

24.156



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

**CRECIMIENTO DE BORREGOS TABASCO ALIMENTADOS  
CON RASTROJO DE MAIZ TRATADO CON  
AMONIACO ANHIDRO**

**T E S I S**

que para obtener el título de  
**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**P R E S E N T A**

**AMALIA MA. MAGDALENA MARTINEZ AVALOS**

**A S E S O R**

**M.V.Z. ARMANDO S. SHIMADA M.**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 esta 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.

## C O N T E N I D O

	Página
RESUMEN	
INTRODUCCION	1
MATERIAL Y METODOS	5
RESULTADOS	14
DISCUSION	20
CONCLUSIONES	24
LITERATURA CITADA	25

## RESUMEN

### CRECIMIENTO DE BORREGOS TABASCO ALIMENTADOS CON RASTROJO DE MAIZ TRATADO CON AMONIACO ANHIDRO

Amalia Ma. Magdalena Martínez Avalos

Asesor: Armando S. Shimada M.

El presente trabajo se realizó en los corrales experimentales del Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias - SARH, Palo Alto, D.F.. Se estudió el crecimiento del borrego Tabasco (Pelibuey) alimentado con rastrojo de maíz tratado con amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) al incluirse en el 42 y 50% de la dieta, y se valoró el efecto de la suplementación de urea; asimismo se probaron dos niveles de proteína cruda en la ración (11 y 9.5%) y el efecto de la castración en los animales. Se realizaron dos pruebas de comportamiento; en la primera se emplearon 108 borregos, machos enteros, en un diseño experimental de bloques al azar con un arreglo factorial de  $2 \times 2$ , con 3 repeticiones. Los factores fueron: tratamiento del rastrojo con amoniaco anhidro (0 vs 4%) incluyendo el forraje en un 50% de la ración y la adición de urea en la dieta (0 vs 0.5%). Para el segundo experimento se utilizaron 80 borregos, 40 enteros y 40 castrados, con un diseño de bloques al azar y un arreglo factorial de  $2 \times 2 \times 2$ , con dos repeticiones. Los factores fueron: tratamiento del rastrojo (0 vs 4% de  $\text{NH}_3$ ) adicionado en un 42% de la dieta, nivel de proteína en la ración (11 vs 9.5%) y la castración de los animales. Al rastrojo solo y al tratado con amoniaco se les determinaron fracciones de nitrógeno. Los parámetros estudiados en la prueba de comportamiento (ganancia de peso, consumo de materia seca y conversión alimenticia) se analizaron mediante la prueba estadística de análisis de varianza. Los resultados indican que al tratar el rastrojo de maíz con amoniaco y adicionarlo en el 50% de la ración, se incrementa significativamente ( $P < 0.05$ ) el consumo de materia seca; sin embargo, no se detec-

taron diferencias ( $P > 0.05$ ) en la ganancia de peso y en la conversión alimenticia. La suplementación de urea no mostró efectos significativos ( $P > 0.05$ ) en los parámetros medidos. Al adicionar el rastrojo tratado en el 42% de la dieta no se obtuvieron efectos favorables en el comportamiento de los animales; el requerimiento proteínico de los borregos en este experimento fue próximo al 9.5%. Se observó que la castración tuvo un efecto perjudicial en el crecimiento de los animales, los enteros tuvieron una ganancia de peso y una conversión mejor (200.5 g/día y 7.7) - que los castrados (163.8 g/día y 9.3) ( $P < 0.05$ ). Se encontró una interacción ( $P < 0.05$ ) entre la castración y el nivel de proteína en la ganancia de peso y en la conversión alimenticia.

## INTRODUCCION

Uno de los problemas más importantes que encara el mundo actual es el de alimentar a su población creciente. Para lograrlo se deben aprovechar todos aquellos productos que sean susceptibles de ser empleados como fuente de nutrimentos para el hombre o los animales.

Los esquilmos agrícolas, principalmente los de cereales, representan por su disponibilidad una alternativa para la alimentación de ruminantes. Este potencial es de particular importancia para países en desarrollo, donde los granos son destinados preferentemente para el consumo humano, y sólo cantidades muy reducidas son utilizadas en la nutrición del ganado. En México se dispone anualmente de 30 a 33 millones de toneladas de pajas y de rastrojos, que empleados racionalmente podrían representar una opción en la alimentación del ganado (38).

Desde el punto de vista de la nutrición animal, el uso de pajas y de rastrojos es limitado debido principalmente al escaso valor proteínico y a la baja digestibilidad que presentan por su estado de lignificación (17, 19, 30, 36). La lignina actúa como una barrera que impide la acción de las enzimas sobre la celulosa y la hemicelulosa, limitando la digestibilidad de estos glúcidos estructurales (8, 32).

Con el objeto de mejorar el valor nutritivo de estos forrajes se han desarrollado métodos de tratamiento, tanto físicos como químicos y biológicos. Los procesos tienen como finalidad el aumentar la digestibilidad de las pajas y rastrojos, y el consumo voluntario de los animales logrando, de esta manera, un incremento en la ingestión de energía digestible - (16, 19).

Los principales métodos físicos utilizados son la molienda y la cocción a presión. La molienda disminuye el desperdicio y la capacidad de selección por parte del animal; tiene un efecto positivo sobre el consumo voluntario al reducir el tiempo que el forraje permanece en el rumen,

aún cuando la tasa de digestibilidad es menor. Sin embargo, la escasa cantidad de nitrógeno presente es una limitante al utilizar esquilmos muy pobres como es el caso de la paja (16). El uso de la cocción a presión ha producido resultados favorables debido a que aumenta la digestibilidad de los forrajes, el inconveniente que presenta es el de necesitar una elevada inversión de capital (3, 16).

