

Hidróxido de Sodio en la digestibilidad y los indicadores bioquímicos ruminales

Tesis en opción al Título Académico de Master en Bioquímica General
Ing. Juan Miguel Soto Pacheco* Carrera de Medicina Veterinaria.
Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Central "Marta Abreu"
de Las Villas.



- **Consultante: Ing. Reinaldo Quiñones Ramos*** (Ver curriculum y contactar en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/juansp>)
- **Tutores: Dr. Sc. Ramón García Herrera*** (Ver curriculum y contactar en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/ramongh>) y **M.V. Dr. Troadio Abreu Morales***

**Profesores Carrera Medicina Veterinaria-Zootecnia. Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad Central Las Villas. Santa Clara. Villa Clara. Cuba.*

RESUMEN

Se planteó como objetivo el conocer el efecto del tratamiento de los residuos de la cosecha cañera con OHNa en la digestibilidad y los indicadores bioquímicos ruminales. La digestibilidad *in situ* a las 72 horas se determinó en un toro A2 con cánula ruminal mediante el método de "bolsas en el rumen". Los tratamientos valorados fueron A: materia seca de residuos de Centros de Acopio sin tratamiento químico (RCA) y B: materia seca de RCA tratados con 4% de OHNa (RCAt) con diez repeticiones cada uno.

En dos añejos A2 con cánulas ruminales se determinaron los indicadores bioquímicos del rumen: pH, presión osmótica, la concentración de: AGV individuales y total, ácido 2-hidroxipropanoico y amoníaco mediante técnicas analíticas. Los tratamientos evaluados fueron: residuos de Centros de Acopio (RCA) y B: residuos de Centros de Acopio tratados con 4% de OHNa (RCAt) en base seca. El diseño experimental fue en secuencias simples de tratamientos.

Los resultados de la digestibilidad fueron para los RCA 30,81% y para los RCAt 49,04% haciéndolo similar a los valores de digestibilidad de otros alimentos tradicionales.

Los resultados de los RCAt en los indicadores bioquímicos ruminales permitió concluir que: pH, concentración de AGV individuales y totales, así como el ácido 2-hidroxipropanoico se comportaron normalmente; la presión osmótica puede elevarse hasta el límite fisiológico, el patrón de fermentación fue acético, con ligero aumento del ácido propanoico y la concentración del amoníaco disminuyó.

Es recomendado continuar estudiando a los RCAt como fuente energética en la alimentación de los rumiantes.

SUMMARY

This research treated about the effect of the treatment with OHNa of the cain crop residuals in the digestibly and the biochemical ruminales indicators.

The digestibly in situ at the 72 hours was determined in a bull A2 with stem ruminal by means of the method of "bags in the rumen". The valued treatments were: Dry matter of Centers of Storing Residuals without chemical treatment (RCA) and B: dry matter of RCA tried with 4% of OHNa (RCAt) with ten repetitions each one.

The biochemical indicators of the rumen were determined in two yearlings A2 with stems ruminales: pH, osmotic pressure, the concentration of: AGV singular and total, acid 2-hidroxipropanoico and ammonia by means of technical analytic.

The evaluated treatments were a: residuals of Centers of Storing (RCA) and b: residuals of Centers of Storing treaties with 4% of OHNa (RCAt) in dry base. The experimental design was in simple sequences of treatments.

The results of the digestibly were for the RCA 30, 81 % and for the RCAt 49, 04% making it similar to the values of digestibly of other traditional foods.

The results of the RCAt in the indicators biochemical ruminales allowed to conclude that: pH, concentration of AGV singular and total, as well as the acid 2-hidroxipropanoico usually behaved; the osmotic pressure can rise until the physiologic limit, the pattern of fermentation was acetic, with slight increase of the sour propanoico and the concentration of the ammonia diminished.

It is recommended to continue studying to the RCAt like energy source in the feeding of the ruminant ones.

INTRODUCCIÓN

Durante la Conferencia Internacional sobre Nutrición, realizada en Roma por la FAO y la OMS (1), se informó que a pesar de los avances conseguidos en los últimos decenios, más de 780 millones de personas no tienen alimentos suficientes para satisfacer sus necesidades diarias de energía y proteínas, sobre todo en África, el sur de Asia y América Latina.

El papel de la ganadería bovina dentro del sector agropecuario es decisivo constituyendo la principal fuente proveedora de proteína animal (carne y leche); teniendo en cuenta la utilización eficaz que hace el hombre de la misma, con respecto a la proteína vegetal. Por otra parte la especie bovina, como todo rumiante, no compite con el hombre por la alimentación, porque utiliza fundamentalmente alimentos fibrosos, ricos en celulosa y además puede utilizar el nitrógeno no proteico (urea, amoníaco y nitratos) (2) (3).

La alimentación de nuestra ganadería, como sucede en los países tropicales y subtropicales, esta basada en los pastos y forrajes, y los cereales que se utilizan son en su mayoría de importación. Todos nuestros esfuerzos deben ir encaminados intensivamente a la obtención de alimentos de alto valor biológico, alcanzados con un mínimo de gastos, cumpliendo de esta forma uno de los principios de la racionalidad económica (2) (4) (5).

Para ellos se plantean metas elevadas al sector ganadero, así lo demuestran las distintas orientaciones emanadas de la dirección del Partido y del Estado en estos últimos años. Al revisar los Proyectos de Lineamientos Económicos y Sociales encontramos los siguientes aspectos: "Continuar mejorando las condiciones de alimentación de la ganadería vacuna, fundamentalmente, a través del aumento de la producción de los pastos y forrajes, garantizando para esto la introducción y extensión de las mejores especies; el aprovechamiento al máximo, de los subproductos de la industria azucarera, así como de los residuos de la cosecha cañera".

El proceso de mecanización de la cosecha de la caña de azúcar realizado en Cuba, durante los últimos 36 años, ha facilitado considerablemente el desarrollo de una tecnología para la explotación en gran escala de los residuos de la cosecha para la alimentación del ganado (6).

El eslabón fundamental de este proceso lo constituyen los Centros de Acopio y Limpieza, cuya instalación comenzó en el año 1964 (7). Los Centros de Acopio son instalaciones estacionarias para el troceado y la limpieza neumática de la caña cortada a mano, mientras que los Centros de Limpieza completan la remoción de los residuos en la caña cortada por las combinadas.

Debido a la elevada eficiencia fotosintética de la caña, su cultivo constituye un importante renglón económico para los países en desarrollo productores de azúcar. Según datos de la FAO (8), el rendimiento medio de la caña en esas áreas durante 1989 fue de 59.4 t/ha. Suponiendo un contenido de azúcar del 12%, el cual es típico de la industria azucarera mundial, eso significa una productividad de 7.1 t de azúcar/ha.

Según Stuart (9), por cada t de azúcar, la caña entrega además 0.79 t de cogollo y hojas verdes, así como 0.41 t de hojas secas o paja, para un total de 1.2 t de residuos de la cosecha por t de azúcar producido, que con un rendimiento de 7.1 t de azúcar/ha es de esperar unas 5.6 t de cogollo y 2.9 t de paja por hectárea de tierra.

Para un suministro diario de 20 Kg. de residuos de la cosecha por cabeza de ganado vacuno (10), cada ha dedicada a la producción de azúcar de caña entrega simultáneamente alimentos para 1.17 animales durante todo el año. No obstante, su gran disponibilidad, los residuos de la cosecha cañera, no resuelven la problemática de la alimentación del ganado durante el período seco, debido a la baja digestibilidad de esos materiales, dada por factores químicos-físicos, entre los cuales los más importantes, son: el grado de lignificación y el índice de cristalinidad, impidiendo la acción de los microorganismos del rumen sobre la celulosa (11) (12) (13).

Una vía para aumentar la digestibilidad de estos residuos lignocelulósicos, es el tratamiento con OHNa, según el método húmedo o de Beckmann (14) (15) (16).

En Cuba, los resultados del aumento de la digestibilidad obtenidos con niveles del 4 al 6% de OHNa son altamente significativos y alentadores; no obstante la mayoría de los experimentos de digestibilidad se han realizado por los métodos *in vitro* e *in situ*, además no se ha tenido en cuenta los posibles efectos desfavorables que las altas inclusiones de OHNa en la dieta, pudieran ocasionar en el metabolismo del rumen en particular, y en general en la fisiología del rumiante (homeostasis ácido-básica, metabolismo hidromineral, nefropatías, etc.) (17) (18) (19) (20).

OBJETIVOS

Hipótesis

En la cosecha de la caña de azúcar se obtiene una alta disponibilidad de residuos fibrosos (paja de caña, principalmente) con un alto contenido en fibra alimentaria y una baja digestibilidad, que con un tratamiento con hidróxido de sodio pudiera mejorarse la eficiencia de utilización de estos residuos en la nutrición de los rumiantes (principalmente, bovinos) para la producción de leche y carne sobre todo en la estación de seca (noviembre a abril), período que coincide con la cosecha cañera en Cuba.

Objetivo general

Conocer el efecto del tratamiento de los residuos de la cosecha cañera con hidróxido de sodio en la digestibilidad y los indicadores bioquímicos ruminales con vistas a utilizar, de manera más eficiente, este residuo fibroso en la nutrición de los bovinos para la producción de leche y carne.

Objetivos específicos:

- ⇒ *Valorar la digestibilidad in situ de los residuos de Centros de Acopio tratados con hidróxido de sodio al 4%.*
- ⇒ *Evaluar el efecto del tratamiento de los residuos de Centros de Acopio con hidróxido de sodio al 4% en los indicadores bioquímicos ruminales.*

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La problemática de la fibra alimentaria en la nutrición de los rumiantes

La fibra alimentaria está constituida fundamentalmente por los componentes de las paredes celulares de los vegetales que no son hidrolizadas por las enzimas digestivas del hombre. Estos son principalmente, celulosa, hemicelulosas y lignina, que representan alrededor del 95-99% de la fibra, más otros constituyentes minoritarios como son: el almidón resistente (fracción de almidón que no sufre la hidrólisis digestiva), gomas y mucílagos (constituyentes naturales o aditivos alimentarios), otros tipos de polisacáridos como alginatos y pectinas y por último la lactulosa. Además, las paredes de las células vegetales contienen sílice, ácido fítico, proteínas, taninos, lípidos y cutina, que en gran parte son no son digestibles. Dado que estas sustancias siguen un camino fisiológico muy similar a la celulosa, hemicelulosas y lignina, deben incluirse en el término de fibra alimentaria. (21) (22).

