

200
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"SUPLEMENTACION DE RASTROJO DE MAIZ
TRATADO CON UREA-Ca(OH)₂ EN DIETAS PARA
OVINOS Y SU EFECTO EN LA DIGESTIBILIDAD"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A :
ROCIO SANCHEZARMAS LUNA



MEXICO, D. F.

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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

RESUMEN -----	1
1.- INTRODUCCION -----	2
2.- ANTECEDENTES -----	4
2.1 IMPORTANCIA DE LOS DESECHOS AGRICOLAS -----	4
2.2 ESTRUCTURA DE LA PARED CELULAR -----	5
2.3 DIGESTIBILIDAD -----	9
2.4 TRABAJOS SOBRE LA DIGESTIBILIDAD -----	9
2.5 TRATAMIENTOS -----	10
3.- OBJETIVOS -----	15
4.- MATERIAL Y METODOS -----	16
4.1 PREPARACION DE LAS DIETAS -----	16
4.2 ANIMALES -----	19
4.3 ETAPAS EXPERIMENTALES -----	19
4.4 ANALISIS ESTADISTICO -----	20
5.- RESULTADOS -----	21
6.- DISCUSION -----	34
7.- CONCLUSIONES -----	41
BIBLIOGRAFIA -----	42
APENDICE	
GLOSARIO	

RESUMEN

Se evaluó la digestibilidad de dietas formuladas con 75 y 90% de rastrojo de maíz (RM) tratado y sin tratar con urea-hidróxido de calcio en ovinos Pelibuey. Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza para un diseño de cuadrado latino 4X4 con un arreglo factorial 2X2 y se compararon las medias mediante la Prueba de Tukey con un nivel de significancia ($P < 0.05$). Del análisis realizado se observó que el tratamiento con hidróxido de calcio-urea incrementó el contenido de nitrógeno y cenizas. En las digestibilidades in vitro de materia seca e in vivo de materia seca, nitrógeno y fibra detergente neutro, no presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) por horas entre tratamientos, pero sí hubo diferencias por dieta entre los tiempos de incubación. La suplementación de hidróxido de calcio-urea al rastrojo de maíz causó efecto en el rompimiento de los enlaces éster del complejo lignocelulósico provocando así la solubilización de la hemicelulosa e hinchamiento de las paredes celulares incrementando la digestibilidad. El uso de urea produjo resultados similares a los obtenidos en otros estudios utilizando amoníaco. Las dietas que respondieron favorablemente al estudio fueron X90 y T75, donde T75 incluyó 75% de RM tratado más la adición de urea y X90 incluyó el 90% de RM sin tratar más urea. Los resultados en ambas fueron similares, siendo éstas las más palatables para los animales.

I.- INTRODUCCION

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán", apoyando uno de los proyectos de la línea de investigación "La utilización de los Esquilmos Agrícolas en la Alimentación Animal".

El empleo de los desperdicios agrícolas en los países en vías de desarrollo por medio de tecnologías apropiadas que permitan aumentar la producción de los alimentos básicos, adquiere gran importancia en nuestros días. La productividad agrícola en países como el nuestro, está caracterizada por ser inferior a los rendimientos obtenidos en los países industrializados (FAO: Production Yearbook, 1977), lo que aunado a altas tasas de crecimiento demográfico ha causado un deterioro gradual de la situación alimentaria de los países en vías de desarrollo que a su vez deben importar cantidades considerables de productos alimenticios para cubrir las necesidades básicas (Leal, 1982).

Lo anterior nos lleva a analizar el panorama en cuanto a la cantidad de desperdicios que existen. Mientras que la alimentación es uno de los factores que contribuyen a la mejora de las técnicas de producción de carne, es también la que representa, por lo menos, las tres cuartas partes del costo total de la producción animal. Es necesario administrar una dieta suficiente y bien equilibrada, pero para elevar los niveles de productividad, es necesario una mayor eficiencia en la transformación de los piensos (Cordíez, et al., 1978).

El ganado, en particular los ruminantes, se puede

de forrajes y subproductos agrícolas no comestibles para el consumo humano y convertirlos en productos altamente nutritivos. Esta es una de las más importantes razones para incrementar la producción ganadera, a pesar del hecho de que los animales son deficientes en cuanto a la conversión de materias básicas y energéticas en alimentos para la sociedad humana (Pérez-Gil, 1971).

Sin embargo, el interés en esta área, no ha logrado desarrollar un proceso práctico hasta la fecha, debido a que no se toma en cuenta el carácter disperso con que se producen estos desechos, lo que ocasiona que los costos de transporte se conviertan en una variable que afecta la economía del proceso, esto implica un cambio de enfoque: llevando el proceso al campo. Para esto se requiere de una tecnología alternativa y susceptible de ser implementada en módulos después de la cosecha tal tecnología debe ser accesible, de operación sencilla y económica.

2.- ANTECEDENTES

2.1 Importancia de los Subproductos Agrícolas

La utilización de los subproductos agrícolas generados como residuos de cosecha, se utilizan cada vez más en la alimentación animal y por supuesto con mayor intensidad en los rumiantes (Rodríguez, 1985).

La implementación de nuevas tecnologías que se empleen usarán materiales de desecho para aumentar la producción de alimentos básicos que son de interés primordial en países como México. Esto no únicamente resolvería los problemas ecológicos causados por la acumulación de grandes cantidades de desechos, sino que aumentaría el rendimiento económico de la agricultura. Los alcances de dicha tecnología serían todavía mayores, ya por este medio se obtendría acceso a los bastos productos vegetales generados continuamente como resultado de la actividad fotosintética de las plantas, permitiendo su utilización más completa y racional (Leal, 1982).

Los esquilmos agrícolas, como las pajas y los rastrojos, tienen baja calidad nutritiva debido a su estado de madurez, por lo que tienen alto grado de lignificación con presencia de uniones ésteres entre lignina, hemicelulosa y celulosa que reduce la digestibilidad en los animales, así como la alta cristalización de la celulosa, lo que provoca que sea más lento el proceso digestivo en presencia de sílice y bajo contenido de proteínas (Llamas, 1986). Los subproductos agrícolas (provenientes del trigo, cebada, sorgo, avena, maíz, etc.) desde el punto de vista nutricional, en su estado natural se caracterizan por su baja palatabilidad,

su reducido contenido de energía disponible y de los niveles de fósforo y de azufre (Zorrilla, 1982).

Cabe atribuir que las diferentes características que presentan las especies vegetales en cuanto a su composición química y física son el resultado de la fase de desarrollo vegetal, el clima, suelo y la fertilización. Ejemplo de estos son las elevadas temperaturas y la radiación solar intensa, ejercen un efecto acelerador del proceso de lignificación, lo que a su vez es un importante factor que influye en la digestibilidad (Harris y Kearn, 1978). Dicho proceso se lleva a cabo en las paredes de las células vegetales cuya estructura es el componente principal de los desechos agrícolas.

2.2 Estructura de la Pared Celular

La mayor parte de las células de las plantas superiores se hallan totalmente circundadas por paredes celulares, que desempeñan el papel de cubiertas protectoras y rígidas, principalmente. Son formaciones relativamente gruesas porosas y muy fuertes, que permiten pasar a través de sus poros el agua y pequeñas moléculas con facilidad, pero resisten el hinchamiento o la expansión de las células que circundan.

La pared celular inicia su formación en las últimas etapas del proceso mitótico de una célula meristemática. En el plano ecuatorial de la célula madre, se forma una zona organizada de citoplasma conocida como fragmoplasto, donde aparece una hilera de vesículas citoplasmáticas. Estas vesículas contienen en su interior polisacáridos. Las vesículas se fusionan rápidamente en la parte media de la célula formando una capa semisólida a la cual

se van adicionando más vesículas con la membrana plasmática, quedando entre las dos células hijas una capa con depósitos de polisacáridos no celulósicos llamado lámina media.

Los principales componentes de ésta son polisacáridos constituidos por ésteres metálicos de ácido galacturónico.

En esta etapa de desarrollo se inicia el depósito de pequeñas cantidades de celulosa, que se incorpora a ambos lados de la lámina media dando lugar a la formación de la pared primaria. Además del depósito de celulosa, también continúa la incorporación del material no celulósico semejante al de la lámina media, que se integra a la malla de microfibrillas formadas, se dice entonces que la pared consta de microfibrillas (celulosa) y de matriz (productos no celulósicos).

La pared celular está constituida en su mayor proporción por polisacáridos aunque también están presentes proteínas, lípidos y minerales, y en etapas tardías de desarrollo cuando las células se han diferenciado se pueden encontrar grandes cantidades de lignina, suberina o cutina.

Los polisacáridos se definen como sustancias de alto peso molecular formadas por largas cadenas de monosacáridos frecuentemente ramificadas. En la pared celular se han encontrado tres hexosas, dos pentosas y dos ácidos urónicos en grandes cantidades y dos desoxihexosas en menor cantidad. A pesar del número reducido de unidades de formar diferentes tipos de polisacáridos se ven incrementados por dos razones: 1) los enlaces glucosídicos pueden ser de dos tipos; alfa (α) o beta (β), dependiendo del grupo hidroxilo del átomo de carbono en la posición 1 del azúcar, se encuentra orientado en una u otra

posición al efectuarse la unión, el cambio en un tipo de unión puede alterar las propiedades de las moléculas. 2) Los azúcares pueden unirse en diferentes posiciones (1-4, 1-3, 1-2, etc.) y además se tienen las posibilidades de ramificación. Los polisacáridos de la pared celular han sido clasificados de acuerdo a sus características de solubilidad en solventes orgánicos; las más solubles son las substancias pécticas, después de las hemicelulosas y por último la celulosa. Aunque Hall (1976) divide a los polisacáridos en dos grupos: celulósicos y no celulósicos.