Dentro de los tratamientos biológicos, se han encontrado varios tipos de hongos clasificados como de la pudrición blanca (Pleurotus florida y Pleurotus ostreatus) que digieren la lignina en mayor proporción que a los hidratos de carbono, con lo que se obtiene una materia (hongos + paja parcialmente digerida) de mayor digestibilidad y con una pequeña pérdida de azúcares (2, 27).

De las técnicas que han sido empleadas hasta la fecha, para mejorar el valor nutritivo de los forrajes, las que han mostrado mejores resultados son los métodos químicos, y en especial aquellos en base a sustancias alcalinas tales como: hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ), hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) y amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). De entre éstas, el  $\text{NaOH}$  es probablemente el compuesto químico más empleado (3, 14). Sin embargo, el procedimiento que parece tener mayores ventajas y el cual se ha popularizado más en los últimos años es el método de amoniación, en el cual se utilizan el hidróxido de amonio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) o el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) (25, 32). Estos productos ofrecen como ventaja el aumentar la cantidad de nitrógeno proteínico, no presentar álcalis residuales después del tratamiento ya que el exceso de  $\text{NH}_3$  se evapora, y no afectar el balance de minerales. Por otro lado, esta técnica resulta económica y práctica debido a que no necesita de equipo costoso y puede efectuarse en las instalaciones de la explotación (10, 12, 18, 23).

Los estudios realizados últimamente demuestran que el contenido de proteína cruda (PC), el coeficiente de digestibilidad de materia seca (DMS) y el consumo (CHS) de las pajas y los rastrojos aumentan al ser procesadas con amoníaco. En el Cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos por algunos investigadores al tratar con amoníaco la paja de trigo, la paja de alta fescue y el rastrojo de maíz.

C U A D R O 1

EFFECTOS DE LA ADICION DE AMONIACO A PAJAS Y RASTROJOS PARA LA ALIMENTACION DE BOVINOS Y OVINOS

	Proteína Cruda %	Digestibilidad de Materia Seca %	Consumo de Materia seca	Referencia
Paja de trigo sin tratar	3.6	39.6	4.40 kg en bovinos	
Paja de trigo + NH <sub>3</sub> , 5%	8.1	41.9	4.98 kg en bovinos	(13)
Paja de trigo sin tratar	3.3	66.8	5.7 kg en bovinos	
Paja de trigo + NH <sub>3</sub> , 3%	8.0	75.0	7.4 kg en bovinos	(23)
Paja de alta fescue sin tratar	7.9	39.4	34.0 g/kg de peso vivo	
Paja de alta fescue + NH <sub>3</sub> , 5%	16.7	57.4	45.9 g/kg de ovinos	( 6)
Rastrojo de maíz sin tratar	5.1	56.6	3.3 kg en bovinos	
Rastrojo de maíz + NH <sub>3</sub> , 2%	13.0	62.1	4.1 kg en bovinos	(29)
Rastrojo de maíz sin tratar	8.8	51.6	664 g/día en ovinos	
Rastrojo de maíz + NH <sub>3</sub> , 3%	17.1	60.1	944 g/día en ovinos	(25)



El incremento en el porcentaje de proteína cruda en los forrajes es debido a la retención del nitrógeno amoniacal durante el tratamiento con amoniaco. Se ha observado que el porcentaje de nitrógeno fijado es de 44 a 48%, variando proporcionalmente de acuerdo al nivel de álcali utilizado (6, 20, 21).

La digestibilidad de los rastrojos y pajas tratados con álcalis, se ve aumentada hasta en un 15%. Esto es debido a una hidrólisis básica y lisis de los enlaces que unen a la celulosa con la lignina. A partir de dicha reacción los glúcidos son liberados y quedan susceptibles para ser desdoblados por las enzimas digestivas (3).

Como resultado de estos incrementos en el porcentaje de PC y en la DMS se obtiene un aumento en la velocidad de vaciado ruminal con el consecuente incremento en la ingestión de materia seca. De esta manera - el rumiante presenta un mayor consumo de energía digestible a partir del forraje (16).

Los objetivos de este trabajo son:

- Probar la eficiencia del tratamiento del rastrojo de maíz con amoniaco anhidro, cuando este forraje compone el 42 y el 50% de la ración; en dos pruebas de comportamiento con borregos Tabasco (Pelibuey).
- Determinar el efecto de la suplementación del 0.5% de urea en la dieta.
- Evaluar el comportamiento del borrego Tabasco alimentado con raciones conteniendo el 9.5 y el 11% de proteína cruda.
- Comparar el crecimiento de borregos Tabasco enteros con el de borregos castrados alimentados con rastrojo de maíz (tratado con  $\text{NH}_3$  y sin tratar).

## MATERIAL Y METODOS

El trabajo se realizó en los corrales experimentales del Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias (INIP), Unidad Central, Palo Alto, D.F..

El estudio consistió de las siguientes partes:

- Tratamiento del rastrojo de maíz con amoniaco anhidro.
- Análisis químico del forraje sin tratar y del tratado.
- Pruebas de comportamiento (dos experimentos).

### Tratamiento del rastrojo de maíz.

El rastrojo se adquirió en el Rancho Canaleja, Municipio San Pedro Totoltepec, Estado de México.

