

6
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**"EFECTO DEL TRATAMIENTO ALCALINO
SOBRE LA COMPOSICION Y DIGESTIBILI-
DAD DEL BAGAZO Y MEDULA DE CAÑA
DE AZUCAR"**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P r e s e n t a

ELISEO ALCANTARA SANCHEZ

Asesor: **FERNANDO PEREZ-GIL ROMO**

8176

México, D. F.

1 9 7 0



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	Página.
CAPITULO	
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCION	2
II.1. ¿QUE ES LA FIBRA CRUDA?	7
II.2. CONSTITUYENTES DE LA FIBRA CRUDA	13
II.3. METODOS PARA EL ANALISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE LA FIBRA PRESENTE EN - LOS ALIMENTOS.	24
II.4. IMPORTANCIA DE LA CELULOSA EN NUTRICION DE RUMIANTES.	31
II.5. FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA ACCION - CELULOLITICA DE LA MICROFLORA DEL RUMEN.	34
II.6. PROCESADO DE FORRAJES TOSCOS.	36
II.7. JUSTIFICACION.	44
III. MATERIAL Y METODOS	48
IV. RESULTADOS	59
V. DISCUSION	67
VI. CONCLUSIONES.	77
VII. BIBLIOGRAFIA.	81

EFEECTO DEL TRATAMIENTO ALCALINO SOBRE
LA COMPOSICION Y DIGESTIBILIDAD DEL -
BAGAZO Y MEDULA DE CAÑA DE AZUCAR

EFFECTO DEL TRATAMIENTO ALCALINO SOBRE LA
COMPOSICION Y DIGESTIBILIDAD DEL BAGAZO-
Y MEDULA DE CAÑA DE AZUCAR

ALCANTARA SANCHEZ, ELISEO

Asesor:

M.V.Z. FERNANDO PEREZ-GIL ROMO

Bagazo y médula de caña de azúcar, fueron tratados químicamente con soluciones al 4% de NaOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y NH_4OH . Determinándose los porcentajes de paredes celulares, fibra ácido detergente, celulosa, lignina, sílice y contenido celular presentes en estos subproductos antes y después de los tratamientos alcalinos. Así mismo, se determinó la digestibilidad in vivo, de las raciones elaboradas a base de estos productos lignocelulósicos. Para este fin, se usaron 8 borregos criollos de 20 Kg de peso y 4 meses de edad. Se emplearon 16 días para adaptar a los animales a cada una de las raciones, seguidos por un período de recolección de 6 días. Desde el 10^a día del período preliminar hasta el final del experimento, los animales recibieron 5 g diarios de Cr_2O_3 .

Los análisis proximales fueron realizados de acuerdo a los métodos de la AOAC, en tanto que para la determinación de paredes celulares, fibra ácido detergente, celulosa, lignina, sílice y contenido celular, se emplea la metodología propuesta por Van Soest.

Los tratamientos alcalinos se efectuaron en base a una modificación a la técnica de Beckman; la determinación de Cr_2O_3 fue hecha mediante la técnica de Hill y Anderson modificada por Czarnocki.

Se concluye que los tratamientos alcalinos no aumentan significativamente la digestibilidad de las raciones a base de médula y bagazo de caña de azúcar, cuando son el único factor que interviene, requiriéndose de otros parámetros como pueden ser: temperatura y presión.

Octubre de 1978.

I N T R O D U C C I O N

Las investigaciones efectuadas por instituciones especializadas, tanto nacionales como internacionales, resaltan el aumento acelerado de la población nacional, lo que ha agudizado aún más, el déficit existente en la producción de alimentos, particularmente en lo referente a los productos de origen animal. Por lo que una de las preocupaciones actuales en nuestro país, en donde no existen planeación para la producción agropecuaria y la explosión demográfica ha superado ampliamente a la justicia social, es sin duda alguna el hambre; es por ello, que la producción de alimentos para consumo humano requiere atención especial.

Actualmente, bastante se ha argumentado, en el sentido de que la obtención de alimentos a partir de los animales es prohibitiva, pues estos consumen productos que el hombre puede aprovechar directamente; por lo que se ha llegado a la conclusión, de que el cultivo de vegetales es la mejor solución para alimentar a la humanidad hambrienta.

No obstante, un análisis imparcial, indica que cuando son correctamente usadas e integradas estas dos fuentes de alimentos, más que competitivas son complementarias.

Es indiscutible que la contribución más importante de los productos de origen animal a la nutrición humana, se encuentra en el elevado valor biológico de las proteínas que aportan, cuya importancia había quedado comprobada mucho antes de que la nutrición pasara a formar parte de las ciencias biológicas. Las proteínas, a más de suministrar los aminoácidos, que son las unidades a partir de las cuales se sintetizan nuevos tejidos, sirven como nucleoproteínas y enzimas que intervienen en procesos de importancia vital como son: la reproducción, crecimiento celular, actividad inmunológica y actividad genética.

En general, se puede afirmar que las proteínas de origen animal, poseen un mejor equilibrio en cuanto a sus aminoácidos esenciales y por lo tanto, su valor biológico es superior a las proteínas de origen vegetal. Tomando en consideración lo anterior, los productos de origen animal se pueden emplear con éxito, como complemento de las proteínas vegetales, la mayor parte de las cuales son deficientes en los aminoácidos lisina y metionina.

En los países subdesarrollados como en el nuestro, la falta de una mejor distribución de la riqueza, - provoca que la dieta de la mayor parte de la población - se base en el consumo de cereales y en menor proporción - de leguminosas, ya que debido a los bajos ingresos, los - productos de origen animal quedan vedados para mayoría - marginada. Esta insuficiencia de proteínas de origen a - nimal, ha dado lugar a una extensa mal-nutrición proteí - co-calórica, especialmente manifiesta en niños y conoci - da como Kwashiorkor y marasmo. En este síndrome, no so - lo se afecta el desarrollo físico del niño, sino también el intelectual; esto se debe a que el cerebro es el órga - no que se desarrolla más rápido, alcanzando en un niño - de un año, el 70%, y a los 3 años el 80% del tamaño que - le corresponde a un adulto. Debido a que este crecimen - to se produce en el período en que los niños no reciben - suficiente proteína, el resultado final, es la pérdida i - rremediable de la aptitud para aprender (10,100).

No obstante que es bien conocido el elevado va - lor biológico de la carne, de la leche y de los huevos, - la conversión de cereales en proteína animal, resulta - ineficaz y costosa, incluso en las mejores razas de gana - do. Sin embargo, entre los recursos con que cuenta nues - tro país, abundan productos que no se prestan para consu -

mo humano, pero que pueden darse a los animales para que los trasformen en alimentos aprovechables por el hombre, tal es el caso de los materiales lignocelulósicos, los cuales previo tratamiento, pueden ser usados eficazmente por los rumiantes para producir proteínas. Hasta el momento, el uso de los residuos celulósicos en la alimentación de rumiantes es ilimitada, pues se ha calculado que si se suministrará a estos animales una ración que contenga el 70% de celulosa tratada, se producirá en promedio 8 g de proteína comestible por kilogramo de pienso tratado (suponiendo que el rendimiento en canal, sea del 50% y el contenido de proteína sea de 13%).

De esta manera, aunque solo se usara el 5% de los desperdicios celulósicos mundiales, se cubriría el 100% de las necesidades proteicas del mundo (20).

La suplementación proteica que se requiere en este tipo de raciones puede ser considerada como un inconveniente; sin embargo, los rumiantes pueden utilizar nitrógeno no proteico como la urea o proteínas provenientes de subproductos industriales como la harinolina que normalmente no se emplea para consumo humano.

Como resultado de lo mencionado anteriormente,

se deduce que para un mejor empleo de los subproductos agrícolas propios de este país, se requiere un conocimiento profundo de las partes que constituyen estos resíduos celulósicos; por lo tanto, en este trabajo, se pretende incluir una serie de conceptos, que en su totalidad, no podrían encontrarse en un solo libro; sin embargo, queda integrado el estudio de la fibra cruda y sus componentes, para que en futuros estudios haya una base más amplia y de fácil acceso.

¿QUE ES LA FIBRA CRUDA?

Hasta la fecha, no existe una definición capaz de precisar lo que significa el término de fibra cruda o fibra bruta. Todo depende del área científica en la que se maneje este concepto; así se tiene, que los botánicos la definen como una fase dispersa de microfibrillas impactadas en una matriz compleja (53). En nutrición animal, es la materia insoluble e indigestible para los microorganismos presentes en el tracto intestinal de algunos animales (86).

En nutrición humana, el término fibra cruda representa un grupo de carbohidratos no utilizables, en donde se incluye a la lignina (74).

En 1969, Trowell en un intento por simplificar esta terminología tan confusa, propuso el concepto de "fibra en la dieta", como una definición aplicable a todos los constituyentes de la pared celular que no son digeridos por las secreciones endógenas del aparato digestivo del humano (84).

Mangold (48), efectuó una revisión sobre la digestibilidad de la fibra cruda, y estableció claramente que la fibra cruda es una fracción empírica, ya que es definida únicamente por el método analítico empleado para su medición.

No obstante, cualquiera que sea el concepto que se tenga de fibra cruda, es indispensable para entender su naturaleza tan compleja, conocer con mayor profundidad las características que la hacen ser una de las fracciones analizadas en todos los alimentos, principalmente aquellos que son de origen vegetal y cuyo estudio se ha intensificado a últimas fechas.

Por lo tanto, si se quiere tener una mejor idea de aquellos factores involucrados tanto en el desarrollo como en la maduración de la pared de la célula vegetal, son necesarios de tomarse en consideración algunos aspectos sobre el crecimiento de la misma:

A) PARED CELULAR PRIMARIA:

En telofase es posible observar, que la pared celular empieza con un disco denso de citoplasma penetrado por microtúbulos. La membrana celular encierra vesículas derivadas del aparato de Golgi, las cuales forman una cavidad plana, las membranas de las vesículas se con

vierten en el plasmalema en cuya superficie, se localizan un grupo de enzimas capaces de sintetizar celulosa; es por ello, que esta superficie se cubre paulatinamente de microfibrillas de celulosa, a la vez que otros polisacáridos se suman a la misma.

La parte central de la cavidad plana, se transforma paulatinamente en una laminilla rica en pectina, que forma una capa de cemento intercelular entre las nuevas paredes celulares. Aún después de la división celular, la membrana de la célula continúa creciendo y las microfibrillas de celulosa son dispuestas en una malla floja, a la cual se adhieren, a manera de matriz, otros polisacáridos.

Los polímeros de la pared celular son robustecidos, por la adición de azúcares que como la glucosa, son transportados en forma de nucleótidos defosfato, tales como el uridín difosfato glucosa (U.D.P.G.) o el guanosín difosfato glucosa (G.D.P.G.); los cuales son sintetizados en el aparato de Golgi y transportados a la pared celular a través del retículo endoplasmático (54,70).

La glucosa es un importante precursor de la celulosa, puesto que es incorporada directamente dentro de ella; también es precursor directo de los azúcares de 5-carbonos como xilosa y arabinosa, los cuales constituyen

la mayor parte de las hemicelulosas, estos azúcares se originan a partir de la oxidación del C-6 de la glucosa; cabe mencionar que la mayoría de estas reacciones tienen lugar en el citoplasma celular (70, 60).

En resumen, se puede decir, que la pared celular primaria esta constituida por microfibrillas de celulosa, proteínas, pectinas, hemicelulosas y agua (53, 60).

B) PARED CELULAR SECUNDARIA:

Esta estructura se sitúa bajo la pared celular primaria y se constituye una vez que la planta alcanza su maduración. En esta etapa la naturaleza de la pared de la célula cambia substancialmente, incorporándose una amplia variedad de hemicelulosas y pequeñas cantidades de pectina, a más de que se incrementa la cantidad de celulosa (53, 60). Un proceso adicional es el inicio de la lignificación o maduración de la planta, caracterizada por aumento de fibra cruda y la reducción en el contenido de proteína.

La lignina es un polímero distinto a los demás polisacáridos de la pared celular, es altamente insoluble, formando la mayor parte de los residuos que quedan después del tratamiento de la pared celular con ácido sulfúrico al 72%. Este polímero "crece" entre las microfibrillas -

de celulosa y se incrusta en la matriz de la pared de la célula, dando rigidez y solidez a toda la estructura (1).

La lignificación total de la planta es considerada, como causa de muerte celular, pues no queda núcleo ni citoplasma capaz de seguir produciendo los elementos necesarios para la vida del vegetal.

