>	53.60 <sup>abc</sup>	49.99 <sup>c</sup>	46.19 <sup>bc</sup>	58.16 <sup>ab</sup>	62.02 <sup>a</sup>	3.42
Fibra ácido detergente (F.A.D.)	30.05 <sup>cd</sup>	44.27 <sup>a</sup>	30.62 <sup>bcd</sup>	41.41 <sup>ab</sup>	27.39 <sup>d</sup>	39.43 <sup>abc</sup>	3.50

- Literales iguales no hay diferencias significativas (P .05)

mente la digestibilidad de la M.S. y M.O. del rastrojo de maíz tratado con  $\text{NH}_3$ , como se demuestra en las dietas 4 y 6 que son superiores a la dieta 2 en 6.4 y 3.21 unidades porcentuales, en cuanto a M.S. Para materia orgánica las dietas 4 y 6 son superiores ( $P < .05$ ) alrededor de 10 unidades porcentuales a la dieta 2; este efecto probablemente se debió a que al complementar las dietas con melaza se elevó la cantidad de energía, lo cual permitió una respuesta de los microorganismos del rumen (Church, 1979).

La digestibilidad de la M.S. y M.O. fue superior ( $P < .05$ ) cuando se trató al rastrojo con  $\text{NH}_3$  (dieta 2), que cuando se adicionó uréa (dieta 1). La diferencia fue probablemente debido al efecto del amoníaco en romper la barrera lignina-hemicelulosa-celulosa.

Con respecto a la digestibilidad de la proteína cruda (P.C.), se observó que la dieta 6 tuvo el mayor coeficiente de digestibilidad (62.02) y a excepción de éste, las dietas de rastrojo de maíz tratado con  $\text{NH}_3$  fueron inferiores a las de rastrojo sin tratar. Estos resultados son similares a los expuestos por Oji et al. (1977) usando maíz deshidratado y Garrent et al. (1979) usando paja de arroz, ambos coinciden en que no se mejora la digestibilidad de P.C. por efecto del tratamiento con  $\text{NH}_3$  y son contrarios a lo expuesto por Sundstol et al. (1978) y Horton y Steacy (1979) que sostienen que la digestibilidad de P.C. si se mejora con el tratamiento de  $\text{NH}_3$ . La digestibilidad de la P.C. de la dieta 1 cuya fuente protei-

CUADRO 4. INCREMENTOS EN DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA (M.S.), MAT. ORGANICA (M.O.), PROTEINA CRUDA (P.C.) Y FIBRA ACIDO DETERGENTE (FAD) POR EFECTO DEL TRATAMIENTO CON  $\text{NH}_3$  AL RASTROJO DE MAIZ EN RELACION A LAS DIETAS BASADAS EN RASTROJO DE MAIZ SIN TRATAR.

D I E T A S	M.S.	M.O.	P.C.	F.A.D.
No tratado 1	41.50	51.59	55.58	30.29
Tratado 2	51.50	53.50	53.64	44.27
Incremento/efecto de tratamiento	10.0	1.91	2.24	13.98
No tratado 3	40.05	47.63	49.80	30.27
Tratado 4	57.33	63.57	46.19	42.88
Incremento/efecto de tratamiento	17.28	15.94	3.61	12.61
No tratado	50.50	57.90	58.19	27.33
Tratado 6	54.40	61.93	62.02	39.43
Incremento/efecto de tratamiento	3.90	4.03	3.82	12.1

ca es, en más de la mitad, la uréa, es superior por 2.24 unidades porcentuales a la dieta 2 que casi la totalidad de la proteína es suplida por el  $\text{NH}_3$ , lo mismo ocurre al comparar las dietas 3 y 4, siendo superior la primera por 3.61 unidades porcentuales. Por otro lado, la dieta 6 cuya fuente protéica es la mitad del  $\text{NH}_3$  y la mitad de pollinaza, es superior a la dieta 5 en 3.82 unidades porcentuales; ésto se debe probablemente a que la proteína de la uréa y pollinaza fue más eficientemente utilizada por el animal que el amoníaco del rastrojo tratado o bien que es posible que no todo el  $\text{NH}_3$  esté disponible a los microorganismos del rumen.