El tratamiento del forraje con amoniaco se efectuó siguiendo las técnicas del método noruego descrito por Sundstol et al. (32) y consistió en lo siguiente: en un silo de trinchera se hizo una pila de aproximadamen te dos metros de altura, utilizando 285 pacas de rastrojo (6,280 kg), en lo alto se colocaron unas pacas formando una cúspide, con el objeto de permitir que escurriera el agua en caso de lluvia. En el centro de la pila se dejó un orificio por el cual se introdujo un tubo galvanizado de 6 metros de largo y un diámetro de 5 cm, por medio del cual se inyectó el amoniaco anhidro (agrícola)\*. El material fue cubierto en su totalidad con plástico transparente, de 0.4 mm de espesor, con la finalidad de que estuviera hermético. El tubo se conectó a un regulador adaptado a un tanque de acero de 500 l de capacidad que contenía 240 kg de amoniaco anhidro, mismo que fue inyectado al rastrojo en un periodo de tres horas - (1.33 kg/min). Al término de la inyección del gas se cerró la válvula del tanque y el forraje permaneció en tratamiento por 30 días; transcurrido este tiempo se retiró el plástico y el material se dejó aerear por siete

\*) Fertilizantes Mexicanos, S.A.

días, sin ser removido. El rastrojo sin tratar se almacenó durante este tiempo en una bodega. Los rastrojos (tratado y sin tratar) se picaron en un molino de martillos en el momento que fueron agregados a las raciones experimentales, quedando un tamaño de partícula de 1.5 cm.

Las dietas utilizadas en las dos pruebas de comportamiento, se elaboraron en la fábrica de alimentos del INIP, contando para ello con una mezcladora vertical y una enmelazadora horizontal.

### Análisis químico.

Con el fin de evaluar los cambios obtenidos con el tratamiento alcalino se determinaron fracciones de nitrógeno y fracciones de fibra a los rastrojos (tratado y sin tratar).

Fracciones de nitrógeno. Se determinaron el contenido de proteína cruda (PC), nitrógeno no proteínico (NNP), nitrógeno de la fibra ácido detergente (NFAD), nitrógeno amoniacal (NA) y proteína verdadera (PV). Para evaluar la PC se utilizó el método de Kjeldahl (5); mientras que para determinar el NNP se empleó la técnica descrita por Jacobs (17). El NFAD se analizó siguiendo la técnica recomendada por el Agriculture Handbook (1). El nitrógeno amoniacal se evaluó por medio de la técnica descrita por Pearson (28). La proteína verdadera se calculó restando el valor obtenido para el NNP del obtenido para el nitrógeno de la proteína cruda y este resultado se multiplicó por 6.25.

Fracciones de fibra. Se analizaron los valores de la fibra neutro detergente, fibra ácido detergente (FAD) y lignina; asimismo se determinaron el contenido celular (CC), la hemicelulosa y la celulosa. El análisis de la FND se realizó de acuerdo al método descrito por Van Soest y Wine (34). El CC se obtuvo sustrayendo el valor obtenido para la FND de 100. Para evaluar la FAD se siguió el método de Van Soest (33). Calculando la diferencia entre el valor de la FND y la FAD se obtuvo una estimación del porcentaje de hemicelulosa. Los contenidos de celulosa y lignina se determinaron de acuerdo al método de Van Soest y Wine (35).

### Prueba de comportamiento.

Para evaluar la efectividad del tratamiento del rastrojo de maíz con amoniaco en la alimentación animal se efectuaron dos pruebas de comportamiento, en el período comprendido de mayo a septiembre.

#### EXPERIMENTO I.

Se utilizaron 108 borregos Tabasco (Pelibuey), machos enteros, con un peso de  $20.2 \pm 2.2$  kg de aproximadamente 1 año de edad. Los animales procedían del Centro Experimental Pecuário de Tizimín, Yucatán.

Se usó un diseño experimental de bloques al azar debido al rango tan amplio (9.2 kg) que había entre el animal más ligero (15.6 kg) y el más pesado (24.8 kg). De esta manera se obtuvo un peso inicial promedio similar entre los diferentes tratamientos del mismo bloque. Se hicieron tres bloques con 36 animales cada uno, ordenados de la siguiente manera.:

Bloques:	A	animales de $17.7 \pm 1.2$ kg
	B	animales de $20.2 \pm 0.5$ kg
	C	animales de $23.7 \pm 1.0$ kg

En el Cuadro 2 se muestra la forma en que se distribuyeron los bloques, el peso inicial individual y promedio de los animales, los tratamientos y sus repeticiones.

Se empleó un arreglo factorial de  $2 \times 2$  con tres repeticiones de nueve animales cada una. Los factores fueron: tratamiento del rastrojo de maíz con amoniaco (0 vs 4%) y suplementación de urea en la dieta (0 vs -0.5%). A las cuatro dietas se les incluyó el 50% de rastrojo, sustituyendo el forraje tratado kilogramo por kilogramo en las raciones 3 y 4. La composición de éstas se presenta en el Cuadro 3.

Los animales se alojaron en doce corraletas con piso de cemento y techo de asbesto, provistas de bebedero de pileta y comedero de canoa.

PROCEDIMIENTO DE DISTRIBUCION DE LOS BLOQUES PARA ESTUDIAR EL EFECTO DE LA ADICION DE AMONIACO AL RASTROJO DE MAIZ Y LA SUPLEMENTACION DE UREA SOBRE EL CRECIMIENTO DE BORREGOS TABASCO<sup>a</sup>

