

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS.

DIVISIÓN CIENCIAS VETERINARIAS



**EFFECTO DEL TRATAMIENTO ALCALINO SOBRE LA CINÉTICA DE
DEGRADACIÓN RUMINAL DE DOS SUBPRODUCTOS LIGNOCELULÓSICOS.**

TESIS QUE PRESENTA

MVZ LUIS ROBERTO BOURGUETTS LÓPEZ

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN NUTRICIÓN ANIMAL

Director: Ph.D. José Rogelio Orozco Hernández
Asesor: M. en C. Irma Elizondo Espinosa

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco. Junio de 1998.

CONTENIDO

BIBLIOTECA CENTRAL

	Página
Resumen general	XII
Abstract	XIII
1. Introducción.....	1
2. Revisión de literatura	2
2.1. Tratamiento hidróxido de sodio.....	3
2.1.1. Pajas de cereales	3
2.1.2. Rastrojo de maíz.....	5
2.1.3. Bagazo de caña.....	5
2.2. Tratamiento con compuestos nitrogenados.....	7
2.2.1. Pajas.....	7
2.2.2. Rastrojo de maíz.....	8
2.2.3. Bagazo de caña.....	9
Hipótesis.....	10
Objetivos	11
3. EFECTO DE TRATAMIENTO ALCALINO SOBRE LA DEGRADACIÓN <i>in situ</i> DEL RASTROJO DE MAÍZ.	
3.1. Resumen	13
3.2. Abstract	14
3.3. Introducción.....	15
3.4. Material y métodos.....	16
3.5. Resultados	17
3.6. Discusión	24

**4. EFECTO DE TRATAMIENTO ALCALINO SOBRE LA
DEGRADACIÓN *in situ* DEL BAGAZO DE CAÑA (*Saccharum
officinarum*).**

4.1. Resumen	27
4.2. Abstract	28
4.3. Introducción	29
4.4. Material y métodos	31
4.5. Resultados	32
4.6. Discusión	39
5. Conclusión	41
6. Literatura citada	42

RESUMEN GENERAL

Los subproductos lignocelulósicos son fuente renovable de alimentos para el ganado, representados por el rastrojo de maíz (**RM**) y el bagazo de caña (**BC**), sin embargo, a medida que aumenta su contenido en lignina su digestibilidad disminuye. Los tratamientos alcalinos mejoran este parámetro al romper los enlaces y aumentan su uso como ingrediente. Los tratamientos utilizados fueron una solución de NaOH al 4%, y solución de urea 4% como fuente de nitrógeno, posteriormente se almacenaron durante 15 días. Después el material fue deshidratado y molido a 5 mm. Muestras de cada subproducto [BC ó RM (no tratado, NaOH, o urea)] fueron colocadas (53 mg de MS/ mm²) en bolsas de nylon e introducidas en rumen de vacas canuladas y retiradas a; 0, 8, 24, 48, 72 y 96 h, con 3 repeticiones. La degradación *in situ* de la MS con los tratamientos de NaOH para el RM fue de 43% mayor y para el BC fue de 66.35% ($P < 0.05$) en relación al testigo. La degradación de fibra detergente ácido (FDA) y detergente neutro (FDN) fueron de 41.86% y 62.24%, respectivamente, para el RM y para el BC con el mismo tratamiento de 65.53% y 20.0% respectivamente. El tratamiento con urea aumentó la degradación promedio de la FDA y de FDN de 37%, teniendo para ambos subproductos (RM y BC) valores similares (75.60 y 34.60%; $P < 0.05$). En conclusión el NaOH mejoró la degradación a nivel ruminal del rastrojo de maíz y de bagazo de caña.

**ABSTRACT**

Lignocellulosic byproducts are a renewable feed source for cattle, these byproducts are mainly represented by corn stalk (RM) and sugar cane bagasse (BC), however, as lignin content its digestibility decreases. Alkali treatment tend to improve the latter by breaking the cellulose:lignin links hence improving its value. Treatments included in the present study were a 4% NaOH solution and a 4% urea solution (also as nitrogen source), further, the treated and control byproducts were stored for 15 days. After the storage period, material was dehydrated and ground at 2 mm. Triplicate samples of each byproduct [BC or RM (untreated, NaOH, or urea treated)] were introduced (53 mg MS/ mm²) in nylon bags and placed in the rumen of cannulated cows and withdrawn at; 0, 8, 24, 48, 72, and 96 h. Dry matter *in situ* degradation with NaOH was 43% higher for RM and of 66.35% for BC ($P < 0.05$) compared to control. The degradation of acid (FDA) and neutral (FDN) detergent fiber were 41.86% and 62.24%, respectively, for RM and BC, and with the same treatment 65.53% y 20.0%, respectively. The urea treatment increased degradation of FDA and FDN by 37%, with similar value for both byproducts [RM and BC (75.60 y 34.60%; $P < 0.05$)]. In conclusion, the NaOH treatment improved both byproducts degradation to higher extent than urea did.

INTRODUCCIÓN

BIBLIOTECA CENTRAL

El aprovechamiento de los esquilmos agrícolas como recurso, es desperdiciado al quemarlo para preparar el terreno de siembra para próximo ciclo. Además de conocer las características físico-químicas de los ingredientes, su utilización a nivel ruminal (degradación) provee de información del uso, ya que los animales rumiantes pueden aprovechar variadas fuentes de energía proveniente de carbohidratos, tanto no estructurales como estructurales, gracias a la simbiosis con los microorganismos del rumen (25).

En México la producción de esquilmos agrícolas se estima en 42 millones de ton. de materia seca, de ésta cantidad, el rastrojo y olote de maíz constituyen el 55% (54). Sin embargo, los esquilmos agrícolas, como las pajas y rastrojos, tienen reducida digestibilidad y bajo valor nutritivo, resultado de: un alto grado de lignificación (con presencia de uniones ésteres entre la lignina, hemicelulosa y celulosa), presencia de residuos acétilos en la hemicelulosa, alta cristalización de la celulosa, presencia de sílice, y sobre todo bajo contenido de proteína (35).

Para hacer más disponible la energía contenida en los esquilmos, se han empleado tratamientos físicos, químicos, y/o biológicos, o bien la adición de suplementos a las dietas basadas en esquilmos. Dentro de los procesos químicos, se emplean álcalis, como hidróxidos de; sodio (NaOH), potasio (KOH), amonio $[NH_4(OH)]$, y calcio $[Ca(OH)_2]$, amoniaco anhidro $[NH_3]$ (38), y urea como precursor de amoniaco (9, 10).

Estos tratamientos tienen por efecto, el rompimiento de enlaces álcali lábiles (35) y solubilización de la hemicelulosa, por disolución de enlaces entre ésta y la lignina, además de producir cambios higroscópicos en la pared celular causándole abultamiento o hinchazón, lo que permite un mayor acceso de las enzimas celulolíticas a la matriz estructural (22, 62). Pero existe poca información publicada sobre el efecto de los tratamientos con NaOH o urea sobre la utilización ruminal, y cinética de la misma, del rastrojo de maíz y del bagazo de caña.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

El aprovechamiento del alimentos o ingrediente depende de la cantidad y la velocidad con que son degradados en el rumen. De esta manera, la estructura y composición química y la relación de su utilización a nivel de rumen, depende de; condiciones en el rumen, pH, cantidad de sustrato disponible, el tamaño de partícula, la tasa de pasaje. Por lo tanto, el grado de utilización de los materiales fibrosos (dentro de los cuales se encuentran los residuos agroindustriales; rastrojo de maíz y el bagazo de caña) por los rumiantes dependen estrechamente con su aprovechamiento a nivel del rumen (43, 62).

Trabajos realizados por Peden y Morrison (46), Wen y Morrison (64) mencionan que la actividad microbial, y el medio ruminal juegan un papel determinante en cuanto a la adhesión de partículas de celulosa suspendidas en el líquido ruminal, de acuerdo al desarrollo cinético de la tasa de degradación de la celulosa y la producción de energía suplementaria en la digestión de las fibras.

Las variaciones del desdoblamiento de la fibra, de acuerdo a las diversas fuentes de obtención, esta relacionado con la naturaleza química, ya que los polisacáridos complejos de plantas maduras son menos digestibles que en aquellas en desarrollo (43). Dicha diferencia se debe, tanto a la estructura química como física y particularmente a la presencia de sustancias tales como la lignina, que se deposita en la pared celular conforme avanza la edad. La lignina no solo es indigestible, sino que disminuye la digestibilidad de la celulosa y otros carbohidratos complejos (62).

Dewey (14) menciona diferentes procesos para mejorar el valor nutritivo de los forrajes celulósicos, pudiendo clasificar a los tratamientos en: físicos, químicos, y biológicos. Entre los primeros se encuentran, la reducción del tamaño de la partícula, el molido, la aplicación de vapor a presión la presión-explosión, y la irradiación. Los tratamientos químicos incluyen álcalis, ácidos, o agentes oxidantes.

Los productos alcalinos que se han empleado rutinariamente para efectuar tratamientos de pajas y rastrojos, son: hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de calcio $[Ca(OH)_2]$, hidróxido de potasio (KOH) hidróxido de amonio (NH_4OH), amoníaco (NH_3) y cenizas de madera. Los productos ácidos y oxidantes se han empleado en menor proporción y entre los primeros se encuentran el ácido clorhídrico (HCl) y el ácido sulfúrico (H_2SO_4), y a los segundos corresponden el dióxido de azufre (SO_2), ozono (O_3), peróxido de hidrógeno (H_2O_2), hipoclorito de sodio (NaClO) y cloruro de litio.

Entre los materiales tratados con estos productos, se encuentran el olote y tallos de maíz paja de: trigo cebada, avena, arroz, sorgo, algunos zacates y subproductos agroindustriales (1, 8, 22). Por otro lado con los tratamientos biológicos, la fermentación en estado sólido y los tratamientos enzimáticos (14), se trata de aumentar la digestibilidad de pajas, cultivando en esta tipos específicos de hongos y a la vez aumentar el contenido de proteína con residuos de éstos últimos (23, 44, 58, 65).

Los aspectos que resultan favorecidos con la aplicación de los tratamientos, son el consumo de alimento y la digestibilidad, sin embargo, existe una amplia variación en la respuesta, debido principalmente al tipo y procedencia del material, así como a la especie animal empleada en la evaluación (29, 14).

2.1. Tratamiento con hidróxido de sodio (NaOH).

2.1.1. Tratamiento de pajas de cereales.

Antiguamente se preparaba forraje de celulosa, hirviendo la paja de arroz en una solución que contenía NaOH (26), con la finalidad de incrementar el valor nutritivo de estas. Desde entonces, se han empleado variadas técnicas para aplicar el NaOH a las pajas, entre los que se encuentran los siguientes métodos: ebullición, ebullición bajo presión, húmedo de Beckman, Beckman modificado, sistema cerrado, sumergido, circulante, y en seco (26).



El método Beckman resulta en un material con 70% de digestibilidad, pero su costo es elevado y hay pérdidas de aproximadamente un 25% de la materia seca (MS), debidas al lavado del material. Pegden y Morrison (46) introdujeron un método más sencillo y de menor costo, comparado con el método húmedo de Beckman, el cual consistía en asperjar la solución de NaOH sobre la paja seca, el material tratado se administra a los animales sin ser lavado.

El álcali NaOH actúa sobre los carbohidratos estructurales de la pared celular de las plantas solubilizando la hemicelulosa y saponificando las uniones éster de los ácidos uránicos y los grupos acetyl asociados con la xilosa y los complejos hemicelulosa-lignina. Posteriormente, el tratamiento rompe los puentes de hidrógeno en la celulosa cristalina, provocando que esta se expanda y se haga más accesible a las enzimas celulolíticas, lo cual resulta en un aumento en la digestibilidad del material (28, 62).