Los métodos de análisis de esta fracción se han ido sucediendo últimamente y mejorándose sucesivamente. Hasta 1970, los datos de la fibra en las tablas de composición de alimentos corresponden a la denominada "fibra bruta" o "fibra cruda" obtenida tras la extracción de los vegetales con éter o ácido (sulfúrico) y álcali (hidróxido de sodio). A partir de 1970, se sustituyen por los valores obtenidos por tratamientos con detergentes ácidos y neutros. Desde 1980, comienzan a desarrollarse los métodos en los que las muestras, tras extracción de agua y lípidos, son tratadas con enzimas como amilasas y proteasas, y tras procesos de diálisis, liofilización, centrifugación y filtración según los casos, se obtiene la fibra total (FT), dividida en sus fracciones soluble (FS) e insoluble (FI) (21) (22).

En general, la fibra soluble incluye gomas, mucílagos y algunas pectinas y hemicelulosas, mientras que la fibra insoluble incluye celulosa, lignina y otras pectinas y hemicelulosas. Aunque todas las frutas, verduras, legumbres y granos contienen estos componentes de fibra, algunas son especialmente buenas fuente de uno u otro tipo (21) (22).

Algunas características químicas y fisiológicas de la fibra alimentaria se muestran en las Tablas 1 y 2 respectivamente.

Tabla 1. Clasificación química de la fibra alimentaria según Sánchez (21).

Fibra	Descripción	Componentes principales	químicos
Celulosa	Homoglicano (1) lineal, componente estructural principal de la pared celular de las plantas; insoluble en álcali concentrado, soluble en sulfúrico concentrado.	<u>Cadena Principal</u> Glucosa 1-4	<u>Cadenas laterales</u>
Hemicelulosas	Grupos diversos de heteglicanos (2) que aparecen en la pared celular; grado variable de ramificación y de contenido de ácido urónico; soluble en álcali diluido.	Xilosa Manosa Galactosa Glucosa	Arabinosa Galactosa Ac. Glucorónico
Sustancias pécticas	Presentes en la pared celular primaria y en la laminilla media (sustancia de cemento intercelular); varían según el grado de metilación.	Ác. Galacturónico	Ramnosa Arabinosa Xilosa Glucosa
Lignina	No es carbohidrato; polímero del fenilpropano con enlaces cruzados complejos. Se pueden dividir en tres grandes grupos según el predominio de alcoholes sinapil, corniferil o cumaril; probablemente tengan una estructura tridimensional e infiltra la pared celular madura; resiste la degradación bacteriana, insoluble en sulfúrico concentrado. Constituye la parte leñosa de las plantas.		

(1) Contiene un tipo de residuo de azúcar.

(2) Contiene más de un tipo de residuo de azúcar.

Tabla 2. Características fisiológicas de la fibra alimentaria según Sánchez (21).

Nombre	Características fisiológicas
Celulosa	Se hidrata bien: de 1.5 a 3 veces para la celulosa bruta. Es atacada en el rumen e intestino grueso por la flora bacteriana. (Se dice que puede atacarse hasta en más de 80%) dando ácidos grasos volátiles. Este ataque depende de la microflora y del tiempo que el alimento permanece en estos compartimentos digestivos. Puede combinarse con zinc (y otros metales).
Hemicelulosas	Captan agua (3 a 6 veces) aumentando el volumen fecal. Son atacadas por la microflora del rumen e intestino grueso (en un 90-95%) dando ácidos grasos volátiles. Puede fijar cationes (por los grupos carboxilos de los ácidos urónicos). Se combinan con ácidos biliares en forma variable.
Sustancias pécticas	Captan gran cantidad de agua (50 veces). Se degradan en el rumen e intestino grueso, dando gases y ácidos grasos volátiles (sólo aparece 5% en heces). Pueden fijar cationes y ácidos biliares.
Lignina	Se hidrata menos (0.5 veces). Puede retrasar o disminuir la absorción de otros compuestos en el intestino delgado, como el colesterol. No es atacable por la microflora del rumen e intestino grueso. Se puede combinar con metales. Puede unirse a sales biliares y otros compuestos orgánicos. Tiene carácter antioxidante.

La ingestión de los forrajes está correlacionada positivamente con el aumento de la digestibilidad de los mismos (23) (24).

El efecto de la lignificación que ocurre con la madurez del forraje se refleja en la reducción de la degradación microbiana de la fibra bruta y en la disminución de la degradación física durante la rumia (17) (23) (25) (26).

Cuando en un alimento determinado aumenta la proporción de fibra bruta, suele ser debido a la mayor lignificación de las paredes celulares, la subsiguiente disminución de la digestibilidad de la fibra bruta trae como consecuencia una menor digestibilidad de otros constituyentes que quedan encerrados en el interior de la célula cuyas paredes no atacadas impiden el acceso de las enzimas digestivas (27) (28).

El complejo de lignina le da a la fibra bruta una estructura cementada, que la hace inatacable por muchos compuestos químicos, además actúa como agente tóxico para los rumiantes. La lignina es un compuesto muy estable y no digestible, lo cual actuando como barrera impide la descomposición de la celulosa por los microorganismos del rumen, a causa de su estrecha asociación físico-química con la celulosa, sin embargo, puede ser degradada y principalmente solubilizada por los álcalis (21) (29) (30). Mediante

el tratamiento alcalino se aumenta la digestibilidad de los residuos celulolíticos (24) (31) (32).

El efecto del hidróxido de sodio (OHNa) se atribuye al hinchamiento de la pared celular y la alteración de ciertos enlaces lignina-carbohidratos, lo cual aumenta la digestibilidad de la materia seca del forraje. El OHNa es un agente hinchante, tiene la propiedad de romper los enlaces interfibrilares e intermoleculares. Con el tratamiento alcalino parte de la lignina es degradada, parte es solubilizada y la restante cambia su estructura física, eliminándose la actuación tóxica, siendo atacados los carbohidratos estructurales por la población microbiana del rumen, con lo cual la velocidad de pasaje, por el rumen, se hace mayor, aumenta la digestibilidad, aumenta el consumo voluntario de los alimentos y por consecuencia aumenta la producción y rendimiento del animal (24) (33) (34) (35).

Los residuos de la cosecha de la caña de azúcar recolectados en los Centros de Acopio, tienen una composición bromatológica aproximada de: Materia Seca 40.0%, Proteína Bruta 3.5%, Calcio 0.3%, Fósforo 0.3% y Energía Metabolizable 1.8 Mcal/Kg. de M.S. (30) (36).

El contenido de lignina de estos residuos cañeros hace que tengan baja digestibilidad, siendo poco utilizados en la alimentación de los rumiantes. Se ha demostrado que, tratando con OHNa a estos residuos fibrosos se mejora significativamente la digestibilidad de este alimento (hasta un 40% o más) en los rumiante (31) (32) (33).

La velocidad con que se degradan los alimentos en el rumen puede ser más importante en determinar el consumo voluntario que la digestibilidad del alimento en sí, esto se explica ya que el consumo voluntario de los forrajes está determinado por la velocidad de pasaje y la desaparición del material en el rumen, y si en dos alimentos que tengan igual digestibilidad, pero uno se degrada con mayor rapidez, esto permitirá un mayor consumo del alimento (17) (25) (37).

El tiempo de retención del heno se relaciona con la calidad del mismo de forma tal que los henos más maduros y de menor calidad emplean un tiempo mayor en salir del rumen, el consumo voluntario disminuye y por tanto la eficiencia alimenticia disminuye (23) (25) (37).

La digestión y el metabolismo de la fibra alimentaria en el rumen

La particularidad de la digestión, en los rumiantes, consiste en que los alimentos quedan sometidos a una digestión mecánica y microbiana en los preestómagos. La misión principal de aquélla es la degradación de la celulosa (para cuya escisión no posee enzima alguno, el organismo animal), lo que se consigue por la actividad previa de microorganismos con capacidad celulásica.

El 65-85% aproximadamente de la materia seca es digerida en el rumen con formación de ácidos grasos volátiles, CO₂, NH₃ y material celular microbiano (17) (38) (39).

La mucosa de los preestómagos no tiene células glandulares secretoras de enzimas ni de ácido. Tampoco existen enzimas digestivas en la saliva de los rumiantes por lo que la actividad digestiva (enzimática) en los preestómagos se debe a los infusorios y bacterias del rumen. Los segmentos pregástricos de los rumiantes adultos son grandes cámaras de fermentación y poseen una abundante flora microbiana (37) (38).

Las condiciones ambientales en el rumen como son: el elevado grado de humedad, su gran capacidad tampón (diversos y eficientes sistemas buffer), el fuerte medio anaerobio, la temperatura relativamente alta, el aporte regular de substratos obtenidos por la ingestión de alimentos y la eliminación continua de los productos finales del metabolismo microbiano son factores, entre otros, que permiten el desarrollo de una flora microbiana altamente especializada y que comprende bacterias e infusorios.

Cuando se mantiene el mismo tipo de alimentación, la cantidad numérica de gérmenes del rumen se mantiene prácticamente al mismo nivel, pues su proliferación queda compensada por la destrucción de muchos en el mismo rumen, la ingestión de bacterias por protozoos, y por el paso de buen número de ellos a las regiones sucesivas del tracto digestivo (17) (25) (37).

El desarrollo de la microflora y microfauna específica de los preestómagos de los rumiantes adultos tiene lugar, de forma paulatina, durante el tránsito de la alimentación láctea a la constituida por pastos y piensos está particularmente relacionada con una determinada proporción de fibra bruta en el alimento y, se precisa del contacto con animales adultos de la especie correspondiente. En esta época los preestómagos entran en actividad y simultáneamente el metabolismo del animal pasa del tipo monogástrico al tipo rumiante.

En el curso de esta transformación la glucemia disminuye aproximadamente a la mitad de la de los animales no rumiantes, en tanto que la concentración en sangre de ácidos grasos volátiles aumenta poco a poco hasta la edad de tres meses, aproximadamente, como consecuencia de su producción creciente en el rumen (25) (37) (38).

El rumen alberga en condiciones normales de alimentación numerosas especies de bacterias y protozoos, compuestas en su mayor parte de ciliados y el espectro de las bacterias se compone de numerosos géneros y especies, en el cual la mayoría de los gérmenes dominantes son anaerobios no esporulados. La proporción de microbios en los líquidos del rumen puede alcanzar la cifra del 10%. El número total de bacterias del contenido del rumen varía entre 10^8 - 10^{11} , con una media de aproximadamente 10^9 - 10^{10} gérmenes por mL (37) (38).