Tratamiento al rastrojo	Bloque A				Bloque B				Bloque C			
	Ninguno		NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>		Ninguno		NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>		Ninguno		NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	
Suplemento	Ninguno	Urea	Ninguno	Urea	Ninguno	Urea	Ninguno	Urea	Ninguno	Urea	Ninguno	Urea
	15.6	16.0	16.0	16.0	19.4	19.4	19.4	19.4	21.2	21.6	21.4	21.6
	16.4	16.0	16.0	16.0	19.4	19.4	19.6	19.6	21.8	21.6	21.6	21.6
	16.6	16.4	17.0	17.0	19.8	20.0	19.8	19.8	21.8	22.0	21.8	22.0
	17.6	17.6	17.0	17.2	20.0	20.0	20.0	20.0	22.2	22.2	22.2	22.0
	18.1	17.8	18.2	18.0	20.2	20.2	20.2	20.2	22.2	22.2	22.2	22.0
	18.6	18.6	18.2	18.4	20.4	20.2	20.2	20.2	23.2	22.8	22.8	22.6
	18.6	18.6	18.8	18.6	20.4	20.6	20.6	20.6	23.4	23.6	23.4	23.6
	19.0	19.0	18.8	19.0	20.8	20.6	20.8	20.8	24.0	24.0	24.0	23.6
	19.0	19.0	19.2	19.0	21.0	21.0	21.0	21.0	24.0	24.4	24.4	24.8
Peso Promedio (kg)	17.7 <sub>±1.2</sub>	17.7 <sub>±1.2</sub>	17.7 <sub>±1.2</sub>	17.7 <sub>±1.2</sub>	20.2 <sub>±0.5</sub>	20.2 <sub>±0.5</sub>	20.2 <sub>±0.5</sub>	20.2 <sub>±0.5</sub>	22.6 <sub>±1.0</sub>	22.7 <sub>±1.0</sub>	22.6 <sub>±1.1</sub>	22.6 <sub>±1.1</sub>

a) Los bloques se distribuyeron de la siguiente manera: Bloque A - animales de 17.7 ± 1.2 kg  
 Bloque B - animales de 20.2 ± 0.5 kg  
 Bloque C - animales de 23.7 ± 1.0 kg

CUADRO 3

DIETAS UTILIZADAS PARA DETERMINAR EL EFECTO DEL RASTROJO DE MAIZ TRATADO CON AMONIACO Y LA SUPLEMENTACION DE UREA EN EL CRECIMIENTO DE BORREGOS TABASCO (EXPERIMENTO I)

Ingrediente, %	Tratamiento			
	1	2	3	4
Rastrojo de maíz sin tratar	50.0	50.0	--	--
Rastrojo de maíz tratado	--	--	50.0	50.0
Sorgo	22.6	29.3	22.6	29.3
Pasta de girasol	20.4	13.2	20.4	13.2
Urea	--	0.5	--	0.5
Melaza	5.0	5.0	5.0	5.0
Sal mineralizada, vitaminas A y D	2.0	2.0	2.0	2.0
Proteína cruda determinada, %	11.3	11.6	15.5	17.9

En las cuatro dietas se incluyó monensina sódica<sup>a</sup>, 25 g/ton.

a) Rumensin, Elanco Mexicana, S.A. de C.V.

Quince días antes de iniciar el experimento se desparasitaron contra vermes gastrointestinales y pulmonares, utilizando albendazole (Valvazen<sup>1</sup>). A los catorce días de haber comenzado la prueba se les aplicaron vitaminas A, D y E (Vigantol ADE<sup>2</sup>).

## EXPERIMENTO II.

Para esta prueba se emplearon 80 borregos Tabasco (Pelibuey), - 40 enteros y 40 castrados, con un peso promedio de  $30.1 \pm 1.6$  kg de aproximadamente 1 año de edad. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, siendo éstos:

Bloques:	A	animales castrados	$29.5 \pm 0.9$ kg
		animales enteros	$28.3 \pm 1.1$ kg
B		animales castrados	$31.3 \pm 0.3$ kg
		animales enteros	$31.4 \pm 1.0$ kg

En el Cuadro 4 se presenta la distribución de los bloques, el peso inicial individual y el promedio de los animales, así como los tratamientos y sus repeticiones.

Se empleó un arreglo factorial  $2 \times 2 \times 2$  con dos repeticiones de cinco animales cada una. Los factores fueron: tratamiento del rastrojo de maíz con amoníaco (0 vs 4%), nivel de proteína en la dieta (11 vs 9.5%) y castración (animales enteros vs castrados). En esta prueba se incluyó el 42% de forraje en la ración. Las dietas 1, 3 y 2, 4 se hicieron isoproteicas, con dos niveles de proteína (11 y 9.5, respectivamente). En el Cuadro 5 se presenta la composición de las raciones.

Los animales se alojaron en 16 corraletas con las mismas características que las del experimento I. Se desparasitaron<sup>2</sup> contra vermes gastrointestinales y pulmonares. La castración se realizó treinta días an

1) Valvazen, Norden de México.

2) Vigantol ADE, Bayer de México, S.A. de C.V.

C U A D R O 4

PROCEDIMIENTO DE DISTRIBUCION DE LOS BLOQUES PARA ESTUDIAR EL EFECTO DE LA ADICION DE AMONIACO AL RASTROJO DE MAIZ, DOS NIVELES DE PROTEINA EN LA RACION Y CASTRACION SOBRE EL CRECIMIENTO DE BORREGOS TABASCO<sup>a</sup>

Tratamiento al rastrojo	N i n g u n o				N H <sub>3</sub> <sup>+</sup>			
	11		9.5		11.0		11.0	
Nivel de protefna cruda, %								
Castración	Castrados	--	Castrados	--	Castrados	--	Castrados	--
Bloque A	28.4	25.8	28.2	27.0	27.9	27.0	28.1	27.6
	28.4	27.3	28.9	28.2	29.3	28.1	29.0	27.6
	29.9	27.8	29.8	28.4	29.4	28.4	29.6	28.6
	30.0	38.4	30.1	29.1	30.2	29.0	30.2	28.6
	30.8	30.0	30.6	29.6	30.3	29.8	30.3	30.0
Peso promedio (kg)	29.5 <sub>+1.1</sub>	27.9 <sub>+1.5</sub>	29.5 <sub>+1.1</sub>	28.5 <sub>+1.1</sub>	29.4 <sub>+1.0</sub>	28.5 <sub>+1.0</sub>	29.4 <sub>+0.9</sub>	28.5 <sub>+1.0</sub>
Bloque B	30.9	30.2	30.9	30.0	30.8	30.2	31.0	30.2
	31.2	30.8	31.1	31.2	31.2	30.8	31.1	31.0
	31.4	31.4	31.4	31.2	31.3	31.4	31.4	31.4
	31.6	31.6	31.6	32.0	31.6	31.8	31.4	31.8
	31.6	34.0	31.6	32.1	31.6	33.0	31.9	32.2
Peso promedio (kg)	31.3 <sub>+0.3</sub>	31.6 <sub>+1.4</sub>	31.3 <sub>+0.3</sub>	31.3 <sub>+0.8</sub>	31.3 <sub>+0.3</sub>	31.4 <sub>+1.1</sub>	31.4 <sub>+0.4</sub>	31.3 <sub>+0.8</sub>

