



11662  
les  
y 11662  
7 5

Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES CUAUTITLAN  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES PECUARIAS-SARH

"ESTUDIO COMPARATIVO SOBRE EL USO DE  
ENSILAJE DE CAÑA DE AZUCAR TRATADA CON  
NaOH Y SIN TRATAR, COMO UNICO FORRAJE  
PARA VACAS LECHERAS EN PRODUCCION"

Notificación Animal.

T E S I S

Que para obtener el grado de:

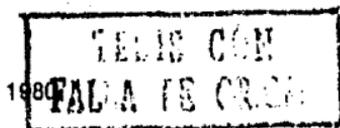
MAESTRIA EN CIENCIAS

P r e s e n t a :

M.V.Z. Guillermo Gleaves Olvera

bajo la dirección de

DR. MARCELO PEREZ DOMINGUEZ





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.

## CONTENIDO

### Parte I

- 1.- Introducción
- 2.- Antecedentes
  - 2.1.- Características anatómo-fisiológicas del complejo gástrico
  - 2.2.- Desarrollo de la población bacteriana del rumen
    - 2.2.1.- Desarrollo de la flora bacteriana
    - 2.2.2.- Desarrollo de protozoarios
  - 2.3.- Digestión de carbohidratos en rumen
    - 2.3.1.- Producción y absorción de AGV a nivel ruminal
    - 2.3.2.- Importancia de los AGV en la producción animal
    - 2.3.3.- Principales factores que afectan la producción de AGV
  - 2.4.- Digestión de proteínas en rumen
    - 2.4.1.- Importancia del aporte protéico a dietas basadas en forrajes de bajo contenido protéico
    - 2.4.2.- Aporte de N.N.P. como fuente de N<sub>2</sub> a dietas de bajo contenido protéico
    - 2.4.3.- Interacción del N ruminal con los carbohidratos presentes en la dieta
  - 2.5.- Algunos metabolitos importantes en sangre
    - 2.5.1.- Cuerpos cetónicos
    - 2.5.2.- Glucosa
  - 2.6.- Calidad de la leche
  - 2.7.- Parámetros obtenidos en dietas basadas en caña de azúcar, fresca y ensilada
    - 2.7.1.- Comportamiento animal en vacas especializadas en la producción de leche en dietas basadas en ensilaje de caña de azúcar
- 3.- Hipótesis Experimental
  - 3.1.- Objetivos

## Parte II

### 4.- Materiales y Métodos

#### 4.1.- Experimento 1

#### 4.2.- Experimento 2

## Parte III

### 5.- Resultados y Discusión

#### 5.1.- Experimento 1

#### 5.2.- Experimento 2

### 6.- Conclusiones

### 7.- Literatura citada

### 8.- Resumen

### 9.- Apéndice

## INDICE

		<u>Pág.</u>
Cuadro No. 1	Porcentaje del peso total del tracto digestivo de rumiantes ocupado por los diferentes compartimentos.....	6
Cuadro No. 2	Ciliados que se encuentran en los rumiantes.....	14
Cuadro No. 3	AGV encontrados en el líquido ruminal, sangre portal y arterial de borregos en una dieta de heno.....	19
Cuadro No. 4	Esquema del diseño experimental.....	63
Cuadro No. 5	Composición del concentrado utilizado en el Experimento 2.....	64
Cuadro No. 6	Resultados de los análisis químicos realizados a los microsilos con adición de NaOH (base seca) Exp. 1.....	68
Cuadro No. 7	Composición química del ensilaje de caña con (A) y sin (B) adición de NaOH al 4% (base seca) Experimento 2.....	79
Cuadro No. 8	Análisis químico de líquido ruminal de bovinos alimentados con ensilaje de caña de azúcar con adición de NaOH al 4% (base seca) (A) y sin aditivo (B). Experimento 2.....	80
Cuadro No. 9	Patrón de fermentación ruminal de bovinos alimentados con caña de azúcar fresca.....	81
Cuadro No. 10	Análisis químicos de sangre de bovinos alimentados con ensilaje de caña de azúcar con adición de NaOH al 4% base seca (A) y sin aditivos (B). Experimento 2.....	84
Cuadro No. 11	Resultados del comportamiento animal de bovinos alimentados con ensilaje de caña de azúcar con adición de NaOH al 4% base seca (A) y sin aditivos (B). Experimento 2.....	86