La celulosa es el constituyente principal de la estructura de la pared celular. Está constituida por largas cadenas de glucosa unidas por enlaces β -1,4 que producen exclusión de los grupos hidróxilo a ambos lados de la molécula, formando puentes de hidrógeno con moléculas vecinas reforzando así la linealidad, una de las funciones de la celulosa es impartir una fuerza mecánica que resista la presión del protoplasma.

La unión lateral de 100 cadenas moleculares de celulosa forman una fibrilla elemental y a su vez, la unión de 20 fibrillas elementales constituyen la unidad estructural básica de la pared celular que es la microfibrilla (Devlin, 1975). Una característica de las microfibrillas es que en ellas no hay agua, por lo que los puentes de hidrógeno que se forman son muy fuertes a diferencia de la matriz que sí contiene agua, pero en ella la mayoría de las uniones son de tipo glucosídico.

Las características químicas de la celulosa, permanecen constantes aunque el material provenga de plantas diferentes, en cambio, las cualidades de los polisacáridos no celulósicos difiere mucho incluso de célula a célula, dependiendo de la etapa de

desarrollo en que se encuentren.

Las microfibrillas son depositadas sobre la superficie interna de la pared en expansión, y están orientadas de una manera precisa: paralelas unas a otras y transversales al plano de la célula en que se está llevando a cabo la elongación. Así la resistencia contra la expansión ya no es uniforme sino que, la orientación definida de las microfibrillas va a soportar la presión hidrostática de la célula. Durante el desarrollo de la célula que lleva consigo la extensión de la pared celular, hay depósitos de nuevas capas en la superficie interna, formando un ángulo recto al eje de crecimiento, que mantiene el grosor, la estructura y la resistencia mecánica.

Así como la pared primaria rodea al protoplasma durante la elongación celular, la pared secundaria es la estructura que recubre a la célula madura dándole la forma característica de un tipo celular particular.

Las características de la pared secundaria son: una masiva síntesis de celulosa y pequeñas cantidades de matriz polisacárida, dejando incorporarse el arabinogalacturano y el ramnogalacturano, cambios en el contenido de hidroxiprolina. En la pared secundaria las microfibrillas son depositadas en la superficie interna con una orientación específica que permanece más o menos fija. Un componente importante de la pared secundaria es la lignina, la cual se forma de la polimerización de subunidades de la deshidrogenación de varios alcoholes aromáticos; la lignificación se efectúa desde la región primaria, donde es más concentrada y cementa la estructura como un complejo rígido, hasta las capas de la pared secundaria. La suberina y la cutina también se depositan

durante el crecimiento de la pared secundaria (Publicación: Lab. Citología. Ciencias. UNAM)

Para evaluar la digestibilidad de los rastrojos se pueden realizar pruebas de digestibilidad in vivo, in vitro y desaparición in situ.

La digestibilidad es la diferencia entre lo que se consume y lo que se excreta, es decir, lo que realmente es aprovechado por el animal.

La digestibilidad in vivo, se basa en recolectar el total de heces excretadas por el animal, durante un período determinado, cuantificar las heces, restar el valor obtenido a la totalidad del alimento ingerido durante el mismo lapso de tiempo y expresar el resultado en porcentaje.

La digestibilidad in vitro se basa en su primera etapa en una fermentación en un sistema cerrado esto quiere decir que, los productos de la fermentación no son removidos. La fermentación es producida por microorganismos añadidos en el líquido ruminal utilizado como inóculo. En esta etapa se adiciona una solución amortiguadora para mantener el pH alrededor de 6.9, siendo éstas las condiciones (rango de 6.7-7.0) óptimas para que actúen las bacterias ruminales, especialmente las celulolíticas (Moore, Johnson y Dehority, 1962; Johnson, 1969).

En la segunda etapa de esta técnica se lleva acabo una digestión con pepsina en medio ácido, añadiendo HCl. El principal objetivo de esta etapa es eliminar la proteína microbiana existente dejando unicamente la materia seca no digerida. Esta etapa es comparativa con lo que sucede en el abomaso.

Es importante señalar que en la digestibilidad in vitro no

se considera la digestión intestinal y aún más importante es que no se toma en cuenta la excreción endógena producida por el animal.

Considerando lo anterior, se recomienda esta técnica para predecir el valor nutritivo de alimentos vegetales especialmente forrajes, así como factores que afectan la digestibilidad de los mismos, este método es el modificado por Minson y McLeod (1972).

La desaparición in situ se basa en la interpretación de la desaparición del material colocado en una bolsa de nylon que es introducida en el rumen de animales fistulados y canulados. La desaparición se mide en intervalos periódicos hasta un tiempo aproximado de 96 horas.

La desaparición in situ tiene algunas ventajas con respecto a la digestibilidad in vitro, entre ellas que la digestión se lleva a cabo en el rumen con la participación de microorganismos ruminales en su ecosistema natural, además la técnica resulta más económica, sin embargo para predecir el valor nutritivo de un alimento se ve limitado por una mayor variabilidad y a la dificultad de realizar una estandarización adecuada que permitiera llevarla a cabo en forma similar a la digestibilidad in vitro.

Esta técnica se puede utilizar también para medir la tasa de digestión de la fibra y se recomienda especialmente para el estudio de fuentes protéicas y cuando se deseen variar las condiciones ruminales (Mehrez y Orskov, 1977; Quin, et al., 1938).

Existen varias formas de utilizar el rastrojo de maíz como alimento para el ganado, de los cuales se pueden anotar los siguientes:

A) Rastrojo Parado: Donde el ganado consume el rastrojo a

libertad.

B) **Rastrojo Entero o en Comedero:** Donde se utilizan el 100% del material disponible y 80% de los nutrimentos digeribles. Las mezclas más comunes son las melazinas (30% de melaza y dietas integrales).

C) **Rastrojo Tratado:** La composición química nutritiva del rastrojo no es del todo buena, sin embargo, compete ventajosamente con los esquílmos agrícolas.

Otra forma de utilizar el rastrojo para mejorar su consumo es moliendo el alimento para que las partículas atraviesen el rumen con facilidad; esto aumenta el área superficial y con ello el alto índice de fermentación en el rumen, además aumenta la densidad de la paja y por consiguiente la capacidad efectiva del animal. Así, la molienda, es un modo eficaz de mejorar la baja calidad de los forrajes permitiendo que el animal aproveche tanta energía digestible como los forrajes de mejor calidad no sometidos a tratamientos (Pidgen y Bender, 1980).

Existen diversos métodos de los tratamientos de la paja con álcalis cuya finalidad es aumentar la digestibilidad y/o el consumo voluntario, elevando así la ingestión de energía digestible (Jackson, 1978). De los tratamientos alcalinos, los más utilizados son los que emplean amonio (NH_3), hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) y urea entre otros. Estos tratamientos producen la ruptura de enlaces alcali-lábiles existentes entre la hemicelulosa y la lignina, lo que solubiliza la primera y aumenta la digestibilidad de la fibra, (Jones y Klopflenstein, 1977; Llamas, *et al.*, 1986).

El uso de hidróxido de amonio es de especial interés, por lo

los residuos de amonio podrían servir como fuente de nitrógeno no protéico para la síntesis de proteína en el rumen. Waiss, *et al.* (1972) menciona un incremento en la digestibilidad *in vivo* de materia seca, la paja de arroz de 42 a 49%, junto con un incremento en el contenido de nitrógeno de 0.5 a 1.5%, después del tratamiento con hidróxido de amonio. Cabe mencionar que el amonio anhidro es transportado en tanque de presión y es inyectado a través de una pipa de metal perforado que se coloca en dirección a la paja. La aplicación del amonio se debe manejar por personal entrenado (Sundstol, Coxworth y Mowat, 1978). Una de las ventajas del uso del amonio es la baja inversión requerida, siendo efectivo para la mayoría de los materiales desperdiciados, sin embargo su uso está dado por una serie de condiciones (Jackson, 1978; Llamas, *et al.*, 1986; Morris y Mowat, 1980; Sundstol, *et al.*, 1978).

Los estudios realizados en los últimos años sobre el tratamiento de las pajas por muchos investigadores, han reportado tratamientos con hidróxido de sodio al 1.5% durante 25 horas en rastrojo de maíz incrementando la digestibilidad de 30-50% a un 60-70% (Bass *et al.*, 1982). El uso del hidróxido de sodio es peligroso y caro, el exceso de este puede traer consecuencias, como quemaduras graves, si no se maneja con precaución (Rexen y Thomsen, 1976).

El hidróxido de calcio es una alternativa aceptable investigada por Verma y Jackson (1975). Es sin duda menos corrosivo, seguro de manipular y disponible en países en vías de desarrollo. El efecto de este tratamiento comparado con el hidróxido de sodio es menos efectivo, sin embargo, Bass, *et al.*, (1982) describen el uso simultáneo del hidróxido de calcio con

solución de urea, vitaminas y minerales.

El tratamiento con urea es uno de los aspectos a considerar en el tratamiento de los esquilmos. El valor protéico de la urea se estima mediante la cantidad de nitrógeno que contiene, por lo general, la urea en el alimento está en forma de proteína conteniendo aproximadamente el 16% de nitrógeno, cada kilogramo de urea que se agregue a una ración, proporciona 2.87 veces más de nitrógeno que un kilogramo de proteína de origen vegetal o animal. Así, al adicionar 1% de urea en la ración se incrementa el contenido de proteína en 2.87 unidades porcentuales, cifra que indica su alto valor nutritivo como complemento protéico. Una ración exclusivamente a base de pajas o forrajes no basta para mantener a los animales, ya que estos perderán peso si no reciben suplementos protéicos.

Para evitar las pérdidas de peso se necesitan 4.6% de proteína en la ración y un suplemento de urea a razón de 1% de la paja suministrada permitirá aumentar su contenido nitrogenado hasta un nivel igual al suplemento protéico (Bass *et al.*, 1982).