La digestibilidad de la fibra ácido detergente fue significativamente más alta ( $P < .05$ ) en las dietas basadas en rastrojo de maíz tratado con  $\text{NH}_3$  (2, 4 y 6), observándose un incremento promedio de más de 12 unidades porcentuales en las comparaciones pre-establecidas; estos incrementos nos indican que el efecto del tratamiento del rastrojo con  $\text{NH}_3$  resultó en un rompimiento de los enlaces lignina-celulosa y hemicelulosa; estos resultados son similares a los obtenidos por Al Rabbat y Heaney (1978a), Horton y Steacy (1979) y Oji y Mowat, (1979). En el CUADRO 4 se observan los incrementos en digestibilidad de la materia seca y sus componentes por efecto del tratamiento con  $\text{NH}_3$ .

Se midió el consumo de M.S., M.O. y P.C. por animal, como promedio del total del consumo de las dietas (CUADRO 5),



CUADRO 5. CONSUMO POR DIA POR ANIMAL EN LAS SEIS DIETAS  
CORRESPONDIENTES AL PRIMER ENSAYO.

	D I E T A S					
	1	2	3	4	5	6
MATERIA SECA (kg)	8.17	7.50	8.63	8.17	7.57	9.00
MATERIA ORGANICA (kg)	7.66	7.10	7.88	7.72	6.80	8.30
PROTEINA CRUDA (kg)	0.86	0.94	0.92	0.88	1.19	1.40

siendo mayor en la dieta 6 y a excepción de ésta, los consumos de las dietas con rastrojo tratado con  $\text{NH}_3$  fueron menores que las raciones con rastrojo sin tratar; estos resultados son contrarios a los logrados por Horton y Steacey, 1979; Garrent *et al.* 1979 y Sundstol *et al.* 1978; en que el consumo de M.S. y M.O. es mayor cuando la paja o rastrojo es tratada con  $\text{NH}_3$ .

Existen varios factores que influyeron en los resultados del consumo voluntario como son: variación en el peso de los animales, variación en el forraje ofrecido en las dietas y además que no se contó con la infraestructura adecuada para realizar este tipo de determinaciones.

Los incrementos de peso fueron medidos durante 38 días de prueba, siendo más altos en la dieta 6 (CUADRO 6). En la dieta 2 los aumentos de peso por cabeza por día fueron de 200 g más que la dieta 1. En este aspecto no se encontraron diferencias marcadas entre las dietas 3 y 4, en cambio los animales de la dieta 6 ganaron 379 g más por cabeza por día que los de la dieta 5. Puede observarse que la dieta 3 basada en rastrojo sin tratar es la segunda más alta en ganancias de peso, no obstante que la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y fibra ácido detergente es la más baja pero no de proteína cruda, cuya fuente principal es la pollinaza. Por otro lado, el consumo voluntario fue el segundo más alto por que si asociamos una fuente protéica de mayor calidad como es la pollinaza y un alto consumo voluntario probablemente explique este resultado. Sin embargo, la duración del período exp

CUADRO 6. INCREMENTOS DE PESO Y CONVERSION ALIMENTICIA LOGRADOS  
POR TOROS EN EL PRIMER ENSAYO

C O N C E P T O	D I E T A S					
	1	2	3	4	5	6
Nº toros	5	5	5	5	5	5
Días de prueba	38	38	38	38	38	38
Peso vivo inicial/ animal (kg)	279.6	288.6	278.4	284.2	277.8	289.4
Peso vivo final/ animal (kg)	283.2	300.2	301.4	306.6	294	320
Incrementos de peso/ animal (kg)	3.6	11.6	23	22.4	16.2	30.6
Ganancia peso/animal/ día (kg)	0.105	0.305	0.605	0.590	0.426	0.805
Consumo de Materia se- ca (kg/día)	8.17	7.50	8.63	8.17	7.57	9.00
Conversión alimenticia	77.8	24.6	14.3	13.84	17.8	11.2

rimental (38 días), además de que existió una fuerte variación en las ganancias de peso, principalmente en las dietas 1 y 2, por lo que se optó por promediar únicamente los aumentos de peso observados sin realizar análisis de varianza.