	<u>Pág.</u>
Cuadro No.12	Consumo de ensilaje de caña de azúcar por bovinos..... 87
Cuadro No. 13	Análisis químicos de leche de bovinos alimentados con ensilaje de caña de azúcar con adición de NaOH al 4% base seca (A) y sin aditivos (B). Experimento 2..... 90
Diagrama No.1	Síntesis de la glucosa a partir del propionato..... 23
Diagrama No.2	Rutas metabólicas de los carbohidratos en los rumiantes ..... 26
Diagrama No.3	Rutas metabólicas del nitrógeno en los rumiantes ..... 32
Gráfica No. 1	Efecto del NaOH sobre el nivel de fibra cruda en ensilajes de caña de azúcar. Experimento 1 ..... 69
Gráfica No. 2	Efecto del NaOH sobre el nivel de fibra ácido detergente en ensilajes de caña de azúcar. Experimento 1 ..... 71
Gráfica No. 3	Efecto del NaOH sobre el nivel de Lignina en ensilajes de caña de azúcar. Experimento 1 ..... 72
Gráfica No. 4	Efecto del NaOH sobre el nivel de cenizas en ensilajes de caña de azúcar. Experimento 1 ..... 74
Gráfica No. 5	Efecto del NaOH sobre el nivel de proteína cruda en ensilajes de caña de azúcar. Experimento 1 ..... 76
Gráfica No. 6	Efecto del NaOH sobre el nivel de ácido láctico en ensilajes de caña de azúcar. Experimento 1 ..... 77

## Parte I

### 1.- INTRODUCCION

En las próximas décadas se prevee que el incremento de la población mundial acentúe la desproporción que en la actualidad existe de producción de alimentos para el consumo humano, debido a lo cual nos encontramos con problemas mundiales de desnutrición. Por lo tanto, no se puede ignorar la siguiente pregunta. ¿Qué hacer para resolver el problema de hambre que plantea el presente?, y que sin duda será cada vez más agudo en un futuro no muy lejano. Esto se debe principalmente a que en los últimos años la población mundial ha aumentado alrededor de un 40% y continúa creciendo en una proporción mayor.

En los países donde este problema está presente, se puede afirmar que existe una marcada escasez de nutrientes, particularmente de proteína de origen animal. Aunado a este problema existe la problemática de que hasta ahora los sistemas de producción animal están basados en el uso de alimentos que pueden ser consumidos por el hombre estableciéndose de esta manera una competencia entre el humano y el animal. Estos problemas se agudizan gravemente en países subdesarrollados o en pleno proceso de desarrollo debido principalmente a que los sistemas de explotación pecuaria de estos países se enfrentan a factores como los siguientes:

- a) Métodos primitivos o inadecuados en la producción animal
- b) Bajos ingresos
- c) Rápido crecimiento demográfico

Tomando en cuenta estos tres factores y con el fin de incrementar la producción de alimentos de origen animal, será necesario aprovechar al máximo los recursos humanos y naturales. A continuación se analizará brevemente un problema fundamental dentro de las explotaciones ganaderas que va a influenciar directamente todas las perspectivas dentro de la producción animal.

Una producción ganadera eficiente depende en gran medida de la disponibilidad, durante todo el año, de forraje suficiente y de la debida calidad. Esto impone la necesidad de establecer sistemas de alimentación animal que logren satisfacer dichas necesidades, ya que hasta ahora la tecnología desarrollada en los países de clima templado, para la producción de leche y carne, así como los sistemas especializados independientes no han sido apropiados para cubrir las necesidades de las naciones en desarrollo. Estos países basan toda, o gran parte de su producción en extensiones localizadas en climas tropicales. Debido a esto se enfrentan a una serie de diferentes problemas. Como ejemplo, en las zonas tropicales existen dos épocas o estaciones al año que son diferentes y que determinan diferentes necesidades. La primera es la estación de lluvias en la que se cuenta con pastos comúnmente suficientes para la alimentación del ganado. La segunda es la estación de sequía (llamada comúnmente época crítica), que se caracteriza por la ausencia parcial o total de forraje.

Por lo tanto, el éxito o fracaso de las empresas ganaderas depende básicamente de la existencia y suministro de forraje durante la segunda época, que es cuando los pastos escasean.

