

91
26



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**INFLUENCIA DEL RASTROJO DE MAIZ TRATADO CON
HIDROXIDO DE CALCIO Y AMONIACO ANHIDRO
SOBRE LA FERMENTACION RUMINAL EN OVINOS**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
HUGO ARIEL GUTIERREZ LOPEZ**

MEXICO, D. F.

1987



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
MATERIAL Y METODOS	11
RESULTADOS.	17
DISCUSION.	35
CONCLUSIONES	40
LITERATURA CITADA.	41

I N D I C E D E C U A D R O S

Página

I.-	DIGESTIBILIDAD, CONSUMO DE MATERIA SECA Y NIVEL DE PROTEINA CRUDA, DE LAS PAJAS DE TRIGO, CEBADA, AVENA Y RASTROJO DE MAIZ SIN TRATAR Y TRATADA CON AMONIACO ANHIDRO.	5
II.-	COMPOSICION DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.	13
III.-	ANALISIS QUIMICO PROXIMAL Y FRACCIONES - DE FIBRA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.	14
IV.-	ANALISIS QUIMICO DEL RASTROJO DE MAIZ - TRATADO Y SIN TRATAR.	19
V.-	CONSUMO VOLUNTARIO, DIGESTIBILIDAD <u>IN VIVO</u> , DESAPARICION DE MATERIA SECA <u>IN SITU</u> Y DIGESTIBILIDAD <u>IN VITRO</u> DE LAS DIETAS - EXPERIMENTALES.	20
VI.-	DESAPARICION DE LA MATERIA SECA <u>IN SITU</u> , DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.	21
VII.-	DIGESTIBILIDAD <u>IN VIVO</u> Y DESAPARICION <u>IN SITU</u> DE FDN Y NITROGENO (N).	22
VIII.-	DESAPARICION DE FDN <u>IN SITU</u> DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.	23
IX.-	DESAPARICION DE NITROGENO <u>IN SITU</u> DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES EN RUMEN, DE 0 A 24 HORAS, DESPUES DE OFRECER EL ALIMENTO.	24
X.-	pH DE LIQUIDO RUMINAL DE LA HORA O A LA 24 DESPUES DE OFRECER EL ALIMENTO ENTRE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.	25
XI.-	CINETICA DE SOLIDOS Y LIQUIDOS EN RUMEN DE BORREGOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES.	34

INDICE DE GRAFICAS

	<u>Página</u>
1.- NIVELES DE NH ₂ RUMINAL, DE 0 A 24 HRS. DESPUES DE OFRECER EL ALIMENTO, EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES.28
2.- CINETICA DE PRODUCCION DE ACIDO ACETICO Y PROPIONICO, EN RUMEN DE BORREGOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES.29
3.- CINETICA DE PRODUCCION DE ACIDO BUTIRICO Y VALERICO EN RUMEN DE BORREGOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES.30
4.- VALORES PROMEDIOS PARA pH Y CONCENTRACION DE NH ₂ RUMINAL EN BORREGOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES.31
5.- PRODUCCION PROMEDIO DE ACIDO ACETICO, PROPIONICO Y BUTIRICO EN EL RUMEN DE BORREGOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES.32
6.- PROMEDIO DE PRODUCCION DE AGVs TOTALES EN EL RUMEN DE BORREGOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES.33

RESUMEN

GUTIERREZ LOPEZ HUGO ARIEL. Influencia del rastrojo de maíz tratado con hidróxido de calcio y amoníaco anhidro sobre la fermentación ruminal en ovinos (bajo la asesoría de: I.B.I. Araceli Aguilera Barreyro, M.V.Z. Mc. Eliseo Alcántara Sánchez y el M.V.Z. Ms. Fernando Pérez-Gil Romo)

La presente investigación se efectuó con el objeto de conocer el efecto que sobre el valor nutritivo del rastrojo de maíz (rm) tiene el tratamiento con NH_3 y $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bajo las condiciones óptimas de concentración, humedad y tiempo previamente establecidas y el nivel de inclusión de este esquilmo en dietas balanceadas. El rm fue sometido a 2 tratamientos, uno de los cuales consistió en exponerlo por 45 días a la acción del NH_3 a una concentración del 2% (base a MS) con humedad del 18%, el otro tratamiento se realizó con 7% (base a MS) de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ durante 30 días a una humedad de 19%. Los niveles de inclusión del rm en las dietas evaluadas fue el siguiente: I) 55% de rm amoniatoado, II) 75% de rm amoniatoado, III) 55% de rm tratado con cal, IV) 75% de rm tratado con cal, V) 55% de rm sin tratar, y VI) 75% de rm sin tratar. Con el fin de hacerlas isocalóricas e isoprotéicas se adicionó grano de sorgo, pasta de girasol, melaza y urea, así como minerales y vitaminas. Se utilizaron 6 borregos machos Pelibuey fistulados en rumen distribuidos en un diseño de bloques al azar con 3 períodos los cuales tuvieron una duración de 21 días, 14 de adaptación y los restantes para toma de muestras. Para determinar los parámetros de cinética ruminal se usaron como marcadores el Polietilenglicol y el Óxido de Cromo. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza; las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de ($P < 0.05$). El análisis químico proximal del rm tratado, mostró un incremento en la PC de 6.04 y 1.04 puntos porcentuales para NH_3 y $\text{Ca}(\text{OH})_2$ respectivamente y una disminución de la FDN en 10.81 y 13.33 puntos porcentuales respectivamente. El porcentaje de la digestibilidad de la MS de las dietas, medida *in vivo*; *in vitro* a las 48 h e *in situ* a las 24 h no fue diferente ($P > 0.05$). La digestibilidad *in vivo* de FDN y N fue de 52.44 y 43.01, 42.63 y 47.15, 65.90 y 59.41, 43.05 y 57.35, 41.36 y 36.98, 42.95 y 58.11 para I, II, III, IV, V y VI respectivamente, notándose un efecto favorable ($P < 0.05$) en la dieta III. La desaparición *in situ* para los mismos parámetros no hubo efecto significativo ($P > 0.05$). En los parámetros de fermentación ruminal; se encontró un incremento en la producción de ac. butírico para las dietas con rm mas NH_3 ($P < 0.05$), los valores fueron de 0.616 para la concentración mas baja y 0.90 g/l para la concentración mas alta. Los valores de pH y NH_3 ruminal fueron similares entre las dietas ($P > 0.05$). En cinética ruminal de sólidos y líquidos no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre las dietas. Estos resultados permiten concluir que a pesar de que el análisis químico muestra una tendencia a mejorar el valor nutritivo del rm, el nivel en que se incluyó en las dietas experimentales no permitió que se manifestara este efecto por lo que se recomienda una mayor inclusión de rm tratado en las dietas, reduciendo así el efecto asociativo de los alimentos y permitir una mejor evaluación de los tratamientos alcalinos.

INTRODUCCION

La producción de alimentos necesarios para la alimentación humana - es un reto que ha existido desde tiempo atrás y que sin embargo se agrava día a día, por lo anterior, en México se exige a la producción pecuaria su modernización, ser menos extensiva y más intensiva, con el aprovechamiento de esquilmos agrícolas y subproductos industriales, actualmente poco empleados, así como, la utilización de técnicas avanzadas enfocadas a nuestras particulares condiciones de producción.

El utilizar en la alimentación de rumiantes los esquilmos agrícolas, principalmente los de cereales, representa una fuente importante de alimentos para los países en desarrollo. Por ejemplo en nuestro país, de las cosechas Otoño-Invierno 84, Primavera - Verano 1985, la producción de esquilmos agrícolas fue aproximadamente de 61 millones de toneladas, de las cuales solo se utilizaron el 41% para la alimentación animal. De esta enorme cantidad de subproductos, el rastrojo de maíz ocupa el primer lugar de producción con 27.87 millones de toneladas, de las cuales - aproximadamente se aprovecha el 23%, lo que representa un desperdicio de recursos utilizables para la alimentación de rumiantes, ya que estos animales están capacitados para transformar a los subproductos fibrosos en alimentos de alto valor biológico para el hombre (14).

Desde el punto de vista de la nutrición animal, el uso de esquilmos agrícolas es limitado, debido al escaso valor proteínico y a la baja digestibilidad que presentan, lo cual es causado por su elevada lignificación, razón por la que se han desarrollado métodos para mejorar su valor alimenticio y de esta forma utilizarlos de una manera más extensa.

De tal manera el tratar de optimizar la utilización de los esquilmos agrícolas mediante su tratamiento contribuirá a mejorar la producción pecuaria nacional, que es la finalidad del presente trabajo.

Dentro de las diferentes alternativas destacan los tratamientos de tipo físico, biológico y químico (10,22)

Tratamientos físicos:

Los tratamientos físicos incluyen el molido, picado y empastillado, estos procedimientos modifican la presentación física de la paja, disminuyendo el tamaño de la partícula, lo cual generalmente incrementa el consumo de materia seca (10) Cámping y Feer(8) al moler y empastillar la paja de avena, encontraron que aumentaba el consumo voluntario hasta un 26% más que la paja testigo. Los autores lo explican por un aumento en la velocidad de paso, a través del tracto digestivo, lo cual es debido principalmente a que el alimento permanece menos tiempo en el rumen-retículo.