La actividad metabólica de las bacterias es mayor que la de los protozoos. La población microbiana del rumen se comporta simbióticamente con el organismo hospedador (17) (25) (37) (39).

Los grupos de bacterias anaerobias con actividad celulósica más importantes de la microflora del rumen y algunas características de su metabolismo se muestran en la Tabla 3

Tabla 3. Grupos de bacterias anaerobias del rumen y algunas características del metabolismo según Gürtler (38).

Nombre	Fuente de energía. Substratos	Productos de la fermentación
Bacteroides Succinogenes	Celulosa Glucosa	Acetato, succinato, muchas veces formiato, nada de CO ₂ .
Ruminococcus Flavefaciens	Celulosa Celobiosa	Acetato, succinato, muchas veces etanol, formiato, lactato y H ₂ ; forma o fija CO ₂ .
Ruminococcus Albus	Celulosa Celobiosa	Acetato, etanol, formiato, muchas veces lactato; ocasionalmente CO ₂ .
Lactobacilos	Glucosa	Lactato, muchas veces acetato.
Bacteroides amylophilus	Almidón	Acetato, formiato, succinato, fijación de CO ₂ .
Peptostreptococcus Elsdenii	Glucosa Lactato	Butirato, forman o fijan acetato y propionato, valeriato, CO ₂ , H ₂ y caproato.
Veillonella Alcalescens	Glucosa Lactato	Acetato, propionato, CO ₂ , H ₂ .

Tras un cambio de alojamiento o después de un cambio de alimentación, se necesita un plazo de 2-3 semanas para que se constituya una nueva población microbiana (25) (37) (38).

Junto con la flora bacteriana se encuentran regularmente, en los animales sanos y alimentados normalmente, una multiforme fauna protozoaria formada casi exclusivamente por la clase ciliados. Las siguientes familias se encuentran con regularidad en los rumiantes:

1. Familia Holotricha con los géneros Isotricha y Dasytricha.
2. Familia Oligotricha con los géneros Entodinium, Diplodinium y Ophryoscolex.

En el rumen existe una gran variedad de especies de ciliados. El número de infusorios oscila entre amplios márgenes, pero cuando la alimentación es normal se encuentran aproximadamente de 10⁶ protozoos por mL de contenido del rumen y su masa total corresponde, poco más o menos, a la de las bacterias (38). El número total de bacterias y protozoos por ml de jugo del rumen depende de la composición, características de presentación y frecuencia de la dieta (37) (38).

Los principales grupos de ciliados del rumen y algunas características de su metabolismo se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Principales ciliados del rumen y algunas características del metabolismo según Gürtler (38).

	Ciliados holotricos	Ciliados oligotricos	Ciliados oligotricos
Género	Isotricha y Dasytricha	Diplodinium	Entodinium
Substrato principal	Azúcares	Celulosa y almidón	Almidón
Dieta que favorecen su actividad	Heno, raíces carnosas	Hierba	Maíz, forrajes concentrados
Productos metabólicos.	Ácidos láctico, butírico y acético, H ₂ , CO ₂ , amilopectina.	Ácidos butírico y acético, escasa cantidad de ácido láctico y propiónico, CO ₂ , H ₂ .	Ácidos butírico y acético, escasa cantidad de ácido láctico y ácido propiónico, CO ₂ , H ₂ .

Los protozoos son anaerobios estrictos, aprovechan diversos carbohidratos para la obtención de energía. Todos los ciliados, y en particular los holotricos, sintetizan un carbohidrato de reserva semejante al almidón, que es metabolizado con formación de los mismos productos finales. Los Diplodinium, como representantes de los oligotricos, son capaces de fragmentar la celulosa y transformarla en un carbohidrato de reserva de tipo amilopectina.

En cuanto a la importancia de los protozoos, pudo comprobarse que éstos influyen de forma beneficiosa para el animal hospedero en los procesos digestivos que tienen lugar en el rumen. Agregando protozoos a suspensiones lavadas de bacterias del rumen se estimulaba la digestión de la celulosa y la formación de ácidos grasos volátiles (17) (25) (37) (38).

El grado de fermentación depende de la constitución química de la fibra bruta y de otros factores. Lignina y celulosa son resistentes a la fermentación, mientras que las hemicelulosas son fácilmente fermentables. Por otra parte, la solubilidad, el tamaño de la partícula y la forma de procesado o elaboración del alimento influyen igualmente en la degradación (21) (25) (37) (40).

Los carbohidratos existentes en la dieta de los rumiantes son degradados en los preestómagos hasta ácidos grasos volátiles, en cuyo estado son absorbidos en gran parte en dichos preestómagos. El aumento de la glucemia comprobada tras la ingestión de carbohidratos digeribles, no se observa por tanto en el caso de los rumiantes. Una parte de los monosacáridos formados se utiliza para la síntesis de polisacáridos microbianos, los cuáles son nuevamente degradados a ácidos grasos volátiles y ácido láctico en caso de necesidad (bacterias) o de forma continuada (protozoarios) (17) (25) (37) (38).

La intensidad de la degradación de carbohidratos en el rumen depende de las condiciones fisiológicas, la composición y características de la ración y la microflora.

Por la flora microbiana de sus preestómagos, los rumiantes son capaces de utilizar en gran proporción la celulosa de la alimentación. La degradación de la celulosa in vivo es el resultado de la actividad de la compleja flora bacteriana del rumen, pudiendo vivir en simbiosis, unas con otras, las diversas bacterias capaces de escindir la celulosa. También determinados protozoos (*Diplodinium*) participan en el desdoblamiento de la celulosa. La degradación de la celulosa tiene lugar en las tres etapas siguientes:

1. Degradación de la celulosa en fragmentos menores mediante una despolimerasa,
2. Escisión de los fragmentos en celobiosa y glucosa por acción de una β -glucosidasa, y
3. Transformación de la celobiosa en glucosa merced a la celobiasa y descomposición de la glucosa en ácidos grasos inferiores.

La degradación de la celulosa se inicia en los tramos amorfos intensamente hidratados. Para degradarse, las regiones cristalinas se transforman antes en celulosa amorfa. Existen indicios de que un enzima no hidratante, que provoca un intenso aumento de volumen de las fibras de algodón en presencia de álcali, inicia la degradación. Las bacterias con actividad celulolítica se diferencian en que, algunas degradan la celulosa íntegra y otras, la celulosa parcialmente digerida (17) (25) (37) (38) (39).

Para el proceso de degradación de la celulosa en el rumen son de importancia tres factores peculiares: la riqueza del medio nutritivo en fibra bruta; carbohidratos fácilmente digestibles y en proteína bruta. Las bacterias con actividad celulásica precisan para su desarrollo que la alimentación posea un contenido superior al 5% de proteína bruta (38).

La celulosa de las plantas tiernas es más digestible que la procedente de partes vegetales muy leñosas con elevado contenido de lignina. El aumento proporcional de fibra bruta a lo largo del período de desarrollo vegetal disminuye la digestibilidad de la celulosa (11) (23) (25) (37).

La digestibilidad de la fibra bruta resulta disminuida tanto *in vitro* como in vivo administrando en gran cuantía almidón o piensos ricos en este polisacárido. Este efecto se conoce con el nombre de "disminución de la digestibilidad de la fibra bruta" (38).

Las hemicelulosas son degradadas rápidamente en el rumen. Tres enzimas distintas actúan en este proceso, a saber: una xilanasas, una β -xilosidasa y una arabinosidasa.

La xilanasas rompe preferentemente los enlaces xilosídicos en medio de la cadena; la β -xilosidasa desdobla un número de oligosacáridos con xilosa y libera una molécula de xilosa. La arabinosidasa separa las cadenas laterales de arabinosa de las pentosanas. La xilosa, por último, se transforma en fructosa-6-fosfato mediante reacciones de transcetolasa y transaldolasa, pasando por C₄, C₆ y C₇-glucofosfato (17) (37) (39).

Como productos de la fermentación de los carbohidratos y de las cadenas carbonadas de los aminoácidos, se producen en el rumen ácidos grasos volátiles, principalmente los ácidos acético, propiónico y butírico, así como otros ácidos de cadena más larga en menor cantidad. Estos ácidos grasos constituyen la principal fuente de energía de que disponen los rumiantes y pueden cubrir aproximadamente el 60% de sus requerimientos energéticos. Se reabsorben en su mayor parte en el rumen (25) (38).

Se considera que debido a su alta capacidad tampón, el pH del contenido ruminal sólo varía en condiciones normales de alimentación, dentro de límites relativamente estrechos comprendidos entre 5.4 y 7.4.

Las variaciones del pH del contenido ruminal dependen fundamentalmente, de la composición y características del alimento y la ingestión de agua (38) (39) (44) (45) (46).

Al revisar los siguientes indicadores, podremos observar, la influencia decisiva del pH, sobre la producción y absorción de diferentes metabolitos ruminales.

Presión osmótica del líquido del rumen. Los primeros estudios sobre la presión osmótica de los líquidos intestinales, mostraron que, tanto las soluciones hipertónicas como las hipotónicas colocadas en asas intestinales se hacen isotónicas con la sangre. Estos resultados fueron confirmados por muchos investigadores, llegándose a la conclusión de que existe siempre tendencia al equilibrio osmótico entre la sangre y el contenido intestinal (38) (43) (47).

Warner (42) informó que el líquido ruminal es generalmente hipotónico al plasma sanguíneo antes de la alimentación. Después de la alimentación se hace hipertónico por un período de varias horas. Encontrándose presiones osmóticas de 400 mosm.L⁻¹, una hora después de la alimentación (contra alrededor de 300 mosm.L⁻¹ para el plasma) y acompañada de signos de hemoconcentración, indicando una transferencia de agua del cuerpo desde la sangre al rumen.

Warner (42) encontró que los protozoos holotricos disminuían en actividad y número con dietas altas en sacarosa, y que durante el período de máxima multiplicación, el contenido ruminal tendía a ser hipotónica al plasma.

En experimentos destinados al estudio del papel de la osmolaridad como un factor en el control del consumo de alimentos por las ovejas, se encontró que ésta raramente llega hasta 400 mosm.L⁻¹ con altos niveles en la ración de forrajes o ensilados de alfalfa, y que tales niveles hipertónicos aparecían en el rumen por corto tiempo, pero cuando en sistema de modelo experimental, la osmolaridad se elevó sobre 400 mosm.L⁻¹, el consumo decreció marcadamente en las ovejas (25).