Afortunadamente en las zonas tropicales se dispone de diversos recursos que se encuentran en gran cantidad. Estos recursos son los subproductos agroindustriales que pueden servir de alimento durante la época de sequía. En algunos países estos esquilmos se de sechan o solo se usan en parte, sin embargo en otros se dependen en absoluto de dichos esquilmos para la alimentación del ganado durante la época crítica.

Con la debida planificación de los sistemas de alimentación a base de subproductos, se pueden obtener resultados satisfactorios para el desarrollo adecuado de la ganadería. Aunque resulta difícil pensar en la posibilidad de mantener un suministro continuo, es es pecialmente durante todo el período crítico, de estos subproductos, esto es factible. El problema podría resolverse mediante el uso de forrajes conservados (ensilados), o - bien una combinación alternada entre el uso de ensilajes y de subproductos. Es un he cho conocido y demostrado que la especie animal más adecuada para un desarrollo in- te gral de la ganadería en estas zonas es el rumiante. Estos animales poseen la capaci- dad de obtener gran parte de sus requerimientos nutricionales a partir de forrajes. Por lo tanto será indispensable aprovechar de una manera eficiente los forrajes y subprod- uct os disponibles en estas zonas. Una manera moderna de utilizar forrajes y otros subpro- duct os agrícolas es a través del proceso de ensilado. Este método permite almacenar - pro ductos en época de abundancia y conservarlos durante largos períodos ofreciéndolo a los animales en épocas de escasez. Además cuando se realiza adecuadamente el pro- ces o de ensilaje se incrementa el valor nutritivo de los forrajes.

Los forrajes que probablemente sean más apropiados para ensilar son aquellos que fer- men tan con facilidad y que contienen un bajo contenido de N protéico, ya que los -

rumiantes son capaces de utilizar NNP (Nitrógeno no protéico) e incorporarlo a la proteína microbiana. Estas características de los forrajes son especialmente importantes - cuando se habla de las regiones tropicales ya que en éstas los cultivos de mayor rendimiento y mejor adaptados son además ricos en hidratos de carbono fácilmente fermentables. Algunos ejemplos de éstos son: el plátano, la yuca y la caña de azúcar. La caña de azúcar es quizá la de mayor probabilidad ya que es un cultivo perenne.

México es considerado como uno de los principales países en la producción de caña de azúcar, por lo tanto podría representar una solución a los problemas de la ganadería - actual en nuestro país. Naturalmente podría pensarse que toda la caña de azúcar producida es necesaria para la producción de azúcar ya que dicho producto juega un papel esencial en la alimentación del hombre. Sin embargo, dejando a un lado la importancia nutricional de la sacarosa en la alimentación humana, solo existiría una - competencia directa entre el ganado y el hombre por la caña de azúcar en lugares donde se encuentra arraigada la industria azucarera. Además dicha competencia no es - tan significativa como se pretenda, ya que aún en estos casos especiales los subproductos de dicha industria (melaza, bagozo, bagacillo, puntas de caña) bastarían para - crear una base sólida para la industria ganadera.

La caña de azúcar ha sido utilizada desde hace varios años en diversos países tropicales para suplir las necesidades alimenticias del ganado durante la época de sequía. Sin embargo hasta el momento la manera como se utiliza ha limitado su uso en una magnitud mayor ya que únicamente se ha considerado como un recurso de mantenimiento -

para el ganado y no como un medio de obtención de mayor producción de leche y carne. Una de las principales causas de que esto suceda es porque la caña de azúcar presenta serias deficiencias en el contenido de proteína, sin embargo es el forraje tropical de mayor valor energético y de mayor producción en materia seca al año.

Debido a lo anterior, y a las grandes perspectivas que puede ofrecer la caña de azúcar a través de sus subproductos, se ha decidido realizar esta investigación destinada principalmente a establecer el grado óptimo en la utilización de este recurso forrajero para la producción animal de leche. Este trabajo se realizó en el estado de Morelos, que además de ser reconocido como una área productora de caña de azúcar, cuenta con la infraestructura indispensable para el establecimiento de empresas de tipo ejidal destinadas a la producción animal.