- a) Los bloques se distribuyeron de la siguiente manera:
- A - animales castrados 29.5 + 0.9 kg
  - animales enteros 28.3 + 1.1 kg
  - B - animales castrados 31.3 + 0.3 kg
  - animales enteros 31.4 + 1.0 kg



CUADRO 5

DIETA UTILIZADA PARA DETERMINAR EL EFECTO DEL RASTROJO DE MAIZ TRATADO CON AMONIACO Y DOS NIVELES DE PROTEINA CRUDA EN EL CRECIMIENTO DE BORREGOS TABASCO (EXPERIMENTO II)

Ingredientes, %	Tratamiento			
	1	2	3	4
Rastrojo de maíz sin tratar	42.0	42.0	--	--
Rastrojo de maíz tratado	--	--	42.0	42.0
Sorgo	13.7	22.0	23.5	31.5
Pasta de girasol	21.8	13.5	12.5	4.5
Urea	0.5	0.5	--	--
Melaza	20.0	20.0	20.0	20.0
Sal mineralizada, vitaminas A y D	2.0	2.0	2.0	2.0
Proteína cruda calculada, %	11.0	9.5	11.0	9.5

En las cuatro dietas se incluyó monensina sódica<sup>a</sup>, 25 g/ton.

a) Rumensin, Elanco Mexicana, S.A. de C.V.

tes de iniciar la prueba de comportamiento.

En los dos experimentos, el consumo de alimento se midió pesando diariamente la ración que se proporcionó en cada corraleta, procurando que quedaran residuos al día siguiente. El consumo voluntario se expresó también como consumo de materia seca por kilogramo de peso metabólico (peso en kg elevado a la .75) permitiendo, de esta manera, comparar animales de diferente peso (31).

Se registró el peso inicial de los animales y subsecuentemente cada catorce días con el objeto de estimar la ganancia diaria y determinar la conversión alimenticia. El pesaje se realizó utilizando una báscula rodante de plataforma con capacidad de 500 kg y una jaula de madera. Los experimentos concluyeron al alcanzar los animales un peso promedio de 35 kg.

Los resultados obtenidos en la prueba de comportamiento fueron sometidos a la prueba estadística de análisis de varianza de acuerdo a los métodos descritos por Anderson y McLean (4).

## R E S U L T A D O S

Los datos obtenidos en el análisis químico de las fracciones de nitrógeno del rastrojo de maíz solo y del tratado con amoniaco se presentan en el Cuadro 6. Los porcentajes de proteína cruda, nitrógeno no proteínico y nitrógeno amoniacal se incrementaron con el tratamiento alcalino. En el valor del nitrógeno de la fibra ácido detergente no se presentaron diferencias.

En el Cuadro 4 se presenta el porcentaje de proteína cruda obtenido en las dietas del experimento I. En las raciones 1 y 2 el contenido de PC fue menor (11.3 y 11.6%) que en las raciones 3 y 4 (15.5 y 17.9%), siendo estas últimas las que contenían el forraje tratado.

En los análisis de fracciones de fibra se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro 7): la fibra neutro detergente o paredes celulares del forraje disminuyó en un 20% con el tratamiento alcalino y como consecuencia el porcentaje del contenido celular se incrementó. Asimismo, se observó que el porcentaje de hemicelulosa disminuyó en un 62%. En las otras fracciones de fibra estudiadas (fibra ácido detergente, celulosa y lignina) no se hallaron diferencias.

En las pruebas de comportamiento los resultados obtenidos fueron los siguientes:

En el experimento I (Cuadro 8) la ganancia de peso diaria de los borregos alimentados con rastrojo de maíz tratado con  $\text{NH}_3$  fue de 167.5 g, mayor que la de los animales que recibieron el forraje sin tratar, siendo ésta de 150 g; sin embargo, las diferencias observadas no fueron estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ).

El consumo voluntario de materia seca y el consumo por  $\text{kg}^{.75}$  de los animales alimentados con el forraje tratado fueron de 1,311.5 g y 111.5 g, respectivamente; mientras que, los animales que recibieron el rastrojo sin tratar presentaron un consumo de materia seca de 1,152.5 g -

y un consumo por kg.<sup>75</sup> de 99 g. Las diferencias observadas fueron estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ).

El análisis de varianza de los datos obtenidos para la conversión alimenticia, no mostró diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para el tratamiento del forraje.

La suplementación de urea en la ración no mostró diferencias - ( $P > 0.05$ ) para ninguno de los parámetros medidos en la prueba de comportamiento. Asimismo no fueron significativas las interacciones entre los dos factores en estudio (tratamiento del rastroio y suplementación de urea).

En el experimento II (Cuadro 9) el tratamiento alcalino no produjo efectos significativos en ninguno de los parámetros de la prueba de comportamiento ( $P > 0.05$ ). Los niveles de proteína en las dietas (11 y 9.5%) no presentaron ninguna diferencia ( $P > 0.05$ ).