La magnitud del incremento en la digestibilidad depende de la cantidad de NaOH empleado y de temperatura y tiempo permitido para la reacción (63), por lo que los resultados son variables. Han y Garret (24,18) al revisar estudios de tratamientos de pajas con NaOH indican que el consumo de alimentos cambió en promedio un 37% debido al tratamiento con NaOH pero el rango fue de -21 a +187%, además aumentó la digestibilidad en promedio de 38% con un rango de 0 a 238%.

Entre las causas de esta variación pueden encontrarse el tipo de paja, y la fuente y cantidad de suplementos ofrecidos al animal, ya que en el estudio de Ng'ambi y Campling (42) la respuesta al tratamiento con NaOH varió marcadamente entre pajas de trigo, avena o cebada, y estuvo influenciado por la cantidad de energía y de nitrógeno suplementarios.

Recientemente, Moss *et al.* (38) compararon cinco sistemas comerciales de tratamiento de paja de trigo con NaOH en la eficiencia del proceso y los efectos en la composición química, digestibilidad y valor energético *in vivo* de la paja. La dosis de NaOH fue igual en todos los sistemas, utilizando 140 a 1 de una solución al 32% (peso/volumen) de NaOH/ton. de paja.

Los sistemas utilizado por Moss *et al.* (38) fueron de tipo industrial con diferente maquinaria y presentación de la paja. Sin importar el sistema empleado, el NaOH disminuyó el contenido de hemicelulosa, incrementó la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica (MO) y la energía metabolizable, aunque existió variación entre los sistemas, los autores recomiendan dos de estos en función de la respuesta obtenida con la tasa de aplicación de NaOH.

2.1.2. Rastrojo de maíz con hidróxido de sodio.

Con el uso de hidróxido de sodio, la composición químico proximal del forraje se ve alterada en su contenido de cenizas, sodio, y tiende a reducir la cantidad de fibra detergente neutro (FDN), en relación con el tiempo de exposición Rivera (52). Verdín *et al.* (63) reportaron una disminución de 8.2% en el contenido de FDN y de 2.71% en el contenido de fibra detergente ácido (FDA). De manera similar, Bonilla (9) encontró un 10% de disminución en el contenido de FDN del rastrojo de maíz.

Verdín *et al.* (63) reportaron aumento en la digestibilidad aparente (*in vitro*) de la MS, por otro lado, Ramírez y González (48) encontraron poca variación (+3.46%) en la digestibilidad de MS al realizar la evaluación *in vivo* con borregos. Bonilla (9) utilizando el método *in vitro* encontró un aumento de 10 unidades porcentuales en la digestibilidad de la MS y un incremento de 29.62% en la digestibilidad de la FDN.

Sin embargo, estudios que relacionen el tratamiento del rastrojo de maíz con NaOH y su relación con la cinética de utilización a nivel ruminal no se encontraron en la literatura publicada.

2.1.3. Bagazo de caña.

El uso más común que se le da al bagazo de caña en la industria es el siguiente:

- a) Como combustible (práctica ineficiente que además ocasiona contaminación).
- b) Fabricación de cubiertas para muebles de uso domestico, e industrial.
- c) Para la obtención de celulosa y papel.

Si se toma en cuenta que en México se producen 6'414,159 toneladas de bagazo de caña, su utilización en la alimentación animal aún se considera incipiente, comparado con el uso del residuo agrícola rastrojo de maíz (37).

Llamas (33) obtuvieron diferencias significativas entre consumos de materia seca en novillos alimentados con bagazo de caña, bagacillo de caña y la combinación bagazo y bagacillo con nivel de 40% del total de la dieta que contenía también ensilado de sorgo, las ganancias de peso se mostraron de la misma forma.

El tratamiento del bagazo de caña con álcalis han demostrado mejorar aún mas su disponibilidad de nutrimentos al hacerse mas digeribles a nivel ruminal, se ha encontrado que algunos tratamientos con peróxido Zuñiga *et al.* (68) alcanzaron un incremento de 45% mas digerible al tratar el bagazo de caña con peróxido alcalino en un rango de temperatura ambiente de 40°C durante un tiempo de 4 a 10 hrs. y una proporción de 4 a 8 partes (Vol.:Vol.) de peróxido agua.

Jackson (29) indicó que la digestibilidad *in vitro* de bagazo de caña se incrementaba linealmente usando hasta 10% de NaOH de materia seca de forraje. Pérez (47) Utilizando bagazo de caña tratado con NaOH, para novillos de engorda, encontró una mayor disponibilidad de las fracciones de fibra detergente neutra, al disminuir de 89.38 a 80.44 % y de fibra detergente ácido de 50.56 a 40.31%. Esto es debido a la ruptura de enlaces lignocelulósicos y consecuentemente liberación de hemicelulosa, celulosa y proteínas que se encontraban secuestradas entre los componentes de las paredes celulares.

La digestibilidad de los componentes de la ración, se incremento en los animales alimentados con bagazo tratado con NaOH mas concentrado en un 49.8% de la materia seca y 57.56 de materia orgánica a diferencia de los novillos alimentados con el mismo concentrado, pero con bagazo sin tratar que fue de un 32.38% en materia seca y 42.62 de materia orgánica con marcada diferencia estadística.

2.2. Tratamiento con sustancias nitrogenadas.

2.2.1. Pajas.

El tratamiento de pajas con sustancias nitrogenadas como; amoníaco, amoníaco anhidro, o urea como fuente de amonio, son procesos diseñados para incrementar la disponibilidad de nutrimentos de los forrajes de baja calidad, por ejemplo las pajas de trigo, paja de cebada, paja de avena, con un alto grado de madurez, y en algunas estaciones frías o calientes, pastos, rastrojo de maíz y de sorgo. La mayoría de este tipo de residuos contienen menos del 5 % de proteína cruda y 45 % de nutrimentos digestibles totales, lo cual los convierte en candidatos ideales para someterlos a tratamientos alcalinos.

Tratar forrajes de mediana o alta calidad con este tipo de compuestos, resultarían en pequeños cambios de digestibilidad y consumo voluntario, y podrían causar problemas de intoxicación al ser utilizados en alimentación (68).

En estudios realizados por Rasby *et al.* (49) reportaron un incremento del porcentaje de digestibilidad de proteína cruda al tratar diferentes esquilmos como: paja de trigo, en la cual encontraron un aumento de 39 a 48% de materia seca y un aumento en la proteína cruda de 3.7 a 9.7, un 18% de consumo voluntario.

Por otra parte en trabajos realizados con rastrojo de sorgo (49) los porcentajes de digestibilidad de materia seca se incrementaron de 46 a 61% al tratarlo con amoníaco anhidro al 3%, y conservarlo durante 5 horas a temperatura de 86°F. Además, la proteína se incrementó de 5.4 a 17%, el mismo tratamiento pero con paja de soya, la digestibilidad la elevó de 41 a 47% y el consumo voluntario un 16 % respecto al forraje no tratado. El porcentaje de proteína se incrementó un 4.9 de rastrojo sin tratar, hasta un 14% del rastrojo tratado.

Estos tratamientos aparte de exponer el material nutritivo a la acción de los microorganismos de rumen enriquecen la concentración de nitrógeno el cual tiene una facilidad para adherirse a las fibras siendo aprovechado por esta misma flora para la generación de una mejor fermentación.

2.2.2. Rastrojo de maíz.

Aunque el rastrojo de maíz que es el residuo que queda después de cosechar las mazorcas en las plantas enteras, no es un forraje de buena calidad, tiene un valor cuando se aprovecha debidamente. El rastrojo de maíz contiene aproximadamente la cuarta parte del valor alimenticio de la planta (17). Urrutia (61) observaron una mejora en la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y la materia orgánica del rastrojo de maíz, obteniendo en MS 50.08% y en MO 44.23%. después de haber sido tratadas con NaOH al 4% en base a materia seca.

Es posible mejorar el valor alimenticio del rastrojo de maíz cuando los animales lo consumen en mayor proporción, a través de tratamientos físicos y químicos de esta forma. González (21) utilizando NaOH en solución al 6% y a una presión de 15 lbs./ cm² por 10 minutos, logro aumentar la digestibilidad *in vitro* desde un 10.8 (sin tratar) hasta un 44.61%. Esta posibilidad de aumentar la utilización digestiva del rastrojo y otras pajas, lo convierte en un ingrediente a utilizar en las dietas para rumiantes.

Verdin *et al.* (63) realizando estudios de degradación del rastrojo de maíz tratado con amonourea (3% de nitrógeno liberado) y con un 4% de NaOH y almacenado a diferentes tiempos en microsilos hechos en bolsas de plástico 0, 5, 10, 15, 30, 45, 80, y 95 días, encontraron que ambos tratamientos alcalinos tienden a mejorar los valores nutricionales del esquilmo.

Sin embargo, los autores (63) marcan diferencias en el tratamiento con NaOH, el cual aumenta el contenido de fibra cruda los primeros 30 días de almacenamiento, a partir del cual disminuyo a los 45 días conservándose así hasta el final del proceso, contrariamente a la aplicación de la urea, la cual aumento el contenido de FDN del rastrojo de maíz, mostrando una baja el día 15, aumentando posteriormente hasta un 71.13% y después se reduce hasta un 59.9%. Además el tratamiento con NaOH y almacenado a 95 días presentó valores promedio de 49.40% y para el tratamiento con urea en 47.25%.

2.2.3. Bagazo de caña.

Pocos son los trabajos de investigación que han tratado de evaluar el efecto del tratamiento con amoníaco vía hidrólisis de la urea sobre el consumo y la digestibilidad de los nutrimentos de los residuos agrícolas (30, 59).

El trabajo realizado por Estrada y Elizondo (13) con tratamientos alcalinos a base de bagazo de caña tratado con una solución acuosa al 11% de urea tenían el objetivo de determinar la digestibilidad y el balance de nitrógeno en ovinos. Los resultados obtenidos arrojaron que el tratamiento realizado con amoníaco vía hidrólisis de urea, disminuye la cantidad de fibra cruda (FC) y la FDA del bagazo de caña. La digestibilidad aparente de MS y de la FDN, aumento hasta niveles de 40% de inclusión de bagazo. La retención del nitrógeno aumentó con la amoníación vía aplicación de urea. Por otra parte el aumento de la proteína cruda (PC) se incrementó de 2.7 a un 16.2%, pero redujo en un 10% la FC y en un 19% la FDA en cambio esta solo fue de 1.2% para la FDN.

La digestibilidad aparente de la materia orgánica de las raciones utilizadas en el experimento (13) aumento linealmente de 0.05% hasta un 63% de la dieta con bagazo no tratado y de 54.7 hasta un 68% de la dieta con bagazo tratado con amonourea.

En cambio, poca información existe con los tratamientos antes mencionados sobre la utilización ruminal, así como su cinética cuando son aplicados tanto al rastrojo de maíz como al bagazo de caña. El presente estudio comprendio dos experimentos, uno evaluando el efecto sobre el residuo agrícola y el segundo sobre el desecho agroindustrial de la caña.

CUCBA



BIBLIOTECA CENTRAL

HIPÓTESIS

Si el tratamiento alcalino rompe el enlace entre la lignina y la hemicelulosa y ésta, forma parte integral de la pared celular del bagazo de caña y el rastrojo de maíz, su uso aumentará el aprovechamiento a nivel ruminal de este carbohidrato, y afectará positivamente la cinética de degradación.