## 2.- ANTECEDENTES

### 2.1.- CARACTERISTICAS ANATOMO-FISIOLOGICAS DEL COMPLEJO GASTRICO.

La principal característica anatómica que presentan los rumiantes, a diferencia de los monogástricos, es la de poseer un complejo gástrico que se encuentra dividido en cuatro compartimientos que son denominados: Rumen (panza), Retículo (bonete), Omaso (librillo) y Abomaso (cuajar). La segunda característica fundamental, es la que su alimentación esencialmente es herbívora, es decir obtienen sus alimentos de fuentes vegetales.

El complejo gástrico ocupa aproximadamente las 3/4 partes de la cavidad abdominal. La capacidad total de dicho complejo varía según la talla del animal, la cual puede ser de 110-140 litros o de 140-210 litros, (Sisson y Grossman, 1969; Nusshang, 1967).

#### CUADRO 1

#### PORCENTAJE DEL PESO TOTAL DEL TRACTO DIGESTIVO DE RUMIANTES OCUPADO POR LOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS

---

Rumen . . . . .	80%
Retículo . . . . .	5%
Omaso . . . . .	7%
Abomaso . . . . .	8%

---

Las funciones desarrolladas por estos cuatro compartimientos son las siguientes:

RUMEN: El rumen es un compartimiento espacioso que se encuentra colocado al final del esófago por lo tanto es el primer compartimiento del complejo gástrico. Se encuentra dividido en dos sacos, ventral y dorsal, su mucosa es aglandular y se encuentra cubierta de papilas. Este órgano realiza contracciones enérgicas que se traducen en movimientos lentos desarrollando un mezclado perfecto de los alimentos; es aquí donde los alimentos fibrosos sufren una humectación y una fermentación por acción de la población microbiana (Dukes, 1969). El rumen es una cámara en la que prevalecen condiciones constantes de humedad, pH (5.507), temperatura (38-42°C), y anaerobiosis (Annison y Lewis, 1966).

Otra característica importante que posee el rumen es el tiempo de adaptación que está en relación directa al tipo de alimentación y a la brusquedad de cambio del mismo. En el caso de la alimentación con caña de azúcar se ha observado que existe una ligera variación a la adaptación ruminal. Esta adaptación dependerá de si el cambio de alimento se realiza súbitamente o si se realiza gradualmente. El período de adaptación es menor cuando el cambio es gradual sin embargo a las cuatro semanas (28 días) el patrón de la fermentación es igual independientemente de si el cambio de alimento es súbito o en forma gradual (Priego et al., 1977). Por otro lado con dietas basadas en caña de azúcar algunos factores que afectan la producción animal (ganancia de peso), como en el caso del uso de suplementos como la pulidura de arroz, no afectan significativamente a los parámetros obtenidos en la fermentación ruminal tales como la producción de AGV (Ácidos grasos volátiles), pH, Amoniaco, biomasa, protozoarios. (Valdéz et al., 1977).

**RETICULO:** Este compartimiento que sigue al rumen se comunica con éste y con el omaso. Es de forma piriforme y realiza como función principal una acción mecánica sobre los alimentos a través de la producción de contracciones bruscas expulsando de esta manera su contenido principalmente hacia el omaso aunque parte sea enviada al rumen. También participa activamente en el acto de la rumia estimulando por vía nerviosa el deseo de la rumia (Morros, 1967).

**OMASO:** Este compartimiento es de forma elipsoidal algo comprimido y está comunicado con el abomaso. Los movimientos que realiza son muy superficiales y su función principal es la de absorción de agua y electrolitos (Dukes, 1969).

**ABOMASO:** El abomaso es un compartimiento que se encuentra en último término en cuanto a la disposición anatómica. El abomaso de la impresión de saco alargado que se haya localizado en su mayor parte sobre el piso del abdomen. Este compartimiento presenta una mucosa de tipo glandular y su función es esencialmente secretora (secreción del jugo gástrico), por lo que su actividad es similar a la realizada por el estómago de los monogástricos (Dukes, 1969; Morros, 1967; Nussang, 1967).

## 2.2.- DESARROLLO DE LA POBLACION BACTERIANA DEL RUMEN.

De los cuatro compartimientos anteriores daremos énfasis al rumen ya que por sus características anatómicas y fisiológicas resulta el más interesante. Hemos mencionado que se presenta como una gran cámara de fermentación que proporciona un medio conveniente para el cultivo y desarrollo continuo de una población de microorganismos que van a actuar directamente sobre los alimentos. Por lo tanto se hablará a continuación de dichos microorganismos ruminales.