Tratamientos biológicos:

En los tratamientos con biológicos se utilizan los hongos del género Pleurotus florida y Pleurotus ostreatus, los cuales tienen la particularidad de digerir la lignina en mayor proporción que a los hidratos de carbono estructurales, por lo cual hay un incremento en la digestibilidad y una pequeña pérdida de azúcares (1,34)

Tratamientos químicos:

Experimentalmente los tratamientos químicos más frecuentemente empleados sobre las pajas son con hidróxido de sodio, amoníaco anhidro, hidróxido de calcio e hidróxido de potasio (22). Es un hecho comprobado que con los tratamientos alcalinos se aumenta el valor nutritivo de las pajas, debido a que dependiendo del tipo de álcali empleado, generalmente hay un incremento de aproximadamente 15 puntos porcentuales en la digestibilidad de las mismas, además de que aumenta el consumo voluntario (2,40).

Las pajas contienen principalmente celulosa y hemicelulosa asociado con una cantidad variable de lignina, cuya concentración aumenta con la madurez del vegetal. Virtualmente la lignina es indigerible, en tanto que la celulosa y hemicelulosa pueden ser fermentadas en el rumen, dando como resultado ácidos grasos volátiles (AGVs), que son la principal fuente de

energía para el rumiante. Se ha visto que los AGVs de la panza suministran el 70 - 80 % de las necesidades energéticas de los ovinos (13). No obstante la presencia de lignina disminuye la digestibilidad de los hidratos de carbono estructurales debido a las ligaduras de este polímero con la hemicelulosa y la celulosa (10). Con el tratamiento alcalino se lleva a cabo una saponificación del enlace éster que une a la lignina con la hemicelulosa y la celulosa, lo cual ocasiona que el sustrato sea más disponible para las enzimas microbianas, mejorando la digestibilidad y el consumo voluntario (8,22).

De los tratamientos alcalinos el amoníaco anhidro y el hidróxido de calcio, representan por su disponibilidad y costo una buena opción (9,40).

El amoníaco además de incrementar la digestibilidad, ofrece varias ventajas como el aumentar la cantidad de nitrógeno no proteínico y no dejar residuos minerales como en el caso del Na OH, ya que el exceso de amoníaco se evapora, y por lo tanto no afecta el balance de minerales (21). También con la amoniatización de las pajas hay un incremento en la velocidad del vaciado ruminal, reflejándose lo anterior en un aumento en el consumo voluntario del alimento (7). En el cuadro I se muestra el efecto que tiene el tratamiento con amoníaco anhidro en diferentes pajas sobre la proteína cruda, digestibilidad de la materia seca y el consumo voluntario.

Por lo que respecta al hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Oji, et al (33) y Klopfenstein (22) lo emplearon en combinación con el hidróxido de sodio para incrementar la digestibilidad de las pajas, encontrando resultados satisfactorios; por otra parte, con la adición de este álcali se contribuye a la suplementación de calcio en la dieta. Algunos autores mencionan como ventaja del $\text{Ca}(\text{OH})_2$, su disponibilidad, su bajo costo en comparación con otros tratamientos alcalinos (9), además de que se han informado niveles de digestibilidad de las pajas tratadas con cal hasta de un 56% (30).

La digestión es un mecanismo a través del cual los alimentos son -

CUADRO I.- DIGESTIBILIDAD, CONSUMO DE MATERIA SECA Y NIVEL DE PROTEINA CRUDA DE LAS PAJAS DE TRIGO, CEBADA, AVENA Y RASTROJO DE MAIZ SIN TRATAR Y TRATADA CON AMONIACO ANHIDRO.

	Proteína Cruda	Digestibilidad de MS. %	Consumo de MS Kg /dfa	Referencia
Paja de trigo sin tratamiento.	3.6	39.6	4.40 *	Herrera, <u>et al</u> (19)
Paja de trigo más NH ₃ , 5%	8.1	41.9	4.98	
Paja de cebada sin tratamiento.	7.7	55.4	0.960 **	Fahmy y Ørskov (16)
Paja de cebada más NH ₃ , 3.5%	12.8	62.8	1.660	
Paja de avena sin tratamiento.	2.17	48.7	3.02 *	Horton, <u>et al</u> (20)
Paja de avena más NH ₃ , 3.5%	6.59	64.6	4.25	
Rastrojo de maíz sin tratamiento.	5.1	56.6	3.3 *	Saenger, <u>et al</u> (37)
Rastrojo de maíz más NH ₃ , 2%	13.0	62.1	4.1	
Rastrojo de maíz sin Tratamiento	8.8	51.6	0.664 **	Oji, <u>et al</u> (33)
Rastrojo de maíz más NH ₃ , 3%	17.1	60.1	0.944	

* en bovinos.

** en ovinos.

fragmentados por medio de la hidrólisis enzimática en partículas más pequeñas, con el objeto de facilitar su absorción y su paso a través del tracto gastrointestinal. Por otro lado, la digestibilidad se define como la diferencia entre lo que se consume y lo que se excreta, es decir, lo que hipotéticamente o aparentemente es aprovechado por el animal. - - (11, 27,28)

La composición química de un alimento es solamente indicativa del contenido de nutrimentos del mismo, más no de su disponibilidad para el animal, por lo que es necesario llevar a cabo pruebas de digestibilidad (27). Generalmente estas pruebas se realizan con dos propósitos; uno - de ellos es el de evaluar la utilización por el animal de un determinado nutrimento, sustancia alimenticia o ración, y la otra para establecer cuantitativamente el aporte de sustancias nutritivas digeribles (13).

Los métodos empleados para determinar la digestibilidad de un alimento son:

CONVENCIONAL.

Consiste en recolectar el total de heces en un tiempo dado y restar este valor al total del alimento ingerido (45). El análisis químico - del alimento y de las heces nos permite entonces calcular la diferencia entre la cantidad de un nutrimento determinado consumido por el animal y la cantidad excretada (13,43).

En todo ensayo de digestibilidad, es necesario que los animales se sometan a un período de acostumbamiento, éste consiste en proporcionar al animal el alimento que se desea estudiar, siendo el período variable según la especie. Es necesario que transcurra algún tiempo para permitir al organismo desarrollar una población de las bacterias necesarias para digerir el tipo de alimento bajo observación (13), además, sirve para eliminar del tracto gastrointestinal, los últimos residuos alimenticios procedentes de los alimentos que el animal había estado consumiendo hasta antes del inicio del estudio (27), y para estandarizar la cantidad de alimento que ingieren los animales (28). El período preliminar de la prueba de digestibilidad de un rumiante es más largo que para

un monogástrico, la duración mínima de este período es de siete días, - debido a la naturaleza del rumen, en donde el alimento no se moviliza uniformemente, o sea, no es un sistema en que el primer alimento en entrar es el primero en salir (36).

USO DE INDICADORES

Es un método indirecto para valorar la digestibilidad mediante el empleo de una sustancia inerte de referencia conocida como indicador o marcador (27). El indicador ideal es aquel que no es digerible ni absorbible, debe pasar a través del tracto digestivo a una velocidad uniforme, no debe tener acción farmacológica, debe mezclarse íntimamente con el alimento, debe poderse determinar cuantitativamente a través de técnicas sencillas y de preferencia, ser un constituyente natural del in - ingrediente alimenticio a tratarse (13).

En la actualidad se conoce una amplia gama de marcadores, los cuales pueden clasificarse de varias formas, la más común es la que se basa en el origen de los mismos en relación con el alimento, es decir, los marcadores naturales o internos que son sustancias que forman parte de la composición de los alimentos y los marcadores externos que se añaden a los mismos (28,43).

Los indicadores internos comprenden sustancias tales como lignina, sílice, pigmentos y nitrógeno fecal. Estos marcadores se han utilizado con menos entusiasmo, pues existen problemas tales como una recuperación incompleta (lignina y pigmentos), o una existencia de cantidades insuficientes de indicador, en el caso de los pigmentos en forrajes secos (43).

Los indicadores externos que más comúnmente se utilizan son: el sex - quítoxido de cromo (Cr_2O_3), colorantes, polietilenglicol y hierro (13).

La elección de los marcadores en nutrición, se basa en las caracte - rísticas que reúnen cada uno de éstos para ser considerados como apropia - dos; además, la utilización de los marcadores estará determinado por el

tipo de estudio que se quiera realizar (11).

El polietilenglicol es uno de los marcadores solubles que se ha empleado en muchos estudios fisiológicos y nutricionales en el hombre y los animales, especialmente en rumiantes para medir el volumen del agua de los diferentes compartimentos y en estudios de balance hídrico (27).

El Cr_2O_3 se ha utilizado extensamente en animales y humanos para determinar el coeficiente de digestibilidad aparente de un alimento o de un nutrimento específico y también sobre la investigación en el balance metabólico, empleándose cada vez más en el campo de la nutrición animal, así se tiene que es el indicador ideal para medir el volumen y tasa de re cambio de sólidos en los rumiantes (13).

METODO IN VITRO

Las pruebas de digestión llevan bastante tiempo y son costosas, por tanto, se han realizado muchos esfuerzos para desarrollar métodos que permitan estimar la digestibilidad en forma indirecta o bien por métodos in vitro (27). Las necesidades esenciales de este método incluyen; la acción fermentativa de los organismos del rumen sobre el sustrato que se desea probar, en un medio controlado en el laboratorio durante un determinado período de tiempo, posteriormente se somete la muestra a la acción del ácido clorhídrico y a la acción de la pepsina, simulando los eventos que ocurren en el estómago. Para analizar cuantitativamente los resul - tados, se emplean los datos obtenidos de la digestibilidad de la materia seca (28).