CRECIMIENTO Y MADURACION DE LA PLANTA

Las estructuras y propiedades de la pared celular, cambian considerablemente durante el crecimiento y maduración de los tejidos vegetales (70, 81, 82). El crecimiento de la planta, está íntimamente relacionado con la flexibilidad de sus tejidos, lo que a su vez depende de la presencia de pectinas, ya que este polímero se encuentra formando geles, el tipo de gel producido depende de el grado de esterificación del ácido urónico y de la presencia de sales. Así tenemos, que los geles duros están constituidos por pectinas metiladas unidas a sales de calcio.

La proporción de lignina, aumenta con la maduración influyendo directamente las condiciones ambientales en donde se desarrolla el vegetal, por ejemplo la temperatura (17).

En conclusión, la pared celular es un complejo de sustancias cuya proporción varía dependiendo del estado de madurez de la planta, lo cual es de gran importancia en nutrición, ya que estas propiedades influyen directamente sobre el grado de aprovechamiento del vegetal por parte del animal.

CONSTITUYENTES DE LA FIBRA CRUDA

Así como no hay una definición adecuada de fibra cruda, tampoco existe una clasificación reconocida de los componentes de la misma, esto se debe a la dificultad que representa aislar en forma pura los elementos que la constituyen.

Lo ideal, sería la clasificación de dichos elementos, basándose en la estructura molecular de los mismos; sin embargo, esto reviste problemas técnicos muy serios.

A continuación se hace una breve descripción de las unidades estructurales más importantes de la fibra cruda:

CELULOSA: Es la substancia mejor conocida, se encuentra extensamente distribuida en los tejidos vegetales, siendo considerada como la única fibra verdadera -- que compone la pared celular. Es un homopolímero constituido normalmente por 3000 unidades del polímero sin ramificar beta 1-4, d. glucosa (70, 98); su peso molecular es en general de 6×10^5 ; sin embargo esto varía dependiendo del tipo de vegetal estudiado.

Por medio de la difracción de rayos X, se ha -- observado que la conformación de la celulosa es helicoidal con unidades de 10.9 \AA , estabilizadas por puentes de hidrógeno.

A consecuencia de su naturaleza lineal, la celulosa es capaz de formar paquetes compactos, en un enreja do tridimensional formado por sus microfibrillas, su densidad es de 1.59. La celulosa puede encontrarse en forma cristalina (cuando existe una orientación definida de - sus microfibrillas) o bien en estado amorfo cuando no -- existe esta orientación); como quiera que sea, este polímero es insoluble en agua; sin embargo, la celulosa amorfa tiene la capacidad de observar agua rápidamente, esto permite que los vegetales que poseen estructuras rígidas, sean más flexibles y menos susceptibles a quebrarse (61).

Recientemente se ha descrito varios tipos de celulosa, a saber; celulosa I, II, III y IV; empero la variedad de celulosa designada como I es la que se encuentra normalmente en la pared celular, en tanto que los -- otros tipos son derivados celulósicos obtenidos después de varios procedimientos de extracción (61, 98).

La concentración de celulosa en los diferentes- tipos de vegetales resulta ser muy variable, así tenemos

que la semilla de algodón contiene en base seca de 92 a 96% de celulosa; no obstante en la generalidad de los vegetales, el contenido de este homopolímero en base secas del 15 al 40% (98).

En nutrición animal el empleo de la celulosa es bien conocido, siendo para los rumiantes, una fuente de energía tan buena o mejor que la sacarosa (20).

La celulosa es aprovechada por los microorganismos del rumen en un 25 a 90%. Los factores que afectan su digestibilidad, están íntimamente relacionados con -- sus propiedades intrínsecas; tales como, su microestructura, su contenido en humedad, la asociación con substancias como la lignina y el sílice, la cantidad ingerida; -- así como, la ingesta de otros elementos como nitrógeno -- no protéico, minerales, etc. (59).

HEMICELULOSAS: Es un grupo de polímeros que se le llama así, por estar estructuralmente asociados con -- la celulosa; sin embargo, actualmente se considera improprio el uso de este término (1), también se les conoce como polisacáridos no celulósicos.

Su clasificación es bastante problemática, ya que existen por lo menos 250 variedades conocidas de este polímero, el cuál esta constituido por una mezcla de-

hexosas y pentosas; además de azúcares ramificados. En términos generales, la hemicelulosa puede definirse como la pared celular soluble en álcali frío diluído.

De acuerdo a sus características bioquímicas, -- las hemicelulosas se dividen en varios subgrupos; sin embargo, usualmente se clasifican (dependiendo del tamaño de la cadena ácido urónico) en: hemicelulosas ácidas o alcalinas, lo cual determina y explica las propiedades de este polímero.

El ácido urónico se encuentra presente en la mi tad de los polisacáridos de la pared celular, comunmente bajo la forma de ácido glucurónico y ácido galactourónico los cuales se derivan de la oxidación de las terminaciones $\text{CH}_2 \text{OH}$ ó COOH de la glucosa; además este compuesto puede estar -- presente como glucósido o simple ácido hidroxicarboxílico (14, 39, 56).

Resumiendo: la estructura básica de las hemicelulosas, es la xilosa, la molécula consta de 150 a 200 - unidades de azúcares, entre los cuales se encuentran con más frecuencia la arabinosa, manosa, galactosa, glucosa- y ramosa; además de los ácidos glucurónico y galactouróónico, la hemicelulosa en los vegetales se encuentra unida a la lignina y a la celulosa, alcanzando una concen--

tración en base seca del 15 al 30%, en tanto que la madera contiene, en base seca, del 20 al 25% de este polímero, que junto con la pectina forma la matriz en donde se aloja la celulosa, los microorganismos del rumen la aprovechan de un 45 a un 90% (70, 99).

PECTINAS: Son pequeños polisacáridos cuyo peso molecular oscila entre 60, 000 y 90,000 (70,103). La matriz de la molécula es el polímero 1,4 D. ácido galacturónico, en donde se intercalan elementos como los azúcares D. galactosa, L. arabinosa y D. xilosa, L. ramnosa y L. fucosa.

Las pectinas forman del 1 al 4% de los carbohidratos de la pared celular, aunque, también se encuentran en pequeñas cantidades en el cemento intercelular - (99).

Las propiedades de las pectinas, de interés en nutrición son: su capacidad para formar geles estables con azúcares y ácidos; así como, la capacidad de enlazar iones. La propiedad para formar geles depende fundamentalmente del ácido de poligalactourónico y los ésteres metílicos del ácido urónico (27).

Una propiedad de la pectina comprobada en aves y ratones (a los cuales se les dio una dieta suplementa-

da con colesterol y pectina) es la capacidad de reducir los niveles sanguíneos de colesterol (21, 25, 65). Una observación interesante en estos experimentos, es que en los animales bajo investigación se detuvo el crecimiento y la ganancia de peso (21, 25, 65, lo cual está estrechamente ligado con el bajo consumo de alimento; no obstante, en los animales cuya dieta no se suplemento con colesterol, el efecto de la pectina fué menos drástico (45).

En el cerdo, la suplementación con pectina puede aumentar o reducir los lípidos sanguíneos y producir un aumento en la grasa dorsal (33).

GOMAS Y MUCILAGOS: En realidad, estrictamente, estos policáridos no son componentes de la pared celular; sin embargo, están relacionados bioquímicamente con los elementos de esta estructura, lo cual justifica su inclusión dentro de los constituyentes de la fibra.

Las gomas no son otra cosa, que exudados que se forman en el sitio donde se daña la corteza del vegetal (3, 34), bioquímicamente, las gomas presentan un polímero de ácido urónico; además de los ácidos glucurónico y galactourónico, junto con azúcares neutros, tales como la xilosa, arabinosa y manosa; así como, una elevada cantidad de sales de calcio y magnesio, las cuales se for-

man durante el proceso de acetilación.

Los mucílagos son elaborados en diferentes partes de la planta, se encuentran comunmente en el endosperma de la semilla, en donde su función es la retención de agua para proteger a las estructuras germinativas durante la desecación (86).

Los mucílagos presentan una estructura semejante a la hemicelulosa, pero sus propiedades bioquímicas son diferentes. La mayoría de estos compuestos son polisacáridos neutros que tienen como base a la beta 1,4 D. xilosa unida a la arabinosa.

LIGNINA

La palabra lignina proviene del latín lignum,-- que significa madera. Debido a su constitución tan complicada, Harkin describe a la lignina como una de las entidades más enigmáticas de la fibra cruda (29).

A diferencia de otras estructuras de la pared celular, la lignina, no es un carbohidrato, sino que es un pequeño polímero amorfo altamente insoluble, cuyo peso molecular oscila entre 1,000 y 4,500.

Las unidades básicas de este polímero están en-

lazadas por puentes de carbono en sustitución de los enlaces acetal y glucosídicos presentes en los carbohidratos. Su papel en la pared celular es proporcionar solidez y soporte a los tejidos vegetales (7, 70).

En general, la cantidad de lignina presente en la pared celular, es menor que la de otros polisacáridos, no obstante, existen enormes variaciones; así se tiene - que la madera puede contener del 40 al 50% de este polímero en tanto que la paja de trigo contiene únicamente - el 23% (76).

Es bastante difícil aislar a la lignina en forma pura, es por ello que esta fracción generalmente, contiene nitrógeno, cutina, cera y otros residuos (87).

La lignificación es un proceso aerobio, que requiere de la presencia de la celulosa. La ruta para la - síntesis de la lignina, es en parte común sólo a un grupo reducido de substancias elaboradas por la célula vegetal, como es el caso de ciertas hormonas. Este proceso, - involucra la síntesis del ácido siquímico a partir de -- fosfoenol-piruvato y eritrosa 4 fosfato, que por medio - de las fosforilaciones intermedias, da lugar a el ácido - corísmico el cual a la larga, origina a los aminoácidos - aromáticos fenil alanina y tirosina, los cuales mediante la acción de enzimas específicas son transformados en fe

nil alanina y tirosina amonio.

Por otra parte, los ácidos cinámico y cumárico-
dan lugar a los alcoholes coniferílico, coumarílico y si-
napílico (70, 53), los que a su vez son deshidrogenados-
para formar las unidades fenil propano que son rápidamen-
te polimerizadas para constituir a la lignina (70, 53), -
o sea que; la lignina consta de una estructura base, for-
mada por tres unidades, las cuales son polímeros deriva-
dos de diferentes alcoholes.

Así tenemos, que el 4 hidroxifenil propano se -
deriva del alcohol coumarílico, el guaicil propano tiene
su origen en el alcohol coniferílico, en tanto que el al-
cohol sinapílico origina a la tercera unidad básica, que
es el 3-5 dimetil-4-OH fenil propano (70).

En nutrición, se han realizado un sinnúmero de-
trabajos para determinar el efecto que tiene la lignina-
sobre la digestibilidad de la pared celular en rumiantes;
en estos trabajos, se ha llegado a la conclusión de que-
la lignina impide la digestibilidad de otros polisacári-
dos presentes en la pared celular, con lo cual disminuye
el aprovechamiento de la energía potencial que existe en
gran número de forrajes empleados en la alimentación --
animal (18, 57, 88).

nil alanina y tirosina amonio.

Por otra parte, los ácidos cinámico y cumárico-
dan lugar a los alcoholes coniferílico, coumarílico y si-
napílico (70, 53), los que a su vez son deshidrogenados-
para formar las unidades fenil propano que son rápidamen-
te polimerizadas para constituir a la lignina (70, 53), -
o sea que; la lignina consta de una estructura base, for-
mada por tres unidades, las cuales son polímeros deriva-
dos de diferentes alcoholes.

Así tenemos, que el 4 hidroxifenil propano se -
deriva del alcohol coumarílico, el guaicil propano tiene
su origen en el alcohol coniferílico, en tanto que el al-
cohol sinapílico origina a la tercera unidad básica, que
es el 3-5 dimetil-4-OH fenil propano (70).

En nutrición, se han realizado un sinnúmero de-
trabajos para determinar el efecto que tiene la lignina-
sobre la digestibilidad de la pared celular en rumiantes;
en estos trabajos, se ha llegado a la conclusión de que-
la lignina impide la digestibilidad de otros polisacári-
dos presentes en la pared celular, con lo cual disminuye
el aprovechamiento de la energía potencial que existe en
gran número de forrrajes empleados en la alimentación --
animal (18, 57, 88).

CUTICULA: Los elementos de la cutícula se dividen en dos grupos; ceras y cutinas. Las ceras comprenden una mezcla de parafinas, ácidos alifáticos y alcoholes, - estos elementos son fácilmente extraídos con solventes - orgánicos, La cutina es un polímero complejo de ácidos - grasos, que forman la mayor parte de la fracción insoluble, que es extraída por saponificación (1).

Aunque los lípidos de la cutícula forman una pequeña fracción del total de las grasas del vegetal, es--tos son muy importantes para la vida del mismo, ya que - están íntimamente relacionadas con la pared celular (70). Estos lípidos a más de ser extraordinariamente resistentes a la digestión, impiden el aprovechamiento de otros - elementos de la pared celular (87).