Los investigadores en el campo de la fermentación ruminal han dedicado gran parte de sus esfuerzos a reproducir el proceso ruminal in vitro mediante el llamado sistema del rumen artificial. Este método ha sido utilizado con dos objetivos fundamentales: 1.- Predecir la digestibilidad de los forrajes y 2.- Comprender los procesos digestivos y anabólicos de los rumiantes. Debido a esto se han dedicado grandes esfuerzos por lograr establecer los principios básicos de que consta el sistema, y que son:

- 1.- Establecimiento bacteriano y de protozoarios
- 2.- Las condiciones físicas del rumen tales como temperatura, pH y concentraciones de los productos de metabolismo (AGV,  $\text{NH}_4$ ).

#### 2.2.1.- DESARROLLO DE LA FLORA BACTERIANA

Se estima que la población bacteriana varía entre  $1 \times 10^{10}$  -  $1 \times 10^{11}$  bacterias/gramo de contenido ruminal (Annison y Lewis, 1966; Hungate, 1960; Hungate, 1966).

En general se considera que las bacterias hacen su presencia en el rumen en el momento de la ingestión de material fibroso (Hungate, 1966). Las bacterias ruminales están adaptadas a vivir en un rango de acidez de 5.5-7.0, en ausencia de oxígeno y a una temperatura de 39-40°C (Hungate, 1966). El número de bacterias se ha establecido a través de diversos métodos como es el de conteo directo (conteo en microscopio) y el método artificial (cultivo de células). El rango que existe y la gran variación de los conteos celulares probablemente se deben a varios factores entre los que destacan el tiempo transcurrido después de la alimentación en que se tomó la muestra, los medios de cultivo utilizados y la exposición de la muestra al oxígeno ambiental. Debi-

do a estas variaciones algunas bacterias logran sobrevivir y otras mueren, por lo tanto es de particular interés el conocimiento real sobre el número total de bacterias ruminales vivas ya que el proceso de vida y muerte bacteriana (ruminal) está en función inversa del porcentaje de fermentación (Hungate, 1960). Esto fue demostrado por Watter (1952), con borregos muestreados en diferente tiempo después de proporcionarles el alimento. Este investigador concluyó que conforme el hospedero tuvo más tiempo para la fermentación la población microbiana fue la máxima pero el porcentaje de fermentación fue bajo debido principalmente al agotamiento del sustrato. Al contrario, cuando el sustrato alimenticio está fresco se incrementa la fermentación, aún cuando la población microbiana está diluida. Por lo tanto la cantidad de sustrato normalmente limita el porcentaje de fermentación ruminal (Hungate, 1960).

El porcentaje constante de crecimiento normal en el contenido ruminal se establece entre 1 y 3 días. El porcentaje de crecimiento neto en promedio está dado por el tiempo empleado por la bacteria en dividirse en el rumen, y que varía este tiempo entre 5-16 horas. (Hungate, 1960). Sin embargo la frecuencia de esta división será mayor en caso de que su número original se vea afectado por muerte súbita de algunas bacterias o que sean usadas como alimento por los protozoarios (Hungate, 1966).

Los grupos más notables son pequeños bacilos y cocos (Annison y Lewis, 1966), que mediante una minuciosa simulación de un rumen artificial se ha permitido su aislamiento, su clasificación y su caracterización.

Así es como se ha determinado que existen dos extremos dentro de la microflora ruminal; el primero es el de las especies que viven de uno o de muy pocos componentes de

los forrajes; mientras que el segundo grupo puede utilizar muchos de los componentes existentes en los forrajes (Hungate, 1966). Entre estos dos extremos encontramos un gran número de tipos intermedios que se clasifican básicamente por el sustrato que utilizan: (Church, 1974; Zavaleto, 1976).