Se ha observado una correlación de 0.9 o incluso más alta, entre los índices de digestibilidad in vitro e in vivo, por lo que este método brinda una estimación bastante real sobre la digestibilidad del forraje ensayado (44).

METODO IN SITU

La digestibilidad in situ, se ha utilizado también para la evalua -

ción de sustancias alimenticias, el ensayo se realiza suspendiendo en el interior del rumen un saco permeable fabricado de material no digerible, como el nylon o el dacrón, conteniendo el alimento bajo estudio (42).

Quin (35) en 1939 es uno de los primeros investigadores que suspende un saco de seda en el interior del rumen de un ovino fistulado, observando la desintegración del alimento contenido en el saco, con el fin de encontrar un material que permitiera el paso de las bacterias hacia adentro del saco y no dejar salir el material que no haya sido degradado por las mismas. Lambert y Jacobson (23), investigaron el uso de bolsas de nylon dentro del rumen, encontrando que el paso de la celulosa de la bolsa hacia el rumen no fue importante. Lusk y colaboradores - - (24) comparan la digestibilidad de forrajes por medio del método in situ y el convencional, no encontrando diferencia significativa entre los resultados de los dos métodos, dando los autores la confiabilidad al método in situ para la determinación de la digestibilidad de los alimentos - en los rumiantes .

PRODUCCION DE AGVs EN RUMEN

La cantidad de ácidos grasos volátiles (AGVs) presentes en el contenido líquido del rumen-retículo, es en un momento determinado el reflejo de la actividad microbiana y de su tasa de absorción o paso por el rumen. Se ha demostrado que la producción de AGVs totales encontrados en la sangre del animal, está relacionada en forma positiva con la concentración de AGVs en el rumen (13).

Aparentemente el tratamiento alcalino en las pajas, ayuda a las bacterias en la degradación de la masa parenquimal de los vegetales fibrosos y también pero muy poco, a la ruptura de los tejidos remanentes (hemicelulosa y celulosa) (18), por lo que al haber mayor cantidad de materias alimenticias fácilmente fermentables, la actividad microbiana aumenta rápidamente, detectándose un incremento en la concentración de AGVs - (3).

OBJETIVOS:**Objetivo General.**

Conocer el efecto que sobre el valor nutritivo del rastrojo de maíz tiene el tratamiento con NH_3 e $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y el nivel de inclusión de este esquilmo en dietas balanceadas.

Objetivos específicos.

- 1) Conocer la composición química y la digestibilidad del rastrojo de maíz, por los métodos in vivo, in vitro e in situ, antes y después de los tratamientos alcalinos.
- 2) Evaluar dos niveles de inclusión de rastrojo de maíz tratado y no tratado en dietas balanceadas.
- 3) Conocer la digestibilidad, cinética ruminal de líquidos y sólidos, y parámetros de fermentación ruminal en borregos Tabasco - (Pelibuey) alimentados con dietas a base de rastrojo de maíz - tratado con amoníaco anhidro, hidróxido de calcio y no tratado.

MATERIAL Y METODOS.

Esta investigación se desarrolló en las instalaciones del Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán".

El experimento se realizó en tres etapas a saber:

ETAPA I.- Tratamiento del rastrojo de maíz, análisis químico proximal de los ingredientes de las dietas y elaboración de las mismas.

La presente investigación es la continuación de un trabajo experimental donde se buscó el nivel y las condiciones óptimas para el tratamiento del rastrojo de maíz con hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) y amoníaco anhidro (NH_3), realizado bajo diferentes condiciones de humedad y tiempo de reacción *. Se seleccionaron los mejores tratamientos obtenidos en la investigación anterior, para la elaboración de las dietas experimentales del presente trabajo de la siguiente manera:

- 1) Tratamiento del rastrojo de maíz con NH_3 al 2% en base a materia seca, con 19% de humedad, durante 45 días.
- 2) Tratamiento del rastrojo de maíz con Ca(OH)_2 al 7% en base a materia seca, con 18% de humedad, durante 30 días.
- 3) Rastrojo de maíz sin tratar.

Se utilizaron 675 Kg de rastrojo de maíz, dividido en 225 Kg para cada tratamiento y para el testigo (aproximadamente 34 pacas en total, de 20 Kg cada una).

Tratamiento con amoníaco anhidro (NH_3):

Se utilizó el método Noruego citado por Sundstøl y colaboradores (40), el cual consistió en apilar las pacas, se agregaron 26.59 l de agua y se inyectaron 4.16 Kg del NH_3 por medio de un tanque de 40 Kg de capacidad.

* Juárez, S.M.E. Comunicación Personal 1987.

El tratamiento tuvo una duración de 45 días, después de los cuales - estuvo destapado durante 10 días con el fin de que se perdiera el exceso de amoníaco.

Tratamiento con hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$):

En este caso las pacas se desbarataron y al mismo tiempo se agregó el hidróxido de calcio disuelto en agua. Fueron 15.15 Kg de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ disueltos en 24 l para 225 Kg de rastrojo de maíz. Una vez agregado el álcali, el rastrojo de maíz se cubrió con un plástico, con el fin de resguardarlo de la interperie durante los 30 días que duró el tratamiento.

Elaboración de las dietas experimentales:

Se elaboraron 6 dietas mediante la inclusión del rastrojo tratado y no tratado en dos niveles: 55% y 75% en base a materia seca, de tal forma que fueran isocalóricas e isoproteicas para borregos en finalización (10% de proteína cruda y 2.5 Mcal/Kg de p.v., según tablas del NRC (32).

La composición de las dietas experimentales aparece en el Cuadro II.

Se realizó el análisis químico proximal y fracciones de fibra de ca da una de las raciones, conforme a las técnicas del A.O.A.C.(4) y cuyos resultados aparecen en el Cuadro III.

ETAPA II.- Administración de las dietas a los animales y toma de - muestras biológicas.

Se emplearon 6 borregos de raza Tabasco o Pelibuey, machos, en etapa de finalización con un peso promedio de 30 Kg. Los animales fueron - operados para la colocación de una cánula ruminal permanente mediante la técnica propuesta por Brown, et al (6), se mantuvieron en un período de adaptación, se desparasitaron interna y externamente antes del experimen to, así mismo, fueron debidamente marcados y pesados.

Los borregos se colocaron en jaulas metabólicas, utilizando un dise

CUADRO II.- COMPOSICION DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES *.

Ingredientes	I	II	III	IV	V	VI
Rastrojo de Mafz 2% NH ₃	55	75				
Rastrojo de Mafz 7% Ca(OH) ₂			55	75		
Rastrojo de Mafz Sin tratar.					55	75
Sorgo	27.75	8.75	24.0	4.0	21.5	3.75
Pasta de Girasol	6.0	5.0	9.0	8.75	11.5	9.0
Melaza	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Urea	0.25	0.25	1.0	1.25	1.0	1.5
Vit. y Mtn.	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

* % en base a materia seca.

CUADRO III.- ANALISIS QUIMICO PROXIMAL Y FRACCIONES DE FIBRA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES. *

Nutrimiento	I	II	III	IV	V	VI
Humedad	12.95	13.0	12.8	12.0	11.47	11.64
Materia Seca	87.05	87.0	87.2	88.0	88.53	88.36
Cenizas	8.43	6.88	11.19	11.43	8.51	9.43
Protefna Cruda	11.34	11.43	10.74	10.09	10.4	9.96
Extracto Etéreo	3.8	3.27	2.6	2.46	2.65	2.73
F.D.N.	50.17	55.67	53.84	49.52	45.36	53.17
F.Ú.A.	31.85	27.89	29.58	30.33	27.38	35.18
Hemicelulosa	18.32	27.78	24.26	19.19	17.98	17.99
Celulosa	23.68	20.64	20.18	22.06	19.91	25.60
Lignina	5.68	4.63	6.31	4.59	4.60	5.97
Contenido Celular	49.83	44.33	46.16	50.48	54.64	46.33

* % en base a materia seca.

ño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones o períodos, los cuales tuvieron una duración de 21 días.

Los resultados obtenidos se analizaron por medio de un análisis de varianza para un diseño de bloques al azar, como prueba de rango múltiple se empleó la de Tukey, con un nivel de significancia de ($P < 0.05$) (39).

Las dietas fueron ofrecidas ad libitum durante los primeros 14 días de cada período con el fin de acostumbrar a los animales, registrándose el consumo voluntario de las mismas.

En la segunda parte del período, el cual tuvo una duración de 7 días, se ofreció el 90% de la cantidad consumida durante el período de acostumbramiento, registrándose lo ofrecido y lo rechazado para cada animal, durante este tiempo se realizó la recolección total de heces.

En estos 7 días de recolección se llevaron a cabo la toma de muestras de líquido ruminal con y sin marcadores externos para observar el efecto que tiene el rastrojo de maíz tratado con los dos álcalis y sin tratar, sobre la cinética ruminal de sólidos y líquidos, los marcadores empleados fueron el óxido de cromo y el polietilenglicol respectivamente, muestreándose a intervalos de 0, 3, 6, 9, 24 y 32 horas después de ofrecer alimento. Durante este tiempo también se determinó la digestibilidad in vitro y la desaparición de materia seca in situ, esta última con la incubación de las bolsas de nylon a intervalos de 0, 3, 6, 9 y 24 horas.