OBJETIVOS

GENERAL.

Determinar el efecto del tratamiento alcalino sobre la degradación de dos subproductos agroindustriales

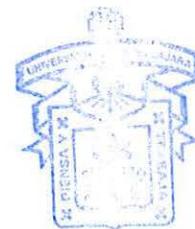
ESPECÍFICOS

1. Evaluar el impacto del tratamiento con hidróxido de sodio o con urea del rastrojo de maíz sobre la degradación ruminal de la MS, FDA y FDN.
2. Determinar el efecto del tratamiento alcalino sobre la cinética de desaparición ruminal de los nutrimentos del bagazo de caña.

CAPITULO 3.

EFFECTO DE TRATAMIENTO ALCALINO SOBRE LA DEGRADACIÓN *in situ* DEL RASTROJO DE MAÍZ.

CUCBA



BIBLIOTECA CENTRAL

3.1. RESUMEN.

El rastrojo de maíz es uno de los forrajes más empleados en alimentación de rumiantes, además el tratamiento alcalino pudiera mejorar su uso a nivel de rumen. Rastrojo postcosecha fue tratado con una solución de NaOH al 4% y otra porción se trató con una solución de urea 4% (conservando el tratado con agua como testigo), posteriormente se almacenó (en duplicado) en bolsas de plástico durante 15 días en un lugar seco y fresco. Después de abiertas el material fue deshidratado al sol y en estufa para enseguida ser molido a una partícula de 5 mm. Muestras del rastrojo (testigo, NaOH, y urea) fueron colocadas (53 mg de MS/mm²) en bolsas de polietileno, e introducidas en rumen de vacas canuladas, y retirádaslas a; 0, 8, 24, 48, 72 y 96 h, contando con 3 repeticiones cada tratamiento. La degradación promedio de la MS fue 43% mayor (56.31 vs. 39.34%; $P < 0.05$) con el tratamiento de NaOH comparado con el testigo. El tratamiento con NaOH presentó un comportamiento similar tanto en la fibra FDA (41.86 vs. 21.70%; $P < 0.05$), como en FDN (62.24 vs. 46.01%; $P < 0.05$) comparado con el testigo. En cambio el tratamiento con urea mostró un aumento ($P < 0.05$) de 37% en la degradación promedio de la fibra FDA y de 16% en el caso de la FDN. La cinética de degradación resultó positivamente afectada por el tratamiento con NaOH. En conclusión, el tratamiento con álcalis aumenta la cantidad de rastrojo de maíz degradado a nivel ruminal y disminuye la porción no degradable del mismo.

3.2. ABSTRACT.

Corn stover is the main fodder used in feeding regimes, but its lignin content post-harvest may limit the use of nutrients, this can be overcome by alkali treatment. Corn stalk was ground at 25 mm and treated with one of the following; NaOH or ammonia (via hydrolysis of 4% urea), and stored during 15 days. Upon opening stover was dried and reground at 5 mm. Samples (53 mg de MS/ mm²) were incubated in the rumen of cannulated cows and withdrawn at 0, 8, 24, 48, 72, and 96 h, this was realized in triplicate for each treatment. Degradation of DM was 43% higher (56.31 vs. 39.34%; $P < 0.05$) with NaOH compared to untreated. The previous was also observed for ADF (41.86 vs. 21.70%; $P < 0.05$), and NDF (62.24 vs. 46.01%; $P < 0.05$). On the other hand, urea treatment increased ($P < 0.05$) 37% the degradation of ADF and 16% that of NDF ($P < 0.05$). Degradation kinetics were positively affected by treatments ($P < 0.05$), mainly by NaOH, concluding that alkali treatment increases the amount of corn stover degraded in the rumen, reducing therefore the undegraded portion.

3.3. INTRODUCCIÓN.

El rastrojo de maíz representa uno de los residuos agrícolas más utilizado en la alimentación de rumiantes, sin embargo, la digestión de sus nutrimentos se ve limitada por la cantidad de paredes celulares que este contiene postcosecha del grano. Los tratamientos alcalinos tienden a disminuir la cantidad de uniones lignina-celulosa. En experimentos previos se observó que el tratar el rastrojo de maíz reducía la cantidad de FDN cuando éste era sometido al efecto de NaOH y urea, pero el efecto de estos tratamientos sobre la degradación, en relación con el tiempo de fermentación, en rumen se ha estudiado poco.

Los tratamientos con Ca(OH)_2 , NH_3 , KOH, NaOH ó urea tienden a mejorar el valor nutricional de residuos lignocelulósicos, ya que estos rompen los enlaces alcali-lábiles de la pared celular de la planta (1, 3, 4, 5), permitiendo un mejor ataque de las enzimas sobre la matriz aumentando su digestibilidad.

El tratamiento más promisorio es el amoniaco, que además de mejorar la calidad nutritiva del forraje aumenta la cantidad de nitrógeno del mismo (2, 3). Como opción del tratamiento con amoniaco es tratar el residuo lignocelulósico con una solución acuosa de urea a proporcionado resultados similares al tratamiento con amoniaco (2, 3).

Sin embargo, en la literatura publicada se encontraron pocos artículos en los que se haga referencia al tratamiento del rastrojo de maíz con NaOH (4, 5) y urea (amonio vía hidrólisis) sobre la degradación a nivel de rumen y la cinética de la misma.



3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.

El presente experimento se realizó en las instalaciones del centro de investigaciones pecuarias Clavellinas del INIFAP con sede en Tuxpan, Jalisco. Se utilizaron 2 bovinos hembra con peso aproximado de 300 kg, fistulados y canulados a nivel del rumen.

Del rastrojo de maíz una parte sirvió de testigo (sin tratar), otra fue tratada con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 4% y otra se trató con una solución de urea al 4%. El material se almacenó por un período de 15 días en bolsas negras y en lugar fresco y seco. Posteriormente se secó en estufa a 70°C durante 48 horas, después de este período de tiempo el material fue molido en un molino Wiley a un tamaño de partícula de 2 mm.

Muestras de rastrojo de maíz solo (testigo), como con los tratamientos alcalinos NaOH como urea fueron colocadas (53 mg de MS/ mm²) en bolsa de polietileno (malla de 53 10 micras), y enseguida en el rumen del bovino, contando con 5 tiempos de retiro (0, 8, 24, 48, y 72 hrs) y con 3 repeticiones cada una.

Después de la incubación en el rumen, las bolsas se retiraron, se lavaron con agua a temperatura ambiente y en seguida fueron desecadas en estufa a 70°C durante 48 horas, posteriormente se les determino: MS, así como FDN y FDA.

El efecto del tratamiento sobre la evolución de la degradación *in situ* (de los componentes antes mencionados) en el tiempo fué evaluado estadísticamente como medidas repetidas en el tiempo.

A partir de estas determinaciones, los datos fueron sometidos a regresión no lineal (utilizando el programa de SAS) para obtener los parámetros; porción soluble, porción insoluble, así como la tasa de degradación. La comparación entre medias se realizó por medio del método de Duncan para un diseño aleatorizado fijando un alfa de 0.05 para declarar diferencias estadísticas.

3.5. RESULTADOS.

La degradación promedio de la MS (Gráfica 1) del rastrojo de maíz fue 43% mayor (56.31 vs. 39.34%; $P < 0.05$) con el tratamiento de hidróxido de sodio comparado con el testigo, en cambio con la urea este aumento solo fue de 18% ($P < 0.05$). El tratamiento con NaOH presentó tanto en la fibra FDA (41.86 vs. 21.70%; Gráfica 2; $P < 0.05$), como en FDN (62.24 vs. 46.01%; Gráfica 3; $P < 0.05$) más elevada que la del rastrojo sin tratamiento alcalino. En cambio el tratamiento con urea mostró un aumento ($P < 0.05$) de 37% en la degradación promedio de la fibra FDA y de 16% en el caso de la FDN.

El tratamiento con álcalis aumentó (Cuadro 1; $P < 0.05$) de 48% y 33% la porción soluble con NaOH y urea, respectivamente. En cambio, la fracción degradable de la MS aumentó un 154% con el hidróxido y un 50% con la solución de urea ($P < 0.05$). La porción no degradable tuvo una disminución ($P < 0.05$) más marcada con NaOH que con urea (19.32, 49.02 y 37.34% para testigo, NaOH y urea, respectivamente).

La porción soluble de la FDN aumentó (Cuadro 2; $P < 0.05$) con NaOH, siendo similar al testigo con el tratamiento con urea ($P > 0.05$). Por otro lado, la porción degradable se vio aumentada un 166% con NaOH y un 74.24% con urea ($P < 0.05$). La fracción no degradable presentó el mismo comportamiento que en el caso de la MS, pero con un aumento en ambos casos ($P < 0.05$). Dando como resultado una constante de degradación similar entre el testigo y el NaOH ($P > 0.05$) y menor con el tratamiento con urea ($P < 0.05$).

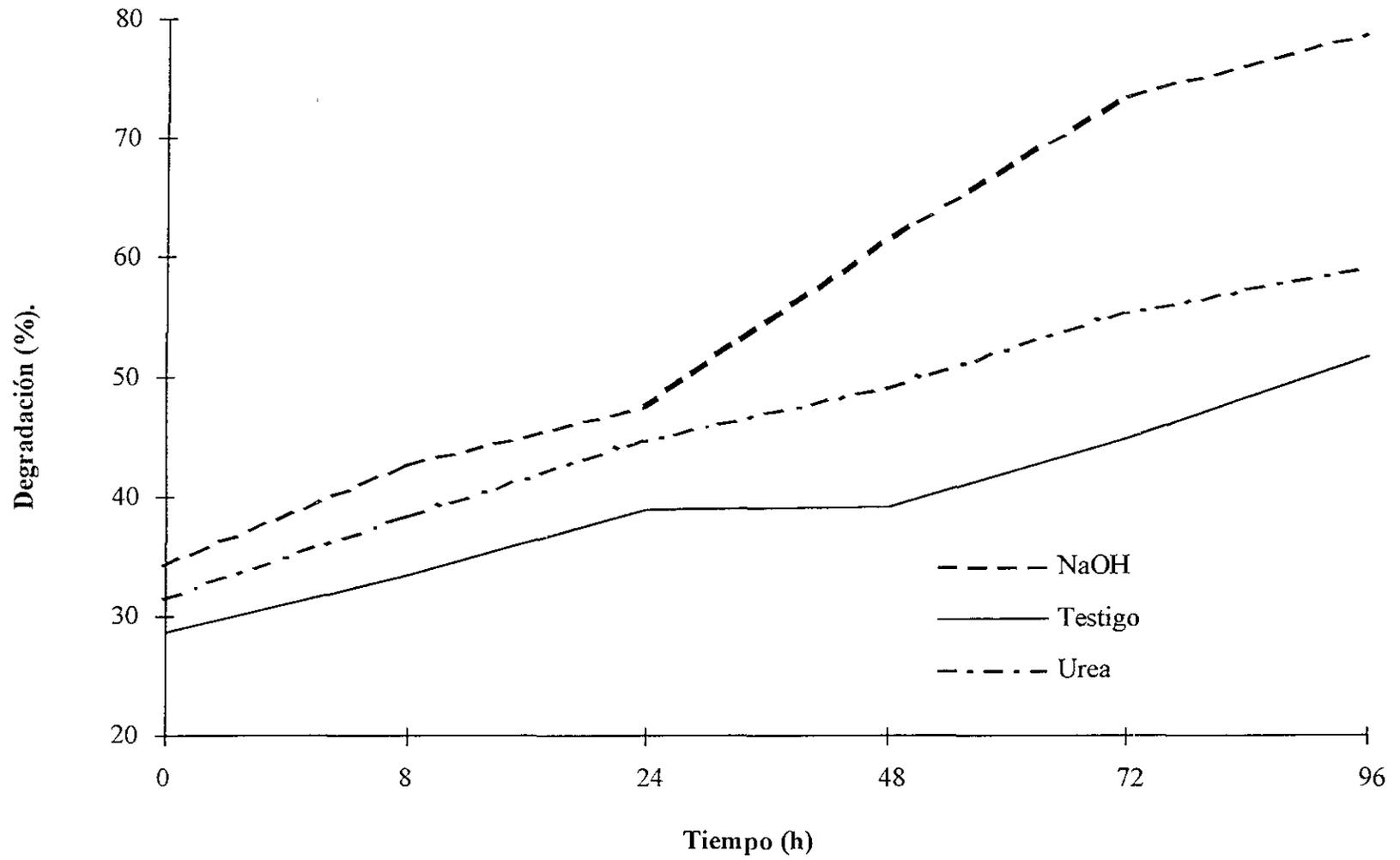
Tanto la fracción soluble como la degradable se vieron aumentadas con el tratamiento (Cuadro 3; $P < 0.05$), pero en el caso de la primera este aumento no logró la diferencia estadística con el testigo ($P > 0.05$). De manera similar la disminución de la porción no degradable fue mayor ($P < 0.05$) con NaOH, y la diferencia entre urea y testigo, solo fue numérica ($P > 0.05$).