Con dosis mayores de urea (alrededor del 2%), se pueden obtener en determinadas circunstancias resultados mejores, pero los datos experimentales al respecto son todavía limitados. Raleigh y Wallace (1963) obtuvieron buenas respuestas de crecimiento en bovinos cuando adicionaron al heno un contenido protéico de 5.5% y 1.6% de urea (Jackson, 1978) obteniendo resultados satisfactorios. Mientras que Pigden y Heaney (1969) mencionaron que pequeñas cantidades de urea se incrementan la digestibilidad y el consumo de ciertos forrajes, mientras que otros, bajos en nitrógeno no responden a la suplementación de este

elemento.

Saxena, *et al.*, (1971) en uno de sus estudios probaron urea y difosfato de amonio vs. harina de soya en dietas compuestas por 60 a 65% de paja de avena tratada con NaOH. Con la paja sin tratar, los animales tuvieron una ganancia de 61.5, 53.1 y 34.4 g diarios para las dietas con soya, urea y difosfato de amonio, respectivamente. Con la paja tratada, las ganancias fueron de 177.1, 125.0 y 77.2 g/día. Podemos decir con esto, que la urea tuvo un 70% de efectividad respecto a la soya, mientras que el difosfato de amonio solo un 34% .

Donefer, *et al.* (1969) mencionan que al suplementar paja de avena con 2.5% de urea, se incrementa el consumo voluntario. Otros autores reportan pequeños efectos favorables de la urea sobre el consumo, sin embargo, Kay, *et al.* (1968) concluyeron que puede llegar a aumentar el consumo, pero comparada con otros tratamientos (NH₃, NaOH), su efecto es menor.

La urea puede tener efectos tóxicos cuando el animal la ingiere rápidamente, a no ser que se trate de cantidades muy pequeñas (0.1 a 2.0% por ejemplo). Alexander (1978) menciona que los métodos de administración de la urea obedecen a la observación en los ovinos y vacunos que pueden ingerir cantidades grandes de urea, siempre y cuando lo hagan lenta y gradualmente en un periodo de varias horas. Por otro lado, el empleo de la urea con melazas o con heno molido reduce la mortalidad de las vacas lactantes aumentando su peso.

3.- OBJETIVO

Evaluar la digestibilidad de dietas formuladas con 75 y 90% de rastrojo de maíz tratado y sin tratar con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - urea en ovinos Pelibuey.

4.- METODOLOGIA

En la figura # 1 se muestra en Cronograma de Actividades que se llevo a cabo durante el desarrollo del presente proyecto.

4.1 Preparación de los Rastrojos

Se trataron 240 Kg de rastrojo de maíz con 1% de hidróxido de calcio y 2% de urea (en base a materia seca) con una humedad del 25% .

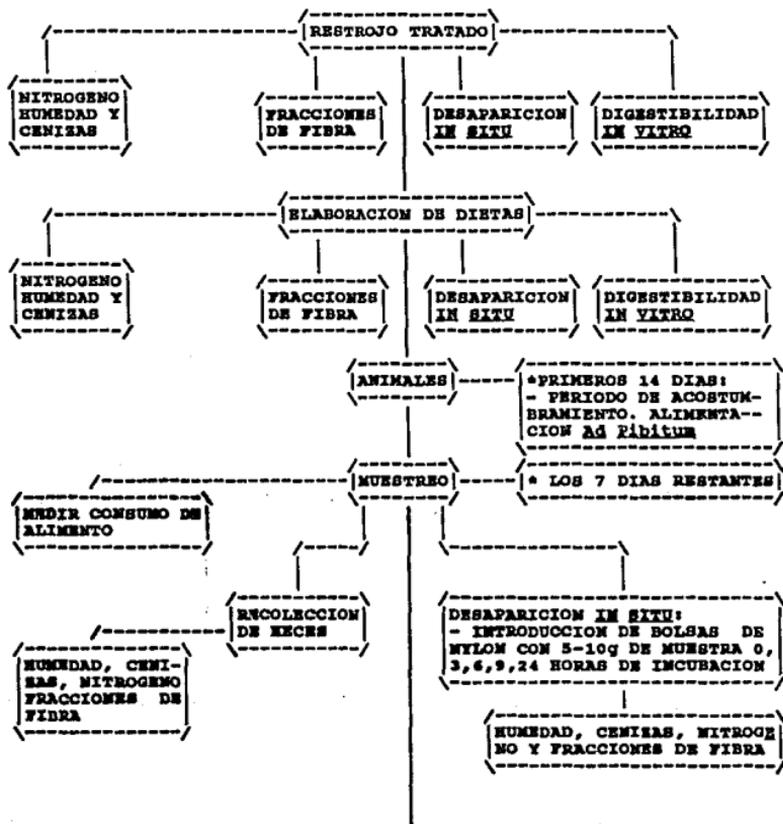
El rastrojo se extendió en un piso cubierto de plástico grueso por aspersión se le adicionó la urea y el agua en solución mezclando perfectamente con una pala para permanecer bajo reacción química durante 30 días.

Por otra parte se utilizaron 240 Kg de rastrojo sin tratar y molido como dieta testigo.

Transcurridos los 30 días, se molió el rastrojo tratado hasta obtener un tamaño de partícula de aproximadamente 1 cm, guardando en costales de plástico con sus respectivos datos para la preparación posterior de las diferentes dietas a probar.

4.2 Preparación de Dietas Experimentales

Las dietas se prepararon con base en dos niveles de rastrojo de maíz tratado y sin tratar (75% y 90%), para obtener un total de 4 dietas experimentales, las cuales tuvieron la composición que se muestra en el Cuadro 1, con los siguientes ingredientes: minerales, pasta de girasol, sorgo molido, melazas y urea (estos ingredientes pueden ser sustituidos por otros, que tengan valor nutritivo parecido).



SIGUIENTE PERIODO

FIGURA # 1 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES POR PERIODO

A cada uno de los ingredientes se les determinó materia seca (A.O.A.C. 1990), cenizas (A.O.A.C., 1990), proteína cruda (A.O.A.C., 1990), y fracciones de fibra (Van Soest, 1975). También se analizó el rastrojo tratado y sin tratar.

CUADRO 1. COMPOSICION DE DIETAS EXPERIMENTALES

INGREDIENTES	DIETAS EXPERIMENTALES			
	* RASTROJO DE MAIZ SIN TRATAR		* RASTROJO DE MAIZ TRATADO	
	75% (x75)	90% (x90)	75% (t75)	90% (t90)
* RASTROJO DE MAIZ SIN TRATAR	75	90	-	-
* RASTROJO DE MAIZ TRATADO	-	-	75	90
* MINERALES	1%	1%	1%	1%
* PASTA DE GIRASOL	7%	-	7%	-
* SORGO MOLIDO	9.5%	-	9.5%	-
* MELAZA	7.5%	7.5%	7.5%	8.5%
* UREA	-	1.5%	-	0.5%

Nuevamente se extendió el tratamiento sobre el piso de plástico para mezclar cada uno de los ingredientes. Finalmente se colocaron las dietas etiquetadas en costales de plástico.

Después de elaboradas las dietas se procedió a determinar materia seca, cenizas, proteína cruda, fracciones de fibra y digestibilidad in vivo de la materia seca por el método modificado por Minson y McLeod (1977).

También se les determinó a las dietas la digestibilidad in vitro de la materia seca a las 48 horas.

4.3 Animales

Se emplearon 4 borregos machos Pelibuey de un año de edad, con un promedio de peso de 23 Kg, con fístula ruminal permanente (Brown, *et al.*, 1968). Estos animales fueron desparasitados interna y externamente y debidamente marcados.

Se colocaron en jaulas metabólicas individuales, siguiendo un diseño de cuadrado latino 4 X 4 (Cuadro 2).

CUADRO 2. DISEÑO EXPERIMENTAL CUADRADO LATINO 4 X 4.

P E R I O D O	B O R R E G O S			
	1	2	3	4
1	X90	T75	X75	T90
2	T75	X75	T90	X90
3	X75	T90	X90	T75
4	T90	X90	T75	X75

* X = DIETAS SIN TRATAR
T = DIETAS TRATADAS

4.4 Etapa Experimental

El experimento consistió en 4 etapas de 21 días cada una; los primeros 14 días se utilizaron para acostumbramiento a los animales con una dieta de administración *ad libitum*, llevándose un registro diario de consumo de cada borrego. En los 7 días restantes se llevó a cabo la recolección total de heces de cada animal guardando un 10% del total en bolsas etiquetadas para determinar la digestibilidad *in vivo* de la materia seca, nitrógeno y fracciones de fibra.

Durante los 2 primeros días dentro de los 7 de muestreo se colocaron dentro del rumen mallas de nylon conteniendo la dieta a peso constante, incubándolas a las 0, 3, 6, 9 y 24 horas de acuerdo al método que proponen Mehrez y Orskov, (1977). Después de la incubación cada una de las bolsas se lavó perfectamente con agua corriente para limpiar la muestra y en seguida se puso a secar en una estufa a 50°C hasta obtener el peso constante. Finalmente, a esta muestra se le determinó la desaparición in situ de materia seca nitrógeno y fracciones de fibra.

Se determinó la cinética de desaparición in situ de materia seca, nitrógeno y fracciones de fibra graficando el tiempo de incubación vs. el logaritmo natural del porcentaje del material degradado (100 - porcentaje de desaparición). La pendiente de la recta así obtenida indica la velocidad de desaparición del nutrimento. A partir de esa constante se obtuvo el tiempo medio ($t_{1/20}$ de desaparición y $t_{1/2} = \ln 2/K$).