ETAPA III.- Evaluación de las muestras biológicas de cada animal y de cada dieta.

La evaluación de las muestras biológicas se realizó por medio de los siguientes parámetros:

a) Consumo voluntario.

b) Determinación de la digestibilidad in vivo (por recolección total de heces) de materia seca (4), fracciones de fibra (17) y -

nitrógeno (4).

- c) Determinación in situ de la desaparición de materia seca por el método propuesto por Menhrez (29), fracciones de fibra (17) y -nitrógeno (4).
- d) Determinación in vitro de la digestibilidad de la materia seca por el método de Tilley y Terry (42).
- e) Medición de pH y nitrógeno amoniacal por potenciometria (5), y ácidos grasos volátiles por cromatografía de gases (15).
- f) Determinación del volúmen, flujo y tasa de recambio de líquidos y sólidos en rumen, mediante el empleo de marcadores externos: Polietilenglicol con la técnica citada por Malawer y Powell (25) y Oxido de Cromo con la técnica de Czarnocki, et al (12).

RESULTADOS

Los Resultados del análisis químico practicado al rastrojo de maíz tratado con NH_3 , con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y sin tratar se presentan en el Cuadro IV. Se observa un incremento en la proteína cruda del rastrojo tratado con NH_3 e $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en relación al no tratado en 6.04 y 1.04 puntos porcentuales respectivamente. También se encontró una disminución en la fibra detergente neutro (FDN) del rastrojo tratado, 10.81 y 13.33 puntos porcentuales para NH_3 y para $\text{Ca}(\text{OH})_2$ respectivamente, en relación al no tratado. Por lo que respecta a la fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa y celulosa, se obtuvieron valores mas bajos para el rastrojo tratado con cada álcali, en comparación al rastrojo sin tratar, la lignina disminuyó para el tratado con NH_3 .

Por otra parte las cenizas se incrementaron para el rastrojo tratado con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Cuadro IV), comparativamente con el tratado con NH_3 y sin tratar.

CONSUMO VOLUNTARIO Y DIGESTIBILIDAD:

En el Cuadro V se presentan los valores obtenidos para el consumo voluntario, digestibilidad in vivo, in vitro y desaparición de materia seca in situ, como se indica no existe diferencia estadística en ninguno de estos parámetros ($P > 0.05$) en las dietas experimentales. No obstante se aprecia un incremento en el consumo voluntario de las dietas que contenían rastrojo tratado con NH_3 (principalmente la dieta II). Por lo que respecta a la digestibilidad in vitro de materia seca hay un incremento en la dieta con 55% de inclusión de rastrojo de maíz tratado con NH_3 (Dieta I) en relación a las otras dietas.

En cuanto a la desaparición de materia seca del alimento incubado in situ de 0 a 24 horas (Cuadro VI), no se encontraron diferencias significativas entre las dietas, pero si se observa entre horas de incubación, siendo mayor el porcentaje de desaparición MS a las 24 horas ($P < 0.05$).

Los resultados obtenidos para la digestibilidad in vivo de FDN y desaparición de FDN in situ se encuentran en el Cuadro VII. Como advierte, la digestibilidad in vivo de la FDN de la dieta con 55% de rastrojo con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Dieta III) fue superior a las demás ($P < 0.05$), excepto la Dieta I que fue igual. No se encontraron diferencias significativas para los valores de desaparición de FDN in situ. También dentro del Cuadro VII se presentan los valores de digestibilidad in vivo de N y de la desaparición de N in situ. En cuanto a la digestibilidad in vivo se observa que la Dieta I tratada con amoníaco, fue igual a la II, pero estadísticamente inferior a los demás tratamientos. La Dieta II con 75% de rastrojo con NH_3 , es diferente a la III pero igual a las demás. Para la desaparición in situ de nitrógeno no se encontraron diferencias significativas entre las dietas.

En los valores obtenidos para la desaparición de FDN in situ de 3 a 24 horas (Cuadro VIIb), se muestra una rápida desaparición a la hora 6 en las Dietas II, III y IV (55% de rastrojo con NH_3 y 55 y 75% de rastrojo mas $\text{Ca}(\text{OH})_2$ respectivamente), en comparación a las otras dietas ($P < 0.05$). Existe una mayor desaparición de FDN a las 24 horas, dentro de cada Dieta ($P < 0.05$), con excepción a la Dieta III.

La desaparición de N in situ que se aprecia en el Cuadro IX, la Dieta I presentó un comportamiento similar de la hora 0 a la 24, para las demás la hora 24 difiere estadísticamente con la hora 0. No existe diferencia estadística de desaparición de N entre las dietas, para cada hora de incubación.

PARAMETROS DE FERMENTACION RUMINAL:

Se encontró que no existió diferencia en el pH del líquido ruminal entre las dietas a las horas 0, 3, 9 y 24 (Cuadro X), pero a la hora 6 sí la hubo entre las dietas IV y V. En la Gráfica 2 se observa que los valores promedio de pH no fueron diferentes estadísticamente ($P > 0.05$).

Los niveles de NH_3 ruminal de la Gráfica 1 muestran que la Dieta V a las 3 horas tiene el valor mas alto y una diferencia significativa -

CUADRO IV.- ANALISIS QUIMICO DEL RASTROJO DE MAIZ TRATADO
Y SIN TRATAR. *

	Rastrojo de Maiz, 2% NH ₃	Rastrojo de: Maiz 7% Ca(OH) ₂	Rastrojo de Maiz, sin tratar.
Humedad	6.5	8.15	8.3
Materia Seca	93.5	91.85	91.7
Cenizas	8.2	9.23	8.8
Proteina Cruda	9.0	4.0	2.96
Extracto Etereo	1.8	2.15	1.3
F.D.N.	64.04	61.52	74.85
F.D.A.	44.17	43.82	50.9
Hemicelulosa	19.87	17.7	23.95
Celulosa	33.31	34.74	38.16
Lignina	5.53	7.18	7.49
Contenido Celular.	35.96	38.48	25.15

* % en base a materia seca.

CUÁDRO V.-- CONSUMO VOLUNTARIO, DIGESTIBILIDAD IN VIVO, DESAPARICION DE MATERIA SECA IN SITU Y DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES. *

Parametro	I	II	III	IV	V	VI
Consumo Voluntario (Kg /día)	1,276 ±0.254	1,451 ±0.182	1,136 ±0.275	1,129 ±0.263	1,119 ±0.242	1,200 ±0.85
Digestibilidad <u>in vivo</u> de M.S. (%)	59.07 ±2.88	61.6 ±3.47	62.77 ±4.03	56.35 ±0.74	59.77 ±7.42	57.38 ±1.68
Desaparición de M.S. <u>in situ</u> , 24 Hrs.(%)	69.32 ±7.01	64.09 ±5.21	66.54 ±5.1	65.68 ±1.72	63.19 ±0.9	66.56 ±1.476
Digestibilidad <u>in vitro</u> de M.S., 48 Hrs.(%)	81.155 ±1.308	75.57 ±4.9	72.69 ±0.516	76.54 ±2.06	76.50 ±1.9	70.21 ±3.9

* En base a materia seca

No hubo diferencias significativas entre dietas (P> 0.05).

CUADRO VI.- DESAPARICION DE LA MATERIA SECA IN SITU, DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES, *

Hora	I	II	III	IV	V	VI
0	27.61±5.7 ^A	26.72±4.8 ^A	25.99±4.6 ^A	25.95±5.1 ^A	27.21±7.13 ^A	26.5 ±2.94 ^A
3	41.15±9.0 ^{AB}	40.9 ±10.1 ^{AB}	43.13±8.8 ^{AB}	38.17±4.81 ^{AB}	44.09±4.92 ^A	38.04±5.41 ^B
6	42.91±4.5 ^{AB}	43.2 ±3.5 ^B	41.3 ±7.8 ^{AB}	41.9 ±6.2 ^{BC}	45.88±4.99 ^B	40.87±8.05 ^{BC}
9	46.76±5.76 ^B	49.9 ±9.4 ^{BC}	52.92±3.8 ^{BC}	52.2 ±5.6 ^{CD}	45.42±6.4 ^B	48.87±3.95 ^C
24	69.3 ±7.01 ^C	64.09±6.4 ^C	66.5 ±5.1 ^C	65.68±1.72 ^D	63.19±0.9 ^C	66.56±1.47 ^D

* En base a materia seca.

A,B,C,D. Para cada media entre horas, valores con distinta literal son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

No hubo diferencias significativas entre dietas ($P > 0.05$).

CUADRO VII.- DIGESTIBILIDAD IN VIVO Y DESAPARICION IN SITU
DE FDN Y NITROGENO (N).