ACIDO FITICO: (Inositol hexafosfato) se encuentra asociado con las proteínas, también forma sales complejas con los iones de calcio, magnesio y potasio, las - cuales se conocen como fitinas. Es por ello que una die-ta rica en ácido fítico, induce a un balance negativo de calcio y magnesio (47, 63). Además de que se ha comprobado que también impide la absorción de fierro (8, 37), y - de zinc (69, 16).

SILICE: Es uno de los minerales más abundantes,

se deposita en la pared celular junto con la celulosa -- (88, 89), disminuyendo, al igual que la lignina la digestibilidad del alimento (88, 89).

OTROS COMPUESTOS: La pared de la célula contiene aproximadamente el 25% del total de nitrógeno celular, bajo la forma de glicoproteínas las cuales contienen una elevada proporción de hidroxiprolina; esta proteína está fuertemente asociada, con los elementos de la pared celular como son azúcares, pectinas y hemicelulosas, lo cual provoca que sean de difícil degestión (70, 12).

METODOS PARA EL ANALISIS CUALITATIVO Y
CUANTITATIVO DE LA FIBRA PRESENTE EN -
LOS ALIMENTOS

METODO DE LA FIBRA CRUDA:

Este procedimiento nació en los anales de la nutrición, a consecuencia de estudios realizados en rumiantes, en donde se apreció que una fracción significativa de muchos forrajes, no era digerida en el tracto digestivo de estos mamíferos, y que la cantidad de ésta fracción tiende proporcionalmente a disminuir el aprovechamiento de otros elementos de la dieta, por lo cual se hicieron bastantes trabajos para aislar ésta fracción, y fué así, como en 1860 Henneberg y Stohman, en el Wendee Research Station (48), desarrollaron un procedimiento para determinar está fracción, que -- fué asociada con las fibras vegetales, por lo que se dió - a conocer como fibra cruda.

Aunque con el tiempo se han hecho algunas modificaciones a esté método, actualmente se está empleando un procedimiento muy similar al original, el cual resulta ser el método analítico de aceptación universal para determi--

nar cuantitativamente la pared celular, ya que es el único valor que se acepta en las tablas de alimentos, siendo el estándar legal para rotular análisis de alimentos, a más de que es aceptado por la AOAC (4), como una determinación oficial, dándole, un certificado de aceptación científica que es bastante discutible.

Actualmente, después de un siglo de haberse propuesto el tan ampliamente usado método de la fibra cruda, resulta anacrónico. Entre las objeciones de más peso que se hacen a este sistema, es el de que la fibra cruda y los elementos libres de nitrógeno no son entidades bien definidas; además de que biológicamente no se apega a la realidad (87), pues en ocasiones la digestibilidad de la fibra cruda (F.C.) es mayor que la digestibilidad de los carbohidratos solubles, esto es debido a que, del 50 al 90% de la lignina, del 20 al 50% de la celulosa y que cerca del 80% de la hemicelulosa, son removidas durante la hidrólisis ácida y alcalina pasando a través del filtro y por ende, son tomados como carbohidratos solubles (90).

Otra desventaja obvia, es de que estas determinaciones, no pueden ser usadas con carácter científico, ya que por su naturaleza empírica, impone severas restricciones en el análisis de alimentos y constituye un obstáculo para las investigaciones en este campo.

En los últimos años, se ha manifestado el interés por buscar nuevas alternativas en el análisis de la pared celular de los alimentos. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que para el desarrollo de mejores técnicas de análisis, es necesario resolver serios problemas, para poder calcular en forma exacta la compleja mezcla de polisacáridos y lignina presentes en la pared celular.

Como el conocimiento de la composición química de los alimentos avanza cada vez más, las limitaciones del método de la fibra cruda son más aparentes.

Es así, como se han desarrollado un sinnúmero de trabajos, que han originado procedimientos más científicos, por lo cual, la revisión de estas investigaciones puede tener repercusión sobre la metodología analítica de la pared celular.

En la evaluación de nuevos métodos para determinar los elementos de la pared celular, se debe prestar mucha atención sobre la pureza de las fracciones obtenidas, la rapidez, la economía y la versatilidad en su aplicación a más de que cualquier procedimiento propuesto para poderlo considerar mejor a el método del Wende Research Station debe ser un buen indicador de la digestibilidad de los alimentos, proporcionando un cálculo aproximado sobre-

la lignina y celulosa presentes en el alimento; sin embargo, este requisito no es fácil de satisfacer (87).

Por lo anterior, se debe tener mucho cuidado al avocarse por un nuevo método, pues el mismo puede tener -- serias diferencias.

Lo ideal es que al obtener la fibra cruda, esta retenga toda la lignina y que su contenido en nitrógeno -- sea bajo, de tal manera que este residuo, sirva de punto -- de partida para un rápido análisis de otros elementos v.gr. lignina.

Actualmente existen procedimientos muy exactos -- en la industria maderera, que nos dan una idea muy precisa sobre la cantidad de lignina y celulosa presentes en la -- madera, desgraciadamente estos métodos, no son aplicables -- en el análisis de alimentos, debido a que la parte leñosa -- de los árboles, esta prácticamente libre de nitrógeno, -- almidones y triglicéridos, todos los cuales se presentan -- en mayor cantidad en los alimentos. Sin embargo, existen -- otros procedimientos aplicables al análisis de alimentos -- y forrajes, que el investigador puede usar para garantizar científicamente los resultados obtenidos en sus estudios -- sobre fibra cruda.

Entre los métodos más usados en las investigaciones sobre fibra cruda tenemos:

El método de Southgate (75,76) del British Medical Research; el de Van Soest desarrollado en la Universidad de Cornell (26,87), el método de la "fibra normal ácida" de Walker-Hepburn (97), y algunos métodos basados en la digestión enzimática (32).

El método de Southgate, fué desarrollado expresamente para el análisis de alimentos usados en nutrición humana.

Por medio de este procedimiento es posible obtener celulosa, hemicelulosa, lignina y polisacáridos solubles; sin embargo, las sustancias asociadas a la pared celular, como la cutina, no son determinados con este procedimiento.

METODO DE LA FIBRA NORMAL ACIDA

Este procedimiento fué desarrollado por Walker y Hepburn (97), como una alternativa al método de la fibra cruda.

Este sistema, involucra la digestión de la muestra previamente sometida a la acción de un solvente y la

hidrólisis con ácido sulfúrico, con la subsecuente incineración del residuo, la pérdida de peso es tomada como la "Fibra normal ácida" de la muestra.

Con este método se elimina la hidrólisis alcalina que es causante de muchas variaciones en los resultados obtenidos por el método de la fibra cruda.

Los valores obtenidos en el análisis del material indigerible de los forrajes, con este método, son más exactos que los que se obtienen con el procedimiento de la fibra cruda, su mayor ventaja es su simplicidad y la facilidad para reproducirlo; sin embargo, la fracción obtenida, contiene cantidades considerables de nitrógeno (entre el 2 y el 5%).

Van Soest y Col. (26,87) modificaron el método de la fibra normal ácida. Gracias a sus observaciones, llegaron a la conclusión de que la "contaminación" con nitrógeno, se reduce considerablemente, si se añade una solución detergente durante la extracción ácida.

En base a estas observaciones, Van Soest (91), desarrolló dos procedimientos, el primero está basado en la extracción de la fibra con una solución ácido detergente, lo cual da origen al método de la fibra ácido detergente.

te (A.D.F.), (87). Dicho método, proporciona datos que --
permiten relacionarlos con la digestibilidad del alimento,
además de que se obtienen cálculos precisos sobre la cantidad
de lignina, celulosa y sílice presente en los forrajes
analizados.

El segundo procedimiento fué desarrollado, usan-
do un detergente neutro, dando origen al procedimiento analítico
de la fibra neutro detergente (N.D.F.), el cual propor
ciona un cálculo exacto sobre el contenido en paredes -
celulares en los alimentos (87).

IMPORTANCIA DE LA CELULOSA EN NUTRICION DE RUMIANTES

Nutricionalmente, la celulosa y hemicelulosa - son los polisacáridos mas relevantes, ya que representan una de las fuentes energéticas más importantes que existe en la naturaleza.

Esto ha provocado que algunos animales superiores, incapaces de aprovechar directamente esta fuente -- energética, hallan evolucionado, desarrollando un mecanismo capaz de brindar las condiciones ambientales adecuadas para permitir el desarrollo de miriádas de microorganismos celulolíticos, estableciendo la forma de simbiosis conocida como mutualismo.

Si bién es cierto, que todos los hervíboros poseen dentro de su aparato digestivo, un compartimiento - especial de gran capacidad, en donde los alimentos ricos en fibras, son degradados por los microorganismos presentes, en la mayoría de ellos, este proceso se efectúa en la terminal del aparato digestivo, por lo cual, los elementos degradados no se aprovechan adecuadamente; sin em

bargo, en los rumiantes, este proceso tiene lugar en su peculiar estómago pluricavitario, el cual se encuentra al principio del aparato digestivo, constituyendo un rasgo anatómico distintivo de esta especie (16, 35, 72).

Los gérmenes con acción celulolítica son los más especializados de la flora ruminal, como ejemplo de ellos se pueden citar al Bacteroides succinógenes, Ruminobacter parvum, Ruminococcus flavefaciens y cocos incoloros que producen ácido butírico (42).

En el rumen, la digestión de la celulosa se efectúa en tres etapas:

a) Degradación de la celulosa en polisacáridos más pequeños por acción de la despolimerasa (celulasa).

b) Escisión de los polisacáridos en celobiosa y glucosa por acción de la beta glucosidasa.

c) Transformación de la celobiosa en glucosa por acción de la celobiasa y transformación de la glucosa en ácidos grasos volátiles (42).

Las características de la digestión ruminal incluyen:

a) Fermentación de los azúcares, almidones y celulosa para producir ácidos grasos volátiles; principalmente, acético, propiónico y butírico, los cuales además de ser aprovechados por el rumiante como fuente de energía, intervienen en varios procesos de síntesis.

b) Síntesis de proteína microbiana, a partir de proteínas y nitrógeno no proteico de la dieta.

c) Síntesis de vitaminas del Complejo B y vitamina K.

FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA ACCIÓN CELULOLITICA DE LA MICROFLORA DEL RUMEN:

NITROGENO:

Burroughs y McNaught (57) sugieren que para el aprovechamiento eficiente de la lignocelulosa se requiere de un .6 a 0.8% de nitrógeno. Estudios recientes, - en donde se ha suplementado con urea el forraje tratado con NaOH, demuestran un aumento de importancia en la ingesta voluntaria de alimentos.

Se ha postulado que es necesario suplementar - con 1% de nitrógeno para el rompimiento de la lignocelulosa, siempre y cuando, la ración no contenga mas del -- 50% de energía digestible, ya que si este porcentaje es mayor, como es el caso de los forrajes tratados, se requerirá de 1.5% de nitrógeno (20).

MINERALES:

El molibdeno aumenta la digestión de la celulosa "in vitro" e "in vivo", el azufre, fósforo, hierro, -

magnesio y calcio, estimulan la digestibilidad "in vitro" en tanto que el cobre, cobalto, cinc y boro deprimen la digestión "in vitro" de la celulosa (62).

CARBOHIDRATOS DIGESTIBLES:

Burroughs (57), sugiere que se requiere del 5- al 10% de carbohidratos solubles para un buen aprovechamiento de la lignocelulosa, en tanto que una cantidad mayor reduce el aprovechamiento de la celulosa.

GRASA:

En general la grasa tiende a deprimir la actividad celulolítica en el rumen (48).

PROCESADO DE LOS FORRAJES TOSCOS

TRATAMIENTOS QUIMICOS:

El uso de procedimientos químicos para deslignificar los forrajes de baja calidad, se inició en este siglo, teniendo su origen en los procesos desarrollados para la fabricación de papel a partir de materiales lignocelulósicos como lo son la madera y la paja.

Kellner y Kohler en 1900 (102), obtuvieron celulosa por ebullición bajo presión de la paja de centeno, mezclada con una solución de NaOH y otras sales alcalinas. La efectividad de su tratamiento quedó bien comprobado, pues se incrementó la digestibilidad de la paja -- original de un 50% a un 88% en la materia seca.

Beckman en 1921 (6), describen un proceso para elevar el valor nutritivo de los forrajes, el método consiste en remojar paja picada en una solución de NaOH al 1.5% (guardando una relación de 8 partes de solución por una de paja, durante 4 horas como mínimo, a temperatura y presión atmosférica; posteriormente la paja es escurri

da y lavada para eliminar el álcali, obteniéndose un producto que comparado con la paja original, tiene el doble de digestibilidad.