Con respecto a la eficiencia de conversión, se observó que las dietas basadas en rastrojo de maíz tratado (2, 4 y 6) necesitaron menos cantidad de alimento para producir un kg de aumento en los toros que las dietas basadas en rastrojo sin tratar; ésto de acuerdo a las comparaciones pre-establecidas. Por otro lado, al observar el CUADRO 6 con las tres dietas basadas en rastrojo tratado, puede verse el efecto benéfico de complementar con melaza y melaza + pollinaza. Por ejemplo, cuando el rastrojo de maíz tratado fue único en la dieta 2, se observó que se necesitaron 24.5 kg en base seca de alimento para producir un kg de aumento, mientras que la dieta 4 únicamente necesitó 14.3 kg de alimento, o sea 10.3 kg menos que la dieta 2. La dieta 6 únicamente necesitó 11.2 kg de alimento para producir un kg de aumento; 3.1 kg menos que la dieta 4 y 13.4 kg menos que la dieta 2.

#### 4.2. Segundo Ensayo

Las ganancias de peso de las tres dietas correspondientes al segundo ensayo son estadísticamente iguales ( $P < .05$ ), CUADRO 7, aunque numéricamente los animales que recibieron la ración 1 a base de rastrojo de maíz sin tratar, ganaron 90 g más

CUADRO 7. INCREMENTOS DE PESO LOGRADOS POR  
LOS TOROS EN EL SEGUNDO ENSAYO

C O N C E P T O

Nº toros	10	10	9
Días de prueba	42	42	42
Peso vivo promedio inicial/animal (kg)	306.2	322.8	294.6
Peso vivo promedio final/animal (kg)	365.4	378.2	343.0
Ganancia de peso/animal (kg)	59.2	55.4	48.4
Ganancia diaria cabeza por día (kg)	1.409	1.319	1.152
Consumo de M.S. kg/día	10.83	10.35	14.02
	9.20	9.10	9.39
Conversión alimenticia	8.21	7.34	12.17
	6.6	7.9	7.2

de peso por día que la dieta 2 a base de rastrojo de maíz tratado y 273 g más que la dieta 3 a base de ensilaje de maíz. La misma tendencia fue observada en la digestibilidad de las tres dietas cuyos coeficientes son: 1) 68.65; 2) 67.98 y 3) 70.24%; estos resultados concuerdan con lo expresado por Jackson (1978) en paja de trigo y cebada demostrando que en dietas con más de un 30% de concentrado, la digestibilidad de la paja disminuye; en relación a esto Garret et al. (1979), trabajando en dietas con paja de arroz demostró que en dietas altas en concentrado, no encontró diferencias significativas tanto en la digestibilidad como en las ganancias de peso de novillos, en la paja tratada con  $\text{NH}_3$  y paja sin tratar, enfatizando que la paja tratada con alcalis presenta limitaciones en dietas altas en concentrados, también resultados similares fueron encontrados por investigadores del campo experimental de Pabellón, Ags., y que fueron posteriores a este trabajo y en rastrojos de sorgo tratado con  $\text{NH}_3$ , no encontrándose diferencias.

La duración de este trabajo (42 días), fue menor a la proyectada (60 días), probablemente si este segundo ensayo hubiera durado el tiempo proyectado se hubiera determinado una tendencia más definida sobre las ganancias de peso de los animales.

Con respecto al consumo voluntario, en base seca fue muy similar en las tres dietas para este parámetro. No se realizó análisis de varianza ya que fue estimado como el promedio del total consumido por el grupo de animales de cada dieta.

La eficiencia de conversión alimento a carne en animales que recibieron la dieta a base de rastrojo de maíz, necesitaron 1.3 kg menos de alimento para producir un kilogramo de carne que los animales de la ración a base de rastrojo tratado y 0.52 kg menos que la ración a base de ensilaje de maíz.