Existen muy pocos trabajos sobre la presión osmótica en el contenido del rumen. Esto parece que se debe a que en condiciones fisiológicas normales existen mecanismos que mantienen la presión osmótica ruminal, dentro de cierto rango que resulta adecuado para la supervivencia de los microorganismos y el funcionamiento normal del rumen. Así Parthasaraty et al. (48) plantean que, con una presión osmótica elevada en el rumen, el agua pasa de la sangre a esta cavidad; y a presión baja, el agua es absorbida. Dichos autores observaron que cuando varía una absorción neta de iones, aparentemente el agua seguía el gradiente osmótico entre plasma y el contenido ruminal; pero admitieron que el problema necesitaba nuevas investigaciones realizando la medida directa de los gradientes osmóticos y cambios de agua en presencia de solutos, que atraviesan la pared ruminal rápida o lentamente.

En general los estudios realizados sobre la presión osmótica ruminal, en trabajos de fisiología digestiva de los rumiantes, están encaminados a investigar el comportamiento del agua en los pre-estómagos, y muy pocos se ocupan del fenómeno, en su relación con la actividad microbiana.

No obstante, consideramos que con la utilización cada vez mayor, de dietas no convencionales en la alimentación de los rumiantes, con el fin de aumentar la producción

y rendimiento de los animales, particularmente el uso de aditivos químicos como el hidróxido de sodio, para aumentar la digestibilidad de los forrajes, e investigar los efectos que pudieran tener sobre la presión osmótica ruminal y sus desfavorables consecuencias sobre los microorganismos del rumen.

Existen experiencias obtenidas en pruebas *in vitro*, que en algunos casos la suplementación con altos niveles de sales de sodio inhibe la digestibilidad de la celulosa y la materia orgánica. Este efecto es causado por la elevación de la presión osmótica asociada con la disolución de las sales de sodio en el líquido, y no se limita al sodio, sino que es inherente en mayor o menor grado a cualquier ión que sea soluble en las condiciones imperantes en el rumen (47).

El *Bacteroides succinogenes* resiste un rango relativamente amplio de concentraciones de K y Na, pero siempre con la condición de que la suma de las concentraciones de todos los iones del medio de cultivo sean equivalentes a 0.6–1.2% de cloruro de sodio. En términos de presión osmótica y de acuerdo con la relación entre ésta y la concentración de iones monovalentes en las condiciones del rumen, esto equivale a señalar que el *Bacteroides succinogenes* sólo se multiplica cuando dicho indicador ruminal se encuentre en el rango de 175–350 mosm.L⁻¹ (38).

En los experimentos de Ololade et al. (15), en que se trabajaron con paja de cebada tratada a razón de 0, 2, 3 y 4% de OHNa, se encontró que la presión osmótica ruminal en las ovejas que recibieron paja sin tratar como parte de su ración, nunca fue mayor de 320 mosm.L⁻¹, mientras que las que recibieron paja tratada con 3% o más de OHNa, tenían más de 350 mosm.L⁻¹ a las 2 horas de haber consumido el alimento.

Las condiciones que conllevan una elevada concentración de sales minerales en el líquido ruminal afectan negativamente la actividad de los protozoos ciliados. El valor óptimo de la presión osmótica para estos microorganismos es de 260 mosm.L⁻¹, añadiendo que éstos no pueden resistir por más de 2 horas una presión osmótica superior a 455 mosm.L⁻¹ (37).

Como quiera que la presión osmótica es producida por la presencia de átomos o iones, en un solvente, y puede ser aceptada como equivalente a la presión del gas que pudiera resultar, sí el ión fuera en forma gaseosa; los iones Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻ y P⁻ más los AGV son responsables de la presión osmótica en el rumen, de ahí que la osmolaridad del rumen aumente, inmediatamente después de la ingestión de alimentos. El paso de los minerales al tracto bajo intestinal, la absorción de los AGV por las paredes del rumen y los mecanismos compensadores de absorción de agua por el rumen de la sangre y la ingestión de agua por el animal, restablecen la osmolaridad del rumen que se hizo hipertónica (37) (42).

La presión osmótica del contenido ruminal, resulta un factor importante, para la supervivencia de los microorganismos.

Los ácidos grasos volátiles. Los niveles de ácidos grasos volátiles totales en la sangre dependen de las condiciones ambientales, de la dieta, de la población microbiana pero sobre todo de la intensidad metabólica de esta masa microbiana y de la capacidad de transporte a nivel de la membrana ruminal (37)(39)(44).

La influencia de la dietas en el patrón de fermentación ruminal, ha sido demostrada por muchos investigadores entre ellos: Donefer et al. (49) en dietas de alfalfa-avena; Eusebio et al. (50) en dietas de heno-concentrado; Marty et al. (51) en dietas de mieles.

Aunque el análisis comparativo de los muchos resultados publicados no resulta fácil, debido a las diferencias en los diseños experimentales; algunas tendencias en los patrones de fermentación ruminal pueden ser establecidas, asumiendo que los animales son alimentados a voluntad.

Así, por ejemplo: está establecido que las dietas de forrajes o pastos, tienden a producir una preponderancia del ácido etanoico, el cual puede variar entre 60 y 75% de los AGV. Las variaciones dentro de este rango son debidas al tipo de pasto o forraje, su estado de madurez, nivel de fertilización, etc. (17) (37) (38) (39) (46). En estos casos, el ácido propanoico tiende a ser 17 a 19% y el butanoico de 8 a 12%. Estas proporciones molares de los AGV individuales, constituyen el patrón de fermentación ruminal, denominado acético (etanoico).

El patrón de fermentación ruminal acético, resulta el típico o natural de los rumiantes; pero, el hombre con su manejo zootécnico, para aumentar el rendimiento animal, ha estado incluyendo en las dietas para rumiantes, granos (dietas amiláceas) que favorecen el desarrollo y crecimiento de los microorganismos amilolíticos que en su metabolismo producen una elevada concentración de ácido propanoico; en estos casos, se deprime el ácido etanoico de 50% a 40% y el ácido propanoico se eleva de 25 a 35%, considerándose este un patrón de fermentación ruminal propiónico (propanoico).

En nuestro país, con las dietas de miel-urea en ceba de toros, se obtiene un patrón de fermentación con depresión del ácido etanoico de 50 a 40% y una elevación del ácido butanoico de 25 a 35%, debido a que la sacarosa y otros azúcares constituyen el sustrato ideal, de las bacterias sacarolíticas (17) (32) (41).

El ácido 2-hidroxiopropanoico (ácido láctico). El ácido láctico, aunque su concentración es escasa en el rumen, es un producto intermedio en el metabolismo de los carbohidratos en el rumen y por tanto es inestable. La mayor parte del lactato, se transforma en ácido propiónico a través de la vía del acrilato, aunque también puede dar origen al acetato y butirato (38) (39).

El ácido láctico, puede encontrarse en concentraciones hasta de 3 mEq. L⁻¹, en el rumen de animales adaptados a dietas ricas en almidón; pero durante el período de adaptación a tales raciones, está el ácido láctico en el líquido ruminal en concentraciones superiores, ya que las bacterias capaces de aprovechar el lactato deben primero multiplicarse en número adecuado. En estas condiciones, el pH disminuye y existen cambios notables en los microorganismos del rumen (aumento de lactobacilos y disminución de los protozoos) (37) (38).

En la acidosis ruminal, trastorno que puede presentarse en los rumiantes, por acumulo de ácido láctico, motivado por cambios bruscos de raciones fibrosas a otras ricas en almidón, la concentración de ácido láctico puede llegar a niveles muy altos. Esto se atribuye a una insuficiente utilización del lactato para la formación de ácido pirúvico. La insuficiente utilización del pirúvico para la formación de AGV, es la consecuencias del descenso del pH (20)(46).

El amoníaco. El metabolismo del nitrógeno en el rumen, es otro ejemplo notable de la influencia de los microorganismos del rumen en la nutrición del animal. En los animales no rumiantes las necesidades de nitrógeno son satisfechas por la ingestión de proteínas que se desintegran enzimáticamente en el estómago y en el intestino delgado, y se

absorben como aminoácidos. El valor de las proteínas ingeridas por el animal se determina por su composición en aminoácidos (52).

La situación en los rumiantes difiere en que las proteínas ingeridas, igual que otros alimentos, están sujetas al ataque de la población microbiana del rumen y sufren una extensa degradación y posterior resíntesis antes de pasar al abomaso y al intestino delgado. El amoníaco formado en el rumen procede de la desaminación de los aminoácidos de las proteínas de la dieta, de las sales amónicas, reducción de nitratos, así como de la hidrólisis de la urea de formación endógena o procedencia exógena (17) (25) (37) (38) (39).

En el rumen se produce un aumento de la concentración del nitrógeno amoniacal, cuando la tasa de formación de amoníaco supera la cantidad del mismo aprovechada por las bacterias, para sintetizar sus proteínas. Este amoníaco se absorbe a sangre a través de la pared ruminal y en el hígado se transforma en urea, que en parte retorna al rumen con la saliva y en parte se excreta por la orina. Según Gürtler (38) la concentración de amoníaco en el líquido ruminal, puede oscilar dentro de límites fisiológicos muy amplios (2-100 mg NH₃-N.100 mL⁻¹). Por lo general se hallan valores entre 5 y 25 mg NH₃-N.100 mL⁻¹.

Varios factores ejercen una influencia inmediata en la concentración de amoníaco en el rumen: el tipo de alimento, la solubilidad de la proteína dietética, los intervalos en la ingestión, el contenido en la ración de carbohidratos fácilmente fermentables (17) (25) (37) (46).

En ciertas circunstancias, como la ingestión súbita de grandes cantidades de urea, en animales no adaptados, la cantidad de amoníaco absorbida desde el rumen vía el sistema porta, excede la capacidad de detoxicación del hígado. En este caso, en la sangre periférica existe amoníaco y cuando su concentración alcanza determinado valor se manifiestan los signos clínicos de la intoxicación por urea (20).

La utilización de los ácidos grasos volátiles en el rumiante

Los ácidos de cadena corta son absorbidos en su mayor parte (del 95 al 99%) a través de la mucosa del rumen, siendo transportados al hígado. (37)(38)(39).