En el otro factor en estudio, que fue la castración, se puede observar que la ganancia de peso y la conversión alimenticia fueron mejores ( $P < 0.05$ ) para los animales enteros (200.5 g/día y 7.7) que para los castrados (163.8 g/día y 9.3).

Se encontró una interacción ( $P < 0.05$ ) entre los factores castración y nivel de proteína en la dieta, dentro de los parámetros de ganancia diaria de peso y conversión alimenticia.

C U A D R O 6

FRACCIONES DE NITROGENO DEL RASTROJO DE MAIZ, SOLO O TRATADO CON AMONIACO, UTILIZADO EN LA FORMULACION DE RACIONES PARA BORREGOS TABASCO EN CRECIMIENTO

	Rastrojo solo	Rastrojo + NH <sub>3</sub>
Proteína cruda (N x 6.25), %	5.48	12.72
Nitrógeno no proteínico, %	0.32	1.40
Nitrógeno de la fibra ácido detergente, %	0.20	0.27
Nitrógeno amoniacal, mg/100 g de muestra	92.85	365.01
Proteína verdadera, %	3.5	4.0

C U A D R O 7

FRACCIONES DE FIBRA DEL RASTROJO DE MAIZ, SOLO O TRATADO CON AMONIACO, UTILIZADO EN LA FORMULACION DE RACIONES PARA BORREGOS TABASCO EN CRECIMIENTO

	Rastrojo solo	Rastrojo + NH <sub>3</sub>
Fibra neutro-detergente, %	78.52	63.12
Contenido celular, %	21.48	36.88
Hemicelulosa, %	31.68	19.62
Fibra ácido detergente, %	46.84	43.50
Celulosa, %	34.64	33.90
Lignina, %	10.60	10.40

C U A D R O 8

COMPORTAMIENTO DE BORREGOS TABASCO ALIMENTADOS CON RASTROJO DE MAIZ TRATADO CON AMONIACO, CON Y SIN SUPLEMENTACION DE UREA (EXPERIMENTO I)

Tratamiento al rastrojo Suplemento	Ninguno		NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>		S $\bar{X}$
	Ninguno	Urea	Ninguno	Urea	
Ganancia diaria, g	148	152	175	160	4.46
Consumo de M.S. <sup>b</sup> diaria, g <sup>a</sup>	1184	1121	1311	1312	0.01
Consumo por kg. <sup>75</sup> , g <sup>a</sup>	102	96	111	112	0.81
Conversión alimenticia	8.0	7.4	7.6	8.2	0.15

a) Efecto significativo al tratamiento del rastrojo (P < 0.05).

b) Materia seca.

C U A D R O 9

COMPORTAMIENTO DE BORREGOS TABASCO ALIMENTADOS CON RASTROJO DE MAIZ TRATADO CON AMONIACO, CON DOS NIVELES DE PROTEINA CRUDA Y EFECTO DE LA CASTRACION (Experimento II).

Tratamiento al rastrojo	Ninguno		NH <sub>3</sub>		S $\bar{x}$
	11	9.5	11	9.5	
<b>Ganancia diaria, g<sup>a</sup></b>					
Borregos castrados	155	160	158	183	4.7
Borregos enteros	180	230	232	166	
<b>Consumo diario de M.S.<sup>b</sup>, g</b>					
Borregos castrados	1469	1528	1525	1469	0.83
Borregos enteros	1493	1448	1560	1493	
<b>Consumo kg<sup>.75</sup>, g</b>					
Borregos castrados	108	112	112	106	1.6
Borregos enteros	110	105	113	112	
<b>Conversión alimenticia<sup>a</sup></b>					
Borregos castrados	9.8	9.6	9.1	8.2	0.19
Borregos enteros	8.3	6.4	6.8	9.4	

a) Efecto significativo a la castración e interacción proteína - castración (P < 0.05).

b) Materia seca.



## D I S C U S I O N

Los cambios físicos evidentes en el rastrojo de maíz tratado con amoniaco, fueron los ocurridos en el color del forraje y en su rigidez, - observándose que con el proceso el rastrojo tomó un color café claro, y se hizo más quebradizo; resultados similares son indicados por Waller y Klopfenstein (37).

El tratamiento al que fue sometido el forraje también ocasionó algunos cambios en la composición química del mismo. Estos cambios incluyeron un aumento en el porcentaje de proteína cruda, de 5.44 a 12.72% y paralelamente a esto un incremento de 0.32 a 1.42% en el contenido de nitrógeno no proteínico. Estas modificaciones probablemente se debieron a reacciones químicas como las sugeridas por Saenger et al. (29). La elevación en el contenido del nitrógeno no proteínico indica que aproximadamente el 72% del nitrógeno adicionado en el tratamiento fue retenido; valores semejantes fueron obtenidos por Saenger et al y Waiss et al. (29, 36). Diferentes autores indican que el amoniaco fijado en el forraje es utilizado eficientemente en la síntesis de proteína microbiana que ocurre en el rumen (15, 26).

Por otro lado, el porcentaje de nitrógeno de la fibra ácido detergente no fue alterado por el tratamiento, lo que indica que la adición del amoniaco no afecta la fracción inicial del nitrógeno no digestible del forraje (11,12).

Con el empleo de  $NH_3$  se observó una marcada disminución en el porcentaje de fibra neutro detergente y de hemicelulosa en el rastrojo tratado, lo que ocasionó que el contenido celular se viera incrementado. Al respecto, Waller y Klopfenstein (37) sugieren que este cambio se debe a que el amoniaco solubiliza a la hemicelulosa y como consecuencia disminuye el contenido de fibra neutro detergente. En la fibra ácido detergente no se encontraron cambios en los contenidos de celulosa y de lignina - después del tratamiento, indicando con esto que la solubilidad de esta fracción no se alteró (11, 12, 14).