## 5. CONCLUSIONES

### 5.1. Primer Ensayo

- 1.- El tratamiento químico del rastrojo de maíz con amoníaco anhidro ( $\text{NH}_3$ ) incrementa notablemente la digestibilidad de materia seca, materia orgánica y fibra ácido detergente.
- 2.- El complementar con melaza y/o pollinaza elevó considerablemente la digestibilidad de las dietas a base de rastrojo de maíz tratado con  $\text{NH}_3$ .
- 3.- La digestibilidad de proteína cruda fue menor en las dietas a base de rastrojo de maíz amonificado, a excepción de cuando en una de éstas se suplementó pollinaza.
- 4.- El efecto de la amonificación al rastrojo de maíz incrementa considerablemente el contenido de proteína cruda.



## 5.2. Segundo Ensayo

- 1.- El tratamiento con  $\text{NH}_3$  al rastrojo de maíz no produjo los incrementos esperados en la digestibilidad de la materia seca de la ración y en los aumentos de peso de los toros.
  
- 2.- La utilización de subproductos como melaza, pollinaza y materia seca mezclados con rastrojo de maíz, producen importantes ganancias de peso en los animales.

## 6. RESUMEN

El presente trabajo consistió de dos ensayos, los cuales tuvieron el objeto de evaluar el efecto del rastrojo de maíz tratado químicamente con amoníaco anhidro ( $\text{NH}_3$ ), sobre la digestibilidad in vivo y ganancias de peso de toros. Para tal efecto se trataron 15.9 toneladas de rastrojo de maíz a razón de 39 g de  $\text{NH}_3$ /kg de materia seca, de acuerdo al método noruego descrito por Sundstol et al. (1978).

Primer Ensayo: Seis dietas fueron formuladas de las cuales tres a base de rastrojo de maíz sin tratar (RM) y tres a base de rastrojo de maíz tratado (RM- $\text{NH}_3$ ). Fueron usadas diferentes cantidades de uréa (U) y/o melaza (ME) y/o pollinaza (P) para suplementar algunas de las seis dietas. La composición de las mismas fue: 1) RM (82.3%) + ME (15.9%) + U (1.8%) 2) RM- $\text{NH}_3$  (100%); 3) RM (73.4%) + P (19.7%) + ME (7.1%); 4) RM- $\text{NH}_3$  (80.03%) + ME (19.7%); 5) RM (44.05%) + P (41.06%) + ME (14.90%); 6) RM- $\text{NH}_3$  (61.55%) + P (23.90%) + ME (14.44%). Se evaluó la digestibilidad in vivo de materia seca (M.S.), materia orgánica (M.O.), proteína cruda (P.C.) y fibra ácido detergente (FAD), así como los incrementos de peso de 30 toros cruzados (Criollo, Holstein, Cebú, Pardo Suizo), con un peso promedio inicial de 283 kg, que fueron divididos en grupos de 5 toros y cada grupo recibió una de las dietas descritas durante 38 días que duró este primer ensayo.

**DAMGO DE TROJO**

Los resultados de la digestibilidad de la M.S. de las dietas 2, 4 y 6 basadas en  $\text{RM-NH}_3$  son estadísticamente superiores ( $P < .05$ ) a las dietas 1 y 3 basadas en RM pero iguales a la dieta 5. Los coeficientes para esta variable fueron: 1) 41.50; 2) 51.19; 3) 40.05; 4) 57.33; 5) 50.50 y 6) 54.40% con respecto a la digestibilidad de la MO; las dietas 4 y 6 basadas en  $\text{RM-NH}_3$  son estadísticamente superiores ( $P < .05$ ) a las dietas 1, 2 y 3 pero no a la dieta 5. Los coeficientes fueron: 1) 51.59; 2) 53.51; 3) 47.63; 4) 63.57; 5) 57.90 y 6) 61.93%. Para la digestibilidad de la proteína cruda las dietas basadas en RM fueron estadísticamente superiores ( $P < .05$ ) a las dietas basadas en  $\text{RM-NH}_3$ , a excepción de la dieta 6; en cambio la digestibilidad de FAD fue estadísticamente mayor ( $P > .05$ ) cuando las dietas se basaron en  $\text{RM-NH}_3$ . Los coeficientes para P.C. y FAD fueron: 1) 55.12 y 30.05; 2) 53.60 y 44.27; 3) 49.99 y 30.02; 4) 46.19 y 41.41; 5) 58.16 y 27.39; 6) 62.02 y 39.44, respectivamente. El consumo de MS y las ganancias de peso/cabeza/día fueron como sigue: (kg) 1) 8.17 y .105; 2) 7.50 y .305; 3) 8.63 y .605; 4) 8.17 y .590; 5) 7.57 y .426; 6) 9.00 y .805. La suplementación con melaza y/o pollinaza mejoró notablemente la digestibilidad del  $\text{RM-NH}_3$ , así como las ganancias de peso de los animales. El efecto del tratamiento con  $\text{NH}_3$  al rastrojo de maíz mejoró notablemente la digestibilidad de la M.S., M.O. y FAD.