	I	II	III	IV	V	VI
Digestibilidad	52.44 ^{xy}	42.63 ^x	65.98 ^{xy}	43.05 ^x	41.36 ^x	42.95 ^x
" <u>in vivo</u> " de FDN (%)	<u>+0.714</u>	<u>+4.66</u>	<u>+7.0</u>	<u>+6.3</u>	<u>+9.95</u>	<u>+7.41</u>
Desaparicion de FDN	44.24 ^x	47.76 ^x	47.14 ^x	44.83 ^x	48.83 ^x	53.02 ^x
" <u>in situ</u> " a las 24 horas (%)	<u>+5.67</u>	<u>+4.58</u>	<u>+6.79</u>	<u>+2.76</u>	<u>+0.48</u>	<u>+2.07</u>
Digestibilidad de N	43.01 ^x	47.15 ^{xz}	59.41 ^y	57.35 ^{yz}	56.98 ^{yz}	58.11 ^{yz}
" <u>in vivo</u> " (%)	<u>+4.89</u>	<u>+1.84</u>	<u>+3.81</u>	<u>+0.82</u>	<u>+6.65</u>	<u>+3.57</u>
Desaparición de N	73.68 ^x	65.65 ^x	63.75 ^x	72.29 ^x	72.75 ^x	71.84 ^x
" <u>in situ</u> " de las 24 horas (%)	<u>+7.90</u>	<u>+15.56</u>	<u>4.05</u>	<u>+3.09</u>	<u>+2.06</u>	<u>+0.81</u>

x,y,z. Para cada media entre las dietas, valores con distinta literal son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

CUADRO VIII.- DESAPARICION DE FDN IN SITU DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES. *

Hora	I	II	III	IV	V	VI
3	5.26 ^{x-A} _{+2.56}	22.5 ^{y-AB} _{+2.81}	25.33 ^{y-A} _{+11.81}	19.45 ^{xy-A} _{+6.27}	11.35 ^{xy-A} _{+5.38}	12.74 ^{xy-A} _{+7.48}
6	13.78 ^{x-A} _{+6.87}	31.17 ^{y-A} _{+4.22}	31.81 ^{y-AB} _{+4.99}	31.56 ^{y-A} _{+9.61}	13.78 ^{x-A} _{+7.95}	22.12 ^{xy-B} _{+4.36}
9	12.44 ^{x-A} _{+0.69}	17.47 ^{xy-B} _{+2.38}	35.35 ^{yz-AB} _{+0.62}	30.94 ^{z-A} _{+8.09}	22.17 ^{xyz-A} _{+13.85}	26.77 ^{xyz-B} _{+8.52}
24	44.24 ^{x-B} _{+5.67}	47.76 ^{x-C} _{+4.58}	47.14 ^{x-B} _{+6.79}	44.83 ^{x-B} _{+2.76}	48.83 ^{x-B} _{+10.48}	53.02 ^{x-C} _{+2.07}

* % en base a materia seca.

x, y, z Para cada media entre las dietas, valores con distinta literal son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$)

A, B, C Para cada media entre horas, valores con distinta literal son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$)

CUADRO IX.- DESAPARICION DE NITROGENO IN SITU DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES EN RUMEN, DE 0 A 24 HORAS, DESPUES DE OFRECER EL ALIMENTO. *

Hora	I	II	III	IV	V	VI
0	41.57±4.33 ^A	35.59±4.24 ^A	39.83±3.51 ^A	28.39±7.62 ^A	44.24±5.42 ^A	38.13±5.85 ^A
3	54.04±8.19 ^A	53.12±4.60 ^{AB}	55.13±6.61 ^B	50.69±10.54 ^B	51.27±1.49 ^{AB}	54.07±6.04 ^{AB}
6	58.22±13.07 ^A	53.84±12.59 ^{AB}	51.69±4.0 ^{AB}	48.54±3.98 ^B	48.97±5.22 ^A	61.96±7.94 ^{BC}
9	59.49±13.49 ^A	53.60±19.19 ^{AB}	52.54±2.21 ^{AB}	56.38±3.4 ^B	53.45± ^{AB}	64.25±8.76 ^{BC}
24	73.68±7.9 ^A	65.65±15.56 ^B	63.25±4.05 ^B	72.29±3.09 ^C	72.75±2.06 ^B	71.84±0.81 ^C

* % en base a materia seca.

A, B, C Para cada media entre horas, valores con distinta literal son diferentes estadísticamente (P<0.05).

No se encontraron diferencias significativas entre dietas (P>0.05).

CUADRO X.- pH DE LIQUIDO RUMINAL DE LA HORA 0 A LA 24
DESPUES DE OFRECER EL ALIMENTO ENTRE LAS
DIETAS EXPERIMENTALES.

Hora	I	II	III	IV	V	VI
0	6.8 ±.16 ^{x-A}	6.47±.13 ^{x-AD}	6.78±.16 ^{x-A}	6.71±.06 ^{x-A}	6.91±.12 ^{x-A}	6.63±.05 ^{x-A}
3	6.41±.24 ^{x-A}	6.14±.31 ^{x-BC}	6.43±.42 ^{x-B}	6.49±.19 ^{x-A}	6.18±.21 ^{x-AB}	6.49±.15 ^{x-A}
6	6.26±.15 ^{xy-A}	6.22±.32 ^{xy-AB}	6.32±.14 ^{xy-B}	6.62±.39 ^{x-A}	5.84±.09 ^{y-B}	6.37±.08 ^{xy-A}
9	6.37±.39 ^{x-A}	5.91±.24 ^{x-C}	6.27±0.16 ^{x-B}	6.49±.36 ^{x-A}	5.76±.15 ^{x-B}	6.03±.13 ^{x-A}
24	6.68±.29 ^{x-A}	6.61±.34 ^{x-D}	6.85±.27 ^{x-A}	6.92±.33 ^{x-A}	6.53±.06 ^{x-AB}	6.62±.17 ^{x-A}

x, y Para cada media entre las dietas, valores con distinta literal son diferentes estadísticamente (P<0.05)

A,B,C,D. Para cada media entre horas, valores con distinta literal son diferentes estadísticamente (P<0.05)

($P < 0.05$) con las Dietas III y IV; para las demás horas no la hubo. Con lo que respecta a los valores promedio de NH_3 ruminal (Gráfica 2) no existió significancia estadísticamente entre las dietas ($P > 0.05$). Para los valores entre las horas estos tuvieron un comportamiento cíclico, alcanzando su máxima concentración, a saber; Dieta I hora 3, Dieta II horas 3 y 6, Dieta III hora 6, Dieta IV horas 3 y 6, Dieta V hora 3 y Dieta VI horas 3 y 6.

En cuanto a la producción de ácido acético, propiónico y butírico a las diferentes horas (Gráfica 3 y 4) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las Dietas. Cabe mencionar que la Dieta II tuvo los valores mas altos para estos tres ácidos grasos. En el caso de la producción de ácido valérico a la hora 6, la dieta II tuvo una producción significativamente mayor (Gráfica 4) en relación a las demás ($P < 0.05$), estas mantienen una producción constante de este ácido de la hora 0 a la 24. La producción de ácido acético, propiónico y butírico se manifestó cíclicamente para cada Dieta entre la hora 0 y la 24, observándose una mayor producción de cada uno entre las horas 3 y 9. La concentración del ácido valérico no tuvo diferencia estadística entre horas.

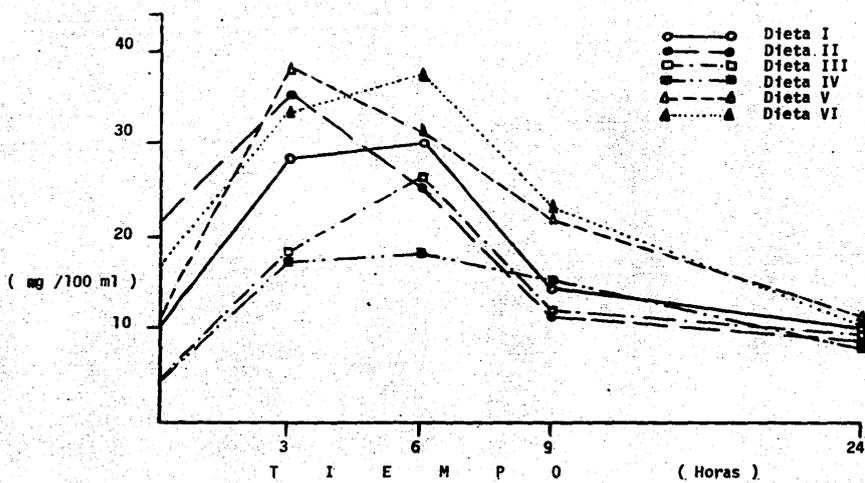
En la Gráfica 5 se aprecia la producción promedio de ácido acético, propiónico y butírico, en los 2 primeros, los valores obtenidos no fueron diferentes estadísticamente ($P > 0.05$), sin embargo la producción de ácido butírico en las dietas que incluyen rastrojo de maíz tratado con NH_3 en sus dos niveles de inclusión (Dieta I y II), fue significativamente diferente a las dietas que contienen rastrojo sin tratar ($P < 0.05$). Así mismo la Dieta II fue diferente a la IV.

Los valores promedio de la concentración de AGVs totales (ac. acético, propiónico, butírico y valérico) se encuentran en la Gráfica 6, como se indica, se encontraron diferencias entre la Dieta II (75% de rastrojo con NH_3) y las dietas que contenían 75% de rastrojo con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Dieta IV) y 55% de rastrojo sin tratar (Dieta III).