Los cambios presentados en el rastrojo después del tratamiento alcalino concuerdan con lo informado por otros autores, quienes han demostrado que el uso de amoniaco anhidro facilita el aprovechamiento de forrajes toscos, incrementando el nitrógeno no proteínico y favoreciendo la digestibilidad de los azúcares estructurales ocasionando que exista una mayor cantidad de energía disponible (3, 11, 14, 26, 29, 30, 31, 37).

En el experimento I se observó que los animales que recibieron el rastrojo con amoniaco presentaron un mayor consumo de materia seca total y por kilogramo de peso metabólico, en comparación con los borregos alimentados con rastrojo sin tratar, Oji et al y Saenger et al (25, 29), en experimentos similares, encontraron un incremento en el consumo de alimento y señalaron que la digestibilidad de las pajas y rastrojos tratados con álcalis aumenta debido a una hidrólisis básica en los enlaces que unen a la lignina con la celulosa, obteniendo como resultado un incremento en la velocidad del vaciado ruminal lo que predispone a un aumento en el consumo de materia seca.

A pesar de que el consumo de alimento de los borregos que recibieron el rastrojo tratado fue mayor, la ganancia de peso y la conversión alimenticia fueron semejantes para todos los tratamientos. Se ha observado que los compuestos alcalinos provocan un aumento en la velocidad de paso de la ingesta a través del conducto gastrointestinal (7); el amoniaco al elevar el pH del alimento, posiblemente ejerció un efecto parecido, por lo que a pesar de que el consumo del alimento tratado fue mayor, al aumentar la velocidad de paso posiblemente la absorción neta de metabolitos fue similar para todos los tratamientos; en otras palabras el mayor consumo fue contrarrestado con una menor absorción.

El requerimiento proteínico que se consideró, de acuerdo al peso de los borregos en experimentación, fue de 11% según el NRC (24). Se observó que estas necesidades de proteína cruda pueden ser cubiertas satisfactoriamente con fuentes de nitrógeno no proteínico, como es la urea considerando con esto la factibilidad de disminuir notablemente la proteína verdadera, sustituyendo ésta por fuentes de nitrógeno de alta solubilidad

como las estudiadas en este trabajo. Al cubrir éstos las necesidades de los animales, los excesos de proteína de menor solubilidad se traducen en un desperdicio (26).

Ørskov (26) señala que el tratamiento de forrajes de baja calidad conduce a una mayor fermentación de éstos en el rumen y por lo tanto se presenta una deficiencia de nitrógeno; el beneficio del tratamiento se obtiene únicamente si se proporciona una fuente de nitrógeno no proteínico. En el caso de usar amoniaco en las pajas y rastrojos, esta deficiencia de nitrógeno es cubierta automáticamente, por lo cual la adición de urea en la ración resulta innecesaria.

En el experimento II, no se encontraron diferencias para el tratamiento del forraje en ninguno de los parámetros estudiados. Posiblemente se debe a que la cantidad de rastrojo que se incluyó en la dieta fue únicamente del 42%. Garret et al. (10) han demostrado que utilizando forrajes tratados con amoniaco en niveles del 72% del total de la ración la respuesta es favorable, sugiriendo una limitación importante en la utilización del forraje tratado en combinación con dietas altas en concentrados, donde los excesos de este tipo de alimentos inhiben el aprovechamiento del forraje.

En cuanto a los dos niveles de proteína en la dieta no se encontraron diferencias entre ellos en la prueba de comportamiento, deduciéndose que los requerimientos de PC para borregos Tabasco bajo las condiciones en que se realizó este experimento, fueron próximos a un 9.5%.

Por lo que respecta a la castración, ésta tuvo un efecto perjudicial en el crecimiento de los borregos y como consecuencia su conversión alimenticia fue deficiente. En estudios realizados anteriormente se ha observado que la castración deprime el crecimiento de los animales y ocasiona una mayor deposición de grasa en los tejidos (9, 22).

No se encontró una explicación en cuanto a la interacción entre los factores castración y nivel de proteína en la dieta, dentro de los pa

rámetros de ganancia diaria de peso y conversión alimenticia.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales en que se efectuó el trabajo, se puede concluir:

1. El tratamiento del rastrojo de maíz con amoníaco anhidro, si este forraje se emplea a niveles modestos (42-50% de la dieta), no tiene efectos significativos en el crecimiento de los animales.
2. Tanto el amoníaco anhidro, como la urea permiten el empleo de un menor porcentaje de proteína preformada en la dieta.
3. El requerimiento de proteína total de los borregos Tabasco es próximo al 9.5%.
4. La castración parece tener un efecto perjudicial para el crecimiento del borrego Tabasco.

## L I E R A T U R A C I T A D A

1. Agriculture Handbook #379, United States Department of Agriculture (1975).
2. Aguilar, V., A., Hernández, O., M.S., Ramírez, V., B.S.: Delignificación de rastrojo de maíz por Pleurotus ostreatus. Tesis de Licenciatura, Fac. de Quim. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. (1982).
3. 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).
4. Anderson, V.L. and McLean, R.A.: Design of experiments. A realistic approach. Marcel Dekker Inc., New York (1974).
5. A.O.A.C.: Official Methods of Analysis, 10th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. (1965).
6. Buettner, M.R., Lechtenberg, V.L., Hendrix, K.S. and Hertel, J.M.: Composition and digestion of ammoniated tall fescue (Festuca arundinacea schreb.) hay. J. Anim. Sci., 54:173-178 (1982).
7. Cuarón, M.L. y Shimada, A.S.: Manipulación de la fermentación en ensilajes de caña de azúcar y su valor alimenticio para corderos. 2. Adición de monensín sódico al suplemento y tratamiento físico y alcalino (NaOH) de la caña de azúcar en el comportamiento animal. Rev. Cubana Cienc. Agríc., 15:177-186 (1981).
8. Fahey, G.G., McLaren, G.A. and Williams, J.E.: Lignin digestibility by lambs fed both low quality and high quality roughages. J. Anim. Sci., 48:941-946 (1979).
9. Galbraith, H., Dempster, D.G. and Miller, T.B.: A note on the effect of castration on the growth performance and concentrations of some blood metabolites and hormones in British Friesian male cattle. Anim. Prod., 26:339-342 (1978).