- 1.- Bacterias celulolíticas. Son las que producen celulasa, que es la enzima capaz de hidrolizar los enlaces beta de la celulosa, produciendo celobiosa. Esta celobiosa es atacada por la celobiasa produciendo glucosa. En este grupo se pueden encontrar las siguientes bacterias: Bacteroides succinogenes, Ruminococcus floricans, Ruminococcus albus).
- 2.- Bacterias hemicelulolíticas. Son bacterias capaces de degradar a las hemicelulas liberando las pentosas, hexosas y ácidos urónicos, convirtiéndolos en glucosa o fructosa.
- 3.- Bacterias amilolíticas. Bacterias que utilizan a los almidones pues poseen una amilasa que ataca a los enlaces glucosídicos alfa 1-4 produciendo maltosa y ésta por la acción de la maltasa se convierte en glucosa. En este grupo destacan las siguientes bacterias: Bacteroides amylophilus, Butyrivibrio fibrisolvens.
- 4.- Bacterias que utilizan azúcares solubles. La mayor parte de las bacterias capaces de utilizar los disacáridos y monosacáridos. Como ejemplo se menciona a las siguientes bacterias: Succinovibrio dextrinosolvens, Selenomonas ruminantium.
- 5.- Bacterias proteolíticas. Producen enzimas hidrolíticas que rompen enlaces peptídicos, liberando péptidos y finalmente ácidos aminados.

- 6.- Bacterias lipolíticas. Poseen esterasas que hidroliza a los triglicéridos, fosfolípidos y ésteres de ácidos grasos. Como ejemplo se tiene: Anaerovibrio lipolytica.
- 7.- Bacterias que utilizan ácidos. Estas actúan sobre los productos finales de la actividad de bacterias de los grupos anteriores, utilizando como sustrato diferentes tipos de ácidos, por lo que ayudan a su eliminación del medio. En este grupo se pueden encontrar las siguientes bacterias: Veillonella alcalescens y Peptostreptococcus -- elsdeni.
- 8.- Bacterias productoras de amoníaco. Numerosos organismos son capaces de producir amoníaco a partir de varias fuentes como ácidos aminados, y este producto es uno de los que se encuentran de forma invariable en líquido ruminal. Como ejemplo se encuentra Bacteroides ruminicola.
- 9.- Bacterias metanogénicas. Que producen metano a partir de hidrógeno y  $CO_2$ . Como ejemplo se encuentra Methanobacterium ruminantium.
- 10.- Bacterias que sintetizan vitaminas. No se han estudiado con amplitud la síntesis de vitaminas por determinadas especies de las bacterias del rumen; sin embargo, se sabe que hay muchas capaces de sintetizar varios de los miembros del grupo vitamínico B.

#### 2.2.2.- DESARROLLO DE PROTOZOARIOS

La asociación entre el rumiante y los protozoarios ruminales es muy antigua ya que se mantienen íntimamente ligados. Estos hacen su aparición en el rumiante en forma na

tural debido a una infestación por contacto directo con la madre, la cual los alberga en la boca a causa de la rumia. El número de protozoarios en el rumen alcanza una cifra significativa hasta que el animal consume alimento vegetal (Annison y Lewis, 1966; Hungate, 1960; Hungate, 1966; Nusshang, 1967).

Se ha estimado que en un animal adulto el número de protozoarios es en el orden de 1 millón/g de contenido ruminal (Annison y Lewis, 1966). Sin embargo el número de protozoarios en el rumen está profundamente influenciado por la dieta del hospedador por lo que el conteo total varía en un rango desde unos cuantos miles hasta un millón/g. Además las especies predominarán de acuerdo al tipo de ración (Hungate, 1960). Se han desarrollado varios métodos para estimar el número de protozoarios, sin embargo el procedimiento basado en la precipitación de los protozoarios al añadir una solución glucosada es de los más exactos. Después de precipitar los protozoarios se establece la biomasa por lectura directa en un tubo de hematocrito (Leng et al., 1976; Minor et al., 1977).

La mayoría de los protozoarios ruminales son ciliados, aunque se encuentran también algunos que en vez de cilios presentan flagelos. La clasificación de los protozoos se basa en la morfología celular pues son organismos suficientemente grandes para que se puedan ver con facilidad sus principales estructuras celulares. En el Cuadro No. 2 se relacionan la mayor parte de los protozoos clasificados esencialmente según Hungate (1966), y mencionados por Church (1974).