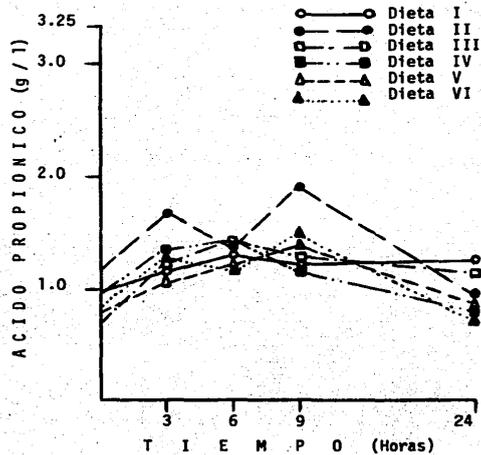
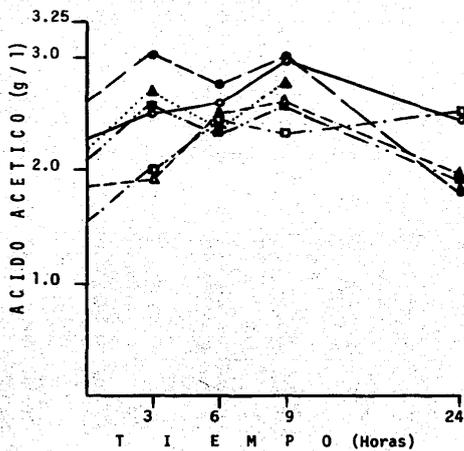
CINETICA RUMINAL:

En el Cuadro XI se presentan los valores promedio de los parámetros de la cinética ruminal de sólidos y líquidos, como se observa no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las dietas.

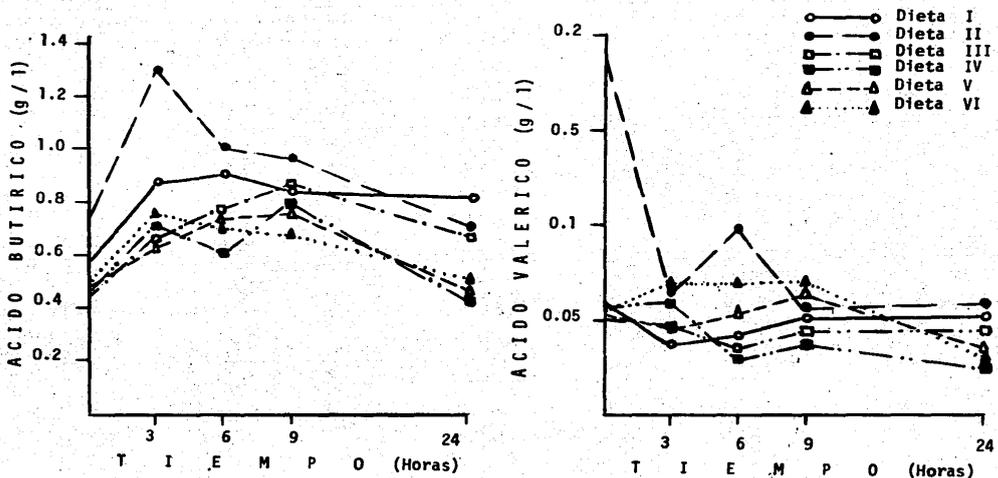
GRAFICA 1 : NIVELES DE NH_3 RUMINAL, DE 0 A 24 HRS. DESPUES DE--
OFRECER EL ALIMENTO, EN LAS DIETAS, EXPERIMENTALES.



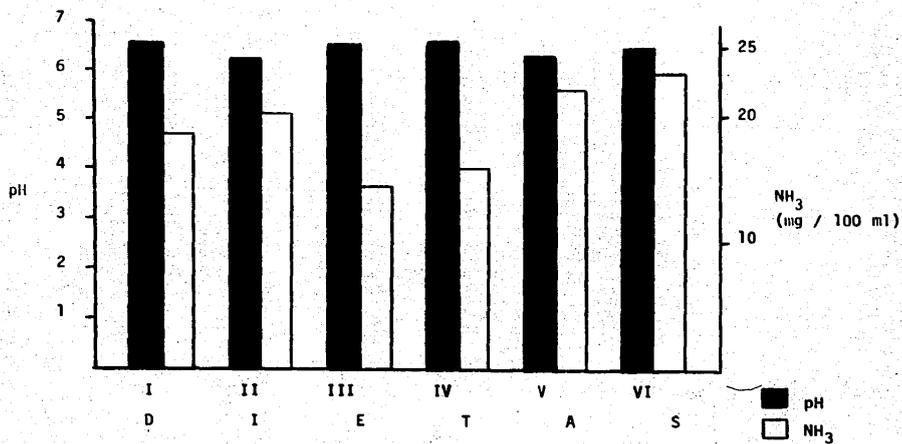
GRAFICA 2 : CINETICA DE PRODUCCION DE ACIDO ACETICO Y PROPIONICO, EN RUMEN DE BORREGOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES.



GRAFICA 3 : CINETICA DE PRODUCCION DE ACIDO BUTIRICO Y VALERICO EN RUMEN DE BORREGOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES.

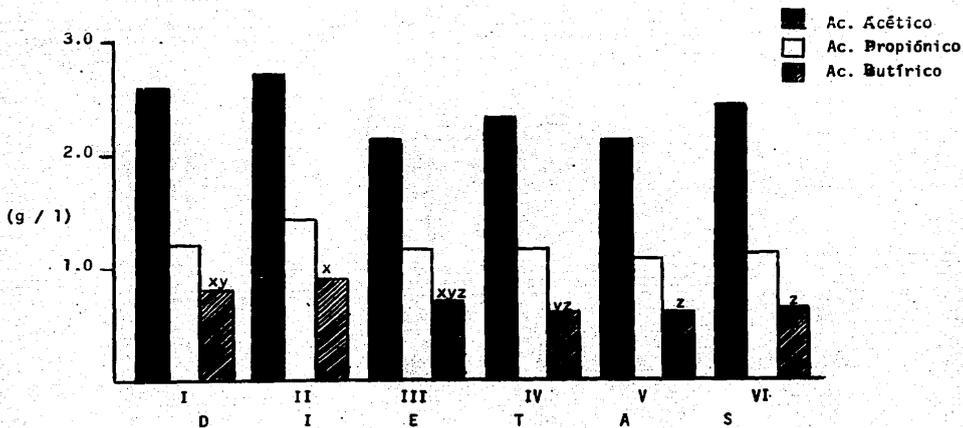


GRAFICA 4 : VALORES PROMEDIOS PARA pH Y CONCENTRACION DE NH₃ RUMINAL EN BORREGOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES.



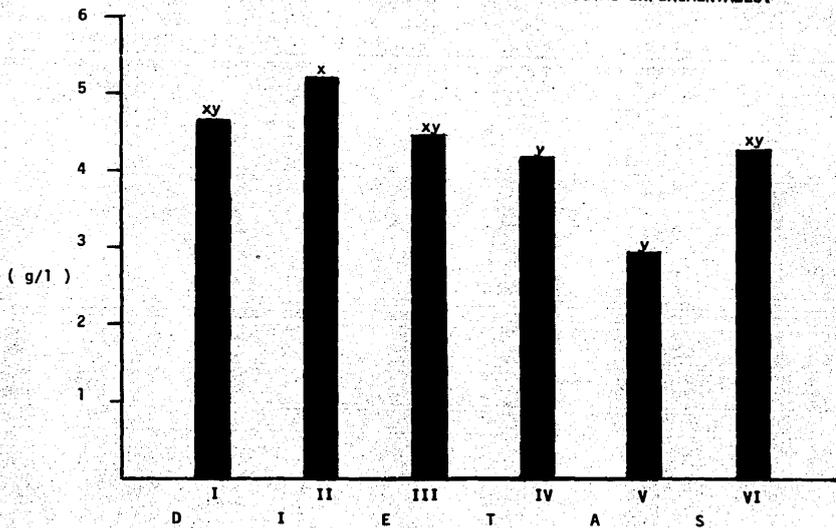
No hubo diferencias significativas entre dietas ($P > 0.05$)

GRAFICA 5 : PRODUCCION PROMEDIO DE ACIDO ACETICO, PROPIONICO Y BUTIRICO EN EL RUMEN DE BORREGOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES.



x, y, z Para cada media entre las dietas, valores con distinta literal son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

GRAFICA 6 : PROMEDIO DE PRODUCCION DE AGVs TOTALES EN EL RUMEN DE BORREGOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES.



x, y Para cada media entre las dietas, valores con distinta literal son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

CUADRO XI.- CINETICA DE SOLIDOS Y LIQUIDOS EN RUMEN DE BORREGOS ALIMENTADOS CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES.

	I	II	III	IV	V	VI
Volúmen ruminal (Kg)	0.769 ±.12	0.690 ±.12	0.620 ±.279	0.535 ±.198	0.578 ±.139	0.705 ±.292
Volúmen ruminal (l)	2.98 ±.922	4.46 ±1.713	4.07 ±.703	4.66 ±.681	4.48 ±1.767	4.590 ±1.98
Tiempo medio (h)	11.310 ±1.157	10.510 ±1.89	10.72 ±2.14	11.013 ±1.56	10.920 ±2.22	12.820 ±3.069
Tiempo medio (h)	17.79 ±4.658	30.23 ±16.319	24.73 ±6.393	29.78 ±5.069	28.99 ±15.48	32.64 ±16.127
Flujo (Kg /24 h)	0.795 ±.197	0.789 ±.005	0.709 ±.298	0.510 ±.137	0.634 ±0.0540	0.673 ±0.082
Flujo (l/24 h)	1.98 ±.136	1.86 ±.2968	2.0 ±.155	1.87 ±.055	1.94 ±.2470	1.75 ±.192
Tasa de recambio (h ⁻¹)	1.067 ±.105	1.164 ±.2	1.152 ±.258	1.050 ±.166	1.134 ±.262	0.974 ±.247
Tasa de recambio (h ⁻¹)	0.706 ±.181	0.473 ±.215	0.503 ±.117	0.407 ±.061	0.493 ±.23	0.476 ±.332

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas (P>0.05).