10. Garret, W.N., Walker, H.G., Kohler, G.O. and Hart, M.R.: Response of ruminants to diets containing sodium hydroxide or ammonia treated rice straw. J. Anim. Sci., 48:92-102 (1979).
11. Goering, H.K., Gordon, C.H., Hemken, R.W., Waldo, D.R., Van Soest P.J. and Smith, L.W.: Analytical estimates of nitrogen digestibility in heat damaged forages. J. Dairy Sci., 55:1275 (1972).
12. Harbers, L.H., Kreitner, G.L., Davis, G.V. Jr., Rasmussen, M.A. and Corah, L.R.: Ruminant digestion of ammonium hydroxide-treated wheat straw observed by scanning electron microscopy. J. Anim. Sci., 54:1309-1319 (1982).
13. Herrera-Saldaña, R., Church, D.C. and Kellems, R.D.: The effect of ammoniation treatment on intake and nutritive value of wheat straw. J. Anim. Sci., 54:603-608 (1982).
14. Horton, G.M.J. and Steacy, G.M.: Effect of anhydrous ammonia treatment on the intake and digestibility of cereal straws by steers. J. Anim. Sci., 48:1239-1249 (1979).
15. Jackson, M.G.: Review article: The alkali treatment of straws. Anim. Feed Sci. Technol., 2:105-130 (1977).
16. Jackson, M.G.: Métodos de tratamiento de la paja para la alimentación animal. Estudio FAO: Producción y Sanidad Animal 10, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 1978.
17. Jacobs, M.B.: The chemical analysis of foods and food products. 3th ed. D. Van Nostrand Company Inc., New Jersey, U.S.A., p. 667 (1965).
18. Jorgensen, L.M.: Wheat straw +NH<sub>3</sub> could feed cattle if corn price climbs. Feedlot Management, 20:14-15 (1978).

19. Klopfenstein, T.J.: Chemical treatment of crop residues. J. Anim. Sci., 46:841-848 (1978).
20. Lomas, L.W., Fox, D.G. and Black, J.R.: Ammonia treatment of corn silage. I. Feedlot performance of growing and finishing steers. J. Anim. Sci., 55:919-923 (1982).
21. Lomas, L.W. and Fox, D.G.: Ammonia treatment of corn silage. II. Net energy evaluation and silage characterization. J. Anim. Sci., 55:924-934 (1982).
22. Louca, A., Economides, J. and Hancock, J.: Effects of castration on growth rate, feed conversion efficiency and carcass quality in damascus goats. Anim. Prod., 24:387-391 (1977).
23. Males, J.R. and Gaskins, C.T.: Growth, nitrogen retention, dry matter digestibility and ruminal characteristics associated with ammoniated wheat straw diets. J. Anim. Sci., 55:505-515 (1982).
24. N.R.C., Nutrient Requirements of Sheep. 5th revised ed., National Academy of Sciences. National Research Council, Washington, D.C. (1979).
25. Oji, U.I., Mowat, D.N. and Winch, J.E.: Alkali treatments of corn stover to increase nutritive value. J. Anim. Sci., 44:798-802 (1977).
26. Ørskov, E.R.: Protein nutrition in ruminants. Academic Press; Inc., London, 1982.
27. Ortega, M.E., Can, B., Pérez-Gil, F. y Herrera, F.: Efecto de la inoculación de hongo comestible (Pleurotus ostreatus) a la paja - de cebada sobre su composición química. Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México 1983. México, D.F., 1983, pp. - 699-701.



28. Pearson, D.: The chemical analysis of foods. Chemical Publishing Company, Inc., New York (1970).
29. Saenger, P.F., Lemanager, R.P. and Hendrix, K.S.: Anhydrous ammonia treatment of corn stover and its effects on digestibility intake and performance of beef cattle. J. Anim. Sci., 54:419-425 (1982).
30. Seoane, J.R.: Relationship between physico-chemical characteristics of hays and their nutritive value. J. Anim. Sci., 55:422-431 (1982).
31. Shimada, A.S.: Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A.C., México, D.F., 1983.
32. Sundstøl, F., Coxwart, E. y Mowat, D.N.: Mejora del valor nutritivo de la paja mediante tratamiento con amoníaco. Rvta. Mundial Zoot., 26:13-21 (1978).
33. Van Soest, P.J.: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. J. of the A.O.A.C., 46:829 (1963).
34. Van Soest, P.J. and Wine, R.H.: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. The determination of plant cell wall constituents. J. of the A.O.A.C., 50:50:55 (1967).
35. Van Soest, P.J. and Wine, R.H.: Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. J. of the A.O.A.C., 51: 780 (1968).
36. Waiss, A.C. Jr., Guggolz, J., Kohler, G.D., Walker, H.G. Jr. and Garret, W.N.: Improving digestibility of straws for ruminant feed by aqueous ammonia. J. Anim. Sci., 35:109-112 (1972).
37. Waller, J.C. and Klopfenstein, T.: Hydroxides for treating crop residues. J. Anim. Sci., 4:424 (Abstr.) (1975).

38. Zorrilla, R.J.: Valor nutritivo de pajas y rastrojos para rumiantes.  
2º Congreso Nacional de la AMENA, Veracruz, México, 1981.