CUCBA

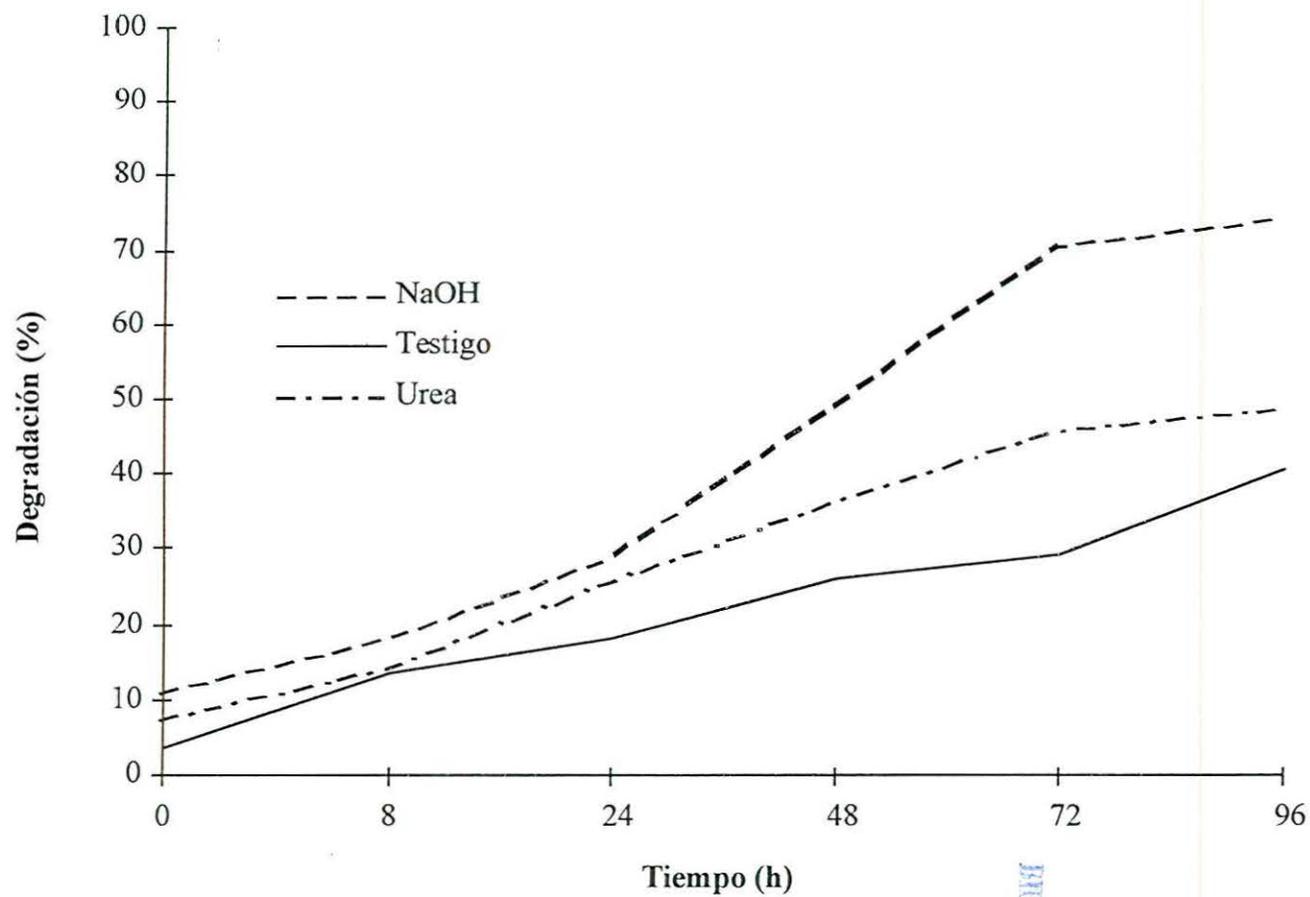


BIBLIOTECA CENTRAL

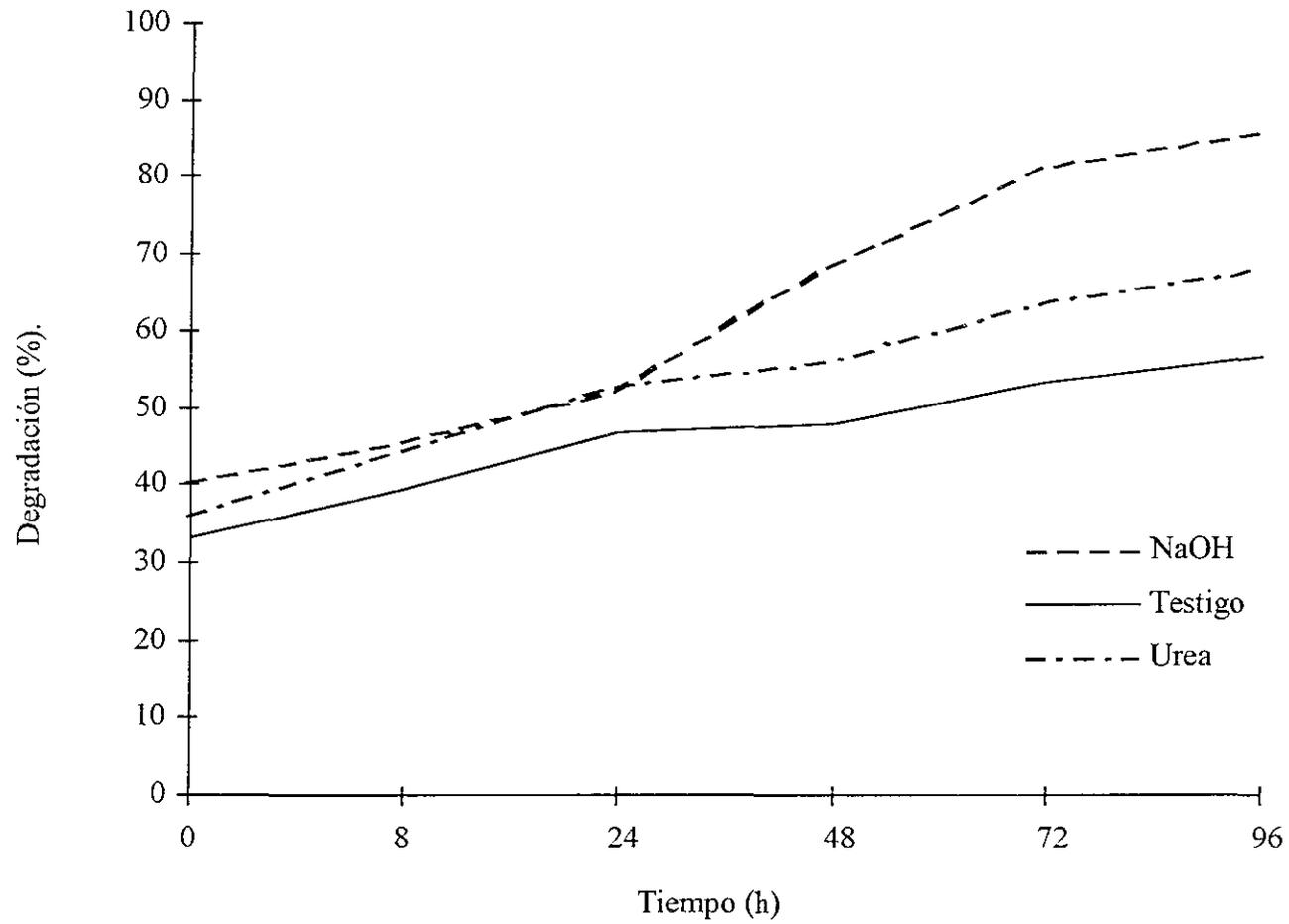
Gráfica 1. Efecto del tratamiento alcalino sobre la degradación de MS. de rastrojo de maíz.



Gráfica 2. Efecto del tratamiento alcalino sobre la degradación de la fibra ADF del rastrojo de maíz.



Gráfica 3. Efecto del tratamiento alcalino sobre la degradación de la fibra NDF del rastrojo de maíz.



CCSA



BIBLIOTECA CENTRAL

Cuadro 1. Efecto del tratamiento alcalino sobre la cinética de degradación de materia seca del rastrojo de maíz.

Parámetro	Tratamiento		
	Testigo	NaOH	Urea
Porción			
soluble, %	25.32a	37.48b	33.67b
degradable, %	19.32a	49.02c	28.98b
no degradable, %	55.36a	13.50c	37.34b
Constante de degradación, %/h	2.05a	3.70b	1.65c

a,b,c.- literal diferente por línea indica diferencia estadística ($P < 0.05$).

Cuadro 2. Efecto del tratamiento alcalino sobre la cinética de degradación de fibra detergente neutro del rastrojo de maíz.

Parámetro	Tratamiento		
	Testigo	NaOH	Urea
Porción			
soluble, %	35.62a	41.68b	37.50a
degradable, %	19.64a	52.07b	34.22c
no degradable, %	44.73a	6.25b	28.28c
Constante de degradación, %/h	3.63a	3.67a	2.12b

a,b,c.- literal diferente por línea indica diferencia estadística ($P < 0.05$).

BIBLIOTECA CENTRAL

Cuadro 3. Efecto del tratamiento alcalino sobre la cinética de degradación de fibra detergente ácido del rastrojo de maíz.

Parámetro	Tratamiento		
	Testigo	NaOH	Urea
Porción			
soluble, %	4.87b	12.79a	6.55b
degradable, %	40.13a	72.76b	45.53c
no degradable, %	54.99b	14.45a	47.91b
Constante de degradación, %/h	1.66b	3.71a	2.27b

a,b,c.- literal diferente por línea indica diferencia estadística ($P < 0.05$).

3.6. DISCUSIÓN.

Los porcentajes de degradación de MS del rastrojo de maíz tratado con (NaOH) fue de 37.48% y con urea de 33.67% elevándose contra el testigo de 25.32 %. Estos resultados son similares o iguales en trabajos realizados por Verdín *et al.* (63), Rivera (52) y Rodríguez (47) así como Santacruz (55). Además, mantiene una misma tendencia y esto se debe al rompimiento de las uniones esteres de las paredes celulares de la fibra de rastrojo, haciéndolas mas digeribles a la acción enzimática de las bacterias del rumen.