4.5 Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron por medio del análisis de varianza para un diseño de cuadrado latino 4 X 4 con arreglo factorial de 2 X 2 (tratamiento por niveles de inclusión) y para comparar entre medias, se empleó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

5.- RESULTADOS

5.1 Rastrojo de Maíz Tratado y Sin Tratar

En el Cuadro 3 se observa la composición final del rastrojo tratado y sin tratar. En el rastrojo tratado, se incrementó el contenido de materia seca (2.43%), nitrógeno (1.45%), cenizas (1.45%) y hemicelulosa (1.47%). Para la determinación de fibra detergente neutro (FDN) disminuyó 2.3% ($P < 0.05$), mientras que la fibra detergente ácido (FDA), celulosa (C) y lignina (L) no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$).

Respecto a la digestibilidad de los rastrojos tratados (Cuadro 4) se observa un aumento ($P < 0.05$) en la desaparición in situ a las 25 horas de fibra detergente neutro (DISFDN) de 7.55%, fibra detergente ácido (DISFDA) 10.65%, de hemicelulosa (DISH) 13.16% y de celulosa (DISC) 10.68% respectivamente. Mientras que, fueron estadísticamente diferentes con el tratamiento alcalino ($P < 0.05$) en la digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS) a las 48 horas, en la desaparición in situ de materia seca (DISMS) a las 24 horas y de nitrógeno (DISN).

5.2 Dietas Experimentales

La composición de las dietas experimentales se presenta en el Cuadro 5, donde solamente se presentan diferencias estadísticas ($P < 0.05$), en el contenido de nitrógeno y cenizas. El nitrógeno aumentó significativamente en las dietas experimentales X90, T75, y T90, en una proporción de 1.92, 3.02 y 2.6% respectivamente, con respecto a X90 y T75 hubo una diferencia de 1.1%, es importante notar que T75 es la dieta tratada con el 75% de inclusión del rastrojo y la que tuvo el incremento antes mencionado.

CUADRO 3. COMPOSICION DE RASTROJO TRATADO (1% Ca(OH)₂ + 2% UREA)
Y RASTROJO SIN TRATAR

COMPOSICION	RASTROJO SIN TRATAR (%)	RASTROJO TRATADO (%)
MATERIA SECA	88.63 +/- 5.72*	95.65 +/- 0.10*
NITROGENO	2.65 +/- 0.65*	5.08 +/- 0.25*
CENIZAS	6.77 +/- 0.18*	8.22 +/- 0.84*
F D N	68.23 +/- 0.45*	65.93 +/- 0.92*
F D A	37.81 +/- 0.41	39.94 +/- 2.80
HEMICELULOSA	24.52 +/- 0.30*	25.99 +/- 2.94*
CELULOSA	30.81 +/- 0.10	32.36 +/- 2.50
LIGNINA	3.90 +/- 0.49	5.06 +/- 0.99

* Estadísticamente significativos (P<0.05)

CUADRO 4. DIGESTIBILIDADES IN VITRO Y DESAPARICION IN SITU DEL
 RASTROJO TRATADO (1% Ca(OH)₂ + 2% UREA) Y RASTROJO
 SIN TRATAR

DIGESTIBILIDADES	RASTROJO SIN TRATAR (%)	RASTROJO TRATADO (%)
DIGESTIBILIDAD <u>IN VITRO</u> DE M.S. A LAS 48 HORAS	60.87 +/- 3.56	57.09 +/- 0.26
DESAPARICION <u>IN SITU</u> DE M.S. A LAS 24 HORAS	37.12 +/- 0.88	43.78 +/- 3.0
DESAPARICION <u>IN SITU</u> DE NITRO- GENO A LAS 24 HO- RAS	88.68 +/- 0.16	91.17 +/- 0.48
DESAPARICION <u>IN SITU</u> DE FDM A LAS 24 HORAS	23.14 +/- 5.16*	30.69 +/- 1.63*
DESAPARICION <u>IN SITU</u> DE FDA A LAS 24 HORAS	15.81 +/- 1.17*	26.46 +/- 1.73*
DESAPARICION <u>IN SITU</u> DE HEMICE- LULOSA A LAS 24 HORAS	22.63 +/- 1.09*	35.79 +/- 1.51*
DESAPARICION <u>IN SITU</u> DE CELULO- SA A LAS 24 HORAS	19.43 +/- 1.13*	30.11 +/- 1.65*

* Estadísticamente significativos (P<0.05)

CUADRO 5. COMPOSICION DE DIETAS EXPERIMENTALES

COMPONENTE	X75 (%)	X90 (%)	T75 (%)	T90 (%)
MATERIA SECA	92.40+/-0.98	92.54+/-1.04	93.19+/-0.22	92.31+/-0.84
NITROGENO	6.53+/-0.26*	8.45 +/-0.61*	9.55 +/-0.22*	9.13+/-0.05*
CENIZAS	7.41 +/-0.44*	8.23 +/-0.67*	8.30 +/-0.31*	9.31+/-0.67*
F D M	55.72+/-0.73	54.97+/-2.18	57.46+/-3.53	58.54+/-3.69
F D A	34.34+/-0.76	36.65+/-1.45	36.04+/-2.23	34.49+/-0.80
HEMICELULO- SA	22.45+/-0.23	18.74+/-2.05	21.92+/-4.14	24.8+/-3.49
CELULOZA	24.49+/-1.96	26.83+/-0.52	25.74+/-1.40	26.19+/-0.93
LIGNINA	5.98 +/-1.22	6.28 +/-1.09	6.66 +/-0.85	5.38+/-0.47

* ESTADISTICAMENTE SIGNIFICATIVOS (P<0.05)

La dieta T90 con respecto a X90 y T75 vs. T90 no hubo diferencia ($P < 0.05$).

El mayor contenido de cenizas lo presentó T90 con respecto a la dieta X75 (1.9%).

En cuanto a la digestibilidad in vivo de materia seca (DIVVMS), de nitrógeno (DIVVN), de fibra detergente neutro (DIVVFDN), de fibra detergente ácido (DIVVFDA) y de hemicelulosa (DIVVH); in vitro de materia seca y desaparición in situ de materia seca (DISMS), de nitrógeno (DISN), de fibra detergente neutro (DISFDN) (Cuadros 6 y 7); no se hallaron diferencias ($P < 0.05$) en ninguna de ellas.

En la cinética de desaparición de materia seca de las dietas (Cuadro 8) no se encontraron diferencias ($P < 0.05$) en los tiempos de incubación probados para los 4 tratamientos.

Ahora bien, los resultados entre horas de cada dieta son los siguientes:

Hubo significancia estadística ($P < 0.05\%$) de 0 a 6 y de 0 a 9 horas de incubación en X75 y X90. En los 4 tratamientos existieron diferencias ($P < 0.05$) entre las 9 y 24 horas de incubación, siendo estos tiempos los máximos en las cinéticas de desaparición.

Por último, las dietas X90, T75 y T90 mostraron una constante de velocidad $K(h)$ de 0.010 h de desaparición en un tiempo medio ($t_{1/2}$ h) de 70.23, 89.4 y 88.79 respectivamente; con respecto a X75 que tuvo una constante $K(h)$ de velocidad de 0.006 h y tiempo medio ($t_{1/2}$ h) de 112.25 (Cuadro 9).

En la cinética de nitrógeno por horas entre tratamientos (Cuadro 10) no hubo significancia estadística ($P < 0.05$).

CUADRO 6. DIGESTIBILIDAD IN VIVO E IN SITU Y DESAPARICION IN SITU DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

DIGESTIBILIDADES	X75 (%)	X90 (%)	T75 (%)	T90 (%)
<u>IN VIVO</u> DE M S	55.14+/-10.71	65.56+/-4.47	62.98+/-4.82	52.66+/-11.48
<u>IN VIVO</u> DE NITROGENO	64.05/-17.11	82.59+/-3.84	78.61+/-4.55	69.87+/-11.70
<u>IN VIVO</u> DE F D N	46.01+/-11.36	56.49+/-4.22	56.17+/-3.53	34.94+/-26.33
<u>IN VIVO</u> DE F D A	45.69+/-11.68	62.14+/-4.58	57.45+/-4.74	43.63+/-13.71
<u>IN VIVO</u> DE HEMICELULOZA	36.42+/-13.61	49.63+/-2.16	52.72+/-3.91	54.59+/-15.75

CUADRO 7. DIGESTIBILIDAD IN VIVO E IN SITU Y DESAPARICION IN SITU DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

DIGESTIBILIDADES	X75 (%)	X90 (%)	T75 (%)	T90 (%)
IN VITRO DE MS A LAS 48 HORAS	66.60+/-1.24	63.42+/-5.67	68.86+/-4.64	68.90+/-5.56
IN SITU DE MS A LAS 24 HORAS	42.36/-1.28	50.15+/-1.12	43.90+/-7.73	47.35+/-7.05
IN SITU DE NITROGENO A LAS 24 HORAS	58.58+/-11.63	73.52+/-4.95	66.43+/-8.98	79.14+/-5.74
IN SITU DE FOM A LAS 24 HORAS	16.36+/-5.93	22.71+/-4.17	23.29+/-12.21	25.81+/-9.55

CUADRO 8. CINETICA DE MATERIA SECA

TIEMPO DE INCUBACION (HORAS)	X75 (%)	X90 (%)	T75 (%)	T90 (%)
0	32.70+/-3.4*	36.5 +/-2.0*	29.7 +/-2.5*	34.4 +/-3.1*
3	33.9+/-1.5*	38.3 +/-1.6*	33.1 +/-3.7*	37.3 +/-2.6*
6	37.6 +/-2.0*	41.9 +/-2.1*	32.9 +/-5.1*	35.2 +/-4.0*
9	36.5 +/-4.1*	43.3 +/-6.3*	32.2 +/-5.3*	41.3 +/-7.7*
24	42.3+/-1.3*	50.2+/-1.1*	43.9+/-7.7*	47.4+/-7.1*