Los ácidos grasos volátiles principales: acético, propiónico y butírico producto de la fermentación del rumen (en mayor cuantía) y del ciego (en menor cuantía) son utilizados principalmente por los rumiantes para cubrir sus requerimientos energéticos (aproximadamente 60%) (17) (37) (39).

Los ácidos acético y butírico tienen en el metabolismo del rumiante como destino principal la obtención de energía química. Además son utilizados para la biosíntesis de ácidos grasos; y en el caso de un déficit de oxalacetato se destinan a la biosíntesis de los cuerpos cetónicos: ácidos acetoacético y β-hidroxibutírico. Y el ácido propiónico tiene en el metabolismo del rumiante como destino principal la formación de glucosa mediante la gluconeogénesis hepática (20) (25) (38) (40).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la vaquería de la Estación Experimental Zootécnica de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

El experimento consistió en la valoración de la digestibilidad *in situ* de los residuos de Centros de Acopio tratados con hidróxido de sodio al 4% por el método "Bolsas en el rumen" (53); y se evaluó el efecto del tratamiento químico de los residuos de Centros de Acopio en los indicadores bioquímicos ruminales: pH, presión osmótica y la concentración de: ácidos grasos volátiles principales y total, ácido 2-hidroxi-propanoico y amoníaco mediante el empleo de técnicas de la química analítica (54)(55).

La preparación del alimento, la manipulación de las bolsas y las determinaciones en las muestras del líquido del rumen se realizaron en Laboratorios de la Universidad Central de Las Villas y del Instituto de Ciencia Animal.

- DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE LOS RESIDUOS DE CENTROS DE ACOPIO (RCA)
 - Animal de experimentación y manejo zootécnico.

Se utilizó un toro del cruzamiento genético A2 (75% Holstein y 25% Cebú), macho de 30 meses de edad y 227 Kg. de peso vivo. El animal se encontraba en buen estado de salud, inmunizado contra enfermedades infecto-contagiosas, desparasitado; y recibió atención veterinaria durante el período experimental.

Al toro se le realizó una intervención quirúrgica en el flanco izquierdo cerca de la fosa del ijar, y le fue implantada en el rumen una cánula de material plástico de 15 cm. de diámetro (Figura 1).

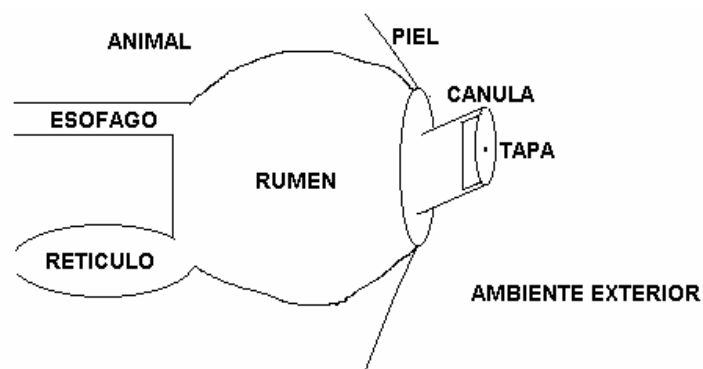


Figura 1. Ubicación de la cánula

El animal se mantuvo aislado en un cubículo individual (9 m²) con su corral pequeño de buen relleno, para que tenga acceso al sol y realice ejercicios.

La dieta del animal consistió en: agua fresca y forraje fresco de King grass (*Pennisetum purpureum*) a voluntad, y 1.4 Kg. de pienso "Vaca lechera comercial" (Composición, % en base seca de: MS 85.0%, PB 16.0%, Ca 0.8%, P 0.7% y EM 2.6 Mcal/Kg. MS) (36) distribuido en dos sesiones (mañana y tarde) para garantizar una mayor actividad celulolítica de la microflora del rumen.

El toro estuvo sometido a quince (15) días de adaptación a estas condiciones de manejo y durante el periodo de experimentación se mantuvo el mismo manejo del animal.

- **Preparación del alimento.**

La muestra de los residuos de cosecha cañera (RCC) fue recolectada de un Centro de Acopio con una composición, % en base seca de: MS 40.0%, PB 3.5%, Ca 0.3%, P 0.3% y EM 1.8 Mcal/Kg. MS (36). La muestra de los residuos de Centro de Acopio (RCA) fue cortada a una longitud de 1 a 2 cm.

El tratamiento químico consistió en que por cada 100 g de material troceado (en base seca) añadimos 100 mL de la solución de hidróxido de sodio (OHNa. Puro para Análisis) al 4%, mezclamos y se dejó en reposo de 24 horas.

Los RCA tratados y sin tratar químicamente fueron introducidos en la estufa a una temperatura de 65 °C durante 72 horas para desecar.

- **Procedimiento experimental.**

Los tratamientos valorados fueron A: Materia Seca de residuos de Centros de Acopio sin tratamiento químico (RCA) y B: Materia Seca de residuos de Centros de Acopio tratados con 4% de OHNa (RCAt), con diez repeticiones cada uno.

La digestibilidad in situ de la materia seca de los RCA tratados o no con OHNa al 4% se determinó por el método "Bolsas en el rumen" (53).

Las bolsas de dacrón se confeccionaron con una dimensión de 10 cm. de ancho por 15 cm. de largo y se identificaron con un número a cada una.

Para deshidratar, las bolsas vacías fueron introducidas en la estufa a una temperatura de 65° C durante 72 horas.

Se procedió a pesar en una balanza analítica, primeramente las bolsas vacías (20 en total) y luego las diez (10) bolsas conteniendo de 5 a 6 g de materia seca de los RCA y otras diez (10) bolsas conteniendo de 5 a 6 g de materia seca de los RCAt, se cerraron y se unieron a un cordel de nylon de 100 cm. de longitud para garantizar el recorrido por todo el rumen. Las bolsas se colocaron en el rumen a través de la cánula.

A las 72 horas se extrajeron las 20 bolsas, se lavaron primeramente con agua corriente y luego, con agua destilada; y seguimos el mismo procedimiento desecativo, ante señalado.

Pesamos nuevamente y realizamos los cálculos de digestibilidad mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Digestibilidad} = \frac{PMSa - PMSd}{PMSa} * 100$$

Donde:

PMSa: Peso de la Materia Seca expresado en gramos de cada bolsa antes de ser introducida en el rumen.

PMSd: Peso de la Materia Seca expresado en gramos de cada bolsa después de ser extraída del rumen.

- **Procesamiento estadístico.**

Fue empleada una comparación de medias por el Test t-student para muestras independientes.

- DETERMINACIÓN DE LOS INDICADORES BIOQUÍMICOS RUMINALES

Se evalúa el comportamiento, frente a los residuos de Centros de Acopio tratados o no con OHNa al 4%, en los indicadores bioquímicos ruminales: (54) (55) (56) (57) (58) (59) (60).

- **Animal de experimentación y manejo zootécnico.**

Se utilizaron dos añojos del cruzamiento genético A2 (75% Holstein y 25% Cebú), machos de 18 meses de edad y con un peso promedio de 185 Kg. de peso vivo. Los animales se encontraban en buen estado de salud, inmunizados contra enfermedades infecto-contagiosas, desparasitados; y recibieron atención veterinaria durante el período experimental.

A los añojos se les realizó una intervención quirúrgica en el flanco izquierdo cerca del hueco del ijar, y les fue implantada en el rumen una cánula de material plástico de 15 p.m. de diámetro (Figura 1).

Los animales se mantuvieron aislados en cubículos individuales (9 m²) con su corral pequeño de buen relleno.

- **Preparación del alimento.**

Los residuos de cosecha cañera (RCC) fueron recolectados de un Centro de Acopio con una composición, % en base seca de: MS 40.0%, PB 3.5%, Ca 0.3%, P 0.3% y EM 1.8 Mcal/Kg. MS (36).

La dieta de los animales consistió en: agua fresca y residuos de Centros de Acopio a voluntad, y 1.0 Kg. de pienso "Vaca lechera comercial" (Composición, % en base seca de: MS 85.0%, PB 16.0%, Ca 0.8%, P 0.7% y EM 2.6 Mcal/Kg. MS) (36) distribuido en dos sesiones (mañana y tarde).

- **Procedimiento experimental.**

Los tratamientos evaluados fueron A: Residuos de Centros de Acopio sin tratamiento químico (RCA) y B: Residuos de Centros de Acopio tratados con OHNa al 4% (RCAt) en base seca. El diseño experimental fue en secuencias simples de tratamientos. El experimento duró 36 días, dividido en 2 períodos de 18 días (14 días de adaptación y 4 de muestreos).

Las muestras del líquido del rumen se obtuvieron a través de la cánula, mediante una sonda acoplada a una bomba manual, en diferentes horas del día (7:00 a.m., 8:00 a.m., 9:00 a.m., 10:00 a.m., 11:00 a.m., 12:00 a.m., 1:00 p.m., 2:00 p.m., 3:00 p.m. y 4:00 p.m.). La primera y última muestras fueron tomadas antes de distribuir el alimento. Se extrajo un volumen de aproximadamente 60 mL por muestreo.

- **Determinación de la acidez activa (pH).**

La acidez activa (pH) se determinó, inmediatamente después de ser extraídas las muestras, por el método potenciométrico (56) (57) para lo cual se utilizó un pH-metro con un electrodo combinado.

El líquido del rumen fue filtrado por una gasa doble y centrifugado a 2000 rpm durante 15 minutos; del sobrenadante se tomaron 50 ml:

5 mL para la determinación de la presión osmótica.

5 mL para la determinación del ácido 2-hidroxipropanoico.

5 mL para la determinación de amoníaco a los que se le añadió 0.1 mL de una solución de H₂SO₄ 10 N.

10 mL para la determinación de los AGV individual y total, a los que se añadió 0.2 mL de ácido fosfórico concentrado, luego se centrifugó a 2000 rpm por espacio de 10 minutos hasta que el líquido quedo claro (sobrenadante).

Las muestras se colocaron en frascos de vidrio con tapa esmerilada, identificadas e inmediatamente conservadas en refrigeración.

- **Determinación de la presión osmótica.**

La presión osmótica se determinó por el método crioscópico (56) para lo cual se utilizó un osmómetro semiautomático (Osmomette Precision System, USA).