Las fracciones de la fibra FDN y FDA en los tratamientos con NaOH, disminuyen su contenido, pero se aumenta y acelera la velocidad de degradación a nivel ruminal. Los valores determinados en este estudio son de 62.24 % contra 46.01 % para FDN y de 41.86 % contra 21% con respecto al tratamiento testigo no tratado. Asi mismo, trabajos realizados por Reid (51), Orskov (43), Nakashima y Orskov (39), Bhargava (8), Melendez (36), y Gómez (19) utilizando diferentes esquilmos como pajas fundamentalmente de trigo, arroz, y cebada observaron el mismo comportamiento, en la degradación, al realizado con RM, marcándose un mayor efecto del tratamiento con NaOH, sin embargo, la respuesta del RM no es tan dramática como en las pajas las cuales poseen una mayor lignificación que otros residuos agroindustriales.

En trabajos realizados con Hidróxido de amoniaco (NH_4OH) al 3% en base seca Santacruz (55) con 9 subproductos entre ellos el RM, pajas y cascarillas de algodón encontró que cuando el nivel de álcali es bajo (3%), el efecto producido por el amoniaco es marcado en comparación al NaOH a la misma dosis, la digestibilidad se incrementa con la combinación amoniaco + NaOH (49.0 vs 45.5%). Dicha respuesta fue diferente a la degradación encontrada en el presente estudio con RM, donde tal vez la degradación fue mayor con hidróxido de sodio, y el amoniaco la aumenta con el apoyo de la acción enzimática que tiene lugar a nivel duodenal.

Trabajos realizados por Llamas (34) y Santacruz (55) reportan datos que coinciden con los obtenidos en este estudio la FDA con 73.4% de degradación con NaOH y de 43% con NH_4OH al comparar los resultados obtenidos con los 2 álcalis tomando el promedio de la digestibilidad *in vitro* de la MS y del porcentaje de paredes celulares.

Se pudo observar que el efecto del hidróxido de sodio y del amoníaco deberá valorarse lo práctico, y manejarse el costo, trabajos realizados por Cañez (11) evaluó económicamente los resultados de tratamientos similares a los del presente estudio y encontró que alimentar con esquilmos tratados, con amoníaco o NaOH, al ganado, mejora su comportamiento productivo, es necesario que el costo del tratamiento no sea mayor del 20% del costo del esquilmo utilizado.

CAPITULO 4

EFECTO DE TRATAMIENTO ALCALINO SOBRE LA DEGRADACIÓN *in situ* DEL BAGAZO DE CAÑA (*Saccharum officinarum*).

4.1. RESUMEN.

El bagazo de caña es un subproducto lignocelulósico de la industria azucarera el cual es empleado en alimentación de rumiantes, además el tratamiento alcalino pudiera mejorar su uso a nivel de rumen. El Bagazo fue tratado con una solución de NaOH al 4% y otra porción se trató con una solución de urea 4% (conservando el tratado con agua como testigo), posteriormente se almacenó (en duplicado) en bolsas de plástico durante 15 días en un lugar seco y fresco. Después de abiertas el material fué deshidratado al sol y en estufa para enseguida ser molido a una partícula de 5 mm. Muestras del bagazo (testigo no tratado, NaOH, y urea) fueron colocadas (53 mg de MS/ mm²) en bolsas de polietileno e introducidas en rumen de vacas canuladas y retiradas a; 0, 8, 24, 48, 72 y 96 h, contando con 3 repeticiones cada tratamiento. La degradación *in situ* de la MS fue de 66.35, 27.94 y de 20.69% con los tratamientos NaOH, urea y el testigo sin tratar, respectivamente ($P < 0.05$), similar fué observado con la fibra FDA (65.53, 20.09 y -0.79%) para las mismos tratamientos ($P < 0.05$). Al igual que la fibra FDA, la FDN tuvo valores elevados para el tratamiento con NaOH y urea (75.60 y 34.60%; $P < 0.05$). En conclusión, el tratamiento con NaOH mejoró la utilización digestiva del bagazo de caña, así como su cinética de degradación.

CUCRA



BIBLIOTECA CENTRAL

4.2. ABSTRACT.

Sugar cane bagasse a byproduct of the sugar industry that is used as fodder in ruminant feeding, but its lignin content limits the use of nutrients, this can be overcome by alkali treatment. Bagasse was ground at 25 mm and treated with one of the following; NaOH or ammonia (via hydrolysis of 4% urea), and stored during 15 days. Upon opening bagasse was dried and reground at 5 mm. Samples (53 mg de MS/ mm²) were incubated in the rumen of cannulated cows and withdrawn at 0, 8, 24, 48, 72, and 96 h, this was realized in triplicate for each treatment. *In situ* DM degradation was 66.35, 27.94, and 20.69% for NaOH, urea, and control treatments, respectively ($P < 0.05$), same was observed for ADF (65.53, 20.09 y - 0.79%; $P < 0.05$). Similarly NDF presented higher values with NaOH and urea (75.60 y 34.60%; $P < 0.05$). In conclusion NaOH treatment improved digestive utilization of sugar cane bagasse, as well as its degradation kinetics.

CUBA



BIBLIOTECA CENTRAL

4.3. INTRODUCCIÓN.

En México la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se utiliza para la obtención de la azúcar, dicho producto es obtenido de la molienda de la planta, de la cual es recuperada la porción de materia seca. La zafra de 1997 la molienda de caña bruta totalizo 35'403,844 toneladas, y en Jalisco la producción asciende a 503,545 toneladas de azúcar.

Según datos del INEGI (27) la molienda de caña de azúcar para el ciclo 1996/1997 totalizó en el país, 42'170,673 toneladas lo que da como resultado un volumen estimado de 6'414,159 toneladas de bagazo de caña (BC) sobrante, el cual es un subproducto agroindustrial de aprovechamiento en la alimentación animal, ya que es la parte fibrosa de la caña compuesta por elementos lignocelulósicos (5).

El BC es uno de los subproductos de mayor abundancia y tiene un uso potencial en la nutrición animal si se incrementa su valor nutritivo. Además, puede ser una alternativa de alimentación de rumiantes, y contribuir así a reducir la contaminación ambiental generada por la acumulación del BC como desecho, o al ser utilizado como combustible de calderas (4, 6). Sin embargo, su escaso consumo se debe a la baja digestibilidad, siendo la principal razón del pobre resultado obtenido al utilizar BC como forraje en la alimentación animal (17).

En algunos esquilmos agrícolas se han utilizado (6) tratamientos físicos, que aumentan el valor nutritivo, entre ellos, los realizados con calor a vapor, presión, y molido, además de los tratamientos químicos a base de soluciones alcalinas como hidróxidos y amoníaco, los cuales buscan el mismo propósito, romper por hidrólisis o por gradiente de alcalinidad las uniones de las paredes celulares, constituidas de lignina con elementos como celulosa y hemicelulosa (6, 53).

Los tratamientos alcalinos, de fibras de subproductos agrícolas siguen siendo investigados con productos tales como NaOH (9, 24, 32, 31, 59, 63). Además, existe la posibilidad de usar urea como fuente de amoníaco para el tratamiento alcalino y fuente de nitrógeno no proteico (13, 28, 53, 51).

Tratar con urea, además de romper las uniones álcali-lábiles del BC incrementan la cantidad de proteína cruda (13), en base a compuestos nitrogenados que se adhieren a las fibras residuales, aunque la proteína cruda en residuos tratados con urea se incrementa, no todo el nitrógeno adherido puede ser usado por el animal (54). Sin embargo, pocos son los trabajos que han evaluado el efecto del tratamiento con NaOH o urea conjuntamente sobre la degradación *in situ* y la cinética de degradación del bagazo de caña.



4.4. MATERIALES Y MÉTODOS.

El presente experimento se realizó en las instalaciones del centro de investigaciones pecuarias Clavellinas del INIFAP con sede en Tuxpan, Jalisco. Se utilizaron 2 bovinos hembras con peso aproximado de 300 kg, fistulados y canulados a nivel del rumen. Los animales fueron desparasitados (desparasitante comercial de amplio espectro), vitaminados y vacunados.

El BC se obtuvo del ingenio azucarero de Tala, Jal. y una parte sirvió de testigo (sin tratar), otra fue tratada con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 4% y otra se trató con una solución de urea al 4%. El material se almacenó durante 15 días en bolsas negras y en lugar fresco y seco. Posteriormente se secó en estufa a 70°C durante 48 horas, después de este período de tiempo el material fue reducido, en un molino Wiley, a una partícula de 2 mm.

Muestras de bagazo de caña [tanto sola (testigo), como con los tratamientos alcalinos NaOH como urea fueron colocadas (53 mg de MS/ mm²) en bolsa de polietileno (malla de 53 10 micras), y en seguida en el rumen del bovino, contando con 5 tiempos de retiró (0, 8, 24, 48, y 72 h) y con 3 repeticiones cada una.

Después de la incubación en el rumen, las bolsas se retiraron, se lavaron con agua a temperatura ambiente y en seguida fueron desecadas en estufa a 70°C durante 48 horas, posteriormente se les determinó: MS, FDN y FDA.

El efecto del tratamiento sobre la evolución de la degradación *in situ* (de los componentes antes mencionados) en el tiempo fue evaluado estadísticamente como medidas repetidas en el tiempo. A partir de estas determinaciones y sometiendo los datos a la regresión no lineal utilizando el programa del paquete estadístico SAS se obtuvieron los parámetros; porción soluble, porción insoluble, así como la tasa de degradación. La comparación entre medias se realizó por medio del método de Duncan para un diseño aleatorizado fijando un alfa de 0.05 para declarar diferencias estadísticas.