* ESTADISTICAMENTE SIGNIFICATIVOS (P<0.05)

CUADRO 9. CONSTANTE (K) DE CINÉTICAS DE LA DESAPARICIÓN DE MATERIA SECA Y FIBRA DETERGENTE NEUTRO

COMPONENTE		X75 (%)	X90 (%)	T75 (%)	T90 (%)
M A T E R I A	⁻¹ K(h)	-0.006 +/- 0.002	-0.010 +/- 0.00	-0.010 +/- 0.006	-0.010 +/- 0.006
	t1/2 -1 (h)	112.23 +/- 27.98	70.23 +/- 2.08	89.51 +/- 47.68	88.79 +/- 32.97
F D N	⁻¹ K(h)	-0.006 +/- 0.001	-0.009 +/- 0.002	-0.013 +/- 0.004	-0.012 +/- 0.006
	t1/2 -1 (h)	123.99 +/- 27.37	79.18 +/- 15.97	54.43 +/- 14.79	71.09 +/- 32.62

CUADRO 10. CINETICA DE NITROGENO DE DIETAS

TIEMPO DE INCUBACION (HORAS)	X75 (%)	X20 (%)	T75 (%)	T20 (%)
0	47.92+/-19.2*	66.26+/-13	58.63+/-17.2	69.7 +/-5.1
3	52.16/-13.14*	69.74+/-11.4	61.77+/-11.5	72.2 +/-7.8
6	54.88+/-11 *	70.06+/-10.8	63.69+/-9.75	75.4 +/-2.1
9	55.04+/-14.3*	70.40+/-10.2	63.81+/-8.45	77.5 +/-3.0
24	58.58/-11.6*	73.52/-4.95	66.43+/-8.99	79.1+/-5.7

* ESTADISTICAMENTE SIGNIFICATIVOS (P<0.05)

Es importante mencionar que en cada uno de los tiempos de incubación, X75 presentó las cinéticas de desaparición más bajas con respecto a las otras dietas, siendo T90 la que presentó las cinéticas más altas.

Para la cinética de desaparición de FDN (Cuadro 11) de las dietas, no existieron diferencias ($P < 0.05$) entre horas.

En la cinética de desaparición por tratamientos, en los tiempos de incubación (horas) hubo diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en X75 de 0 a 9 y de 9 a 24 horas, con valores de 5.41 y 6.1% de desaparición respectivamente.

En X90 el porcentaje de desaparición se presentó de 0 a 6 horas con un valor de 9.09% de diferencia y de 6 a 24 horas con un valor de 10.1%. Para T75 se encontraron diferencias ($P < 0.05$) de 0 a 3 y de 3 a 24 horas con 8.11 y 13.2% respectivamente. En T90 sólo hubo diferencias ($P < 0.05$) de 0 a 24 horas, siendo, las 24 horas el máximo de desaparición con 25.25% de diferencia.

Para la constante de velocidad $K(h)$ de desaparición, T75 presentó el máximo de desaparición con 0.013 h y el menor tiempo medio ($t_{1/2}$ h) de 54.43 h (Cuadro 9), aunque sin ser estadísticamente diferentes a los demás tratamientos ($P < 0.05$).

Finalmente, en la gráfica presentada en la Figura # 2, se muestra el consumo voluntario de las dietas experimentales, donde T75 tuvo mayor aceptación, seguida de X90. En cambio, X75 y T90 fueron menos palatables por los animales aunque no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$).

CUADRO 11. CINETICA DE FIBRA DETERGENTE NEUTRO DE DIETAS

TIEMPO DE INCUBACION (HORAS)	X75 (%)	X90 (%)	T75 (%)	T90 (%)
0	4.69 +/-4.8 *	3.51 +/-3.2*	1.89 +/-1.1*	0.55 +/-0.5*
3	4.94 +/-3.7 *	5.73 +/-4.5*	10.0 +/-3.9*	10.0 +/-4.8*
6	6.69 +/-4.5 *	12.6 +/-3.0*	10.5 +/-8.0*	10.8 +/-8.0*
9	10.1 +/-4.9 *	11.8 +/-1.5*	13.1 +/-7.1*	13.1 +/-7.1*
24	16.3 +/-5.9 *	22.7 +/-4.2*	23.2 +/-12.0*	25.8 +/-9.5*

* ESTADISTICAMENTE SIGNIFICATIVOS (P<0.05)

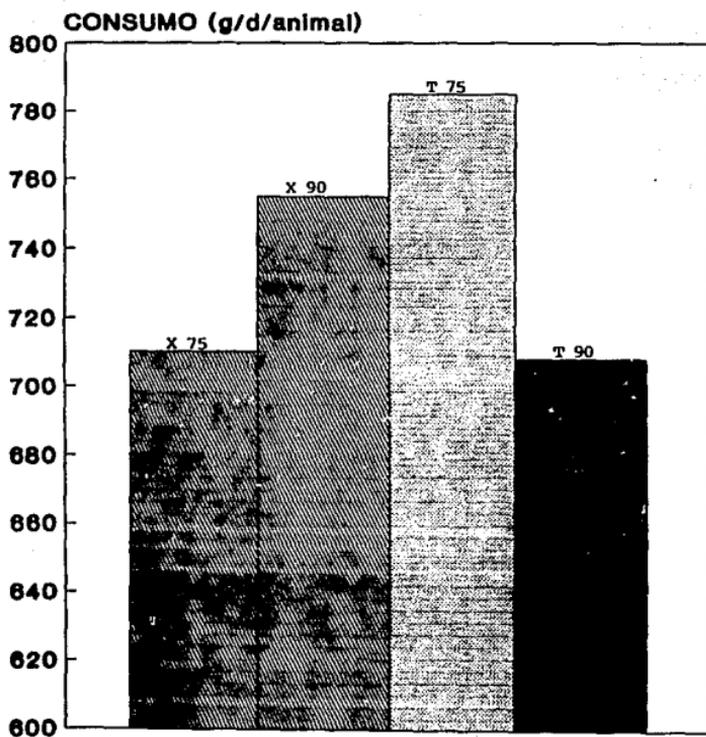


FIGURA # 2. CONSUMO VOLUNTARIO DE DIETAS EXPERIMENTALES

6.- DISCUSION

En relación a la composición química del rastrojo tratado con hidróxido de calcio y urea, se obtuvieron valores significativos incrementando el porcentaje de materia seca, nitrógeno y cenizas, debido a la adición de hidróxido de calcio-urea al rastrojo. De acuerdo con lo informado por otros investigadores (Sundstol, Coxworth y Mowat, 1978; Kempton, Nolan y Leng, 1977; Pidgen y Bender, 1980), uno de los objetivos en la utilización de los tratamientos alcalinos es el de mejorar el contenido de nitrógeno de forrajes de baja calidad nutritiva así como incrementar el contenido de cenizas a causa de la fijación de las sales de calcio en el tratamiento (Llamas, 1986).

En la determinación de fracciones de fibra, la fibra detergente neutro (FDN) disminuyó favorablemente con el tratamiento. No obstante, los porcentajes obtenidos para la hemicelulosa, fibra detergente ácido (FDA), celulosa (C) y lignina (L), no se mostraron cambios favorables, posiblemente por las desviaciones tan altas que se obtuvieron "enmascarando" el efecto del álcali en estos análisis. Sin duda, el efecto del tratamiento fué positivo logrando disminuir el contenido de pared celular, permitiendo el desdoblamiento de la ligadura de hemicelulosa-lignina, mejorando la digestibilidad (Maynard, et. al., 1981), mostrándose este efecto en el incremento en la desaparición in situ a las 24 horas. En las fracciones de fibra FDN, FDA, hemicelulosa, y celulosa, debido a la hidrolización de los enlaces éster del complejo lignocelulósico, efecto de la urea e hidróxido de calcio dado por el tratamiento, así como el incremento de la

flexibilidad de la fibra y el hinchamiento de las paredes celulares, que facilitan su digestión (Godden, 1965; Ferguson, 1973; Guggolz, et. al., 1971 y Aguilera, 1988).

En la digestibilidad in vitro de materia seca (DISMS) a las 48 horas, desaparición in situ de materia seca (DISMS) e in situ de nitrógeno (DISN) a las 24 horas si bien no tuvieron diferencias estadísticas, sí presentaron porcentajes elevados coincidiendo con lo reportado por Wanapat, Sundstol y Hall (1986).

Analizando la composición química de las dietas se observa que la suplementación de urea y/o el tratamiento de la paja influyó en el incremento de nitrógeno (X90, T75 y T90). Este efecto resulta similar a un gran número de investigaciones enfocadas a la mejora nutritiva de esquilmos, suplementando urea, como fuente de nitrógeno a los tratamientos (Mowat, et. al., 1976; Ortega, et. al., 1985 y Maynard, et. al., 1981).

Rodriguez, et. al., (1985), en su investigación obtiene resultados similares a los obtenidos respecto al contenido de MS y N utilizando 4% de hidróxido de amonio y urea.

El contenido de cenizas se vio afectado incrementando su valor por la fijación de las sales minerales del hidróxido de calcio encontrando valores semejantes al estudio realizado por Camacho, A.E. (En Prensa).

En las fracciones de fibra se detectó un ligero incremento en el contenido de FDN en las dietas T75 y T90 FDA en X90 y T75; hemicelulosa en T90; celulosa en X90, T75 y T90 y lignina en X90 y T75, probablemente para las dietas X90 y T90 influyó el nivel de inclusión (90%) de rastrojo. En T75 se notó un aumento en el porcentaje de paredes celulares, debido probablemente a la

presencia de los otros ingredientes ricos en carbohidratos, que enmascararían el efecto del tratamiento.