Segundo Ensayo: 30 toros cruzados (mismos del primer ensayo) fueron divididos en tres grupos formados por 10 animales:

y cada grupo recibió durante 42 días una de tres dietas formuladas, de las cuales 2 estaban basadas en rastrojo de maíz tratado y sin tratar, respectivamente, en niveles ligeramente inferiores al 50% y complementados con un nivel más elevado de energía a base de grano de sorgo (S) + melaza + pollinaza; además de una tercera dieta considerada como testigo, basada en ensilaje de maíz (EM); la composición de las dietas fue la siguiente: 1) RM (44%) + S (29%) + P (15%) + ME (10%) + U (1%); 2) RM-NH<sub>3</sub> (46%) + S (28%) + P (15%) + ME (10%); 3) EM (48%) + RM (18%) + ME (21.5%) + concentrado comercial (34%) + P.C. (12.5%); se evaluaron los incrementos de peso de los animales y el consumo y la conversión alimenticia, además de la digestibilidad de la M.S. de las tres dietas mediante la técnica de la bolsa nylon, utilizando dos toros fistulados.

En los resultados de este segundo ensayo no hubo diferencias significativas en cuanto a incrementos de peso, sin embargo, numéricamente la dieta conteniendo RM ofreció mayores ganancias de peso. El consumo voluntario y los incrementos diarios/ animal fueron: 1) 10.83 y 1.40; 2) 10.35 y 1.31; 3) 14.02 y 1.15, respectivamente. En cambio, la conversión alimenticia fue más eficiente con la dieta a base de RM-NH<sub>3</sub>, ya que necesitó aproximadamente un kg de alimento menos para ganar un kilogramo de carne de la dieta conteniendo RM y 4.83 kg menos que la dieta conteniendo EM; ésto tal como el alimento fue ofrecido. Los coeficientes de digestibilidad fueron: 1) 68.55; 2) 67.98 y 3) 70.24%, respectivamente.

En este segundo ensayo los aumentos de peso no fueron lo esperados; aparentemente se muestra una limitación práctica del uso del  $\text{RM-NH}_3$  en dietas altas en concentrados.

## 7. LITERATURA CITADA

- Al Rabbat, M.F. y D.P. Heaney. 1978a. The effect of anhydrous ammonia treatment of wheat straw and steam cooking aspen wood on their feeding value on ruminal microbial activity I. Feeding value on ruminal microbial using sheeps. *Can. J. Anim. Sci.* 58:443.
- Al Rabbat, M.F. y D.P. Heaney. 1978b. The effect of anhydrous ammonia treatment of wheat straw and steam cooking aspen wood on their feeding value on ruminal microbial activity II. Fermentable energy and microbial growth derived from ammonia nitrogen in the ovine rumen. *Can. J. Anim. Sci.* 58:453.
- Anderson, D. Craig. 1978. Use of cereal residues in beef cattle production systems. *J. Anim. Sci.* 46:185.
- AOAC. 1975. Official Methods of Analysis. A 12th. ed. Association of Official Agricultural Chemists. Washington D.C.
- Balch, C.C. v R.C. Campling. 1962. Regulation of voluntary food intake in ruminants. *Nutr. Abst. Anu. Rev.* 36:669
- Beardsley, D.W. 1964. Symposium on forage utilization: Nutritive value of forages as affected by physical form. Part II. Beef cattle and sheep studies. *J. Anim. Sci.* 23:23
- Bolsen, K.K., O. Grimes y J.R. Riley. 1977. Mild stover in