Estudios realizados entre 1942 y 1946 por Woodman e Evans (101), sobre digestibilidad en borregos, - - usando una ración que contenía 38% de celulosa seca y libre de álcali, extraída de la paja de trigo que fué hervida bajo presión en una solución de NaOH al 6%, llega--ron a la conclusión de que el 74% del coeficiente de di--gestibilidad estaba dado por la celulosa.

En estos estudios que pueden considerarse clá--sicos, queda demostrado que los procesos deslignificado--res permiten usar a los forrajes de baja calidad nutritiva, como fuente de energía.

En la actualidad han surgido nuevos métodos y--otros más, que son modificaciones de los procedimientos--originales.

Así tenemos que el método de Beckman ha sufri--do importantes innovaciones, ya que su uso estaba limitado por el empleo de grandes cantidades de NaOH y por los elevados volúmenes de agua usados para lavar el producto,

aunado a la pérdida de cerca del 25% de los materiales -
solubles.

Lampila (44), reduce el volumen de la solución de NaOH, hasta en un 50%, también modifica el proceso de lavado disminuyendo la cantidad de agua requerida, encontrando que el producto obtenido no difiere, en cuanto a digestibilidad, de la paja obtenida por el método original de Beckman.

Wilson y Pigden (104), describen un proceso en "seco", en el que se disminuye el volumen para aumentar la concentración de la solución de NaOH, obteniéndose un coeficiente de digestibilidad "in vitro" del 80%.

Donefer y col. (19), trabajando con diferentes volúmenes y concentraciones de NaOH, concluyeron que volúmenes elevados de agua provocan un incremento en la cantidad de celulosa digerida, este efecto probablemente sea debido a que la paja se remoja mejor, lo cual favorece una reacción más completa. Así mismo, encontraron que la mejor combinación es de 8 gr. de NaOH en 60 ml de agua/100 gr. de paja.

A este respecto, cabe agregar que se han reali

zado un sin-número de estudios para determinar los niveles óptimos de NaOH para el tratamiento de pajas. Al examinar los diferentes resultados obtenidos en estos trabajos usando pruebas de digestión "in vitro", se concluye que los niveles superiores a 8-10 gr./100 gr. de paja, dan resultados iguales o bien provocan una marcada disminución de la digestibilidad (104, 19, 11, 55).

Si, la temperatura es elevada por arriba de los 130 °C se aumentan los coeficientes de digestibilidad "in vitro", pudiéndose de esta manera disminuir los niveles de NaOH, o bien emplear menos tiempo para obtener los mismos o aún obtener mejores resultados que con los tratamientos normales (55).

Guggol y col. (28), estudiaron el efecto de la presión y temperatura elevada sobre la digestibilidad de la paja de pasto y rastrojo de maíz; para ello emplearon vapor de agua a una presión de $28/\text{kg}/\text{cm}^2$, a una temperatura de 232°C durante 4 minutos (no usaron ningún producto químico), obtuvieron un marcado incremento en la digestibilidad de los forrajes; no obstante, cuando se adicionó NaOH, el coeficiente de digestibilidad de estas pajas aumento a más del doble.

Si bien es cierto que el NaOH, es el producto-químico que se ha empleado con más frecuencia para el --tratamiento de forrajes, también existen otros compues--tos que se han empleado con mayor o menor éxito para ese fin.

Nath y col. (51), trataron paja de trigo con - 0.5% de hidróxido de calcio, observando un ligero incre--mento sobre la digestibilidad "in vivo" de la materia se--ca.

Verma y Col. (93), encontraron que el Ca(OH)_2 - es menos efectivo que el NaOH para aumentar la digesti--bilidad de los forrajes, probablemente debido a su baja--solubilidad.

Chandra y Jackson (11), compararon la capaci--dad del sulfito de sodio, carbonato de sodio, peróxido - de hidrógeno, sulfuro de sodio, hidróxido de sodio y di--ferentes blanqueadores para incrementar la digestibili--dad del olote de maíz. Concluyen que el NaOH es el reac--tivo más eficaz, también observaron que el uso de blan--queadores tiene un efecto adverso sobre la digestibili--dad, ya que los residuos de cloro son tóxicos a los mi--croorganismos del rumen.

Smith y col. (73), usaron 6 productos químicos para determinar cual produciría el mejor efecto sobre la digestibilidad "in vitro" de las heces de ganado, demostrándose que el hidróxido de calcio y el hidróxido de so dio tenían la misma efectividad.

USO DEL AMONIO:

El interés por el uso del amonio esta justificado, por su capacidad para aumentar la digestibilidad y el contenido de nitrógeno de los forrajes de mala calidad.

Zafren (105), describe el empleo de hidróxido de amonio para tratar forrajes, advierte que antes de su administrar el forraje tratado, este debe ser aireado para eliminar el amoníaco que no reaccionó.

Tarkow y Feist (80), reportaron que a temperatura ambiente el tiempo que requiere el amonio para reaccionar es mayor que para el NaOH, aunque después de - - 10 hrs. no hubo diferencia y el contenido de nitrógeno - aumentó en la muestra tratada.

Millett y col. (49), usando amonio reportaron un incremento sustancial en la digestibilidad "in vitro"

del material tratado.

TRATAMIENTOS FISICOS DE LOS FORRAJES:

El molido y el peleteado son los tratamientos físicos más empleados para incrementar el valor nutritivo de los forrajes.

En realidad el efecto de estos tratamientos sobre la digestibilidad de los forrajes es pequeño; sin embargo, este tipo de procesado favorece la ingesta del forraje, lo cual se traduce en un aporte adicional de energía (5, 50, 57, 58).

Tratamientos de los subproductos de la caña:

Nordfeldt (52), estudió la aplicación del método de Beckman para tratar bagazo de caña, la conclusión que obtuvo en las pruebas efectuadas en ganado de engorda, es que el tratamiento aumenta el valor nutritivo del bagazo; cuestiona que la calidad inicial del bagazo es muy importante ya que se obtienen mejores resultados con un material finamente picado.

Stone y Col. (78), incrementaron con un tratamiento de NaOH, la digestibilidad "in vitro" de la celu-

losa de bagazo en aproximadamente 60%.

Randal y col. (62), reemplazaron maíz por bagazo tratado con NaOH en una ración para ganado lechero -- sin producir ningún efecto negativo en la producción durante los 150 días que duro la prueba.

El uso de los forrajes tratados ha sido evaluado ampliamente en la formulación de raciones, en donde - ha sido usado como fuente de energía reemplazando granos y forrajes de buena calidad (62, 67, 71).

JUSTIFICACION

La energía de los forrajes se puede clasificar - en 3 categorías:

A) Una fracción inaprovechable constituida por - elementos como la lignina.

B) Energía digestible representada por los carbohidratos solubles.

C) La energía potencialmente digestible, que incluye a los carbohidratos aprovechados normalmente por la microflora del rumen, pero que debido a la asociación química y/o física del complejo lignocelulosa son refractarios al ataque bacteriano.

En los vegetales no muy maduros el rumiante puede aprovechar de un 50 a un 70% de la energía presente; - sin embargo, al incrementarse la lignificación con la maduración del forraje, únicamente logra aprovechar del 20 al 70%, esto se debe a que en los forrajes maduros la concentración de carbohidratos potencialmente utilizables, puede ser mayor que la concentración de los carbohidratos digestibles. La lignina es considerada como un factor limitan-

te de la digestibilidad de la pared celular de los forra--
jes (19). No obstante, la consecuencia más importante es--
la disminución en la ingesta voluntaria de los forrajes--
con una madurez avanzada. Como resultado de estos facto--
res adversos el rumiante, no puede obtener la energía nece--
saria para su mantenimiento, con plantas muy lignificadas--
(19,59). Es bien conocida la elevada cantidad de desechos
y subproductos agrícolas que anualmente se desperdician, --
estos subproductos son ricos en celulosa, por lo que es --
lógico pensar en su utilización como alimento de rumiantes.

Sin embargo, la mayoría de estos subproductos --
celulósicos, son poco digestibles, pobres en nitrógeno y -
por lo tanto de bajo potencial para la producción animal.

Por lo que el empleo de tratamientos baratos y --
sencillos que aumentasen el desdoblamiento de la lignocelu--
losa en el rumen aunado a el uso de complementos nitro--
genados no proteicos, contribuiría considerablemente a - -
aumentar la producción animal.

En nuestro país no se han hecho estudios sufi--
cientes sobre el uso de técnicas para aumentar la digesti--
bilidad de los alimentos toscos usados en la alimentación--
de rumiantes, desperdiciándose así, una gran cantidad de -
productos celulósicos que no son aprovechados integramente

por el rumiante, por la gran cantidad de lignina que poseen.

Hay que recordar que el mundo vive actualmente - amenazado por el hambre, y que la producción de alimentos - es insuficiente, por lo que el empleo de cereales en la -- alimentación de animales va siendo relegado cada vez más, - debido a la necesidad imperiosa de usarlos directamente en la alimentación humana.

México, no es ajeno a esta crisis, pero el pro-- blema reviste caracteres especiales. Más del 40% de la población económicamente activa se dedica a actividades agro pecuarias; como se sabe, la inmensa mayoría del pueblo con sume productos de origen animal en forma muy esporádica, - es por ello que si se lograra adaptar una técnica para - - aumentar la digestibilidad de los esquilmos agrícolas, se incrementaría notablemente la producción de carne y leche.

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

1. Hacer una revisión bibliográfica sobre el tema de la fibra cruda en la alimentación animal (se presenta en la introducción).

2. Determinar la concentración de lignina y celu losa en bagazo y médula de caña.

2.1. Mediante el Método de Van Soest.

3. Tratar compuestos químicos tanto al bagazo co
mo a la médula.

3.1. NaOH 3%

3.2. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 3%

3.4. NH_4OH 3%

4. Elaborar una ración a base de los subproduc--
tos de la caña tratados, suplementando con melaza, salvado
de trigo, urea y sales minerales.

5. Evaluar la ración formulada.

5.1. Mediante pruebas de digestibilidad.

5.1.1. A través del empleo de marcadores uti-
lizando Cr_2O_3 .

5.2. Otros parámetros.

5.2.1. Ganancia de Peso.

5.2.2. Conversión alimenticia.

5.2.3. Consumo voluntario.

MATERIAL Y METODOS

Este experimento fué llevado a cabo en las instalaciones del Departamento de Fisiología de la Nutrición y Tecnología de Alimentos, en la División de Nutrición del Instituto Nacional de la nutrición.

1. Material

1.1 Reactivos

1.1.1. Reactivos empleados par la determinación de fibra ácido detergente (Método de Van Soest).

1.1.1.1. Solución ácido detergente; adicionar 20 g. bromuro de cetil-trimetilamonio (CTAB), a un litro de H_2SO_4 1 N.

1.1.1.2. Decahidronaftaleno.

1.1.1.2. Acetona.

1.1.2. Reactivos empleados para la determinación de fibra neutro detergente (Método de -- Van Soest).

1.1.2.1. Solución neutro detergente: A - un litro de agua destilada, - - agregar 30 g. de lauril sulfato de sodio U.S.P., 18.61 g. de la sal disódica del ácido etilen--diamino tetraacético, (EDTA), - 6.81 g. de borato de sodio deca hidratado, 4.56 g. de fosfato - de sodio dibásico y 10 ml. de - etilén-glicol, verificar pH, que debe estar entre 6.9 y 7.1.

1.1.2.2. Sulfato de sodio anhidro.

1.1.2.3. Solución saturada de permanganato: disolver 50 g. de permanganato de potasio en un litro de agua destilada.

1.1.2.4. Solución buffer: disolver 6 g.- de nitrito Férrico y .15 g de - nitrato de plata en 100 ml. de agua destilada, combinar con -- 500 ml. de ácido glacial acético y 5 g. de acetato de potasio, adicionar 400 ml. de alcohol bu--tírico terciario y mezclar.

1.1.2.5. Solución desmineralizadora: disolver 50 g. de ácido oxálico - dehidratado en 700 ml. de etanol al 95%, adicionar ácido - - clorhídrico 12N. y 250 ml. de - agua destilada.