- **Determinación de ácidos grasos volátiles (AGV) individuales y total.**

Los ácidos grasos volátiles: etanoico (acético), propanoico (propiónico), butanoico (butírico) se determinaron por el método cromatografía gaseosa (58)(59). La técnica operatoria fue la siguiente:

1. Cromatógrafo de Gases Pye Unicam serie 304 Phillips con un detector de ionización de llama con Amplificador de Ionización, acoplado a un Registrador PM 8252 Phillips. Se utilizó una columna de vidrio, de relleno, de 1.5 m de longitud y 4 mm de diámetro interno con fase estacionaria de Tween y ácido fosfórico 20% sobre celite cromatográfico 100 – 200 mesh.

2. Concentración de los patrones

Ácido:

Etanoico.....	25	mmo/L ⁻¹
Propanoico.....	25	mmo/L ⁻¹
Butanoico.....	25	mmol/L ⁻¹
3-metilbutanoico.....	12.5	mmol/L ⁻¹
Pentanoico.....	12.5	mmol/L ⁻¹

3. Preparación de la muestra

Del líquido del rumen filtrado y centrifugado se inyectó en la columna de 1 µL a 5 µL en dependencia de las condiciones de trabajo.

4. Condiciones de operación

Temperatura del horno: 130°C

Temperatura del detector: 260°C

Temperatura del inyector: 170°C

Flujo gas portador (N₂): 50 mL/min.⁻¹.

Flujo gas Hidrógeno (H₂): 60 mL/min.⁻¹.

Flujo de Aire: 380 mL/min.⁻¹.

5. Cálculos

Se calculó el área de cada pico de los patrones y se halló el factor para cada ácido.

$$Area = \frac{b}{2} * h$$

$$Factor = \frac{c(patron)}{Area}$$

Donde

b: ancho de la base del pico

c= concentración

h= altura del pico

$$c(muestra) = Area(muestra) * Factor(patron)$$

El total de ácidos grasos volátiles (AGV total) se determinó sumando las concentraciones individuales de los ácidos grasos volátiles que se obtienen en la muestra biológica mediante la técnica anteriormente descrita.

- **Determinación del ácido 2-hidroxiopropanoico (ácido láctico).**

El ácido 2-hidroxiopropanoico se determinó por el método de análisis por microdifusión, Conway (60) para lo cual se utilizó un Espectrofotómetro a longitud de onda 225 nm.

- **Determinación del amoníaco (NH₃).**

El amoníaco se determinó por el método de análisis por microdifusión, Conway (60) para lo cual se utilizó un Espectrofotómetro a longitud de onda 225 nm.

- **Procesamiento estadístico.**

Se realizó mediante el siguiente modelo de efectos fijos:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + P_j + A_k + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl}: Observación en los diferentes indicadores evaluados.

μ: Constante aditiva común a cualquier observación.

T_i: Efecto fijo del i-ésimo tratamiento (i=1,2)

P_j: Efecto fijo j-ésimo período experimental (j=1,2)

A_k: Efecto fijo k-ésimo animal experimental (k=1,2)

E_{ijkl}: Error experimental con distribución Normal (μ=0, σ²)

Los procesamientos estadísticos se realizaron con el paquete STATGRAPHICS sobre Windows ver. 2.1.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Los valores medios de digestibilidad *in situ* a las 72 horas, de la materia seca de los residuos de cosecha cañera procedentes de Centro de Acopio (Tabla 5) fueron 30.81% para la materia seca no predigerida (RCA) y 49.04% para la tratada con OHNa al 4% (RCAt), con una diferencia estadística significativa $p < 0.00001$.

Tabla 5. Digestibilidad *in situ* de la materia seca de los RCA tratados con OHNa al 4%

Réplicas	Materia seca RCA sin Tratamiento químico (%)	Materia seca RCA con Tratamiento químico (%)
1	27,44	45,78
2	27,52	46,38
3	28,24	48,25
4	29,49	48,38
5	31,11	48,68
6	31,13	49,42
7	32,07	49,69
8	32,14	50,89
9	34,01	51,32
10	34,97	51,56
Medias	30,81 ^b	49,04 ^a
Error estándar	±0,83	±0,62

Medias (a, b) con superíndices desiguales difieren a $p < 0,00001$

Nuestros resultados son similares a los obtenidos por otros investigadores (14) (16) (18) (19) (32) (62) Tabla 6, en experimentos de digestibilidad, con residuos de cosecha de la caña de azúcar tratados o no con OHNa al 4%.

Tabla 6. Digestibilidades *in situ* e *in vitro* de la materia seca en residuos de la cosecha de la caña de azúcar tratado o no con OHNa al 4% obtenida por diversos autores.

Técnica empleada	Digestibilidad, % Sin tratar, 0% OHNa	Digestibilidad, % Tratados con 4% OHNa	Autor
In vitro	35.80	52.40	Stuart et al. (18)
In vitro	31.90	47.00	Hanke et al. (16)
In situ	31.30	52.20	Estrada et al. (62)
In situ	30.11	48.24	Pedraza et al. (32)
In vivo	29.80	46.90	Martín (14)
In vivo	36.20	59.20	Estrada (19)

De acuerdo a estos resultados y a los nuestros, los valores de digestibilidad de los RCC tratados con OHNa al 4% se elevan como promedio un 18%. Lo que lo hace similar a las digestibilidades informadas (2) de diferentes pastos y forrajes tradicionales como son: pangola (*Digitaria decumbens*) con riego de 8 a 9 semanas alcanza una digestibilidad de un 50%, la bermuda de costa (*Cynodon dactylon*) de más de 10 semanas en tiempo lluvioso alcanza una digestibilidad de 48.3%, un heno de bermuda de 6 a 7 semanas en tiempo de seca teniendo riego su valor es de 47.7% y un ensilado de pangola de 6 a 7 semanas en tiempo de lluvia obtuvo 46.4% de digestibilidad.

Se encontró que la inclusión del OHNa al 4% en los RCA, determinó un efecto estadístico significativo en el pH del líquido del rumen ($p < 0.01$) (Tabla 7). Aunque la media de 7.2, resulta relativamente elevada para una óptima celulosis, teniendo en cuenta que Gürtler (20) plantea que el pH del rumen resulta un indicador que puede modificar la celulosis, estableciéndose con seguridad que el pH óptimo para la celulosis, se encuentra en un rango de 6.70 – 7.00.

No obstante es importante señalar que en nuestro experimento, la última lectura diaria del pH en el líquido ruminal (4:00 p.m.) en seis oportunidades, se obtuvieron para los RCA: pH de 7.25, 7.35, 7.40, 7.50, 7.50 y 8.10.

Tabla 7. Comportamiento del pH del rumen de toros que consumen RCA tratados con 4% de OHNa

Indicador	RCA sin tratamiento químico	RCA con tratamiento químico	Error estándar
pH	6,62 ^b	7,20 ^a	± 0,07

Medias (a, b) con superíndices desiguales difieren a $p < 0,01$

El pH del rumen en toros alimentados con residuos de cosecha cañera de Centros de Limpieza con suplementación (1.0 Kg. de pienso/animal/día) (41) resultó 6.4, lo que lo hace similar al valor 6.62 obtenido por nosotros con RCA con una suplementación similar. El rango fisiológico de pH en el líquido del rumen oscila entre 5.4 a 7.4 (39)(58) encontrándose nuestro resultado de 6.62 en los RCA y de 7.20 en los RCA, dentro de ese rango.

La presión osmótica del líquido del rumen (Tabla 8) mostró el comportamiento esperado, obteniéndose la osmolaridad mayor, 271.00 mosm/L⁻¹ en la dieta de RCAt y de 235.18 mosm/L⁻¹ en los RCA, con una significación de p<0.01.

Tabla 8. Comportamiento de la presión osmótica del rumen de toros que consumen RCA tratados con 4% OHNa

Indicador/ UM	RCA sin tratamiento químico	RCA con tratamiento químico	Error estándar
Presión osmótica mosm/L ⁻¹	235,18 ^b	271,00 ^a	± 4,66

Medias (a, b) con superíndices desiguales difieren a p<0,01

Los valores encontrados para este indicador del líquido ruminal, resultan de gran interés, en la utilización de álcalis para predigerir alimentos fibrosos. Es importante señalar que en nuestro experimento, observamos en algunas muestras, valores de 325, 337, 370 y 401 mosm/L⁻¹, aunque la media fue de 271 mosm/L⁻¹. Este valor medio de la dieta de RCAt, está dentro del rango normal 265 - 325 mosm/L⁻¹ de la osmolaridad del líquido ruminal, pero muy cerca del límite máximo de 325 mosm/L⁻¹ (38).

Cuando en el contenido ruminal la presión osmótica alcanza valores de 400 mosm/L⁻¹, la digestibilidad de la celulosa se deprime considerablemente. Bergen (47) utilizando cantidades crecientes de Cloruro de Sodio (NaCl) y Etanoato de sodio (NaEt), demostró en un experimento de digestibilidad in vitro de la celulosa, que a medida que aumentaba la osmolaridad decrecía la digestibilidad de la celulosa. En su experimento, la celulosa ocasionó una osmolaridad de 175 mosm/L⁻¹ y digestibilidad de 100%, la celulosa más NaCl cuando la osmolaridad fue de 250 y 400 mosm/L⁻¹ alcanzó valores de digestibilidad de 96 y 20% respectivamente, la celulosa más NaEt con valores de osmolaridad de 250 y 400 mosm/L⁻¹ la digestibilidad fue de 95 y 44% respectivamente, la celulosa más NaCl o NaEt con registros de osmolaridad de 500 mosm/L⁻¹ los valores de digestibilidad fue de 0% en ambos casos.

La concentración de AGV total en el líquido del rumen (Tabla 9) no difirió significativamente entre los tratamientos; pero se observa una tendencia a ser mayor en los RCAt. Nuestros resultados coinciden con los de Klopfenstein et al. (62) que utilizando dietas de ensilado de alfalfa no tratado y tratado con OHNa al 5%, obtuvieron concentraciones de AGV total de 98 y 111 mmol/L⁻¹ respectivamente, no existiendo significación estadística entre ambos tratamientos.

Sin embargo Wilson et al. (63) determinó digestibilidad de la materia seca y los AGV total en paja de trigo tratada con diferentes niveles de OHNa (0% hasta 15%), y encontró que la producción de AGV total aumentaba proporcionalmente al incremento de la concentración de OHNa hasta un 51.3%.