Ahora bien, en las digestibilidades in vivo e in vitro y desaparición in situ de las dietas experimentales, si bien no tuvieron diferencias estadísticas, sí presentaron valores favorables por el efecto del tratamiento con hidróxido de calcio y urea. La DIVMS (48 horas) fue favorable para T75 y T90, coincidiendo con otros autores (Anderson y Ralston, 1973; Meléndez et. al., 1976) incrementando la DIVMS hasta un 61% y disminuyendo la cantidad de lignina y componentes de la pared celular, por igual, Summers y Sherrad (1975), reportan datos similares sólo que comparan 5 diferentes esquilmos. Mientras que, Gutiérrez (1987) tuvo resultados muy semejantes a los que presentan para la DIVMS, DIVMS y DIVVFDN utilizando rastrojo de maíz con 2% de amonio anhidro, en tanto que Jurado (1988) mejoró aun más sus digestibilidades incluyendo 3% de hidróxido de calcio más 25% de humedad en 60 días de reacción. Así también Lesoing y Klopfanstein (1981) encontraron incrementos de 35.07 u.p. en la DIVMS con 1% de hidróxido de sodio y 3% de hidróxido de calcio.

En las digestibilidades in vivo de MS, N, FDN, FDA y H, aunque no presentaron diferencias significativas, alcanzaron digestibilidades favorables las dietas X90 y T75. La efectividad de la dieta X90 se debe posiblemente a la manifestación de la urea dado que el 90% de la inclusión del rastrojo fue sin tratar.

Maynard, et. al., (1981) mencionan que la urea es extremadamente soluble convirtiéndose en amoníaco rápidamente en el rumen, lo cual influye en el incremento de la digestibilidad. Para T75, se expone que el aumento se debió a la acción del

hidróxido de calcio-urea, y a la inclusión de 75% del rastrojo; estos valores son similares a los reportados por Aguilera (1988). Cabe mencionar que durante el análisis estadístico se encontró efecto de interacción (Tratamiento-nivel de inclusión), esto se refleja en la dieta T90 donde se deprimieron las digestibilidades, no obstante las desviaciones tan altas detectadas en el análisis estadístico nos impidieron observar el efecto del tratamiento en las digestibilidades, puesto que todas incrementaron su porcentaje favoreciendo la acción del tratamiento, que en general se debe al rompimiento de los enlaces alcali-lábiles del complejo lignocelulósico.

Los valores máximos encontrados para las desapariciones in situ de MS, N y FDN, fue, para las dietas X90, T75 y T90 aunque para la DISMS fue favorable solamente para X90, ya que el resto de las dietas no mostraron ningún aumento presentando desviaciones considerables impidiendo al tratamiento que se manifieste estadísticamente. Los incrementos antes mencionados coinciden con lo informado por Oji y Mowat (1977); Morris y Mowat (1980); y Linberg, et. al., (1984). Una vez más es muy clara la acción del tratamiento urea-hidróxido de calcio sobre el complejo lignocelulósico. Por el contrario Bass, et. al.; (1982), utilizaron tratamiento con 5% de hidróxido de calcio suplementados con urea, calcio, fósforo, sodio y vitaminas, no obstante los tratamientos no mejoraron la digestibilidad además de que se contaminaron.

En la cinética de desaparición de MS, no se encontraron valores significativos entre dietas. En las 4 dietas de degradación se inició a las 6 horas de incubación, y el máximo de digestión de 9 a 24 horas, manifestándose X90, T75 y T90 con igual

constante de velocidad de desaparición ($- 0.010 \text{ h}^{-1}$) y X90 en el menor $t_{1/2}$ (Cuadro 9). En la cinética de desaparición de FDN se obtuvieron resultados significativamente diferentes entre los tiempos de incubación para cada dieta, donde T75 mostró la mayor $K(h-1)$ que fue de $- 0.013 \text{ (h}^{-1}\text{)}$ en el menor $t_{1/2}$.

Para ambas cinéticas los valores resultan menores a los reportados por Aguilera, (1988), teniendo una $K(h-1)$ de MS máxima de $- 0.030 \text{ (h}^{-1}\text{)}$ utilizando rastrojo de maíz tratado con amonio + urea; y para la $K(h-1)$ de FDN máxima fue de $0.023 \text{ (h}^{-1}\text{)}$ para la dieta de rastrojo de maíz tratado con 4% de amonio. Con lo anterior se observa que hay mayor efectividad con amonio que con la suplementación de hidróxido de calcio + urea en la velocidad de desaparición, aunque es importante mencionar que en la dieta T75 inició más rápido la degradación de FDN (3h).

Asimismo, se comparó el estudio de Gutiérrez (1987) quien detectó valores similares a los de Aguilera (1988) incluyendo 55% y 75% de rastrojo de maíz sin tratar, rastrojo de maíz tratado con 7% de hidróxido de calcio obteniendo $K(h-1)$ máxima de MS de $-0.034 \text{ (h}^{-1}\text{)}$ en la dieta de 55% de rastrojo de maíz tratado con 2% de amonio y la $K(h-1)$ máxima de FDN fue para la dieta de rastrojo de maíz sin tratar con 75% de inclusión con $0.029 \text{ (h}^{-1}\text{)}$.

Por otro lado Camacho (En prensa) detectó las constantes $K(h-1)$ de MS y FDN, son semejantes a las que se presentan en esta investigación, quien utilizó paja de cebada, siendo la máxima $K(h-1)$ de MS de $- 0.0161 \text{ (h}^{-1}\text{)}$ y para FDN de $- 0.047 \text{ (h}^{-1}\text{)}$, ambos valores fueron detectados por la misma dieta de paja de cebada tratada con 3% de amonio.

Es importante mencionar que aunque fueron tratados con

diferente álcali son parecidos los resultados para ambos estudios, posiblemente porque se utilizó la misma inclusión de 75 y 90% de esquilmo, y como se mencionó con anterioridad es tan efectivo el uso de hidróxido de calcio + urea como el amonio para incrementar la tasa de digestión coincidiendo con lo reportado por Owen y Klopfenstein (1984). Nuevamente se explica la acción de los tratamientos alcalinos en el rompimiento de los enlaces éster del complejo lignocelulósico, dándole flexibilidad a la fibra permitiendo así una rápida digestión (Maynard, *et al.*, 1981).

En la cinética de nitrógeno solamente hubo diferencias significativas para las dietas X75; en X90, T75 y T90 aunque no se detectaron las diferencias, notándose una desaparición hasta las 24 horas, esto se debe, aunque fue más lenta la degradación por la acción del álcali, se incrementó el nitrógeno soluble de la paja, el cual es aprovechado por los microorganismos ruminales (Maynard, *et al.*, 1981 y Llamas, 1986).

Finalmente, en el consumo voluntario de las dietas experimentales se detectó el mayor consumo para la dieta T75 seguida de X90. La inclusión de rastrojo de maíz tratado con hidróxido de calcio sin adición de urea fue de máxima aceptación por los animales (T75) sin embargo, también fue de buena aceptación en una proporción menor la dieta preparada con 90% de inclusión de rastrojo de maíz sin tratar con adición de urea. Al respecto coinciden Donefer, *et al.* (1969) al suplementar paja de avena con 2.5 % de urea, encontrando incrementos en el consumo voluntario. Por el contrario, Kay, *et al.* (1968) reportaron pequeños efectos favorables de la urea sobre el consumo. Bass, *et al.* (1981) reportan haber tenido consumos bajos e inclusive un

rechazo total por parte de los animales a la paja de avena tratada con 5% de hidróxido de calcio.

7.- CONCLUSIONES

- La suplementación de hidróxido de calcio y urea al rastrojo de maíz, causó efecto en el rompimiento de los enlaces éster del complejo lignocelulésico provocando así la solubilización de la hemicelulosa e hinchamiento de las paredes celulares incrementando la digestibilidad, asimismo la tasa de digestión de la materia seca y fibra detergente neutro.

- La suplementación de urea al rastrojo de maíz tratado produjo resultados similares a los obtenidos en otros estudios utilizando amoniaco.

- Las dietas que respondieron favorablemente al estudio fueron T75 y X90. T75 fue la dieta que incluyó el 75% de rastrojo de maíz tratado + la adición de urea y X90 es la dieta que incluyó el 90% de rastrojo de maíz sin tratar + urea. Los resultados en ambas dietas son similares y en vista de que X90 resulta más económica, se propone a ésta última como una perspectiva en la alimentación de ovinos.

- La respuesta de los animales al consumir estas dietas (T75 y X90) fue aceptable.

8.- BIBLIOGRAFIA

Aguilera, B.A. "Evaluación del efecto de la suplementación del rastrojo amoniato sobre la cinética ruminal y digestibilidad de borregos Pelibuey". Tesis de Maestría. Fac. de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. México D.F. (1988)

Anderson, D.C. and Ralstone A.T. "Chemical treatment ryegrass straw in vitro dry matter digestibility and compositional changes". J. Anim. Sci. 37: 148 (1973).

Association of Official Analytical Chemists A.O.A.C. Inc. 15 Edition. Arlington, Virginia, USA: (1990).

Bass, J.M., Parkins, J.J. and Fishwick, G. "The effect of calcium hidroxide tratamente on the digestibility of chopped suplemented with a solution containing urea, calcium, phosphorus, sodium, trace elements and vitamins". Anim. Feed Sci. Tech. 7:93-100 (1982)

Brown, G. F., Armstrong, D.G. & MacRae, J.C. " The establishment in one operation of a cannula into the rumen and reentrant cannula into the duodenum and ileum sheep". Br. Vet. 124: 78-82 (1968).

Burroughs, W., Nelson, D.K. & Mertens, D.R. "Protein physiology and its applications in the lactating cow. The metabolizable protein feeding standard". J. Anim. Sci. 41: 933-944 (1975).

Camacho, A. E. En prensa.