- rations for growing heifers and lambs. *J. Anim. Sci.* 45:337.
- Chandra, S. y M.G. Jackson. 1971. A study of various chemical treatments to remove lignin in roughages and increase their digestibility. *J. Agr. Sci.* 77:11.
- Church, D.C. (Ed.). 1979. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Vol. 2, Nutrition. (2nd. ed.). Corvalli U.S.A. p. 412.
- Church, D.C. (Ed.). 1980. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Vol. 3. (2nd. ed.). Corvallis, U.S.A. p. 416.
- Coxworth, E., J. Kernan, H. Nicholson y R. Chaplin. 1977. Improving the feeding value of straw for ruminant animals. On farm waste utilization for feed opportunities and profits for livestock producers. Agricultural Economics Research Council of Canada.
- Crampton, E.W., y L.E. Harris. 1969. Applied Animal Nutrition Cap. 2. San Francisco, U.S.A. p. 749.
- De Alba, J. 1971. Alimentación del ganado en América Latina. 2a. ed., La Prensa Médica Mexicana, México 20, D.F. p. 475.
- DGEA. 1978. Información Agropecuaria y Forestal. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Sector agrícola, México, D.F.
- Fernández Carmona, J. y J.F.D. Greenhalgh. 1972. The digesti-

- bility and acceptability to sheep of chopped or milled barley straw soaked or sprayed with alkali. *J. Anim. Sci. Camb.* 78:477.
- Forbes, R.M. y W.P. Garrigus. 1948. Application of the ratio technique to the determination of the nutrient intake of grazing animals. *J. Anim. Sci.* 7:373.
- Garrent, W.N., H.L. Walker, H.O. Rohler y U.R. Hart. 1951. Response of ruminant to diets containing sodium hydroxide or ammonia treated rice straw. *J. Anim. Sci.* 48:92.
- Gill, S., H.R. Conrad y J.W. Hibbs. 1969. Relative rate of in vitro cellulose disappearance as a possible estimate of digestible dry matter intake. *J. Dairy Sci.*
- Goering, H.K. y P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis apparatus, reagents, procedure and some applications. *Agricultural Handbook 379.* ARS. USDA.
- Greenhalgh, J.F.D. y F.W. Wainman. 1972. The nutritive value of processed roughage for fattening cattle and sheep. *Proc. Br. Soc. Anim. Prod.* 61:62.
- Guggols, J., G.M. McDonald, H.G. Walker, Jr., A.A. Brown y G.O. Kohler. 1971. Chemical treatment of agricultural waste to improve digestibilities as a feed. *Proc. West. Sec. Amer. Soc. Anim. Sci.* 22:100.
- Haines, C.E. y F. Le Grand. 1961. La caña de azúcar como complemento de las pasturas durante el invierno para ganado de un año. *Boletín Azucarero Mexicano.* 139:100.



- Healt, E.M. D.S. Metcalfe y R.F. Barnes. (Eds.). 1978. *Forages, the science of grassland agriculture.* Composition and nutritive value of roughage for ruminants. Van-Soest. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, U.S.A.
- Horton, G.M.J. 1978. The intake and digestibility of untreated straws by cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 58:1239.
- Horton, G.M. y G.M. Steacy. 1979. Effect of anhydrous ammonia treatment on the intake and digestibility of untreated straw by steers. *J. Anim. Sci.* 48:1239.
- Jackson, M.G. 1978. Treating straw for animal feeding: an assessment of its technical and economic feasibility. FAO. *Animal Production and Health Paper.* 10.
- Jelks, J.W. 1976. Process for oxidizing and hidrolizing organic matter particles to increase the digestibility by ruminants. U.S. Pat. 393, 286.
- Klopfenstein, T. 1978. Chemical treatment of crop residues. *J. Anim. Sci.* 46:841.
- Klopfenstein, T. 1979. Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatment. *Animal Science Department, University of Nebraska.*
- Lawlor, M.J. y J. O'Shea. 1979. The effect of ammonia on the intake and nutritive value of straw. *Anim. Sci. Tech.* 4:169.
- Milne, J.A. y R.C. Campling. 1972. Intake and digestibility of untreated straws by cattle.

by sheep of artificially dried forages in several forms. J. Agr. Sci. 78:79.