Tabla 9. Comportamiento de los ácidos grasos volátiles individuales y total del rumen de toros que consumen RCA tratados con 4% de OHNa

Indicador/ UM	RCA sin tratamiento químico	RCA con Tratamiento químico	Error estándar
Ácido etanoico %	68,64	64,43	± 2,23
Ácido propanoico %	17,22	19,87	± 0,94
Ácido butanoico %	11,66	12,44	± 0,67
Otros AGV %	2,48	3,26	± 0,30
AGV total mMol/L ⁻¹	99,29	102,47	± 4,87

En las proporciones molares de los AGV individuales del líquido del rumen (Tabla 9) no hubo diferencias significativas entre los tratamientos para los principales AGV (ácidos etanoico, propanoico y butanoico), aunque se observó una tendencia a ser más alto el ácido etanoico en los RCA y más bajo en los RCAt; e inversamente el ácido propanoico tendió a ser más alto en los RCAt y más bajo en los RCA. La posible causa de este comportamiento es discutida conjuntamente con los resultados del ácido 2-hidroxiopropanoico (ácido láctico).

Respecto a las proporciones molares de los AGV individuales, conviene señalar que el patrón de fermentación de los RCAt, es un patrón acético (etanoico), y no difiere mucho de los obtenidos por Díaz (64) que en un experimento con terneras alimentadas con pangola o bermuda cruzada (Cross grass), reportó por cientos de: 71.60 - 72.42, propiónico 16.42 - 17.52, butírico 8.20 - 8.97, que comparado con nuestro resultado, solo difiere en que el acético es ligeramente más alto y el propiónico y butírico más bajos.

Como se conoce, las variaciones observadas en la producción total y proporciones molares de los AGV en el rumen se atribuyen fundamentalmente a la composición, características y cantidad de alimentos presentes en la dieta (49) (50) (51), que resultan el sustrato para las diferentes especies de microorganismos que habitan en el rumen, y que además tienen efecto sobre el pH; ambos factores provocan alteraciones en la población microbiana.

La concentración de ácido 2-hidroxiopropanoico (ácido láctico) del líquido del rumen (Tabla 10) no difirió significativamente entre los tratamientos. Las concentraciones fueron bajas, tal como era de esperarse en dietas ricas en fibras, pues según Balch et al. (65) el lactato no es usualmente detectable en el rumen de animales alimentados con dietas altas en forrajes y en animales alimentados con forrajes. También Jayasuriya et al. (66) mostraron que en animales alimentados con forraje menos del 1% de la fermentación ocurre a través del lactato.

Tabla 10. Comportamiento del ácido 2-hidroxiopropanoico del rumen de toros que consumen RCA tratados con OHNa al 4%

Indicador/ UM	RCA sin tratamiento químico	RCA con Tratamiento químico	Error estándar
Ácido 2-hidroxiopropanoico mMol/L ⁻¹	50,93	52,59	± 2,60

No obstante resulta conveniente señalar que se observó una tendencia a resultar más alta la concentración de lactato en los RCAt al compararlos con los RCA; teniendo en cuenta que la fibra alimentaria, aunque está constituida principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, que representan alrededor del 95-99% (21) existen además, otros constituyentes minoritarios como son: el almidón resistente, alginatos, pectinas y lactulosa, que probablemente en los RCAt quedan liberados y expuestos al ataque de la población microbiana del rumen que en su metabolismo, produce lactato, de ahí que, la concentración de lactato resulte mayor en los RCAt que en los RCA. A su vez este lactato, es el sustrato de bacterias ruminales, que producen propionato, de ahí la tendencia a resultar mayor la concentración de propionato, en los RCAt, que en los RCA, cuando se comparan las proporciones molares de los AGV individuales de la fermentación ruminal de ambos tratamientos.

En la concentración de amoníaco del líquido del rumen (tabla 11) hubo diferencia significativa ($p < 0.01$) entre los tratamientos, resultando más baja en los RCAt. Consideremos que este comportamiento de los RCA no tratados con OHNa, se debió a una baja utilización del NH₃ por la bacterias ruminales, teniendo en cuenta que en ese tratamiento la proporción molar de ácido propanoico fue más baja (17.52%), y la del ácido etanoico más alta (68.64%), inversamente a lo ocurrido en RCAt.

Esta situación ha sido planteada, en trabajos de Ishaque et al. (67) que encontraron asociada con una mayor proporción de ácido propanoico un aumento del flujo de materia orgánica a través del duodeno; y que el efecto más notable, como señalaron los autores, fue el flujo de materiales nitrogenados, los que en el grupo relativamente bajo en ácido propanoico promediaron solamente a 43% del nitrógeno ingerido; mientras que en el grupo relativamente alto en ácido propanoico ascendió a 96%.

Tabla 11. Comportamiento del amoníaco del rumen de toros que consumen RCA tratados con OHNa al 4%

Indicador/ UM	RCA sin tratamiento químico	RCA con Tratamiento químico	Error estándar
Amoníaco mMol/L ⁻¹	13,23 ^a	9,30 ^b	± 0,97

Donde: Medias (a y b) con superíndices desiguales difieren a $p < 0.01$

CONCLUSIONES

Basándonos en los resultados obtenidos con el tratamiento químico (pre-digestión) de los RCA con OHNa al 4%, podemos arribar a las siguientes conclusiones:

1. La digestibilidad in situ aumenta a 49.04% haciéndolo similar al de algunos pastos y forrajes tradicionales.
2. Los indicadores bioquímicos del rumen: pH, concentración total de ácidos grasos volátiles y de ácido 2-hidroxipropanoico, se comportaron normalmente (valores dentro del rango fisiológico para la especie y tipo de dieta).
3. La presión osmótica del líquido del rumen puede elevarse hasta el límite máximo fisiológico.
4. El patrón de fermentación es acético, con ligero aumento del ácido propanoico y disminución del ácido etanoico (ácido acético).
5. La concentración del amoníaco en el líquido ruminal disminuye.

RECOMENDACIONES

Continuar realizando investigaciones in situ e in vivo de los RCA, utilizando niveles de inclusión de OHNa de 3, 4 y 5%, referidas a:

- Estudios de digestibilidad.
- Estudios microbiológicos del rumen.
- Estudios de indicadores bioquímicos en la sangre, principalmente de la homeostasis ácido-básica.
- Estudios que permitan evaluar el comportamiento productivo en diferentes categorías de la especie bovina, consumiendo como dieta básica o suplementaria los RCA predigeridos con OHNa.

BIBLIOGRAFIA

1. FAO. Manejo de proyectos de alimentación y nutrición en comunidades. Guía didáctica. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1995: 191-202.
2. Consejo Nacional de Ciencia y Técnica. Metodología del balance alimentario para el ganado vacuno en Cuba. La Habana: Editorial Orbe, 1975: 76.
3. Dyer. Residuos de celulosa como fuente energética para producir proteínas de origen animal. Rev. Mundial de Zootecnia 1975; 15: 40.
4. González G. En torno a la interacción producción animal-medio ambiente. An. Real Acad. Farm. 1998; 64: 93-94, 97-108.
5. O'Donovan P. Posibilidades para la alimentación del ganado con subproductos en zonas tropicales. Rev. Mundial de Zootecnia. 1975; 13: 33.
6. Díaz F. Resultados preliminares de los trabajos desarrollados sobre recolección, transporte y utilización de los residuos de cosecha mecanizada de la caña de azúcar como alimento para el ganado vacuno. Facultad de Ciencia Animal, UCLV. Cuba. 1978: 2-23.
7. González G. Desarrollo de los Centros de Acopio de caña de azúcar en Cuba. Cuba Azúcar, abril/junio 1972: 43.
8. F A O. Yearbook Production. 1989. Rome, Italy.

9. Stuart J R. Los residuos agrícolas y sus posibilidades de utilización en la alimentación del ganado. Boletín Reseñas del CIDA, No. 4 marzo/abril 1977: 8.
10. Stuart J R. Desarrollo a escala comercial y evaluación zootécnica del uso de los residuos de Centros de Limpieza de la caña en lote seco. ICA. 1989: 18.
11. Pigden W y Bender F. Aprovechamiento de lignocelulosa por los rumiantes. Rev. Mundial de Zootecnia 1972; 4: 7.
12. Stuart J R. Los residuos agrícolas y sus posibilidades de empleo en la alimentación del ganado. Boletín de Reseñas, Serie Ganadería 1977; 4 (3-4): 5-24.
13. Triana. Caracterización de la lignina hidrolítica del bagazo y determinación de sus grupos funcionales. Rev. cubana Cienc. agric. 1977; 2(10): 43-47.
14. Martin P C. Efecto del OHNa y la presión sobre la digestibilidad de la MS del bagazo y bagacillo de caña. Rev. cubana Cienc. agric. 1974; 8(1): 9-13.
15. Ololade y Mowat. Effect of processing methods in vitro digestibility of sodium hidróxido. Treated Roughage. Can. J. Animal. 1975: 657-662.
16. Hanke R y Martin P C. Utilización de los subproductos fibrosos de la caña de azúcar por los rumiantes. 8. Composición de los residuos de Centros de Acopio y efecto del tratamiento con OHNa en la digestibilidad *in vitro*. Rev. cubana Cienc. agric. 1985; 19:153.
17. Boado A. Nutrición Animal. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, 1974: 338-340.
18. Stuart J R Sánchez R y Monteagudo F. Efecto del tratamiento con OHNa o NH₃ sobre la digestibilidad de raciones a base de residuos de Centros de Acopio. Seminario ICA/82. Resúmenes. 1982:94
19. Estrada F. Digestibilidad de los residuos de caña de azúcar predigeridos con diferentes niveles de OHNa. Rev. Prod. Anim. 1986; 2:27.
20. Margolles E. Principales enfermedades metabólicas de las vacas lecheras. San José de las Lajas, La Habana. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Dirección de Información Científico-Técnica, 1987: 1-7.
21. Sánchez M. Fibra alimentaria. En: Edita Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos. Nutrición y Dietética. Aspectos Sanitarios. Tomo 1. España, 1993: 241-261.
22. Martínez J A. Fundamentos Teórico-Prácticos de Nutrición y Dietética. España, 1998: 1-89.
23. Ruiz C. Utilización de la caña de azúcar como forraje verde para la producción de leche. ICA. 1978: 3.
24. Stuart J R Fundora O. Utilización de residuos de la cosecha de la caña de azúcar en la alimentación de los rumiantes. Rev. cubana Cienc. agric. 1994; 28:1-13.
25. McDonald. Nutrición Animal. 2da. Edición. España: Editorial Acribia, 1975: 134.
26. Martínez P, Galindo J y Aranda N. Determinación de la actividad proteolítica en rumen mediante un nuevo método colorimétrico. Rev. cubana Cienc. agric. 1999; 33: 83-91.
27. Braverman J B S. Introducción a la Bioquímica de los Alimentos. Edición Española, Ediciones Omega, S.A. Barcelona, 1997: 78-87, 98-100, 109-110.
28. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana. Conferencia de Nutrición y Alimentación de vacas lecheras. 1978: 13-21.
29. Dexter W. Producción de Proteínas Monocelulares para pienso a partir de residuos lignos celulósicos. Rev. Mundial de Zootécnica 1976: 14: 40.
30. Estrada F Viant A González M y Rodríguez O. Nota sobre algunas características químicas de los residuos fibrosos de la cosecha de la caña de azúcar. Rev. cubana Cienc. agric. 1986; 19: 257.