4.5. RESULTADOS.

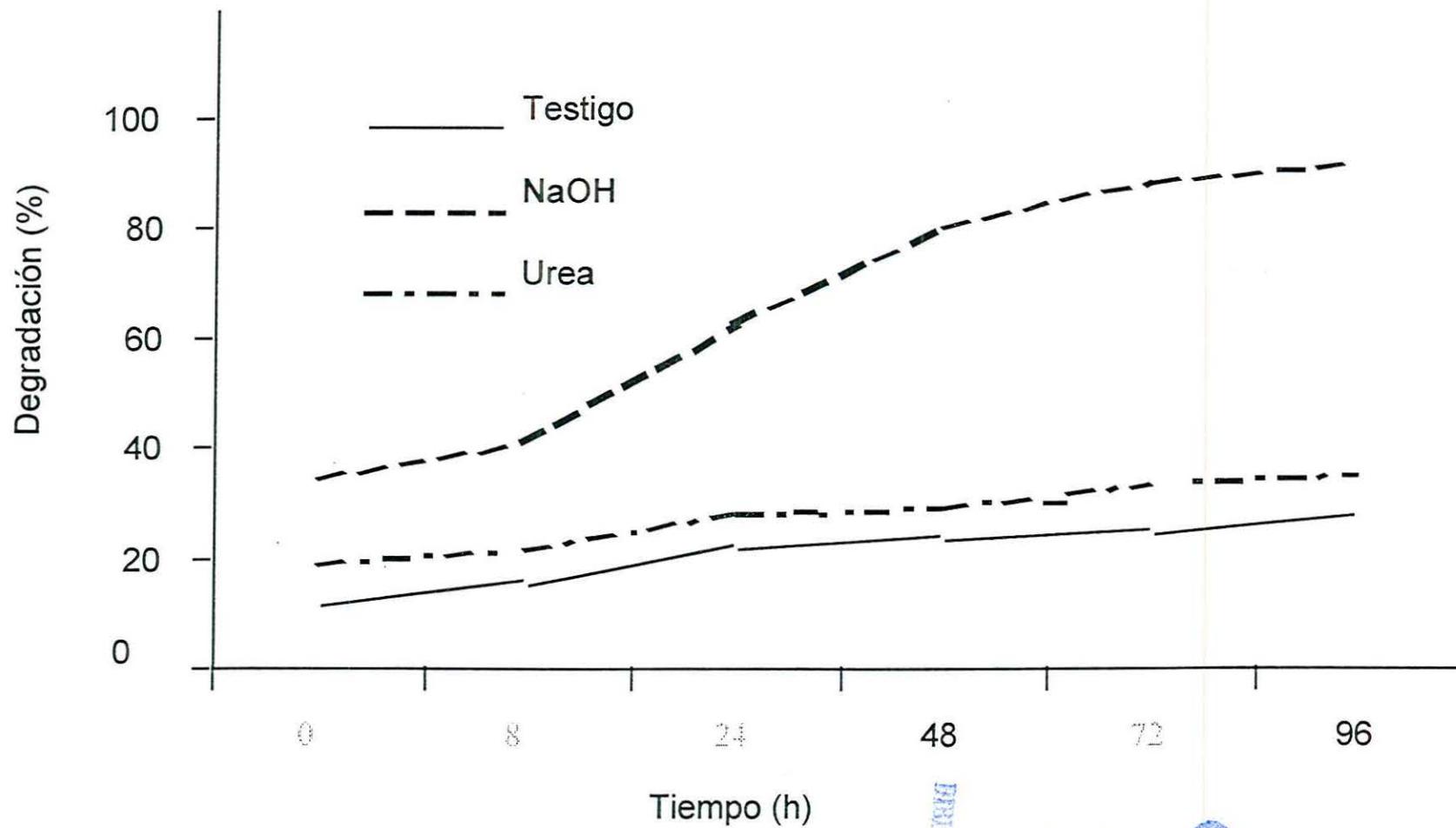
La degradación *in situ* de la materia seca del bagazo de caña fue de 66.35, 27.94 y de 20.69% para los tratamientos NaOH, urea y el testigo sin tratar, respectivamente (Gráfica 4; $P < 0.05$). Comportamiento similar fué observado con la fibra FDA, la cual presentó valores globales de degradación de 65.53, 20.09 y -0.79% para los mismos tratamientos (Gráfica 5; $P < 0.05$). Al igual que la fibra FDA, la FDN tuvo valores elevados para el tratamiento con NaOH y urea (75.60 y 34.60%) respecto al testigo (25.81%; Gráfica 6; $P < 0.05$).

La cantidad de MS que desapareció inmediatamente (**PS**) en el rumen se incrementó ($P < 0.05$) con los tratamientos alcalinos, siendo 24 unidades porcentuales más alto con el NaOH y solamente de 8 con la solución de urea comparado con el testigo (Cuadro 4). La porción potencialmente degradable (**PD**) aumentó en 305% y de 23.41% ($P < 0.05$) por encima de la observada con el testigo, para el tratamiento con NaOH y urea, respectivamente. Sin embargo, el tratamiento con NaOH disminuyó ($P < 0.05$) sustancialmente la cantidad de material no degradable, sin cambio ($P > 0.05$) aparente en la constante de degradación respecto al tratamiento testigo. En cambio, el tratamiento con la solución de urea aumentó solo en un 23.41% la PD ($P < 0.05$), así como la constante de degradación.

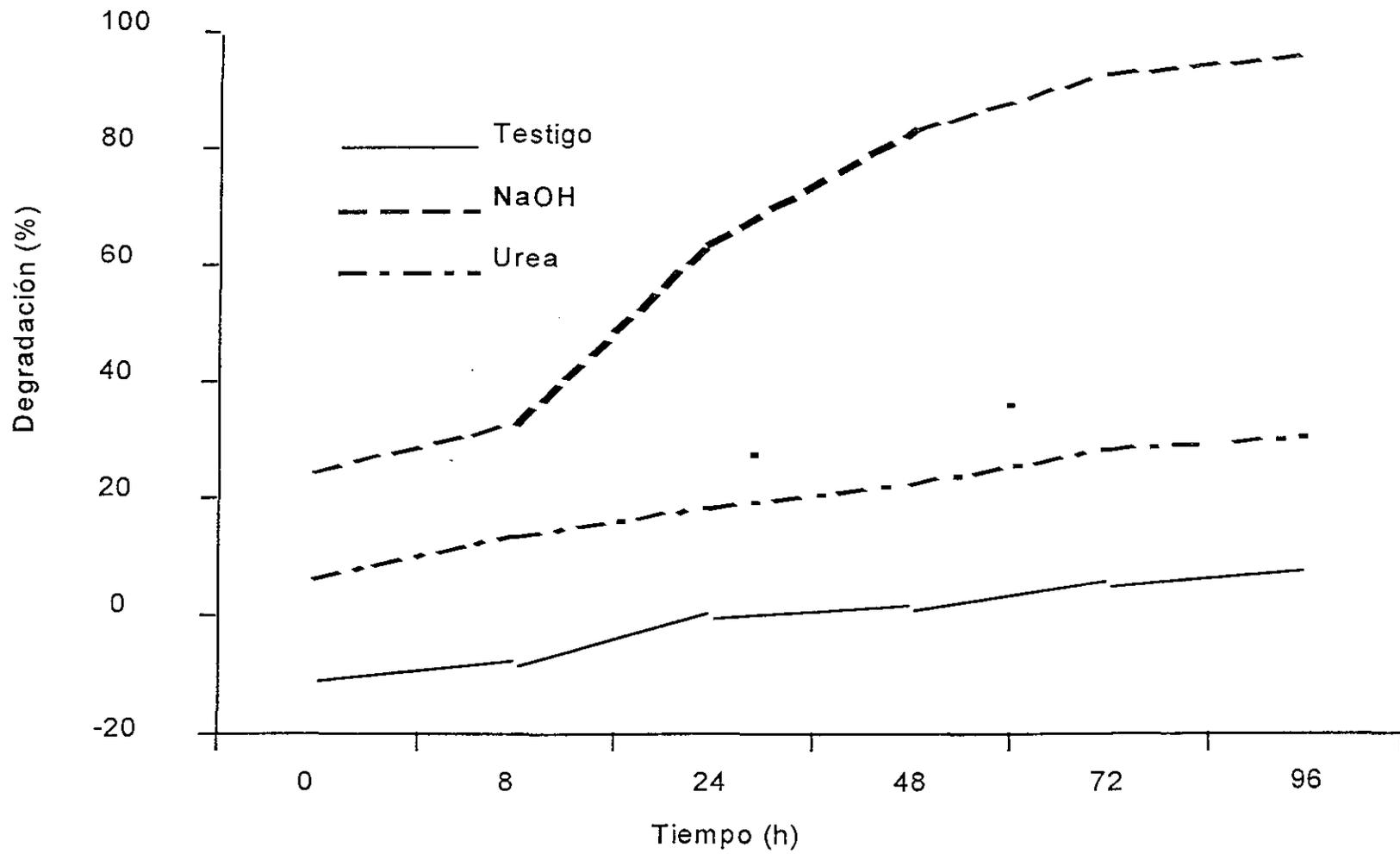
La cantidad de PS presente en la FDN también aumentó (Cuadro 5; $P < 0.05$) por efecto del tratamiento con NaOH y urea, siendo el más alto con el hidróxido. Por otro lado, el PD presentó 193% de alza, comparado al 15.5% de la observada con urea ($P < 0.05$), respecto al testigo. De manera similar a la MS, la porción no degradable y la constante de degradación se vieron afectadas ($P < 0.05$).

El tratamiento con NaOH aumentó (Cuadro 6; $P < 0.05$) en 30.15 unidades porcentuales y con urea el incremento solo fué de 13.61 unidades la PS de la FDA, con respecto a lo encontrado sin tratamiento. La porción degradable también reaccionó de igual manera (5.23, 73, 25.09%, para testigo, NaOH y urea, respectivamente). La cantidad de material no degradable se redujo drásticamente ($P < 0.05$) con el tratamiento NaOH (88.84 vs. 2.75%, testigo y NaOH), además de afectar positivamente la constante de degradación ($P < 0.05$).

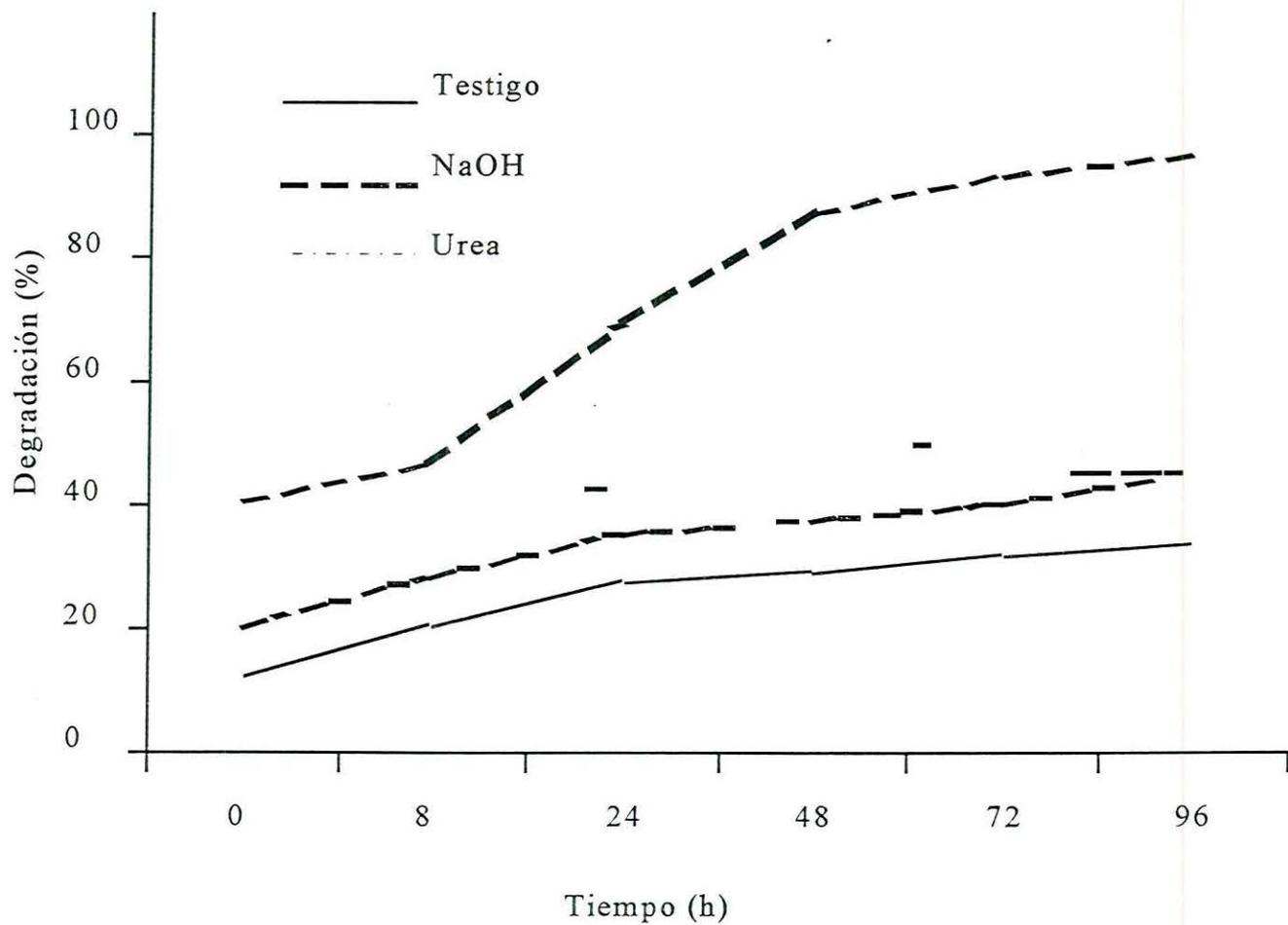
Gráfica 4.. Efecto del tratamiento alcalino sobre la degradación de MS del bagazo de caña.