Capper, B.S., Morgan, D.J. & Parr, W.H. "Alkali-treated roughages for feeding ruminants. A review". Trop. Sci. 19: (1977).

Cortéz, B.F. "Cuadernos de Histología Vegetal. Pared Celular". Segunda Edición. Ed. Marbán. Madrid, España: (1986).

Donefer, E., Adeleye, O.A. & Jones, T.A. "Cellulases & their applications". Washington, D.C. American Chemical Society. Advantages in chemistry Series 95: (1969).

FAO: Production Yearbook. Food and Agriculture Organization. 28, Part 1: 328 (1977)

Ferguson, W.S. "The digestibility of wheat straw and weath straw pulp". Biochem. J., 36: 786-789 (1973).

Garret, W.N., Walker, H.G., Kohler G.O. & Hart, M.R. "Response of ruminants to diets containing sodium hidroxide or ammonia treated rice straw". J. Anim. Sci. 54: 603-608 (1982).

Godden, W. "The digestibility of straw after treatment with soda". J. Agr. Sci. 10: 437 (1920).

Guggols, J., McDinald, G.M., Walker, H.G., Brown, Jr., Garret, W.N. & G.O.K. "Chemical treatment of agricultural wasted to the improve digestibilities as livestock feed. Prog. U. Sec. Amer. Soc. Anim. Sci. 22: 71 (1971).

Gutiérrez, L.H.A. "Influencia del rastrojo de maíz tratado con hidróxido de calcio y amoniaco anhidro sobre la fermentación ruminal en ovinos". Tesis de Licenciatura. Fac. Med. Vet. y Zoot. UNAM. México, D.F. (1987).

Harris, L.E. y Kearl, C.L. "Acopio y distribución internacional de información sobre piensos". Revista Mundial de Zootecnia. Estudio FAO: Producción y Sanidad Animal. Roma 14:1 (1978).

Herrera-Saldaña, R., Church, D.C. & Kellems, R.O. "The effect of ammoniation treatment on intake and nutritive value of wheat straw". J. Anim. Sci. 54: 603-608 (1982).

Huber, J.T. "Upgrading residues and by products for animals". CRC. Press. Boca Raton, Florida: (1981).

Jackson, M.G. "Métodos de tratamiento de la paja para la alimentación animal". Estudio FAO: Producción y Sanidad Animal 10: FAO Roma (1978).

Jones, M.J., Klopfenstein, T.J. & Krause, V.E. "Chemical treatment of low quality roughages, J. Anim. Sci. 35: 418 (1977).

Jung, H.G. & Vogel, K.P. "Influence of lignin on digestibility on forage cell wall material". J. Anim. Sci. 62:206-219 (1983).

Jurado, A.J. "Optimización del tratamiento alcalino de la paja de trigo mediante pruebas de digestibilidad en ovinos". Tesis de Licenciatura. Fac. Med. Vet. y Zoot. UNAM. México, D.F. (1988).

Kay, M., Andrews, R.P., McLeod, N.A. & Walker, T. "Urea & cereals as supplements for ruminants offered barley straw". Anim. Prod. 10:171-175 (1968).

Kempton, T.J., Nolan, J.V., & Leng, R.A. World Animal Review 2:22 (1977).

Klopfenstein, T. "Chemical treatment of crop residues". J. Anim. Sci. 46: 841-848 (1978).

Llamas, L.G., Santacruz, M.I. & Gómez, A.R. "Respuesta de esquilmos de cereales y leguminosas y de subproductos del algodón al tratamiento alcalino con amonio (NH) ó hidróxido de sodio 3 (NaOH)". TeG. Pac. Mex. 51: 68-80 (1986).

Leal, L.H. "Importancia del papel de la lignina en la utilización de los desperdicios agrícolas". Cuadernos de Posgrado. Fac. Química Div. Estudios de Posgrado Depto. de Alimentos. México, D.F. 2(4): (1982).

Lescing, G., Klopfenstein, T.M Rush, I., & Ward, J. "Chemical treatment of wheat straw". J. Anim. Sci. 51:263-269 (1981).

Lindberg, E.J., Ternud, E.I. & Theander, O. "Degradation rate & chemical composition of different types of alkaly-treated straws during rumen digestion". J. Sci. Food Agric. 35: 500-506 (1984).

Maynard, A.L., Loosli, K.J., Hintz, F.H. & Warner, G.R. "Nutrición Animal". McGraw Hill 7a. ed. México, D.F. (1981).

Meheretz, A.Z. & Orskov, E.R. "A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen". J. Agric. Sci. Camb. 88: 645-650 (1977).

Minson, D.J. and McLeod, M.N. "The in vitro technique: its modification for large numbers of tropical pastures". Technical paper. No. 8 Common Wealth Scientific and Industrial Research Organization Australia (1972).

Moore, J.E., Johnson, R.R. and Dehority, B.A. "Adaptation of an in vitro system to the study of starch fermentation by rumen bacteria". J. Nutr., 76: 414 (1962).

Morris, P.J. & Mowat, D.N. "Nutritive value of ground and ammoniated corn stover". Can. J. Anim. Sci. 60: 327-336 (1980).

Mowat, D.N., Core, .E., Buchanan-Smith, J.G. and McLeod, G.K. "Nitrogen additives to corn silage fed to growing calves". Can. J. Ani. Sci. (In Press).

Nocek, E.V. "Evaluation of specific affecting in situ estimates of ruminal dry matter and protein digestion". J. Anim. Sci. 60: 1347-1358 (1985).

Oji, U.I., Mowat, D.N. & Wich, J. E. "Alkali treatments of corn stover to increase nutritive value". J. Anim. Sci. 44:798-802 (1977).

Ortega, M., Nuñez, M. y Ochoa, P. "Mejoramiento del valor nutritivo de la paja de trigo tratada con urea e hidróxido de calcio". Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México: 250 (1985).

Owen, E., Klopfenstein T. & Urio, N.A. "Treatment with other chemicals. In straw and fibrous by products as feed". Edited by Sodstol, F., Owen, E., Elsevier, Amsterdam: 248-273 (1984).

Owen & Nwadukwe, B.S. "Alkali treatment of barley straw. Effect of treatment with different chemicals on digestibility and intake by sheep". Anim. Prod. 30: (1980).

Pérez-Gil, R.F. "La producción de rumiantes como fuente de alimentos". Rev. Technol. Aliment. México, D.F. XVIII: (1971).

Pidgen, W.J. y Bender, P. "Aprovechamiento de la lignocelulosa por los rumiantes". FAO: Producción y Sanidad Animal: (1980).

Pidgen, W.J. & Heaney, D.P. : "En cellulase and their applications". Washington, D.C.. American Chemical Society. Advantages in Chemistry. Series 95: 245-261 (1969).

Pirie, N.W. "Production and use of unconventional sources of food". Man. Food And Nutrition. CRC. Press: (1973).

Quinn, J.C., Van Der Wath & Mybrush, S. "Studies on the alimentary tract of sheep in South Africa IV. Description on experimental technique. Onderstepoort. J. Vet. Sci. ASnimal. Ind. 11: 341 (1988).

Raleigh, R.J., Wallace, J.D. "Effect of urea at diferent levels on digestibility and on the performance of growing steers fed low quality food meadow hay". J. Anim. Sci. 12:330 (1963).

Rexen, F. & Vestergaard, K.T. "The effect on digestibility of a new technique for alkali treatment for straw". J. Anim. Sci. Technol. 1:73-83 (1976).

Rodríguez, G.F., Zorrilla, R.J.M., Muñoz, N.C. & Arellano, M.L. "Efectos del tratamiento con hidróxido de amonio y urea, humedad y tiempo en la composición de la paja del frijol". Tec. Pec. Mex. 49:42-49 (1985).

Rodríguez y Benitez: Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 2:77 (1982).

Rounds, W., Klopfenstein, T., Waller, J. & Messermith, T. "Influence of alkali treatments of corn cobs on in vitro dry matter disappearance and lamb performance". J. Anim. Sci. 43:478-482 (1976).

Ruelas, C.A., Llamas, LI. G. y Shimada, S.A. "Manual de técnicas de investigación en Ruminología". Sistema de educación continua en Producción Animal en México, A.C. México, D.F. (1990)

Saenger, F.P., Lemenager, R.P. & Hendrix, K.S. "Anhydrous Ammonia Treatment of Corn stover and its effects of digestibility, intake and performance of bee casttle". J. Anim. Sci. 54: 419-425 (1982).

Sánchez, J.E. "Cambios en la composición química y digestibilidad de forrajes de baja calidad nutritiva mediante el uso de diversos compuestos químicos". Tec. Rec. Mex. 31: 68-74 (1976).

Santacruz, M. y Llamas, Ll. G. "Evaluación de la respuesta de diferentes esquilmos de tratamiento alcalino con amonio o hidróxido de sodio. Reunión de Investigación Pecuaria en México (1983).

Saxena, S.K., Otterby, D.E. Doner, J.D. and Good, A.L. "Effects of feeding alkali-treated oat straw supplemented with soybean meal or non-protein nitrogen on growth of lambs and certain blood and rumen liquor parameters". J. Anim. Sci. 33:485 (1971).

Soofi, R.G.C., Fahay, G.C.Jr. & Berger, L.L. "In situ & In vivo. Digestibilities & nutrient intakes by sheep of alkali-treated soybean stover". J. Anim. Sci. 55: 1206-1213 (1982).

Steel R.G.D. & Terrie, J.H. "Principles & procedures of Statistics a Biometrical Approach". 2a. Ed., McGraw Hill Kaga Kusa, Tokio: (1980).

Summers, C.B. & Sherrad, L.B. "Sodium hydroxyde treatment of different roughages". J. Anim. Sci. 41:420 (1975).