31. Stuart J R Labuda J. El consumo excesivo de sodio sobre la cinética de la degradación y la digestibilidad de la celulosa en la paja tratada con OHNa. Seminario ICA/82. Resúmenes 1982: 96.
32. Pedraza R Hernández R Orozco O y Mardoff C. Determinación de los coeficientes de digestibilidad de los residuos de Centros de Acopio (corte manual) cuando se mezclan con miel-urea o se tratan con urea o hidróxido de sodio. Rev. Prod. Anim. 1982; 3: 313.
33. Namer I. Incremento de la digestibilidad de los residuos fibrosos de la caña de azúcar. 2. Residuos de Centro de Acopio. Revista ACPA 1991; 1: 8.
34. Contreras L D Gutiérrez Ch L Ramírez CT y López R A. Mejoramiento del valor nutritivo de frutos secos de guásima (*Guazuma ulmifolia* Lam) con urea e hidróxido de sodio. Rev. cubana Cienc. agric. 1994; 28: 211-214.
35. Piquelme B y Pascualli D. Digestibilidad de la médula de caña hidratada o tratada con OHNa y Na₂SO₃. 2da. Reunión Internacional de la Caña de Azúcar en la Alimentación Animal. Resúmenes. México 1978: 30.
36. Estrada F. Guías de Nutrición y Alimentación Animal II. Dpto. Nutrición y Bioquímica. UCLV. 1987: 34-36.
37. Anison E F y Lewis M A. Metabolism in the rumen. London, England. Ed. Methuen en Co. LTD, 1996: 92-120 y 129-137.
38. Gürtler H. Fisiología de la digestión y de la absorción. Fisiología Veterinaria. Volumen 1. 2da. Edición española de la 3ra. edición alemana. España: Editorial Acribia, 1975: 294-311.
39. Mohar F. Bioquímica Animal. Ministerio de Educación Superior, Ciudad de La Habana: Ediciones ENPES, 1990: 352-370.
40. Martínez de Victoria E y Mataix J. Hidratos de Carbono. En: Nutrición y Dietética. Aspectos Sanitarios. Tomo 1. Edita Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos. España, 1993: 11-37.
41. Galindo J Stuart J R Fundora O et al. Efecto de la suplementación en la población microbiana ruminal de toros que consumen residuos de Centros de Limpieza de caña. Rev. cubana Cienc. agric. 1993; 27: 171-176.
42. Warner A C I. Factors influencing numbers and kinds of microorganisms in the rumen. In Physiology of Digestion in the Ruminant. Dougherty. Ed. Butterworth, 1965: 346-359.
43. Britten R F. The concentration of small molecules within the microbial cell. En: Function and structure in microorganism. 15th Symposium of the Society for General Microbiology. Cambridge University Press, 1965: 57.
44. Kolb E. Fisiología de los líquidos corporales. Fisiología Veterinaria. Volumen 1. 2da. edición española de la 3ra. edición alemana. España: Editorial Acribia, 1975: 420-445.
45. Pearson R M y Smith J A B. The utilization of urea in the bovine rumen. 2. The convection of urea to ammonia. Biochem. J. 1966, 37: 148.
46. Kolb E. Fisiología de la nutrición. Fisiología Veterinaria. Volumen 1. 2da. edición española de la 3ra. edición alemana. España: Editorial Acribia, 1975: 129-137.
47. Bergen W G. Rumen osmolality as factor in the feed intake control of sheep. Michigan State University, East Lansing. 4823.1996.
48. Parthasaraty D y Phillipson A T. In: Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. J. Physiol. 1996, 121: 147.
49. Eusebio A N Shaw J C Leffel E C Lakshamanan S y Doetsch R N. Effect of rumen volatile fatty acids and rumen microbial dissimilation of glucose-C¹⁴ of corn meal when fed exclusively in combination with hay or certain add. 1969.

50. Donefer E Lloyd L E Crampton E W. Effect of varying alfalfa-barley rations on energy intake and volatile fatty acids production by sheep. J. Animal Sci. 1963; 22: 425.
51. Marty R J Preston T E. Proporciones molares de los ácidos grasos volátiles de cadena corta (AGV) producidos en el rumen de ganado vacuno alimentado con dietas altas miel. Rev. cubana Cienc. agric. 1970; 4: 189-193.
52. Mayes P A Nutrición, Digestión y Absorción. Bioquímica de Harper. Undécima edición. México, D. F.: Editorial El Manual Moderno, S.A. de CV. 1988: 573 y 584.
53. Vázquez C M. Técnicas de digestibilidad. Instituto de Ciencia Animal. 1974: 1-30.
54. Aranceta J Pérez C Serra L Mataix J. Evaluación del Estado Nutricional. En: Nutrición y Dietética. Aspectos Sanitarios. Tomo 1. Edit. Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos. España, 1993: 831- 833, 859, 864.
55. Rosenberger G. Exploración Clínica del Ganado Vacuno. Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación. Segunda reimpresión, 1984: 106-111, 146-155.
56. Chechetkin A V Voronianski VI Pokusay G y otros. Prácticas de Bioquímica del Ganado y Aves de Corral. Moscú: Editorial MIR, 1984: 24-30, 42-45, 115, 119-121.
57. Mohar F Peraza M León J Lam F y Mendoza E. Bioquímica Animal. Manual de Prácticas de Laboratorio. Ministerio de Educación Superior, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana; 1990: 147-149 y 152-153.
58. Kredl F Pedroso R y Lavandeira L E. Algunos métodos seleccionados de análisis bioquímicos en la sangre, orina, plasma seminal y mucus cervical. Centro de Investigación para el Mejoramiento Animal. Ciudad de La Habana. 1992.
59. Pascual C y Torres W. Control de Calidad en Bioquímica Clínica. Ciudad de La Habana: Editorial Ciencias Médicas, 1989: 123, 130 y 132.
60. Conway E J. Microdiffusion Analysis and Volumetric Error. Ed. Crosby Lockwood, London, 1962.
61. Estrada F Toboso A y Cepero O. Efecto de la paja de caña predigerida con niveles OHNa en la producción de leche. 1985. Rev. Prod. Anim. 1:31.
62. Klopfenstein T J Krause V E Jones M J y Woods W. Chemical treatment of low quality roughage. J. Anim. Sci. 1972; 35: 418.
63. Wilson R K O'Shea J. The transfer of N from the blood to the rumen in sheep. Aust. J. biol. Sci. 1998; 50: 967.
64. Díaz R F. Utilización de pastos en la crianza de terneros. Tesis Doctoral, 1977. Instituto de Ciencia Animal, Universidad de La Habana, Cuba.
65. Balch C y Rowland S J. Volatile fatty acids and lactic in the rumen of dairy cows receiving a variety of diets. Brit. J. Nutr. 1975. 29: 392-395.
66. Jayasuriya G C N y Hungate R E. Lactate conversion in the bovine. Arch. Biochem. Biophys. 1959. 82: 274.
67. Isaque M Thomas P C y Rook J A F. Consequences to the host of changes in rumen microbial activity. Nature, New Biology, 1971; 25: 231-234.

ANEXOS **TERMINOLOGÍA**

- Abomaso = cuajar, estómago verdadero o glandular de los rumiantes.
- Acetato = forma disociada (iónica, sal) del ácido acético.
- Ácido acético = ácido etanoico
- Ácido butírico = ácido butanoico
- Ácido isobutírico = ácido metilpropanoico
- Ácido isovaleriánico = ácido 3-metilbutanoico
- Ácido láctico = ácido 2-hidroxiopropanoico
- Ácido propiónico = ácido propanoico
- Ácido valeriánico = ácido pentanoico
- AGV = ácidos grasos volátiles
- Bonete = Retículo, redecilla, segundo pre-estómago de los rumiantes
- Butirato = Forma disociada (iónica, sal) del ácido butírico
- Cuajar = Abomaso, estómago glandular de los rumiantes
- Estómago pluricavitario = Compuesto por cuatro cavidades: panza, bonete, librillo y cuajar
- Fibra alimentaria = Ha sido usado el término fibra bruta o cruda
- Forraje fresco = Hierba verde recién cortada
- Lactato = Forma disociada (iónica, sal) del ácido láctico
- Librillo = Omaso, salterio, tercer pre-estómago de los rumiantes
- Omaso = Librillo, salterio, tercer pre-estómago de los rumiantes
- Panza = Rumen, herbario, primer pre-estómago de los rumiantes
- Pre-estómagos = Panza o rumen, bonete o retículo y omaso o librillo
- Propionato = Forma disociada (iónica, sal) del ácido propiónico
- RCA = Residuos de Centros de Acopio
- RCC = Residuos de cosecha cañera
- Retículo= Bonete, redecilla, segundo pre-estómago de los rumiantes
- Rumen = Panza, herbario, primero de los pre-estómagos de los rumiantes

Escrito recibido el 07/12/04, nº de referencia 020536_REDNET. Enviado por su autor, [juansp](mailto:juansp@veterinaria.org), miembro de la [Comunidad Virtual Veterinaria.org](http://www.veterinaria.org)®. Publicado en REDNET® el 01/02/04.

(Copyright) 1996-2005. [Revista Electrónica de Veterinaria REDNET®](http://www.veterinaria.org), ISSN 1695-7504 - [Veterinaria.org](http://www.veterinaria.org)® - [Comunidad Virtual Veterinaria.org](http://www.veterinaria.org)® - Veterinaria Organización S.L.®

Se autoriza la difusión y reenvío de esta publicación electrónica en su totalidad o parcialmente, siempre que se cite la fuente, enlace con [Veterinaria.org](http://www.veterinaria.org)® - www.veterinaria.org y REDNET® www.veterinaria.org/revistas/redvet y se cumplan los requisitos indicados en [Copyright](#)