Gráfica 5. Efecto del tratamiento alcalino sobre la degradación de ADF del bagazo de caña.



Gráfica 6. Efecto del tratamiento alcalino sobre la degradación de NDF del bagazo



INSTITUTO VETEROINTEGRAL
UNIVERSIDAD NACIONAL
DE LA PATAGONIA
SANTA ROSA

Cuadro 4. Efecto del tratamiento alcalino sobre la cinética de degradación de materia seca del bagazo de caña.

Parámetro	Tratamiento		
	Testigo	NaOH	Urea
Porción			
soluble, %	11.68a	34.55b	19.41c
degradable, %	14.52a	58.85b	17.92c
no degradable, %	73.80a	6.60b	62.67c
Constante de degradación, %/h	4.87a	4.42a	2.37b

a,b,c.- literal diferente por línea indica diferencia estadística ($P < 0.05$).

CUCBA



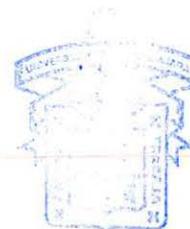
BIBLIOTECA CENTRAL

Cuadro 5. Efecto del tratamiento alcalino sobre la cinética de degradación de fibra detergente neutro del bagazo de caña.

Parámetro	Tratamiento		
	Testigo	NaOH	Urea
Porción			
soluble, %	12.88a	40.70b	21.56c
degradable, %	19.42a	56.84b	22.44c
no degradable, %	67.70a	2.46b	55.99c
Constante de degradación, %/h	5.56a	5.01a	3.52b

a,b,c.- literal diferente por línea indica diferencia estadística ($P < 0.05$).

CUCBA



BIBLIOTECA CENTRAL

Cuadro 6. Efecto del tratamiento alcalino sobre la cinética de degradación de fibra detergente ácido del bagazo de caña.

Parámetro	Tratamiento		
	Testigo	NaOH	Urea
Porción			
soluble, %	-5.92a	24.24b	7.69c
degradable, %	5.23a	73.00b	25.09c
no degradable, %	88.84a	2.75b	67.22c
Constante de degradación, %/h	0.11a	1.01b	0.34c

a,b,c.- literal diferente por línea indica diferencia estadística ($P < 0.05$).

4.6. DISCUSIÓN

De acuerdo a lo obtenido en la cinética de degradación *in situ* de la MS, del BC tratado con soluciones alcalinas al 4% y de urea como fuente de amoníaco, fue de 66.35% en promedio con NaOH y de un 27.94 % para la urea, contra el 20.69% del grupo testigo, estos resultados concuerdan con los estudios realizados por (47) trato BC con solución de NaOH al 4% y alimentó novillos, encontrando un porcentaje de degradación situado entre el 25 y el 28%.

Estrada (13) en un trabajo similar con BC, pero utilizando la hidrólisis de la urea eleva la digestibilidad hasta en un 66.5% y al incluirlo en la ración a niveles de 0, 10, 20, 30, y 40% y con un grado similar de degradación a nivel ruminal, estos datos también concuerdan con los reportes que a través de la degradación ruminal se aumenta la digestibilidad más con amoníaco que con NaOH como lo reportan Llamas (34) y Santacruz (55).

Es marcada la sensibilidad al NaOH por la solubilidad mayor de 34.55% y una degradación de 58.85% es significativa, en contraste con la urea que aunque es diferente al testigo se obtiene, una solubilidad de 19.41% y una degradabilidad de 17.92%; esto tal vez se deba a que la acción del NaOH en los rompimientos de los enlaces esterés de la lignina que unen las fibras de celulosa, haciéndolos mas disponibles a las bacteria del rumen, no tanto así la misma acción de la urea por producir el NH_3 al momento de hidrolizarse las son poco evidentes y su incidencia es sobre la hemicelulosa, las que son mas accesibles (10, 19).

Por otra parte, la degradación de la FDN en este estudio fue de 40.70% y 56.84% de sus fracciones degradables, respectivamente y no degradable de solo 2.46%, para el tratamiento con NaOH; y de 21.56%, 22.44% para las fracciones solubles y degradable y una fracción no degradable de 55.99%. Este comportamiento es debido a las formas de acción de los álcalis, ya que mientras el NaOH actúan comenzando su ataque de la pared celular desde el lumen de las paredes hacia la pared primaria, la remoción de lignina y los cambios son mas acentuados, para llegar al final pérdidas de hemicelulosa, de lo que deriva que la extracción inicial de la lignina, favoreciendo la extracción de la misma desde los primeros momentos del tratamiento (60).

La acción de soluciones a base de NH_4OH es similar al del tratamiento utilizado, demarcan una acción con poca variación pero menos evidentes y su incidencia sobre las hemicelulosas, las que mejoran su disponibilidad no obstante su acción afecta mas las capas externas mas lignificadas y las capas internas menos afectadas (60).

Estas formas de acción de los álcalis no obstante que disminuye la concentración de FDN aumenta la hemicelulosa disponible y disminuye sensiblemente la lignina, de acuerdo a los resultados reportados por Pérez (47).

La FDA por determinarse como la estructura lignocelulosica de la pared los, tratamientos tuvieron una degradación parecida, aunque no en los niveles alcanzados con la FDN, para los tratamientos con NaOH la fracción soluble, degradable y no degradable fue de 24.24, 73 y de 2.75%, respectivamente y para la urea en el mismo orden de 7.69, 25.09 y 67.22% contra el testigo de -5.92, 5.23 y 88.84%, respectivamente, tratamientos que sugieren que el NaOH es una solución que tiene un mayor efecto para la degradación de los residuos lignocelulósicos a nivel del rumen.

Trabajos realizados por Santacruz y Llamas (55) con residuos lignocelulósicos como paja de trigo, tazol de soya, tazol de sorgo, y cascarilla de algodón, al comparar los resultados obtenidos con los dos alcalis y tomando el promedio de la digestibilidad *in vitro* de la MS y de FDN, observaron que el efecto de NaOH y del NH_3 es diferente. Y lo determinaron cuando el nivel de alcali era de 3%, observaron que el efecto producido por el amoniac es mas marcado en comparación al hidróxido de sodio a la misma dosis. La digestibilidad se incrementa mas con el amoniac que con el hidróxido de sodio (49.0 vs 45.5%) y se debe a una mayor solubilización de las paredes celular dando en consecuencia un valor menor de paredes celulares (72.3 vs 76.5%) para amoniac e hidróxido de sodio respectivamente.

5. CONCLUSIÓN

GENERAL

El tratamiento con álcalis aumenta la cantidad de rastrojo de maíz y bagazo de caña degradado a nivel ruminal y disminuye la porción no degradable del mismo.

ESPECÍFICAS

1. Los tratamientos realizados afectan positivamente la cinética de degradación, del BC, a nivel ruminal siendo el NaOH mas marcado que la urea como fuente de amoniaco.
2. El comportamiento de los nutrimentos evaluados, con tratamientos alcalinos responden proporcionalmente a los parámetros de solubilidad fracción degradable y fracción no degradable.
3. El tratamiento con álcalis aumenta la cantidad de rastrojo de maíz degradado a nivel ruminal y disminuye la porción no degradable del mismo.
4. Aunque las proporciones de contenido de paredes celulares son mayormente afectados por el NaOH que el amoniaco de la urea, el manejo de los álcalis por su presentación requerimiento de equipo suplementario, además de su disponibilidad y costo serán los factores determinantes de su uso.

LITERATURA CITADA.

BIBLIOTECA CENTRAL

1. Adebowale, E.A., E.R. Orskov, y P.M. Hotten. 1989. Rumen degradation of straw. 8. Effect of alkaline hydrogen peroxide on degradation of straw using either sodium hydroxide or gaseous ammonia as source of alkali. Anim. Prod. 48:553-559.
2. Aguilera, B.A. 1988. Evaluación del efecto de la suplementación de rastrojo amoniado sobre la cinética ruminal y digestibilidad en borregos Pelibuey. Tesis de Maestría. UNAM-FESC.
3. Alcantara, S.E. 1979. Efecto del tratamiento alcalinos sobre la composición y digestibilidad del bagazo y medula de caña de azúcar. Tesis de licenciatura. UNAM.
4. Anonimo. 1995. Improving lower quality dry forages by ammoniation. Department of Horticulture and crop science, report AGF-015-95. Ohio State Univ. extension service.
5. Anonimo. 1997. Alcanzan 10.83% rendimiento de la zafra. Línea financiera. Cámara nacional de la industria azucarera y alcoholera (CNIAA). Reporte de zafra.
6. Basile, F., y P.F. Machado. 1990. Feeding value of steam treated sugar cane bagasse in ruminant rations. Livestock research for rural development. Vol. 2 Num 1. February.
7. Benitez, J.G., Huerta B.M., y G.R. Oscaberro. 1984. Consumo, digestibilidad y balance nitrógeno en ovinos alimentados con rastrojo de maíz tratado con hidróxido de sodio. Chapingo. 43:167.
8. Bhargava, P.K., Orskov, E.R. y T.K. Walli. 1988. Rumen degradation of straw. 4. Selection and degradation of morphological components of barley straw by sheep. Anim. Prod. 47:105-110.
9. Bonilla, C.J.A. 1995. Evaluación del rastrojo de maíz tratado con peróxido de hidrógeno, amoniaco, hidróxido de sodio, o adicionado con medios para el enriquecimiento biológico. Tesis de Maestría. UNAM-FESC.

10. Brown, W.F. y M.B. Adjei. 1995. Urea ammoniation effects on the feeding value of Guinea grass (*Panicum maximum*) hay. *J. Anim. Sci.* 73:3085-3088
11. Cañez, C. H., Llamas L.G., Romero G.H., y R. Gómez. 1984. Crecimiento de novillos con paja de trigo tratada con amoniaco, melaza y harina de pescado. *Memorias de la reunión de investigación pecuaria en México.* Pág., 246-250.
12. Darrin, L., Boss, D.C., Anderson, D., Doorumbos, E. y D.D. Kress. 1993. Comparison of ammoniated wheat straw diets with traditional heifer and mature cow wintering diets. Northern Agric. Res. Center, Montana State University. Governor's conference on the cattle industry. *Proceedings.*
13. Estrada, M.G.S. y E.I. Elizondo. 1996. Efecto del tratamiento del bagazo de caña con urea-amonio sobre la digestibilidad y el balance nitrógeno en ovinos. XX Congreso nacional de Buiatría. Acapulco, Guerrero. Pág. 553-555.
14. Dewey, D.Y.R. 1989. Enhancement of nutritional values of cellulosic feed resources by pretreatment and bioconversion en biotechnology for livestock production. Chapter 22. *FAO-USA.* Pág. 223-243.
15. Díaz, N.T., Llamas L.G. y R. Gómez. 1982. Comportamiento de novillos alimentados con paja tratada con amoniaco en gas y suplementada con dos fuentes de energía. *Avances de Investigación pecuaria en el estado de Sonora.*
16. Faulkner, D. 1997. Corn fiber feeds for cattle diets. Department of animal science, annual report. University of Illinois, USA.
17. Flores, M.J.A. 1983. *Bromatología animal.* Capitulo 8. 1er. Edición. Editorial Limusa, México. Pág. 487-538.
18. Garret, W.N., Walker, H.G., Kohler, G.O. y M.R. Hart. 1979. Response of ruminant to diets containing sodium hydroxide de ammonia treated rice straw. *J. Anim. Sci.* 48:1223-1233.