CUADRO 2

CILIADOS QUE SE ENCUENTRAN EN LOS RUMIANTES (1)

Clase: Ciliados (2)

Subclase: Holotricos (se mueven más rápidamente, suelen ser mayores y tienen filas de cilios sobre toda la superficie corporal)

Géneros y especies: *Isotricha intestinalis*  
*Isotricha prostoma*  
*Dasytricha ruminantium*  
*Blepharocorys bovis* (rara)  
*Charon equi* (rara; también se encuentra en el caballo)  
*Charon ventriculi* (rara)  
*Buetschilla* (rara)

Subclase: Espirotricos; orden Entodimorfos (conocidos corrientemente por oligotricos; poseen manojos de cilios en su porción anterior)

Géneros y especies: *Caloscolex* (camello)  
*Diplodinium*(3)

Subespecies: *Diplodinium dentatum* (consume celulosa)  
*Diplodinium posterovesiculatum* (Eodinium)  
*Diplodinium crista-galli*  
*Diplodinium psittaceum*  
*Diplodinium elongatum*  
*Diplodinium polygonale*  
*Eudiplodinium neglectum* (syn. *Eremoplastron*);  
varias formas tales como *bovis* y *giganteum*  
*Eudiplodinium magii* (syn. *Metadinium medium*)  
*Eudiplodinium medium* (syn. *Metadinium tauricum*)  
*Eudiplodinium bursa* (syn. *Diplodinium neglectum*)  
*Eudiplodinium affine*  
*Eudiplodinium rostratum*  
*Polyplastron multivesiculatum*  
*Elystroplastron bubali*  
*Ostracodinium obtusum*  
*Ostracodinium gracile*  
*Ostracodinium uncinellatum*  
*Ostracodinium dentatum*  
*Enoploplastron triloriatum*

Entodinium bursa (ingiere material de las plantas y protozoos pequeños)

Entodinium caudatum (muy común)

Se han sugerido otras muchas especies, como *E. minimum*, *rostratum*, *longinucleatum*, *elongatum*, *simplex*, etc. Para más detalles véase Dogiel (1927).

Epidinium ecaudatum (se han observado muy diferentes formas)

Ophryoscolex purkynei (numerosas formas diferentes)

Opisthotrichum (se encuentra en antílopes africanos)

- 
- (1) Clasificación esencialmente similar a la sugerida por Hungate (1966).
  - (2) Entre los flagelados que se encuentran a veces en el rumen tenemos: *Monocercomonas ruminantium*, *Callimastix frontalis*, *Chilomastix*, dos especies de *Tetratrichomonas*, *Pentatrichomonas hominis* y *Monocercomonas bovis*.
  - (3) Nota: Existen confusiones o diferencias de opiniones considerables en la clasificación de las especies de este género. Algunos autores consideran alguno de estos subgéneros independientes o los clasifican de forma diferente.
- 

Los holótricos utilizan como sustrato a los azúcares como fuentes de carbohidratos y han sido reportados como consumidores de bacterias (probablemente como fuente de nitrógeno) (Hungate, 1966), sin embargo esto todavía se discute ya que una disminución en varios tipos de bacterias puede deberse a una baja en su actividad y no a que sean ingeridos por protozoarios.

Los géneros que están incluidos en los oligótricos utilizan como principal sustrato al almidón y a las bacterias. Además los miembros del género *Diplodinium* digieren la celulosa y la hemicelulosa, aunque dicha capacidad se ha discutido mucho. Este género incluye también especies que se alimentan de otros protozoarios (Hungate, 1966).

Otros estudios indican que el valor biológico para el animal hospedero se basa en su propia materia al ser digeridos en el abomaso e intestino, reportando de esta manera -

una utilidad que va del 20-50% del total de nitrógeno contenido en rumen (Hungate, 1966). La función exacta de los protozoarios en la nutrición del ganado alimentado con caña de azúcar no se conoce aún debido a que no se han podido detectar en el omaso. Generalmente mueren en el rumen y luego son fermentados por las bacterias (Minor, 1977).

### 2.3.- DIGESTION DE CARBOHIDRATOS EN RUMEN

En condiciones adversas o favorables, la digestión de la celulosa es una de las funciones principales que realiza el rumen la cual se lleva a cabo por acción directa por enzimas tales como la celulasa producida por las bacterias celulolíticas (Annison y Lewis, 1966). Por otro lado el desdoblamiento de algunos carbohidratos del alimento se lleva a cabo por otras bacterias, como ejemplo: bacteroides, ruminococos, succinomonas, ciertos clostridios, celobacterias y butirivibrios (Hungate, 1966).