Moore, L.A. 1964. Symposium on forage utilization: Nutritive value of forage affected by physical form. Part I. General principles involved with ruminants and effect of feeding pelleted or wafered forage to dairy cattle. Anim. Sci. 23:230.

Oh, J.H., W.C. Weir y N.M. Longhurst. 1971. Feed value of sheep of cornstalks, rice straws and barley straw compared with alfalfa. J. Anim. Sci. 33:343.

Oji, U.I. y D.N. Mowat. 1979. Nutritive value of thermally treated and steam-treated maize stover. I. Intake, digestion and nitrogen retention. Anim. Feed. Sci. Tech.

Oji, U.I., D.N. Mowat y J.E. Winch. 1977. Alkali treatment of corn stover to increase nutritive value. J. Anim. Sci. 47:498.

Ololade, B.L. D.N. Mowat y J.E. Winch. 1970. Effect of different methods on the in vitro digestibility of sodium hydroxide - treatment roughage. Can. J. Anim. Sci.

Pigden, W.S. y D.P.L. Heaney. 1969. Lignocelulose in ruminant nutrition. En: "Advances in chemistry series N° 15. Celluloses and their application". Amerc. Chem. Soc.

Rexen, F. 1979. Low quality forages improve with alkaline treatment. Feedstuffs 51(42):33.

- Schuerch, C. y R. Davison. 1971. Plasticizing wood with ammonium control of color changes. *J. Pl. Sci.* 36:231.
- Soleiman, J.G., G.W. Horn y F.N. Owens. 1979. Ammonium hydroxide treatment of wheat straw. *J. Anim. Sci.* 49:802
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1960. *Principles and Procedures Statistics.* McGraw-Hill Book. New York, U.S.A.
- Steeter, G.L., G.W. Horn y D.G. Batcherder. 1979. Feeding value of ammoniated wheat straw for yearling steers. *Anim. Sc Res. Rep.*, M.P.-104.
- Stuart, R. 1977. Residuos agrícolas y sus posibilidades de empleo en la alimentación de ganado. *Boletín de reseñas. Serie Ganadera, Vol. 4, N° 3-4.* Centro de Información y Documentación Agropecuaria, La Habana, Cuba.
- Summers, G.B. y L.B. Sherrod. 1974. Effect of sodium hydroxide treatment upon composition and in vitro digestibility of different forages. *Res. Rep. 24, Res. Series As:748.* Texas Tech. University Center, U.S.A.
- Sundstol, F., E. Coxworth y D.N. Mowat. 1978. Improving the nutritive quality of straw and other low quality roughage by treatment with ammonia. *World Anim. Review* 26:13.
- Thorton, R.F. y D.J. Minson. 1972. The relationship between voluntary intake and mean apparent retention time in the rumen. *Austr. J. Agr. Res.* 23:871.
- Todorov, N.A. 1975. Recent development in animal nutrition research in Eastern Europe. *J. Anim. Sci.* 40:1284.

- Van Hoeke y B.G. Cottyn. 1979. Comment ameliorer la valeur alimentaire de la paille, utilisee comme aliment pour le betail etude bibliographique. I. Treatment a la Soude  
2. Traitment a l' ammonique. Reve de l' agriculture  
1(32):71.
- Van Soest., P.J. 1970. The chemical basis for the nutritive evaluation of forages. Proc. Nat. Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization. Nebraska, U.S.A.
- Waage-Petersen, J. y K. Vestergaard Thomsen. 1977. Effect on digestibility and nitrogen content of barley straw of different ammonia treatments. Anim. Feed. Sci. Tech.  
2:131.
- Waldern, D.E. 1971. A rapid microdigestion procedure for neutral and acid detergent fiber. Can. J. Anim. Sci.  
51:67.
- Waldo, D.R. 1970. Factors influencing the voluntary intake of forages. Proc. Nat. Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization. Nebraska, U.S.A.
- Ward, J.K. 1978. Utilization of corn and grain sorghum residues in beef cow forage systems. J. Anim. Sci. 46:83
- Wilson, R.K. y W.J. Pigden. 1964. Effect of sodium hidroxido treatment on the utilization of wheat straw and poplar wood by rumen microorganisms. Can. J. Anim. Sci. 44:1