Sundstol, F., Coxworth, E. & Mowat, D.M. "Improving the nutritive value of straw and other low quality roughages by treatment with ammonia". World Anim. Rev. 26: 13-21 (1978).

Van Soest, P.J. "Physico-chemical aspects of fibre digestion in I.W. Mac Donald y A.C.I. Warner (eds.) Digestion an Metabolism in the ruminant armidable" The Univ. New England Publishing Unit, 351-365: (1975).

Verma, M.L. & Jackson, M.G. "The comparative effectiveness of sodium hydroxide in increasing the in vitro, nylon bag digestibility of various roughages in improved utilization of agricultural waste materials and Industrial by-products as livestock feed". Research Progress Report, 1979-1974, G.b. Pant. University. Patnagar: 14-15 (1975).

Waiss, A.C., Guggolz, Jr., Koher, G.O., Walker, H.G. & Garret, W.N. "Improving digestibility of straw for ruminants feed by aqueous ammonia". J. Anim. Sci. 35: 109 (1972).

Wanapat, M., Sundstol, F. & Hall, J.M.R. "A comparison of alkali treatment methods used to improve the nutritive value of straw: II, in sacco and in vitro degradation relative to in vivo digestibility". Anim. Feed Sci. & Tech. 14: 215-220 (1986).

Zorrilla, R.J. "Valor nutritivo de las pajas y satrojos para rumiantes (Primera y Segunda parte)". Ins. Nac. Inv. Pq., SAHR 6: (1982)

APPENDIX

APENDICE A

DETERMINACION DE HUMEDAD. (METODO A.O.A.C)

Pesar 2-3 g de muestra en una charola de aluminio a peso constante a una temperatura de 80 °C a 110 °C. Secar la muestra durante una hora en una estufa de secado (la temperatura depende del tipo de muestra). Se retira de la estufa en un desecador 15 minutos y pesar en balanza analítica. Repetir este procedimiento hasta que el peso de la muestra sea constante.

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{A - B * 100}{M}$$

A= Peso de la charola + muestra húmeda.

B= Peso de la charola + muestra seca.

M= Peso de la muestra.

DETERMINACION DE CENIZAS (METODO A.O.A.C.)

Pesar 2-3 g de muestra en un crisol de porcelana previamente a peso constante. Carbonizar la muestra en una estufa de gas o parrilla de calentamiento hasta eliminar humos blancos. Calcinar en mufla a 550 °C durante una hora, sacar y meter a la estufa de secado por 30 minutos. Después enfriar en desecador 15 minutos. y pesar en balanza analítica.

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{A - B * 100}{M}$$

A= Peso del crisol + cenizas.

B= Peso del crisol a peso constante.

M= Peso de muestra.

DETERMINACION DE NITROGENO. (METODO KJELDHAL)

En un matraz Kjeldhal pesar 0.5 a 1.0 g de muestra + 8.5 g de mezcla digestora (Apéndice B) y agregar 25 ml de ácido sulfúrico concentrado y digerir en una parilla de calentamiento con extractor hasta ver el color verde esmeralda y así contar 30 minutos de digestión. Enfriar y agregar 300 ml de agua destilada, agitando la muestra bajo el chorro del agua (es exotérmica). Se adiciona una granalla de zinc y 90 ml de hidróxido de sodio (Apéndice B). Con mucho cuidado colocar el matraz en el destilador del Kjeldahl tapando bien. Colocar un matraz erlenmeyer de 500 ml con 50 ml de ácido bórico en la parte terminal del destilador. Agitar la muestra ya tapada. Se reciben 250 ml de destilado aprox. Titular con ácido sulfúrico 0.1N valorado. (Apéndice B).

$$\% \text{ NITROGENO} = \frac{(A-B) * C * D * 100}{M}$$

DONDE:

A= ml. gastados de la muestra problema.

B= ml. gastados del blanco.

C= miliequivalentes del ácido.

D= Normalidad del ácido.

M= Peso de la muestra.

DETERMINACION DE FRACCIONES DE FIBRA

Fibra Detergente Neutro (FDN: Paredes Celulares y Contenido Celular). Se pesan 0.5 g de muestra molida y desengrasada en un matraz erlenmeyer y se adicionan 50 ml de la solución detergente neutro (Ver Apéndice B). Se digiera la muestra a reflujo durante

60 minutos. Se filtra la muestra hidrolizada en un crisol Gooch previamente a peso constante, se lava la muestra hasta un pH neutro y se seca en estufa de secado de 80-110°C durante 5 horas. Enfriar en desecador y pesar.

$$\% \text{ PAREDES CELULARES} = \frac{A - B * 100}{M}$$

DONDE:

A= Peso del crisol + residuo.

B= Peso del crisol a peso constante.

M= Gramos de muestra.

$$\% \text{ CONTENIDO CELULAR} = 100 - \% \text{ PAREDES CELULARES}$$

FIBRA DETERGENTE ACIDO

Se pesan 0.5 g de muestra molida y desengrasada en un matraz erlenmeyer de 125 ml y se adicionan 50 ml de la solución detergente ácido. Se pone a reflujo durante 60 minutos. Se filtra el contenido en un crisol Gooch a peso constante y se lava el residuo con agua caliente hasta un pH neutro. Se seca el crisol mas la muestra en una estufa de secado de 80-110°C durante 5 horas. Enfriar en desecador y pesar.

$$\% \text{ F D A} = \frac{A - B * 100}{M}$$

DONDE:

A= Peso del crisol + residuo.

B= Peso del crisol a peso constante.

M= Gramos de muestra.

HEMICELULOSA (INDIRECTO)

‡ HEMICELULOSA = ‡ PAREDES CELULARES - ‡ F D A

LIGNINA

En una bandeja de vidrio con 1 cm de agua destilada se colocan los crisoles con el residuo después de la determinación de FDA. A los crisoles se les adicionan 25 ml de solución combinada (Apéndice B) ajustando el nivel del agua con el nivel del líquido. Se remueve el contenido del crisol con una varilla de vidrio hasta deshacer los grumos. Se deja reposar la muestra durante 90 minutos a temperatura ambiente. Pasado ese tiempo (tiempo de oxidación), se filtra a través del crisol (el mismo que se usó antes). Sin lavar la muestra se colocan los crisoles nuevamente en la bandeja limpia adicionando la solución desmineralizada hasta la mitad de los crisoles y dejar reaccionar 5 minutos. Se filtran los crisoles nuevamente con vacío, repitiendo la misma operación hasta que el residuo quede blanco, de ser necesario se deja la solución desmineralizadora durante 30 minutos. Se lava la muestra 2 veces con etanol al 80% y 2 veces con acetona químicamente pura (Q.P.). Se seca la muestra 5 horas en una estufa, enfriar en desecador y pesar.

NOTA: El residuo está constituido por celulosa y sílice.

GRAMOS DE LIGNINA
‡ LIGNINA = * 100
GRAMOS DE MUESTRA

CELULOSA

El residuo después del tratamiento con permanganato se calcina a 550°C en una mufla durante 3-3 1/2 horas.

$$\% \text{ CELULOSA} = \frac{\text{GRAMOS DE CELULOSA}}{\text{GRAMOS DE MUESTRA}} * 100$$

APENDICE B

DETERMINACION DE NITROGENO

REACTIVOS:

- * Acido sulfúrico concentrado.
- * Mezcla digestora: (200 g de sulfato de potasio + 20 g de sulfato de cobre + 5 g de dióxido de selenio). Usar 8.5 g de mezcla digestora por muestra.
- * Acido bórico al 2% .
- * Hidróxido de sodio al 50% .
- * Indicador rojo de metilo.

FIBRA DETERGENTE NEUTRO

REACTIVOS:

- * Para preparar 1 litro de solución detergente neutro: 30 g de lauril sulfato de sodio + 18.61 g de sal disódica de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) + 6.814014 g borato de sodio dibásico + 10 ml de etilenglicol mono etil éter.

FIBRA DETERGENTE ACIDO

REACTIVOS:

- * Para preparar un litro de solución detergente ácido: 20 g de bromuro de cetiltrimetilamonio en un litro de ácido sulfúrico 1 N.

LIGNINA

REACTIVOS:

- * Solución saturada de permanganato: 50 g de permanganato de potasio en un litro de agua destilada.
- * Solución amortiguadora: En 100 ml de agua destilada disolver 6 g

de nitrato de plata y 5 g de acetato de potasio. Mezclar con 500 ml de ácido acético glacial y 400 ml de alcohol terbutílico.

* Solución Combinada de permanganato: Mezclar en proporción 2:1 la solución de permanganato con la solución amortiguadora.

* Solución Desmineralizadora: Disolver en 700 ml de etanol, 50 g de ácido oxálico dihidratado y 50 ml de ácido clorhídrico concentrado más 250 ml de agua destilada.

GLOSARIO

- Ad Libitum.** Administro de alimento a discreción.
- Esquilmo.** Desperdicio agrícola que queda después de la cosecha.
- Pienso.** Alimento seco que se da al ganado en la cuadra o en el establo.
- DIVMS.** Digestibilidad in vitro de materia seca.
- DIVVMS.** Digestibilidad in vivo de materia seca.
- DIVVN.** Digestibilidad in vivo de nitrógeno.
- DIVVFDN.** Digestibilidad in vivo de fibra detergente neutro.
- DIVVFDA.** Digestibilidad in vivo de fibra detergente ácido.
- DIVVH.** Digestibilidad in vivo de hemicelulosa.
- DIVVC.** Digestibilidad in vivo de celulosa.
- DISMS.** Desaparición in situ de materia seca.
- DISN.** Desaparición in situ de nitrógeno.
- DISFDN.** Desaparición in situ de fibra detergente neutro.
- DISFDA.** Desaparición in situ de fibra detergente ácido.
- DISH.** Desaparición in situ de hemicelulosa.
- DISC.** Desaparición in situ de celulosa.