19. Gómez, A.R., Romero G.H., Llamas L.G., y I. Santacruz. 1982. Efecto del tratamiento alcalino de la paja de trigo sobre su digestibilidad. Avances de investigación pecuaria en el estado de Sonora.
20. Gil, S.H.M. 1987. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca del rastrojo de maíz y bagazo de caña con diferentes niveles de cerdaza y 2 tamaños de partícula. Tesis licenciatura. Esc. de Agronomía. U. de G.
21. González, S.A.R. 1977. Digestibilidad *in vitro* y composición bromatológica del rastrojo de maíz (*Zea mays*) tratado con hidróxido de sodio (NaOH) y ácido clorhídrico (HCl), en diferentes proporciones. Tesis de licenciatura. Esc. de Agronomía. U. de G.
22. Goering, H.K. y P.J. Van Soest. 1973. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications). ARS, USDA. Agricultural handbook No. 379.
23. Gurrola, R.J.L., Juárez, R.A.S., y M.M.S. Vázquez. 1996. Evolución del contenido de nutrimentos y solubilidad *in vitro* del rastrojo de maíz inoculado con *Pleurotus ostreatus*. XX Congreso nacional de Buiatría. Acapulco, Guerrero. Pág. 233.
24. Han, I.H. y W.N. Garret. 1986. Improving the dry matter digestibility and voluntary intake of low quality roughages by various treatments. Korean J. Anim. Sci. 28:199-236.
25. Herrera, S.R. 1990. La importancia de la sincronización en la degradación ruminal de fuentes de nitrógeno y energía en la alimentación de rumiantes. Tercera reunión de nutrición animal. Universidad Autónoma Antonio Narro. Pág. 28-36.
26. Homb, T. 1984. Wet treatment with sodium hydroxide. *En: Straw and others fibrous by-product as feed.* Sundtø, F. and Owen E. (Edit). Elsevier Science Publishing Company, Inc. Pág. 106-126.
27. INEGI-SIMBAD. 1998. Producción de caña molida y azúcar zafra 1996/1997. Secretaria de agricultura, ganadería y desarrollo rural. Reporte del Comité de la agroindustria azucarera.

28. Jackson, M.G. 1977. A review article: The alkali treatment of straw. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2:105-130.
29. Jackson, M.G. 1978. Métodos para el tratamiento de las paja para la alimentación animal; evaluación de su viabilidad técnica y económica. Estudio FAO. Producción y sanidad animal No.10. Roma, Italia.
30. Jayasuriya, M.C.N. 1982. Production and responses from diets containing rice straw treated with ammonia release from urea. University of Pradeniya, Sri Lanka.
31. Klopfenstein, T.J. 1978. Chemical treatment of crop residues. *J. Anim. Sci.* 43:841-848.
32. Lardy, G. y M. Bauer. 1997. Ammoniation of low quality roughages. Drought strategies. NDSU. Extension Service. Reporte DS -9 -97. June.
33. Llamas, L.G. 1979. Estudio del valor alimenticio de los subproductos de la caña de azúcar con bovinos en corral. *Técnica pecuaria de México.* 40:37-42.
34. Llamas, L., Cañez C.H., R. Gómez, N.T. Díaz, y H.G. Romero. 1985. Uso de paja de trigo tratada con amoniaco en la alimentación de novillos en crecimiento en corral de engorda. *Téc. Pec. Méx.* 48 75-82.
35. Llamas, L. 1990. Mejoradores de forrajes. *En: Anabólicos y aditivos en la producción pecuaria.* Edit. Sistema de educación continua en producción animal, A.C. pp-64-71.
36. Melendez, A. A., E. Sánchez G., P. Marquez G. 1976 Cambios en la composición química y digestibilidad *in vitro* de la paja de trigo tratada con compuestos alcalinos. *Téc. Pec. Méx.* 42:110-122.
37. Monroy, H.O. 1981. Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. Edit. A.G.T., México. Pág. 125-168.

38. Moss, R.A., Givens, D.I. y S. Furniss. 1993. A comparasion of farm-scale methods of application of sodium hydroxide on the nutritive value of winter wheat straw. *Anim. Feed Sci. Technol.* 41:199-212.
39. Nakashima, Y., E.R. Orskov, P.M. Hotten, K. Ambo, y Y. Takase. 1988. Rumen degradation of straw. 6. Effect of polysacharidase enzymes on degradation characteristics of ensiled rice straw. *Anim. Prod.* 47:421-427.
40. Nakashima, Y., y E.R. Orskov. 1989. Rumen degradation of straw. 7. Effect of chemical pretreatment and addition of propionic acid on degradation characteristics of botanical fractions of barley straw treated with a cellulase preparation. *Anim. Prod.* 48:543-551.
41. Nakashima, Y., y E.R. Orskov. 1990. Rumen degradation of straw. 9. Effect of cellulase and ammonia treatment on different varieties of rice straw and their botanical fractions. *Anim. Prod.* 50:309-317.
42. N'gambi, J.W.W. y R.C. Campling. 1991. Effects of sodium hydroxide and of energy and protein supplements on the voluntary intake and digestibility of barley, oat and wheat straw by cattle. *J. Agric. Sci.* 117:251-256.
43. Orskov, E.R., C.A.G. Tari, G.W. Reid, y G. Flachowski. 1988. Effect of straw quality and ammonia treatment on voluntary intake, milk yield and degradation characteristics of fecal fiber. *Anim. Prod.* 46: 23-27
44. Ortega, M.A.C., B. Can, F. Herrera, y F. Pérez-Gil. 1986. Efecto de la inoculación del hongo comestibles *Pleurotus ostreatus* en la composición química y digestibilidad de la paja de cebada. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* 36:345-350.
45. Ortega, M.E., Catalan A., y G.R.F Pérez. 1983. Efecto de la adición de urea o sulfato de amonio sobre la composición química del rastrojo de maíz. Reunión de investigación pecuaria en México. INIP-SARH. Pág. 688-691.

46. Pegden, R., y M. Morrison. 1996. Cellulose adherence factor in *Ruminococcus albus*. Nebraska University. Beef cattle report. Pág. 38, 39, 40.
47. Pérez, M. B. 1986. Utilización del bagazo de caña tratado con hidróxido de sodio (NaOH) para novillos de engorda. Tesis de licenciatura. Fac. Med. Vet. Zoot. U. de G.
48. Ramírez, L.R. y B.C. González. 1989. Tratamiento con cenizas de madera e hidróxido de sodio al rastrojo de maíz para mejorar su utilización por los rumiantes. 4^{to}. Congreso nacional de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal A.C. Acapulco Guerrero. 18-21 octubre. Pág. 204-209.
49. Rasby, R., Rush I., Ward J., y T. Klopfenstein. 1994. Ammonia treatment of low quality forages. Nebraska Cooperative Extension, report EC89-265.
50. Ratcliffe, B., W.H. Flurkey, J. Kungling, y R. Dawley. 1994. Tyrosinase and peroxidase in mushrooms (*Agaricus*, Crimini, Oyster, and Shiitake). J. Food Sci. 59:824-827.
51. Reid, G.W., Orskov, E.R. y M. Kay. 1988. A note on the effect of variety type of straw and ammonia treatment on digestibility and on growth rate in steers. Anim. Prod. 47:157-160.
52. Rivera R. A. 1987. Efectos de la humedad y el tiempo de exposición en el tratamiento del rastrojo de maíz con amonourea. Tesis licenciatura. Fac. Med. Vet. y Zoot. U. de G.
53. Rodríguez, F. 1984. Usos y formas de utilización de pajas y rastrojos. Curso nacional de actualización en nutrición y alimentación de rumiantes. APAINIP. Pág. k1-k6.
54. Rodríguez, F. 1984. Digestibilidad del bagacillo de caña de azúcar. Téc. Pec. Méx. 47:213-216.
55. Santacruz, I.M., Llamas L.G., A.R. Gómez, y M. Ramírez. 1982. Respuesta de diferentes esquilmos agrícolas al tratamiento alcalino con amoniaco o hidróxido de sodio. Avances de investigación pecuaria en el estado de Sonora.

56. Shand, W.J., E.R. Orskov y L.A.F. Morrice. 1988. Rumen degradation of straw. 5. Botanical fractions and degradability of different varieties of oat and wheat straws. *Anim. Prod.* 47:387-392.
57. Statistical Analysis System (SAS). 1985. *SAS User's Guide: Basics and statistics*. SAS Institute, Cary, N.C., USA.
58. Streeter, C.L., K.E. Conway, y G.H. Horn. 1981. Effect of *Pleurotus ostreatus* and *Erwinia caratovora* on wheat straw digestibility. *Mycologia* 73:1040-1048.
59. Sundstøl, F., Coxworth, E. y D.N. Mowat. 1978. Improving the nutritive value of straw and other low-quality roughages by treatment with ammonia. *World. Anim. Review.* 26:13-21.
60. Triana, O., M. Leonard, F. Saavedra, N. Fernández, G. Galvez, y E. Peña. 1990. Atlas del bagazo de caña. CUBA 9, GEPLACEA, PNUD, ICIDCA. Pág. 93-99.
61. Urrutia, M.J. 1980. Valor nutritivo del ensilaje de maíz con y sin mazorca y rastrojo de maíz adicionado de NaOH (0 y 4% b.s.). Tesis Licenciatura. UNAM.
62. Van Soest, P.J., Mascarenhas, F.A. y R.D. Hartley. 1984. Chemical properties of fiber in relation to nutritive quality of ammonia treated forages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10:155-164.
63. Verdín, S.H., Elizondo E.I., Barajas C.R., y J.R. Orozco-Hernández. 1997. Evolución de la calidad nutricional del rastrojo de maíz tratado con amonurea o NaOH y conservado. XXI Congreso nacional de Buiatría. Colima, Colima. Pág. 283-286.
64. Wen, Z. y M. Morrison. 1996. Characterization of ammonia utilization by *Preyotella ruminicola* B₁₄. Nebraska University. Beef cattle Report Pág. 36,37.
65. Zadrazil, F. y D.N. Kamra. 1989. Influence of air and oxigen supplies on lignin degradation and its relation with *in vitro* digestibility of wheat straw fermented with *Stropharia rugosoannulata*, *Pleurotus eryngii* and *Pleurotus sajor-caju*. *Mushroom Journal for the Tropics.* 79-88.

66. Zelenak, K.B.I., D. Jalc, J. Bucko, y R. Apalovic. 1990. Utilization of secondary wood resources in ruminant nutrition. Arch. Anim. Nutr. (Berlin). 40 ½:1-15.
67. Zhang, W., Gu C.H., Frands D. y M. Peter. 1993. Supplementation of ammoniated wheat straw with hulled cottonseed cake. International Conference: Increasing livestock production through utilization of local resources- CECAT. Beijing, China. 18-22 october.
68. Zuñiga, P.V., Barajas, G., Castro, G.M., Hernández, L.R., y C.S. Gamboa. 1987. Efecto del tratamiento de bagazo de caña con peróxido alcalino sobre su digestibilidad *in situ*. Memorias del congreso ATAM. México-Sucroquímica.