1.1.2.6. Etanol al 80%.

1.1.3. Substancias usadas en los tratamientos - alcalinos.

1.1.3.1. Hidróxido de sodio grado industrial.

1.1.3.2. Hidróxido de calcio grado industrial.

1.1.3.3. Hidróxido de amonio grado industrial.

1.1.4. Acido sulfúrico concentrado.

1.1.4.1. Acido sulfúrico concentrado.

1.1.4.2. Acido perclórico al 70%.

1.1.4.3. Acido nítrico concentrado.

1.1.4.4. Molibdato de sodio.

1.2. Equipo.

1.2.1. Estufa de secado

1.2.2. Potenciómetro Beckman Zeromatic II.

- 1.2.3. Balanza analítica "Sartorius".
 - 1.2.4. Termobalanza Ultra "X".
 - 1.2.5. Aparato de reflujo para determinar fibra cruda LAB CON CO.
 - 1.2.6. Extractor de grasa LAB CON CO.
 - 1.2.7. Aparato de digestión y destilación LAB - CON CO.
 - 1.2.8. Mufla Dubuque IV Type Furnace.
 - 1.2.9. Espectrofotómetro Baush and Lomb.
 - 1.2.10 Crisoles de porocidad media de 40 mm. de diámetro con capacidad de 50 ml.
 - 1.2.11 Cápsulas de gelatina de 00.
 - 1.2.12 Un tira bolos.
 - 1.2.13 Bolsas de plástico
 - 1.2.14 Báscula de 100 Kg.
 - 1.2.15 Corraletas individuales con piso de concreto.
 - 1.2.16 Comededores y bebederos fabricados con botes de hoja de lata.
- 1.3. Alimentos
- 1.3.1. 320 Kg. de médula de caña de azúcar.
 - 1.3.2. Cuatro pacas de bagazo de caña de azucar de 80 kg. c/u.
 - 1.3.3. 150 kg. de salvado de trigo.
 - 1.3.4. 45 kg. de harinolina.

1.3.5. 90 kg. de melaza.

1.3.6. 9 kg. de urea.

1.3.7. 3 kg. de sales minerales.

1.4. Animales.

1.4.1. Ocho borregos castrados, encastados de -
Sulfock, con un peso promedio de 20 kg.-
de 4 meses de edad. Desparasitados exter
na e internamente.

1.5. Diseño Experimental.

1.5.1. Dos cuadrados latinos 4 x 4.

1.5.2. Pruebas estadísticas aplicadas:

1.5.2.1. Principios y procedimientos de -
Steel y Torrie.

METODOLOGIA

Los subproductos de la caña de azúcar (médula y bagazo) empleados en este experimento, se recolectaron en el Estado de Morelos. Fueron químicamente analizados para determinar su valor nutritivo (cuadro No. 1). Estos subproductos se trataron químicamente con tres sustancias alcalinas NaOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, y NH_4OH en soluciones al 3%, la hidrólisis consistió en remojar a la médula y al bagazo durante 24 horas en las diferentes soluciones en bolsas de plástico, guardando la relación de 100 ml. de solución por 100 g. de sustrato en base natural (50% de humedad). El bagazo y la médula, fueron estudiados con respecto a su contenido de paredes celulares, fibra ácido detergente, lignina, celulosa, sílice y contenido celular, antes y después de los tratamientos alcalinos, Cuadro No. IV.

Ocho borregos encastados con Sulfoek, con un promedio de 20 kg. de peso, de cuatro meses de edad, fueron distribuidos en dos cuadrados latinos (4x4), para determinar la digestibilidad de las raciones que fueron formuladas con los constituyentes que aparecen en el cuadro II.

Con el fin de adaptar a los animales a cada una de las raciones, se empleó un período preliminar de alimentación de 16 días. Desde el 10^a día del período preliminar hasta el final del experimento, los corderos recibieron a las 8 a.m., 5 g. de Cr_2O_3 en cápsulas de gelatina. - El agua y el alimento se ofrecieron ad libitum, llevándose registro diario del consumo de alimento.

La ración se elaboró diariamente, mezclando según el caso, la médula o el bagazo con el concentrado y la melaza, a la cual previamente se le había añadido la urea.

El período de colección de las heces fué de 6 -- días seguidos por 4 días de descanso, las muestras se tomaron directamente del recto, guardándose en bolsas de plástico que se mantuvieron en refrigeración para su análisis posterior. Al terminar la recolección, las heces se deshidrataron en una estufa a 75°C, posteriormente se tomaron 2 g. de cada muestra con el objeto de obtener una alícuota

Para minimizar los efectos de las variaciones -- diurnas en la excreción del Cr_2O_3 , se muestreó a intervalos de 12 horas, quedando el horario como se presenta en el cuadro III.

El experimento tuvo una duración de 52 días, los animales se pesaron al inicio de la investigación y posteriormente cada 10 días hasta el término de la misma. Los análisis proximales fueron conducidos de acuerdo al método de la AOAC. (1975). Los métodos propuestos por Van Soest (1967 - 1968), fueron empleados para calcular paredes celulares, fibra ácido detergente, lignina, celulosa y sílice. Los tratamientos alcalinos fueron llevados a cabo, mediante la técnica modificada de Beckman. La determinación de Cr_2O_3 fué efectuada mediante la técnica de Hill y Anderson modificada por Czarnocki (33,13).

La determinación de los coeficientes de digestibilidad de la materia seca y de la fibra cruda de las diferentes raciones, fueron obtenidos mediante la aplicación de las técnicas propuestas por Kleiber (40), y Harris (30).

Los análisis estadísticos fueron computados por medio de los principios y procedimientos de Steel y Torrie (77).

CUADRO I
 COMPOSICION QUIMICA (%) DEL BAGAZO Y MEDULA
 EN BASE SECA

	BAGAZO	MEDULA
MATERIA SECA	42.60	44.20
PROTEINA CRUDA	0.84	1.18
EXTRACTO ETereo	0.50	0.85
FIBRA CRUDA	17.33	21.12
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO	20.76	19.02
CENIZAS	3.17	2.03

CUADRO II
COMPOSICION (%) DE LAS RACIONES EXPERIMENTALES
EN BASE SECA

CONSTITUYENTES	(%)
BAGAZO O MEDULA	58
SALVADO DE TRIGO	18
HARINOIINA	7
MELAZA	15
UREA	1.5
SUPLEMENTO MINERAL	0.5

MATERIA SECA (RACION A BASE DE BAGAZO 49.37%; RACION A BASE DE MEDULA 46.65%).

CUADRO III

HORARIO UTILIZADO EN LA RECOLECCION DE HECES

PARA LA PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD

DIA	H O R A	
	A.M.	P.M.
1	8:0	8:0
2	10:0	10:0
3	12:0	12:0
4	2:0	2:0
5	4:0	4:0
6	6:0	6:0

RESULTADOS

Características bromatológicas de las materias primas: Los resultados de los análisis bromatológicos practicados a la médula y bagazo de caña se presentan en el cuadro I: al comparar la composición de los productos, la diferencia más notoria se encuentra en el contenido de la fibra cruda que es mayor en la médula.

Efecto de la hidrólisis alcalina sobre la composición del bagazo y médula de caña: En el cuadro IV; se dan los valores obtenidos para paredes celulares, celulosa, lignina, F.A.D., y contenido celular en los análisis practicados a el bagazo y médula de caña antes y después de los tratamientos alcalinos, aquí se observa que la cantidad recuperada de paredes celulares, celulosa y F.A.D., aumenta en el forraje tratado.

Caracterización de las raciones; Los valores obtenidos en el análisis bromatológico de las raciones tratadas químicamente se muestran en el cuadro V; en realidad la composición química de las raciones es muy similar, por lo que era de esperarse que la diferencia existente en este aspecto, entre las raciones testigo y las raciones a base-

de productos tratados no fuese estadísticamente significativa.

Consumo voluntario y coeficiente de digestibilidad para materia seca y fibra cruda.

En los cuadros VI y VII se encuentran los datos referentes al consumo voluntario de los 4 animales, correspondientes a cada uno de los tratamientos; así como, los coeficientes de digestibilidad para fibra cruda y materia-seca de las cuatro raciones.

El análisis estadístico de estos datos revela -- que no hubo diferencia significativa a nivel de $P0. < 01$.

Análisis bromatológico de las heces: para poder obtener los coeficientes de digestibilidad de las raciones se requirió practicar el análisis bromatológico de la alícuota de las muestras de heces tomadas en la investigación los resultados obtenidos se encuentran en el cuadro VIII.

En el cuadro IX se expresa el peso que registraban los borregos al inicio y final del experimento.

CUADRO IV

COMPOSICION QUIMICA DEL BAGAZO Y MEDULA SOMETIDOS A DIFERENTES TRATAMIENTOS^{1/}

	CONTROL	Ca(OH) ₂	NH ₄ OH	NaOH	D.E. ^{3/}
SUBPRODUCTOS ^{2/}	MEDULA BAGAZO	MEDULA BAGAZO	MEDULA BAGAZO	MEDULA BAGAZO	MEDULA BAGAZO
PAREDES CELULARES	76.86-76.34	81.80-84.54	86.63-87.58	85.36-86.74	± 4.37 ± 5.13
FIBRA ACIDO DETERGENTE	44.04-50.30	46.12-53.04	53.75-55.97	57.12-60.03	± 6.19 ± 4.16
LIGNINA	7.67-7.89	7.96- 7.96	8.20- 9.52	8.30- 9.21	± 0.81 ± 0.84
CELULOSA	33.26-36.16	36.72-41.56	42.77-43.03	41.16-47.07	± 4.31 ± 4.51
SILICE	2.80- 1.72	2.76- 1.75	2.78- 1.97	2.80- 1.78	± 0.02 ± 0.11
CONTENIDO CELULAR	23.14-23.66	18.2 -15.46	13.37-12.42	14.64-13.26	± 1.89 ± 2.22

1
161

^{1/} Determinado por el método de la fibra ácido detergente de Van Soest y Wine (1967-1968)

^{2/} Porcentaje de la Materia Seca

^{3/} Desviación Standar

CUADRO V

COMPOSICION QUIMICA DE LAS RACIONES EXPERIMENTALES

EN BASE A MATERIA SECA

Composición en base a materia seca (%)	RACION A BASE DE BAGAZO				
	Sin Tratamiento	Ca(OH) ₂ 3%	NH ₄ OH 3 %	NaOH 3%	Desviación Standar
PROTEINA CRUDA	22.13	22.20	22.40	22.81	+ .828
EXTRACTO ETereo	2.06	3.08	2.40	2.65	+ .428
FIBRA CRUDA	30.45	29.34	27.92	29.34	+ 1.034
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO	34.70	33.43	36.54	33.26	+ 1.513
CENIZAS	10.66	11.95	10.90	11.94	+ .678
MATERIA ORGANICA	89.34	88.05	89.10	88.06	+ .678
RACION A BASE DE MEDULA					
PROTEINA CRUDA	26.50	27.04	27.74	25.41	+ .981
EXTRACTO ETereo	3.75	3.53	3.71	3.43	+ .141
FIBRA CRUDA	27.14	28.19	27.83	27.97	+ .447
EXTRACTO LIBRE DE NITRO GENO	32.23	29.41	29.93	31.33	+ 1.287
CENIZAS	10.38	11.83	10.78	11.86	+ .741
MATERIA ORGANICA	89.62	88.17	89.22	88.14	+ .741

C U A D R O V I
 CONSUMO VOLUNTARIO DE ALIMENTO (g) ^{1/}

T R A T A M I E N T O S				
MATERIA PRIMA BAGAZO	TESTIGO	Ca(OH) ₂ 3%	NH ₄ OH 3%	Na OH 3%
No. de ovino				
1	544.21	796.92	583.12	765.83
2	715.28	625.88	804.71	648.168
3	796.87	820.48	680.29	847.44
4	940.740	878.55	800.79	769.72
MATERIA PRIMA MEDULA				
1	831.06	1045.17	905.28	827.11
2	995.82	868.24	942.33	999.945
3	1111.05	1094.55	1008.14	1127.49
4	1160.43	1135.74	1016.38	1069.89

^{1/} Materia en base seca.