DISCUSION

Al comparar la composición química del rastrojo de maíz tratado con NH_3 , el tratado con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y sin tratar (Cuadro IV), se aprecian diferencias significativas para los niveles de proteína cruda (PC) y - fracciones de fibra.

El aumento en el contenido de P C es debido a que con la amonificación del rastrojo de maíz se proporciona nitrógeno no protéico, al fijarse parte de este nitrógeno, se incrementa la proteína cruda, en comparación al no tratado y al no tratado con cal. Resultados similares fueron presentados por Tejeda, et al (41) en pajas tratadas con niveles de 0 a 8% de NH_3 , Saenger, et al (37) tratando a la paja de trigo con 3% de NH_3 y, Males y Gaskins (26) quienes mencionan altos niveles de nitrógeno en paja de trigo tratada con 3.8% de NH_3 . Por lo que respecta al incremento de la proteína cruda mostrado por el rastrojo tratado con $\text{Ca}(\text{OH})_2$, se desconoce el efecto que pueda llevarse a cabo para incrementarla, sin embargo, se ha informado que con los tratamientos alcalinos puede haber liberación de N que se encuentra enlazado con la lignina(19).

En la investigación anterior a este trabajo, donde se encontraron las condiciones óptimas para el tratamiento al rastrojo de maíz con NH_3 e $\text{Ca}(\text{OH})_2$, también se incrementó la proteína cruda en el rastrojo tratado con $\text{Ca}(\text{OH})_2$. *

En lo concerniente a las fracciones de fibra existió una disminución en los niveles de FDN, FDA, hemicelulosa y celulosa en el rastrojo de maíz tratado tanto con NH_3 como con $\text{Ca}(\text{OH})_2$. La lignina disminuyó únicamente para el tratamiento con NH_3 (Cuadro IV). Lo anterior se explica por la hidrólisis de los enlaces éster que une a la lignina con la hemicelulosa y la celulosa. Lo mencionado se apoya por las investigaciones realizadas por Harbers, et al (18) quienes encontraron que con el tratamiento alcalino la hidrólisis del material celular comienza con la cutícula interna y tejido parenquimal circundante (hemicelulosa y celulosa) y no hay efecto sobresaliente sobre la lignina y tejidos vasculares o cutículas externas (sflice). Los valores encontra

dos para los parámetros señalados anteriormente, están de acuerdo con los obtenidos en investigaciones similares (20,21).

El incremento en las cenizas para el rastrojo de maíz tratado con $\text{Ca}(\text{OH})_2$, obviamente es debido al suministro de calcio con el tratamiento.

Consumo voluntario y digestibilidad;

Como se expone en el Cuadro V, los valores obtenidos para el consumo voluntario entre las dietas experimentales fueron similares. Dentro de la complejidad de los factores que intervienen en la regulación del consumo voluntario se encuentran la distensión del rumen-retículo y la tasa de pasaje del alimento a través de estos compartimentos, este último factor está correlacionado positivamente con el aumento de la digestibilidad, para estos parámetros, los resultados encontrados en esta investigación no tuvieron diferencias estadísticamente significativas entre las dietas que contenían rastrojo tratado y sin tratar (Cinética de sólidos y líquidos Cuadro XI y Digestibilidades Cuadro V). Sin embargo se observó una tendencia en el incremento de la digestibilidad de materia seca en dietas que contenían rastrojo tratado con NH_3 , este efecto es informado por la mayoría de autores en investigaciones similares y es atribuido al aumento en el valor nutritivo de las pajas tratadas, expresado en una evidente separación celular y de su contenido, por lo que se aumenta el área para que actúen las enzimas bacterianas que hidrolizan estos compuestos (7,18,22).

Otro de los factores que puede ejercer una influencia sustancial sobre la digestibilidad de una ración, es el efecto asociativo de los alimentos. Así tenemos que probablemente el incluir en las dietas experimentales granos que suministraron hidratos de carbono fácilmente fermentables, disminuyera la digestibilidad de fibra cruda del forraje, impidiendo que se manifestara el efecto de los tratamientos sobre el valor nutritivo del rastrojo de maíz (Cuadro IV), subsecuentemente se aumentará la digestibilidad de la materia seca de las dietas con rastrojo tratado, en comparación a las que lo tenían sin tratar (Cuadro V y

Cuadro VI). Horton (21) obtiene resultados similares al analizar la digestibilidad in vivo de raciones que contenían pajas de trigo, avena y cebada tratadas con 3.5% de NH_3 . De tal manera fue lógico encontrar que los tiempos medios, flujo y tasa de recambio de sólidos y líquidos en rumen no existieran diferencias entre las dietas (Cuadro XI), puesto que debido a que la velocidad con la que pasan las partículas está determinada principalmente por la degradación física y química del alimento hasta el punto en que las partículas sean de tal tamaño y peso específico que puedan pasar a los siguientes compartimentos mediante los movimientos propulsivos del rumen.

Pese a que existió un descenso en los niveles de FDN en el rastrojo tratado con NH_3 y con $\text{Ca}(\text{OH})_2$, éste no incluyó sobre la digestibilidad de la FDN de las dietas (Cuadro VII y Cuadro VIII). Es un hecho comprobado en los rumiantes, que cuando a una ración desvalanceada en nitrógeno se añaden proteínas o compuestos nitrogenados utilizables por las bacterias, aumenta la descomposición de la hemicelulosa y celulosa (13), en las dietas experimentales se adicionaron niveles de urea (nitrógeno no proteico NNP) mayores en dietas con rastrojo sin tratar y rastrojo con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para hacerlas isoprotéicas en comparación con el tratado con NH_3 . Se ha observado, que la urea es hidrolizada en el rumen hasta amoníaco, el cual contribuye a una mayor producción de biomasa microbiana (13). El efecto de la adición de urea sobre la digestibilidad de la FDN posiblemente se deba a la proliferación de bacterias celulolíticas y consecuentemente una mayor acción sobre su sustrato.

En cuanto a la digestibilidad de nitrógeno in vivo e in situ (Cuadro VII y IX), en ésta última fue más lenta para las dietas que contenían rastrojo tratado con NH_3 así mismo la digestibilidad in vivo de estas dietas fue inferior en comparación con las tratadas con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y sin tratar. Cabe señalar las desviaciones estándares altas que se encuentran en los resultados lo cual sugiere que hubo gran variación entre animales, que nos demuestran una confiabilidad no muy exacta. Lo anteriormente expuesto está de acuerdo con los resultados obtenidos por Horton (21), en donde no existieron diferencias de digestibilidad de nitrógeno in vivo en pajas tratadas con NH_3 y sin tratar. Morris y Mowat (31) explican que la disminución en la digestibilidad de N se debe a que durante el tratamiento,

se lleva a cabo la reacción de Maillard, donde se une el N con el aldehído de un azúcar, haciéndolo indisponible.

Parámetros de fermentación ruminal:

Los niveles de pH ruminal se mantuvieron dentro de los límites fisiológicos normales (Cuadro X y Gráfica 2). Se ha observado que el pH del rumen varía de una forma regular según la naturaleza de la dieta y del tiempo a que se mida de la ingestión (13), en el Cuadro X se aprecian niveles de pH más bajos entre las horas 6 y 9 después de ofrecer alimento, esto coincide con la producción más alta de AGVs (Gráfica 3 y 4), habiendo así una relación inversa entre AGVs totales y pH. En la Gráfica 2 se puede ver que el rastrojo tratado con NH_3 y el tratado con $\text{Ca}(\text{OH})_2$, no tuvo efecto en los niveles promedio de pH ruminal.

Los niveles de amoníaco obtenidos en el rumen de animales alimentados con las dietas experimentales (Gráfica 1), se encuentran dentro de los rangos normales (10-15 mg/100 ml) (13).

Hasta la fecha no existen niveles de concentración de amoníaco ruminal que se consideren como óptimos para lograr un máximo de síntesis de proteína microbiana, ya que esto dependerá de las condiciones particulares de cada dieta y del método de análisis utilizado para este compuesto. En investigaciones similares (7,19) al tratar con amoníaco anhidro a la paja, generalmente se encuentran niveles crecientes de NH_3 ruminal, este no es el caso puesto que se aprecia en la Gráfica 1, que las dietas que contenían rastrojo sin tratar fueron las que alcanzaron los niveles más altos; muy probablemente debido a la mayor inclusión de urea en estas dietas, ya como se sabe la urea es, rápidamente hidrolizada en el rumen a amoníaco (33), mas sin embargo, no existieron diferencias estadísticas entre los valores promedio de producción de NH_3 entre las dietas. Maes (26) encontró valores similares para la concentración de NH_3 ruminal, en paja de trigo tratada con amoníaco anhidro.