CUADRO VII

CONSUMO DE ALIMENTO Y COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA Y FIBRA
CRUDA EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTO

BAGAZO	TESTIGO	Ca (OH) ₂	NH ₄ OH	Na OH
CONSUMO DE ALIMENTO (g)	749.28	780.46	717.23	766.77*
DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA (%)	59.08	61.94	55.56	57.65*
DIGESTIBILIDAD DE LA FIBRA CRUDA (%)	71.72	71.39	71.19	68.32*
CONSUMO DE ALIMENTO (g)	1024.59	1035.93	968.04	1005.61*
DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA (%)	67.11	67.27	67.14	67.67*
DIGESTIBILIDAD DE LA FIBRA CRUDA (%)	65.48	66.36	59.28	65.69*

* No hubo diferencia significativa en ninguno de los tratamientos.
($p < 0.01$)

CUADRO VIII
COMPOSICION QUIMICA DE LAS HECES
EN BASE SECA (%)

MATERIA PRIMA BAGAZO

TRATAMIENTO No. DE OVINOS	T E S T I G O				Ca(OH) ₂ (3%)				NH ₄ (3%)				NaOH (3%)			
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
PROTEINA CRUDA	14.05	17.63	15.69	17.91	16.25	13.73	15.50	13.67	13.65	16.45	13.32	16.20	16.47	14.19	15.53	14.80
EXTRACTO ETHERID	3.00	2.09	3.03	2.97	2.46	3.27	2.86	2.04	3.09	3.28	2.79	2.33	2.90	2.37	2.34	2.74
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO	42.83	42.11	41.59	41.33	47.15	41.95	41.36	41.35	43.30	42.71	45.76	44.98	41.73	44.74	45.59	42.75
CENIZAS	14.29	13.82	12.48	11.90	15.79	13.98	11.87	16.70	13.26	12.35	14.08	13.00	12.08	12.86	13.14	12.41
MATERIA ORGANICA	85.71	86.18	87.52	88.1	84.21	86.02	88.13	83.30	86.74	87.65	85.92	87.00	87.92	87.14	86.86	87.59

MATERIA PRIMA MEDULA

PROTEINA CRUDA	14.53	16.01	16.92	18.99	17.65	17.34	17.24	15.34	13.88	18.11	14.53	14.80	17.64	15.31	17.18	19.07
EXTRACTO ETHERID	2.25	2.64	2.47	2.92	2.36	2.3	2.73	2.34	3.06	3.96	2.39	2.45	2.47	2.32	2.16	2.83
FIBRA CRUDA	26.14	20.41	23.88	24.35	28.49	23.79	22.95	23.43	23.47	23.36	25.11	25.50	25.41	26.19	27.07	26.99
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO	42.41	46.39	42.64	41.82	36.12	40.29	42.79	41.56	45.94	41.45	43.17	42.45	40.86	39.93	38.50	36.38
CENIZAS	14.67	14.55	14.09	11.92	15.38	16.28	14.29	17.33	13.65	13.12	14.80	14.80	13.62	16.25	14.89	14.73
MATERIA ORGANICA	85.33	85.45	85.91	88.08	84.62	83.72	85.71	82.67	86.35	86.88	85.2	85.20	86.38	83.75	85.11	85.27

CUADRO IX

PESO INICIAL Y FINAL DE LOS BORREGOS USADOS EN EL EXPERIMENTO

NUMERO DE OVINO

MATERIA PRIMA BAGAZO	PESO INICIAL	PESO FINAL	DIFERENCIA EN (KG)
1	18.1	21.1	3
2	21.5	23.5	2
3	20.4	22.6	2.2
4	20.6	22.6	2

MATERIA PRIMA MEDULA

1	18.5	22.7	4.2
2	22.1	25.5	3.4
3	20.4	24.0	3.6
4	22.4	26.0	3.6

1
66
1

D I S C U S I O N

Al comparar los resultados del análisis bromatológico practicado a la médula y al bagazo de caña, se -- observa que la diferencia más notoria, existe en el contenido de fibra cruda, que es mayor para la médula; posiblemente esto se debe a que la médula es el residuo que se obtiene al retirar las fibras largas del bagazo, las cuales se usan, por su elevado contenido en celulosa, para la fabricación de papel. Siendo el bagazo más rico en celulosa y lignina, lo más lógico sería pensar, que su -- contenido en fibra cruda fuera mayor que el de la médula; sin embargo, tomando en consideración que cerca del 80% de la hemicelulosa, del 50 al 90% de lignina y del 20 al 50% de celulosa, se pierde durante la hidrólisis ácida - y alcalina, es de esperarse que el contenido de fibra -- cruda del bagazo sea menor que el de la médula.

Es evidente que el método de la F.C., es altamente empírico, pues únicamente calcula una cantidad pequeña y variable de los elementos que forman la fibra en la dieta, obviamente estas determinaciones no pueden ser usadas con carácter científico.

En los últimos años ha renacido el interés por estudiar a la pared celular, la cual generalmente es reportada como F.C., término cuyo empleo, constituye un -- obstáculo para la investigación, pues conceptos como indigestible e inaprovechable, han sido asociados con las fibras de la planta, sembrando la confusión.

Afortunadamente han aparecido métodos más científicos, entre ellos se encuentran los métodos de la F.N.D. y F.A.D., propuestos por Van Soest, por medio de los cuales se puede determinar paredes celulares, lignina, celulosa, sílice e indirectamente contenido celular.

El método de la fibra neutro detergente (F.N.D.), uno de los mejores procedimientos desarrollados para sustituir al método de la F.C., pues proporciona un cálculo exacto sobre la cantidad de paredes celulares contenidas en los alimentos de origen vegetal; por medio de éste método, se remueve a los carbohidratos solubles, proteínas y lípidos, como complejos detergentes de sodio, el residuo es esencialmente lignina celulosa y hemicelulosa, sus desventajas son la formación excesiva de espuma durante la ebullición, además de que, el residuo se filtra muy - lentamente.

El método de la "Fibra ácida detergente" (F.A.D.),

representa esencialmente a la lignina y la celulosa, incluyendo elementos plásticos como el sílice. Su principal ventaja es la estimación de la digestibilidad en los alimentos para rumiantes, además de que sirve como punto de partida para determinar lignina, celulosa y sílice, - los cuales quedan libres de otros elementos que impiden su análisis. Sus desventajas son: que en ésta fracción, - no se incluye a las hemicelulosas y pectinas, compuestos que son removidos durante la extracción.

Los compuestos químicos que se usan con más frecuencia para aumentar la digestibilidad de los forrajes son:

NaOH: Anderson (2), Javed (36), Klopfenstein --
(4) Rounds (66), Saxena (67), Waller (96)
y Todorov (83).

NH₄OH: Rounds (66), Waiss (95), Waller (96), Todorov (83) y Zafren (105).

Ca(OH)₂: Waller (96) y Rounds (66).

Singh (71), Oloalde (55), Rexen (64), concuerdan en que "in vivo", la digestibilidad y la ingesta del forraje se incrementa usando de 3 a 6 gr. de álcali/100 gr. de paja.

No obstante el óptimo en los niveles de álcali, varía de experimento en experimento, pudiendo ser diferente para los distintos forrajes, dietas y animales.

De cualquier manera, la cantidad óptima de álcali, siempre será menor "in vitro". Maeng (46) supone que la baja digestibilidad "in vivo", es debida al aumento - en tensión superficial del fluido ruminal, lo cual inhibe la acción de los microorganismos del rumen.

Mecanismos por medio de los cuales los tratamientos químicos aumentan la digestibilidad: La causa por la cual aumenta la digestibilidad de los forrajes -- procesados, depende del tipo de tratamiento. Así es como en las reacciones en las que se utiliza temperatura y presión elevada, básicamente, ocurren procesos de deslignificación, en donde la lignina es removida, y por ende -- aumenta la disponibilidad de celulosa. La deslignificación no ocurre cuando los productos lignificados v.gr. - madera, rastrojo de maíz, bagazo de caña, etc., son tratados con soluciones débiles de álcali y a temperaturas que no excedan los 150°C. Esto último ha quedado demostrado en investigaciones en donde el aumento de la digestibilidad, va acompañada de una imperceptible pérdida de lignina; sin embargo, es un hecho el aumento de digestibilidad. Para explicar el mecanismo por medio del cual se

rompe la unión lignina-celulosa, Stone y Col. (78). Tarkow Feist (80), concluyen que el aumento de la digestibilidad, se debe a un efecto físico que se alcanza con el punto de saturación de la fibra, lo cual permite a un número mayor de enzimas llegar hasta el sustrato.

En observaciones hechas sobre el efecto del tratamiento químico sobre la pared celular, Tarkow y Feist (80), han demostrado que el NaOH y el amonio, están involucrados en la saponificación de ésteres del ácido urónico y grupos cetil.

Esta saponificación, provoca un rompimiento de las uniones lignina celulosa y es así como el sustrato se expone a la acción enzimática.

En confirmación a su teoría, Feist y Col. (23), han establecido la cantidad mínima de NaOH (5 a 5 gr. de NaOH/100 gr. de paja), para obtener la máxima digestibilidad, esta cifra es muy similar a la cantidad necesaria para saponificar los ésteres del ácido urónico y de los grupos acetal.

En lo que respecta al NH_4OH , Zafren (105), sugiere los grupos cetil que se liberan en la reacción, se combinan con el amonio para formar acetato de amonio.

Al determinar el contenido de paredes celulares, lignina y celulosa de la médula y del bagazo de caña, antes y después de los tratamientos alcalinos, se encontró que, el bagazo es más rico en celulosa y lignina; sin embargo, el contenido de paredes celulares es muy similar en las 2 muestras, estos resultados concuerdan con lo reportado por E. Donefer, La Hoz y Sharma (19, 43, 68).

Como se observa en el cuadro V, el contenido de paredes celulares es superior al 80%. En este punto, es necesario hacer notar, las observaciones hechas por Van-Soest (92), en el sentido de que ha medida que aumenta la fibra ácido detergente, disminuye la digestibilidad y que niveles mayores al 60% de paredes celulares, disminuye la ingestión voluntaria de alimento. Por otra parte, se observa que con los tratamientos alcalinos, las muestras analizadas presentan un aumento recuperación de paredes celulares, F.A.D., lignina y celulosa; esto sugiere, que si bien algunos compuestos no fueron disueltos durante el tratamiento alcalino, si fueron hechos solubles con la ebullición en las soluciones ácido detergente y neutro detergente, estas observaciones concuerdan con las hechas por Sharma (68), Verma (93) y Charib (24).

Debido a que el nitrógeno, las sales minerales y los carbohidratos solubles, limitan al digestibilidad-

de los forrajes tratados, se optó por suplementar la ración con urea, sales minerales, melaza, harinolina y salvado de trigo.

Los análisis bromatológicos de las diferentes raciones (cuadro V), revelan que no existe diferencia significativa en su computación química, no obstante, se -- observa que el contenido de proteína cruda de las raciones a base de médula, es mayor que el de las raciones a base de bagazo, esto es debido a que la médula como tal, es más rica en proteína cruda.

El período de muestreo se realizó del sexto día de haber empezado a suministrar el Cr_2O_3 , esto fué con -- la finalidad, de que la excreción del marcador se equilibrará (69).

Para eliminar el efecto de las variaciones existentes en la excreción del Cr_2O_3 , se empleó un horario -- similar al propuesto por Hayes y col. (31).

En lo que se refiere al consumo voluntario, no -- hubo diferencia significativa entre tratamientos; sin em -- bargo, es digno de hacer notar, que los animales a los -- que se les suministró la ración, que contenía médula co -- mo base, consumieron más materia seca que los animales -- alimentados a base de bagazo, esto se debe fundamentalmen

te, a que como es sabido, el paso por el rumen de los alimentos molidos es muy rápido, incrementándose por ende la ingestión.

Al efectuar el análisis estadístico, se encontró que la diferencia entre los coeficientes de digestibilidad (cuadro VIII), de los 4 tratamientos, no fué significativa ($p < 0.01$); tanto para la médula como para el bagazo, lo cual corrobora lo reportado por Verma (94), Johnson (38) y Sharma (68).

El hecho de que los tratamientos alcalinos no incrementaron la digestibilidad "in vivo" del bagazo y la médula de caña, no debe de sorprender, pues la respuesta a los tratamientos varía, según el tipo de forraje, de animales y de la suplementación dada. Además, según lo reportado por Summer y Sherrod (79), los forrajes tratados que tienen una reducción en la hemicelulosa y un significativo o poco cambio en el contenido de lignina ácido detergente, tienen un incremento notable en su coeficiente de digestibilidad, no así, en los forrajes en los que como en este caso se registra un aumento en la lignina ácido detergente (cuadro IV).

Inclusive se puede observar, que en el lote tes tigo, el coeficiente de digestibilidad para la fibra cru

da es mayor que para los otros tres en los que se uso el forraje tratado.

Este fenómeno puede ser debido, a que la digestibilidad se vió afectada por la acción adversa que ejercieron las soluciones alcalinas sobre la flora ruminal.

Comparando la digestibilidad del bagazo y de la médula, se observa, que pese a que las raciones a base de médula tienen una mejor digestibilidad en lo referente a materia seca, su coeficiente de digestibilidad para la fibra cruda es menor que para las raciones a base de bagazo, esto probablemente sea debido a que la médula -- por ser un forraje molido, permanece menor tiempo en el rumen y por lo tanto la fibra es degradada en forma parcial.

En lo que se refiere al peso de los animales; al final de los 52 días que duró la investigación, encontramos que si bien, los tratamientos alcalinos no aumentarían significativamente el coeficiente de digestibilidad del bagazo y de la médula de caña, los corderos lograron no tan sólo, mantener, si no aumentar de peso, aún a pesar de que el consumo en materia seca fué bajo. Los animales alimentados con raciones a base de médula, tuvieron mejores ganancias de peso, ello se debe a que consumieron más alimentos y pese a que como se sabe, el mo-

lido tiene un efecto adverso sobre la digestibilidad, es
to se compensa por el incremento en el consumo volunta--
rio, lo cual se traduce en un mayor aporte de energía.

C O N C L U S I O N E S

1. El término fibra cruda, por más de un siglo, se ha tomado como un índice del contenido total de la materia indigerible de los forrajes.

2. La naturaleza empírica del método para calcular la fibra cruda, impone severas restricciones en el análisis de alimentos.

3. La fibra cruda de los alimentos es una frac--ción empírica.

4. Actualmente se debe considerar el término "fibra", como un grupo de elementos asociados con la pared celular; en el mismo sentido como aceptamos, el término vitamina, para una clase de substancias que no son necesaria--mente aminas.

5. Si fuera posible eliminar el término fibra --cruda de la nomenclatura nutricional, se debería reempla--zar por otro término científicamente más aceptable, como - por ejemplo, el de fibra ácido detergente.

6. Debido a las limitaciones del método de la -- "fibra cruda", se han desarrollado procedimientos más científicos y precisos.

7. Antes de adoptar cualquier otro método para - determinar los elementos que constituyen la pared celular- de los forrajes, se debe tomar en cuenta la pureza de la - fracción obtenida, la cual debe tener muy poco nitrógeno,- de manera que sirva como base para el análisis posterior - de otros elementos; de la misma manera, es necesario tomar en cuenta la rapidez, la economía y la reproducibilidad del método.

8. Hasta el momento el procedimiento más acepta-- do, por cumplir con la mayoría de los requisitos expresa-- dos, es el propuesto por Van Soest.

9. Por lo anterior, se sugiere que se difunda -- más la metodología propuesta por Van Soest y se coloque en un segundo plano el método de la fibra de la A.O.A.C.

10. Debido a el déficit existente en la produc- - ción de alimentos, la utilización de forrajes de baja ca- lidad como pienso es de vital importancia. Un factor limitante en la producción de proteínas de alta calidad, para- un desarrollo armonioso entre la agricultura y la produc--

ción pecuaria es la falta de alimentos para los animales.- Este problema es muy serio en las regiones tropicales, -- pues en este clima se favorece el crecimiento y la lignifi-- cación precoz de la planta, con la consecuente pérdida de-- digestibilidad.

11. En muchas áreas, en especial en los alrededores de las ciudades, existe gran cantidad de productos cel-- lulósicos altamente lignificados, como pajas, cáscaras de-- granos, subproductos de la caña, etc., los cuales no se -- aprovechan adecuadamente, constituyendo en muchos casos un problema ecológico.

12. La celulosa es el polisacárido más abundante-- de la pared celular de los forrajes.

13. Siendo la celulosa un homopolímero de la glu-- cosa, representa una de las fuentes más grandes de alimen-- tos proveedores de energía.

14. La asociación química y/o física de la celu-- sa con la lignina y el sílice, disminuye su digestibilidad

15. Existen un sin-número de tratamientos quími-- cos para aumentar la digestibilidad de los forrajes, de -- los cuales los más comúnmente empleados son NaOH , NH_4OH , -- Ca(OH)_2 y KOH .

16. Los tratamientos alcalinos aumentan la digestibilidad de la celulosa y hemicelulosa.

17. El contenido de lignina generalmente no se altera con los tratamientos alcalinos.

18. El óptimo de los niveles y tipo de álcali, varía de un experimento a otro, siendo diferentes para los distintos forrajes, dietas y animales.

19. La cantidad óptima de álcali para el tratamiento de forrajes, es mucho menor "in vivo" que "in vitro".

20. Después del tratamiento alcalino al bagazo y a la médula de caña, aumentó la recuperación de los componentes de la pared celular, lo que sugiere que algunos elementos de la pared celular fueron solubilizados pero no disueltos por la solución alcalina.

21. El bagazo y la médula de caña responden menos que las pajas al tratamiento alcalino, por lo que su procesamiento, con objeto de usarlos como alimento en rumiantes, no justifica económicamente, a menos de que a los tratamientos alcalinos se añadan tratamientos físicos, pero esto elevaría el costo del proceso.

B I B L I O G R A F I A

1. Abraham, R., Fabian, R.J., Golberg, L. and culs--
ton, F. Role of lysozymes in carrageenan-induced cecal
ulceration". Gastroenterology., 67:1169-1181 (1974).
2. Anderson, D. Craig and A.T. Ralston.: "Chemical --
Treatment of ryegrass straw: In vitro dry matter di
gestibility and compositional changes". J. Anim. --
Sci., 37:148-152 (1973).
3. Aspinall, G.O.: "Pectins, plant gums and other plant
polysaccharides. In; The Carbohydrates. New York, -
Academic Press, vol. Iib, Cap. 39, p. 515. (1970).
4. A.O.A.C.: Official Methods of Analysis. 7 th ed. --
Association of Official Agricultural Chemists, - -
Washington, D.C. (1975).
5. Beardsley, D.W.: "Symposium on forage utilization:-
Nutritive value of forage as affected by physical -
form. II. Beef Cattle and Sheep Studies." J. Anim.
Sci, 23:232-245 (1964).

6. Beckmann, E.: "Conversion of grain straw and lupins into seeds of high nutritive value".. Chem. Abstr.,- 16:765 (1922).
7. Berlyne, G.M., J.B. Ari, E. Nord and R. Shainkin.:- "Bedovin osteomalasia due to calcium deprivation -- Caused by high phytic acid content of unleavened -- bread." Am. J. Clin, Nutr., 26:910 - 911 (1973).
8. Bjorn, Rasmussen, E.: "Iron absorption from wheat-- bread. Influence of various amounts of bran". Nutr. Metab., 16:101-104 (1974).
9. Blake, J.D., and G.N. Richards.: "An examination of some methods for fractionation of plant hemicelluloses". Carbohydr. Res., 17:253-262 (1971).
10. Bruce, R. Bistrani, M.D.: "Interaction of nutrition and infection". Amer. J. Clin. Nutr. 30:1228-1232 - (1977).
11. Chandra, S., and M.G. Jackson.: "A study of various chemical treatments to remove lignin from coarse -- roughages and increase Their digestibility". J. - - Agric. Sci., 77:11-17 (1971).
12. Cheeke, P.R.: "Alfalfa: A natural hypocholesterolemic agent". J. Clin. Nutr., 26:133 (1973).

13. Czarnocki, J., Sibbald, I.R. and Evans, E.U.: "The-determination of chromic oxide in samples of feed - excreta by acid digestion and spectrophotometry". - Can. J. Anim. Sci., 41:167-174 (1961).
14. Danishefsky, I., R.L. Whistler and F.A. Bettelheim.: "Introduction to polysaccharide chemistry". In; The Carbohydrates. New York, Academic Press, Vol. II A, P. 375. (1970).
15. Davies, N.T., and R. Nightingale.: "Effect of Phyta te on zinc absorption and faecal zinc excretion - - and carcass relation of zinc, iron, copper and manganese". Proc. Nutr. Soc., 33:8A (1974).
16. De Alba Jorge.: Alimentación del Ganado en América-Latina. segunda edición. México 20, D.F. Editorial-Fournier P. 1-76 (1974).
17. Deinum, B., A.J.H. Van Es and P.J. Van Soest.: "Cli mate nitrogen and grass II. The influence of light-intensity, temperature and nitrogen on in vivo di-gestibility of grass and the prediction of these -- effects from some chemical procedures". J. Agric. - Sci., 16:217-223 (1968).

18. Dekker, R.F.H., and Richards G.N.: "Effect of delignification on the in vitro rumen digestion of polysaccharides of bagasse". J. Sci. Food. Agric., 24: 375-379 (1973).
19. Donefer, E., I.O.A. Adeleye, and T.A.O.A.C. Jones.: "Effect of urea supplementation on the nutritive value of NaOH treated oat straw". In; Cellulases and their applications Adv. Chem. Ser. 95. 95., Am. Chem. Soc., P. 328-339 (1969).
20. Dyer, I.A., E. Riquelme, L. Baribo y B.Y. Couch.: - "Residuos de celulosa como fuente energética para producir proteínas de origen animal". Rev. Mundial-Zootec., I:39-43 (1975).
21. Fahrenbach, M.J., B.A., Riccardi and W.C. Grant.: - "Hypocholesterolemic activity of mucilaginous polysaccharides in white leghorn cockerels". Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 123:321-323 (1966).
22. Faush, H.D., and T.A. Anderson.: "Influence of citrus pectin feeding on lipid metabolism and body composition of swine. J. Nutr. 85:145-149 (1965).
23. Feist, W.C., A.J. Baker, and H. Tarkow.: "Alkali requirements for improving digestibility of hardwoods by rumen microorganisms." J. Anim. Sci., 30:832-835 (1970).

24. Gharib, F.H., Goodrich, R.H., Meiske, J.C. and Serafy, A.M.: "Effects of grinding and sodium hydroxide treatment on poplar bark". J. Anim. Sci., 40:727:--733 (1975).
25. Griminger, P., and H. Fisher.: Anti hypercholesterolemic action of Scleroglucan and pectin in chickens" Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 122:551-553 (1966).
26. Goering, H.K. and Van Soest, P.J.: "Forage fiber -- Analyses".. Agriculture Hand book No. 379, U.S.D.A. Washington, D.C. P. 1-12 (1970).
27. Gould, S.E. B., D.A. Rees, N.G. Richardson and I.W. Steele". Pectic polysaccharides in the growth of -- plant cells: Molecular structural factors and their role in the germination of white mustard". Nature., 208:876-878 (1965).
28. Guggolz, J., R M. Saunders, G.O. Kohler, and T.J. - Klopfenstein.: "Enzymatic evaluation of processes - for ruminant feeds". J. Anim. Sci., 33:167-170 (1970)
29. Harkin, J.M.: "Lignin". In; Chemistry and biochemistry of herbage. Academic Press, New York., P. 213 - (1973).

30. Harris, L.E. Loffgreen, G.P., Kercher, C.J. Raleigh, R.J., and Bohman V.R.: "Techniques of research in - range livestock nutrition". Agr. Expt. Sta. Bul., - 471 (1967).
31. Hayes B.W., C.D. Little and G.E. Mitchell, Jr.: "In fluence of ruminal, abomasal and Intestinal Fistula tion on digestion in steers", J. Anim. Sci., 23: -- 764-766 (1964).
32. Hellendoorn, E.W., Noordhoff, MG. I. Slagman, J.: - "Enzymatic determination of the indigestible resi-- due content of human foods". J. Sci. Food. Agric., - 26:1461-1468 (1975).
33. Hill, F.W. and Anderson, D.L.: "Comparison of meta- bolizable energy and productive energy determina- tion with growing chicks". J. Nutr, 64:587-603 - - (1958).
34. Horton, D., and M.L. Wolfram.: "Polysaccharides": - In; Comprehensive Biochemistry. London Elsevier -- Vol. 5, P. 185 (1963).
35. Hungate, R.E.: La celulosa en la nutrición animal.- Ed. Continental S.A. México, P. 1-36 (1975).

36. Javed, A.H. and E. Donefer.: "Alkali treated Straw-rations for fattening lambs". J. Anim Sci., 31:245- (1970) (Abstract).
37. Jenkins, D.J.A., M.S. Hill and J.H. Cummings.: - - "Effect of wheat fibre on blood lipids, fecal ste--roid excretion and serum iron". Am. J. Clin. Nutr., 28:1408-1411 (1976).
"
38. Johnson, W.L. and Pezo, D.: "Cell wall fractions -- and in vitro digestibility of peruvian feedstuffs". J. Anim. Sci., 41:185-197 (1975).
39. Kertesz, Z.I. "Polyuronides". In: "Comprehensive -- Biochemistry". M. Forkin and E. Stotz (eds). London Elsevier, Vol. 5, Carbohydrates., P. 233 (1963).
40. Kleiber, M.: "The fire of life". John Wiley and Son (eds). New York, U.S.A., P. 254-255 (1961).
41. Klopfenstein, T.J. and W. Woods.: "Sodium and potas sium hydroxide treatment of wheat straw and corn -- cobs". J. Anim. Sci., 31:246 (1970) (abstract).
42. Kolb, E. Gurtler, H., H.A. Ketz., L. Schroder y H.-Seidel.: Fisiología Veterinaria "Vol. I 2da edición. Ed. Acribia Zaragoza España., P. 265-335 (1975).