Como ya se ha mencionado, la cantidad de AGVs presentes en el contenido líquido del rumen-retículo es un reflejo de la actividad microbiana y de su absorción o paso por el rumen. En la Gráfica 5 se ob-

serva una diferencia estadística para la producción promedio de ácido -
butírico en el rumen de animales alimentados con dietas que incluyen -
rastrojo tratado con NH_3 , en proporción mayor a las que tenían rastrojo -
sin tratar. Para las dietas con rastrojo más $\text{Ca}(\text{OH})_2$ fueron valores -
intermedios entre las anteriores. Mediante lo obtenido se infiere que -
con el tratamiento amoniacal y en menor grado con el tratamiento con -
cal, se ayuda a la bacteria a degradar la masa parenquimal del -
rastrojo, ya que se aumenta el área para que las enzimas hidrolíticas
puedan actuar, debido a una evidente separación celular y de su conte-
nido (Cuadro IV). En consecuencia hay una mayor cantidad de materias
fácilmente fermentables, por lo que la actividad microbiana aumenta rá-
pidamente determinando un incremento en la concentración de AGVs.

CONCLUSIONES

La adición de NH_3 como de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ incrementa el valor nutritivo del rastrojo de maíz, ya que da por resultado un aumento en la proteína cruda del mismo y una disminución en las fracciones de fibra debido a la hidrólisis del material celular.

El suministrar en las dietas hidratos de carbono fácilmente fermentables, nitrógeno proteínico y urea, impidió que se manifestara el efecto de los tratamientos alcalinos sobre el consumo voluntario, digestibilidad de materia seca, de FDN y de N.

Se recomienda realizar una investigación en donde se considere una mayor inclusión de rastrojo de maíz tratado en las dietas, pues de esta manera se reduce el efecto asociativo de los alimentos y permite una mejor evaluación de los tratamientos alcalinos.

LITERATURA CITADA

- 1.- Aguilar, V.,A.,Hernández, O., M.S.,Ramfrez 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).
- 2.- Al Rabbal, 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 - assesments using sheep. Can. J. Anim. Sci., 58:443-451 (1978).
- 3.- Alcantara, S.E.: Efecto de la adición de Na OH sobre el valor nutritivo de la caña de azúcar ensilada. Tesis de Maestría en Ciencias, Fac. de Est. Sup. Cuautitlán. Universidad Autónoma de México, México, D.F. (1985).
- 4.- A.O.A.C.: Official Methods of Analysis, 2 nd.Ed., Ass. Offic. Agric. Chem., Washington, 1975.
- 5.- Bateman, J.V.: Nutricion Animal, Manual de Métodos Analíticos, Ed. Herrero Hermanos Sucesores, México, 1970.
- 6.- Brown, G.F., Armstrong, D.G, and McC Rae, J.C.: The establishment in one operation of a cannula in the duodenum and ileum of the sheep. Br. Vet. J., 124: 78-82 (1968).
- 7.- 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).
- 8.- Campling, R.C., and Freer, M.: Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 8. Experiments with ground, pelleted roughages, Brit J. Nut., 20: 229-232 (1966).

- 9.- Capper, B.S. Morgan, D.J. and Parr, W.H.: Alkali-treated roughages for feeding ruminants; a review. Trop Sci. 19: 73-88 (1977).
- 10.- Craig, A.D.: Use of cereal residues in beef cattle production systems. J. Anim. Sci., 46: 849-861 (1978).
- 11.- Cramton, E.W. and Harris, L.E.: Applied Animal Nutrition. 2nd. Ed., Freeman and Company, Longman, U.S.A., 1969.
- 12.- Czarnocki, J., Sibbald, I.R. and Evans, E.U.: The determination of chromic oxide in samples of feed and excreta by acid digestion and spectrophotometry, Can. J. Anim. Sci., 41: 167-169 (1961).
- 13.- Church, D.C.; Fisiología Digestiva y Nutrición de los Rumiantes. - Ed. Acribia, Zaragoza, Esp., 1974
- 14.- Estadísticas de esquilmos agrícolas, Dirección General de Normativa dad Pecuaria (SARH), México, D.F. (1985).
- 15.- Erwing, E.S., Marco, G.J. and Emery, G.M.: Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. J. Dairy Sci., 44: 1768-1771 (1961).
- 16.- Fahmy, S.T.M. and Ørskov, E.R.: Digestion and utilization of straw. I. Effects of different chemical treatments on degradability digestibility of barley straw by sheep Anim. Prod., 38: 69-74 (1984).
- 17.- Goering, H.K. and Van Soest, P.J.: Agricultural Handbook. # 379, - United States Department of Agriculture, U.S.A., 1975.
- 18.- Harbers, L.H., Kreitmer, G.L., Davis, G.V., Jr., Ramussen, M.A. and Corah, L.R.: Ruminal digestion of ammonium hydroxide-treated wheat straw. J. Anim. Sci., 54: 1309-1319 (1982).
- 19.- Herrera, R., Saldaña, D.C., Chureh and Kellems, R.O.: The effect of ammoniation treatment on intake and nutritive value of wheat straw. J. Anim. Sci., 54: 603-608 (1982).

- 20.- Horton, G.M.: The intake and digestibility of ammoniated cereal straw by cattle. Can. J. Anim. Sci., 58: 471-478 (1978).
- 21.- Horton, G.M.: Composition and digestibility of cell wall components in cereal straw after treatment with anhydrous ammonia. Can. J. Anim. Sci., 61: 1059-1062 (1981).
- 22.- Klopfenstein, T.J.: Chemical treatment of crop residues. J. Anim. Sci., 46: 841-848 (1978).
- 23.- Lambert, M.R. and Jacobson, N.L.: The effect of chlortetracycline feeding on cellulose digestion in the bovine rumen. J. Anim. Sci. - 17: 656-661 (1958).
- 24.- Lusk, J.W., Browning, C.B. and Miles, J.T.: Small sample in vivo cellulose digestion procedure for forage evaluation. J. Anim. Sci. - 58: 328-333 (1975).
- 25.- Malawer, S.J. and Powell, W.: An improved turbidimetric analysis of polyethyleneglycol utilizing as emulsifier. Gastroenterology, 53: 250-256 (1967).
- 26.- 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).
- 27.- Maynard, L.A., Loosli, J.K., Hintz, H.F. and Warner, R.C.: Nutrición Animal. 7 Ma. Ed., Mc. Graw Hill, México, 1981.
- 28.- McDonald, P., Edwards, R.A. and Greenhalgh, J.F.: Animal Nutrition, 2nd. Ed., Longman, U.S.A., 1973.
- 29.- Mehrez, A.Z. and Ørskov, E.R.: A study of the artificial faibre bag. Technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. J. Agric. Sci. Camb., 88: 645-650 (1977).
- 30.- Melendez, A., Sánchez, E. y Márquez, P.: Cambios en la composición -

química y digestibilidad in vitro de la paja de trigo tratada con -
compuestos alcalinos, Resúmenes de la XIII Reunión Anual del INIP,
SAG, México, 1976.

- 31.- Morris, P.J. and Mowat, D.N.: Nutritive value of ground and/or -
ammoniated corn stover. Can. J. Anim. Sci., 60: 327-336 (1980).
- 32.- N.R.C., Nutrient Requirements of Sheep. 5th revised ed. National
Academy of Sciences. National Research Council, Washington, D.C.(1979)
- 33.- 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).
- 34.- 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. Arch. Latinoamer. Nutr. 36: 345-
350 (1986).
- 35.- Quin, J.I., Van Der Wath, J.G. and Myburgh, S. Studies on the alimen-
tary tract of Merino Sheep in South Africa. IV. Description of experi-
mental technique. Onderstepoort J. Vet. Sci. Anim. Ind., 11: 341-346
(1938).
- 36.- Raymond, W.F. Harris, C.E. and Harker, U.G.: Studies on the digesti-
bility of herbage. I. Technique of measurement of digestibility and
some observations of factors affecting the accuracy of digestibility
data. J. Brit. Grassland Sci., 8: 301-314 (1953).
- 37.- Saenger, P.F., Lemenager, 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).
- 38.- Sánchez, J.E.: Cambios en la composición química y digestibilidad de
forrajes de baja calidad nutritiva, mediante el uso de diversos com-
puestos químicos. Tec. Pec. México, 31: 68-74 (1976).

- 39.- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H.: Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 2nd. Ed. Mc. Graw Hill, Tokyo. 1980.
- 40.- Sundstøl, F., Coxworth, E. y Mowat, D.N.: Mejora del Valor Nutritivo de la paja mediante tratamiento con amoníaco. Rev. Mundial de Zootecnia, 26: 13-21 (1978).
- 41.- Tejada, B.M. y Cabezas, M.T.: Paja de trigo tratada con amoníaco como sustituto del ensilaje de maíz para corderos en crecimiento. Prod. Anim. Trop., 4: 173-178 (1979).
- 42.- Tilley, J.M.D. and Terry, R.A.: A two-stage technique for the in vitro digestion of forages. J. Brit. Grassland Soc., 18: 104-109 (1963).
- 43.- Wainman, F.W.: Digestibility and balance in ruminants. Proc. Nutr. Soc., 36: 195-202 (1977).
- 44.- Wanapat, M., Sundstøl, F. and Hall, J.M.R.: A comparison of alkali treatment methods used to improve the nutritive value of straw. II. In sac and in vitro degradation relative to in vivo digestibility Anim. Feed. Sci. Tech., 14: 215-220 (1986).
- 45.- Weston, R.H. and Hogan, J.P.: The digestion of chopped and ground roughages by sheep. I. The movement of digesta through the stomach. Aust. J. Agric. Res., 18: 789-801 (1967).