43. La hoz E., J. Rufz, C. Arenas, A. Bacigalupo, M. Va
ra y M. Timaná.: "Uso del bagacillo de caña tratada
con NaOH en raciones de engorde de bovinos. En; Re-
súmenes de trabajos de la primera reunión interna--
cional sobre la utilización de la caña de azúcar en
la alimentación animal. H. Puerto Veracruz., P. 23-
24 (1972).
44. Lampila, M.: "Experiments with alkali straw and - -
urea". Nutr. Abstr. Rev., 34:575 (1964).
45. Lin, T.M., K.S. Kim. E. Karinen and A.C. Ivy.: Ef--
fect of dietary pectin, "protopectin" and gum ara--
bic on cholesterol excretion in rats". Am. J. Phy--
siol., 188:66 (1967).
46. Maeng, W.J., D.N. Mowat, and W.K. Bilausky.: "Diges-
tibility of NaOH treated Straw fed alone or in com-
bination with alfalfa silage". J. Anim. Sci., 51:--
743-747 (1971).
47. Mc. Cance, R.E., and E.M. Widdowson.: "Mineral meta-
bolism of healthy adults on white and brow bread --
dietaries". J. Physiol. 101:44-53 (1943).
48. Mangold, D.E.: "The digestion and utilization of --
crude fibre" Nutr. Abstr. Rev., 3:647 (1934).

49. Millett, M.A., A.J., Baker, W.C. Feist, R.W. Mellenberger, and L.D. Satter.: "Modifying wood to increase its in vitro digestibility" J. Anim. Sci., 31:781-788 (1970).
50. Moore, L.A.: "symposium on forage utilization: "Nutritive value of forage as affected by physical form. Part I. General principles involved with ruminants and effect of feeding pelleted or waffered forage to dairy cattle". J. Anim. Sci., 23:230-238 (1964).
51. Nath, K., K. Sahai, and N.D. Kehar.: "Effect of water washing lime treatment and lime and calcium carbonate supplementation on the nutritive value of paddy (Oryza. Sativa) Straw". J. Anim. Sci., 28:383 - 385 (1969).
52. Nordfeldt, S.: "Chemically treated cane bagasse for cattle feed". Hawai. Agric. Exp. Stn. prog. Note -- #69 P. 1-10 (1951).
53. Northcote, D.H.: Differentiation in higher plants. - Oxford. Biology Readers No. 44. London, Oxford University Press, (1974).

54. Northcote, D.H., and J.D. Pickett Heaps.: "A functional of the Golgi apparatus in polysaccharide synthesis and transport in the root cap cells of wheat". *Biochem. J.*, 98:159-163 (1966).
55. Oloalde, B.G., D.N. Mowat, and J.E. Winch.: "Effect of processing methods on the in vitro digestibility of sodium hydroxide treated roughages". *Can J. Anim Sci.*, 50:657-662 (1970).
56. Percival, E.: "Aldonic, uronic, oxaldonic and ascorbic acids In; *Comprehensive Biochemistry.*, M. Florin and E. Stotz (eds). London Elsevier Vol. 5, Carbohydrates, P. 67 (1963).
57. Pigden, W.J., and D.P. Heaney.: "Lignocellulose in ruminant nutrition". In *Cellulases and their applications.*, *Advances in Chemistry Series 95*, G.J. -- Hajny and E.T. Reese (eds)., Washington American -- Chemical Society. P. 245-261 (1969).
58. Pigden W.J., G.I. Pritchard, and D.P. Heaney.: "Physical and chemical method for increasing the available energy content of forages. Proc. 10 th, Int.-Grassl. Congr. Univ. Helsinki, Helsinki, Finland P. 397-401 (1966).

59. Pigden W.J. y Bender F.: "Aprovechamiento de la lignocelulosa por los rumiantes". Rev. Mundial. Zootec. I:7-10 (1972).
60. Preston, R.D.: Plant cell walls. Dynamic aspects of plant ultrastructure", A.W. Robards (eds). Meidenhead, England Mc. Graw Hill, chapt 7, p. 256 (1974)
61. Ranby, B: "Recent progress on the structure and morphology of cellulose". In: Celluloses and their applications, Advances in chemistry series 95, G.J. Hajny and E.T. Reese (eds). Washington American Chemical Society. P. 139-242 (1964).
62. Randal P.F.R. Carrero, and I. Valencia.: "Estudio preliminar sobre uso del bagazo tratado químicamente en raciones completas para vacas lecheras". Publ. Misc. 70 Universidad de Puerto Rico, Ricinto de Mayagüez., P. 1 (1970).
63. Reinhold, J.G., K. Nasr, A., Lahimgarzadeh and H. Hedayati "Effect of purified phytate and phytate rich bread upon metabolism of zinc, calcium, Phosphorus and nitrogen in man. Lancet., 1:283 (1973).
64. Røxen, F. and K. Vestegaard Thomsen.: "The effect on digestibility of a new technique for alkali treatment of straw. Anim. feed. Sci Technol., 1:73-83 (1976).

65. Riccardi, B.A., and M.J. Fahrenbach.: "Effect of guar gum and pectin N.F. on serum and liver lipids of cholesterol fed rats". Proc. Soc. Exp. Biol. -- Med., 154:749-752 (1957).
66. Rounds, Whitney and Terry Klopfenstein.: "Chemicals for treating crop residues". J. Anim. Sci., 39:251- (1974). (abstract).
67. Saxena, S.K., D.E. Otterby, J.D. Denker and A.L. -- Good.: "Effects of feeding alkali-treated oat straw supplemented with soybean meal or nonprotein nitrogen on growth lambs and on certain blood and rumen- liquor parameters". J. Anim. Sci., 33:485-490 (1971)
68. Sharma, S.D. and Jackson, M.G.: "The effect of So-- dium hydroxide treatment on the composition and di- gestibility of cell walls". In; Improved utiliza- - tion of agricultural waste materials and industrial by- products as livestock feed. Research Progress - report 1969-1974., Pant University, Pantnagar P. 45- 48.
69. Sharpe, S.J. and Robinson, M.F.: "Intermitent and - continous faecal markers in short-term metabolic ba lance studies in young woman". Brit. J. Nutr., 24:- 489-500 (1970).

70. Siegal, S.M.: "Biochemistry of the plant cell wall"
In: Comprehensive Biochemistry., M. Florin and E.H. Stots (eds) New York, Elsevier. Vol. 26, P.I. (1968)
71. Singh, M., and M.G. Jackson.: "The effect of different levels of sodium hydroxide spray treatment of wheat straw on consumption and digestibility by cattle". J. Agric. Sci. Camb., 66:5-10 (1971).
72. Sisson S. J.D. Grossman.: Anatomía de los animales-domésticos. Ed. Salvat. Barcelona España. P. 439-459. (1972).
73. Smith, L.W. H.K. Goering and C.H. Gordon.: "In vitro digestibility of chemically Treated feces". J.-Anim. Sci., 31:1205-1209 (1970).
74. Southgate, D.A.T.: "Fibre and the other unavailable-carbohydrates and their effects on the energy value of the diet". Proc. Nutr. Soc., 32:131-138 (1973).
75. Southgate, D.A.T.: "Determination of carbohydrates-in foods. I. Available carbohydrate. J. Sci. Food,-Agric., 20:326-330 (1969).
76. Southgate, D.A.T., Determination of carbohydrates - in foods. II. Unavailable carbohydrate. "J. Sci. -- Food. Agric., 20:331-336 (1969).

77. Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. "Principles and procedures of statistics". Mc. Graw-Hill Book Co. New-York. (1960).
78. Stone, E.J., H.F. Morris Jr. R.E. Girovard, Jr. and J.B. Frye.: "Chemical treatment of roughages". La - Agric., 8:4 (1965).
79. Summers, C.B. and Sherrod, L.B.: "Sodium hydroxide-treatment of different roughages". J. Anim. Sci., - 41:420 (1975) (abstract).
80. Tarkow, H., and W.C. Feist.: "A mechanism for improving the digestibility of lignocellulosic materials with dilute alkali and liquid ammonia". In: Cellulases and their applications Adv. Chem. Ser 95, American Chemical Society, Washington D. C.P. 197-219 -- (1969).
81. Thornber, J.P., and D.H. Northcote.: "Changes in -- the chemical composition of a cambial cell during -- its differentiation into xylem and pholem Tissue in-trees I. Main components". Biochem J., 81:449-454 -- (1961)

82. Thornber, J.P., and D.H. Northcote: "Changes in the chemical composition of a cambial cell during its differentiation into xylem and phloem tissue in trees, II Carbohydrate constituents of each components." *Biochem. J.*, 81:455-464 (1961).
83. Todorov., N.A.: "Recent developments in animal nutrition research in Eastern Europe". *J. Anim. Sci.*, 40:1285-1299 (1975).
84. Trowell, H.: "Definition of fiber". *Lancet.*, 1:503- (1974).
85. Trowell, H.: "Ischemic heart and dietary fiber". *Am J. Clin. Nutr.*, 25:926-932 (1972).
86. Van Soest., P.J.: "Nonnutritive residue. A System of analysis for the replacement of crude fibre". *J. Assoc. off. Agric. Chem.*, 49:546-551 (1966).
87. Van Soest, P.J., and R.H. Wine.: "Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents". *J. Assoc off. Agric. Chem.*, 50:50-55 (1967).
88. Van Soest, P.J.: "Composition maturity and the nutritive value of Forages. Cellulases and their applications". In; *Advances in Chemistry Series 95.*

G.J. Hajny and E.T. Rees (eds). Washington American Chemical Society. P. 262-275 (1969).

89. Van Soest, P.J. and L.H.P. Jones.: "Effect of silica in forages upon digestibility". J. Dairy. Sci., - 51:1644-1648 (1968).
90. Van Soest., P.J. and Mc. Queen, R.W.: "The chemistry estimation of fiber". Proc. Nutr. Soc., 32:123-130 (1973).
91. Van Soest, P.J.: "Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fibre residues of low nitrogen content". J. Assoc. of Agric. Chem. 46:825-828 (1963).
92. Van Soest, P.J.: "Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. J. Assoc. off. Agric. Chem. 46:829-835 (1963).
93. Verma, M.L. And Jackson, M.G.: "The comparative - - effectiveness of Sodium hydroxide and calcium oxide 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. Feed Research Progress - - Report, 1969-1974. Pant University Pantnagar. P. --

94. Verma, M.L.: "A biochemical evaluation of alkali -- spray treated wheat straw-based rations as cattle - feed. In: Improved Utilization of agricultural waste materials and industrial by products as livestock feed. Research Progress Report 1969-1974. Pant University, Pantnagar. P. 49-55.

95. Waiss, A.C., Jr. J. Guggolz, G.O. Kohler H.G. Wal-
der Jr. and W.N. Garrett.: "Improving digestibili-
ty of straws for ruminant feed by aqueous ammonia".
J. Anim. Sci. 35:109-112 (1972).

96. Waller, J.C. and Terry Klopfenstein.: "Hydroxides -
for treating crop residues". J. Anim. Sci., 41:424-
(1975) (abstract).

97. Walker, D.M., and W.R. Hepburn.: "Normal acid fibre;
A proposed analysis for the evaluation of roughages.
I. The analysis of roughages by the normal acid fi-
bre method and its use for predicting the digestibi-
lity roughages by sheep. "Agric. Progr., 30:118-123
(1955).

98. Ward, K., and P.A. Seib.: "Cellulose Lichenan and -
chitin". In; The Carbohydrates. W. Pigman and. A. -
Horton (eds). New York. Academic Press. Vol. II, --
A., P. 413 (1970).

99. Whistler, R.L., and E.L. Richards.: "Hemicelluloses". In: The Carbohydrates. W. Pigman and D. Horton. New York Academic Press., Vol. II A, P. 447. (1970)
100. Wilson D., Eva, Katherine H. Fisher. Mary E. Fuqua. Fisiología de la alimentación. Ed. Inter americana P. 77-79, 138, 383 (1978).
101. Woodman, H.E. And R.E. Evans.: "The nutritive value of fodder Cellulose from wheat straw. I. Its digestibility and feeding value when fed to ruminants -- and pigs". J. Agric. Sci. 37:202-203 (1947).
102. Citado por Woodman, H.E. And. R.E. Evans In: "The nutritive value of fodder cellulose from wheat straw I., Its digestibility and feeding value when fed to ruminante and pigs". J. Agric. Sci., 37.202-208 - - (1947).
103. Worth, H.G.J.: "The chemistry and biochemistry of pectic substances". Chem. Rev., 67:465 (1976).
104. Wilson, R.R., and W.J. Pigden.: "Effect of a sodium hydroxide treatment on the utilization of wheat - - straw and poplar wood by rumen microorganisms". Can. J. Anim. Sci., 44:122-123 (1964).

105. Zafren, S.J.: "Increasing the feeding value of straw by treatment with Ammonia". Nutr. Abstr. Rev. 32:254 (1962) (Abstract.)