Los carbohidratos constituyen la mayor parte de la ración alimenticia de los rumiantes y por lo mismo son la fuente principal de energía (al igual que para los microorganismos ruminales). Los carbohidratos más abundantes en las dietas de los rumiantes son: polisacáridos, celulosa, hemicelulosa, pectinas, almidones y fructanas (Zavaleta, 1976; Mc Donald et al., 1973). En los forrajes más maduros, por ejemplo henos y pajas, la proporción de celulosa y hemicelulosa es alta respecto a carbohidratos solubles. La celulosa se asocia con lignina la cual puede representar del 2 al 12% de la materia seca (Mc Donald et al., 1973). En forrajes no maduros la celulosa puede alcanzar de un 20-30% de los carbohidratos, la hemicelulosa de 14-17% y las pectinas hasta un 10% (Zavaleta, 1976).

Los principales productos finales de la fermentación de carbohidratos son: Dióxido de carbono, metano, ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico. Los productos obtenidos en cultivos puros de bacterias ruminales incluye también etanol, lactato, succinato, formato e hidrógeno; de todos estos ninguno se ha podido determinar como producto final de la fermentación ruminal, pero sí se encuentran como compuestos intermedios, de los cuales los más importantes son el succinato, formato e hidrógeno (Hungate, 1966).

Los productos finales de la fermentación dependerán básicamente del tipo de fermentación y de la actividad sintética de los microorganismos del rumen, los cuales conducirán a las modificaciones en el patrón de metabolismo del hospedero. El hospedero, como característica de su metabolismo de carbohidratos, presenta baja concentración de glucosa en sangre con respecto a monogástricos. La concentración de glucosa en el recién nacido es de 100 mg/100 ml la cual disminuye gradualmente después de las primeras 6-9 semanas que es cuando la dieta se basa principalmente en forraje. En este momento la concentración llega a ser de 25-65 mg/100 ml de sangre que ordinariamente no llega a ser mayor de 75 mg/100 ml por el resto de la vida del animal (Hungate, 1966); Young et al., 1965). Esto se explica porque una vez que el rumiante comienza a funcionar como tal, es el momento de que inicia el consumo de forraje y por lo tanto los productos finales de la fermentación ruminal comienzan a ser su principal fuente de energía (Hungate, 1966). Lo anterior ha sido demostrado mediante la administración de ácidos grasos volátiles por vía intravenosa a becerros lactantes dando como resultado una disminución de los niveles de glucosa incrementándose a la vez niveles de lactato (Young, et al., 1965).

CUADRO 3

AGV ENCONTRADOS EN LIQUIDO RUMINAL, SANGRE PORTAL Y ARTERIAL  
DE BORREGOS EN UNA DIETA DE HENO<sup>a</sup>

Tiempo después del alimento (hr)	Muestra	Total AGV concentración (mmoles/litro)	Porcentaje Molecular de AGV							
			Fórmico	Acético	Propiónico	Iso- butírico	n- Butírico	Iso- valérico 2-methyl butírico	n- Valérico	
0	Sangre portal	47	0	66	28	1	5	0	0	
0,75		67	0	64	29	1	5	0	1	
1,5		80	0	64	29	1	4	1	1	
3		94	0	58	29	2	7	3	1	
4,5		89	0	68	26	1	4	1	0	
7		84	0	61	30	1	6	1	1	
10		72	0	60	32	1	5	1	1	
0		Sangre Portal	0,96	6	83	11	0	0	0	0
0,75			1,30	4	83	13	0	0	0	0
1,5			1,67	5	79	17	0	0	0	0
3	1,78		4	75	21	0	Traza	0	0	
4,5	1,53		4	81	15	0	0	0	0	
7	1,10		7	82	11	0	Traza	0	0	
10	1,05		5	84	11	0	0	0	0	
0	Sangre de carotida		0,73	5	95	0	0	0	0	0
0,75			0,82	5	95	0	0	0	0	0
1,5			0,92	4	96	0	0	0	0	0
3		0,71	5	92	3	0	0	0	0	
4,5		0,58	6	92	2	0	0	0	0	
7		0,52	4	96	0	0	0	0	0	
10		0,51	5	95	0	0	0	0	0	

<sup>a</sup> Annison et al., (1957).

Las reacciones que predominan en la producción del ácido acético al igual que el butírico, son reacciones fosforoclasticas en las que el ácido pirúvico es convertido en fosfato de acetilo y ácido fórmico e hidrógeno y  $CO_2$ . Los hidrógenos que se desprenden en el proceso oxidativo son utilizados de distinta manera que dependerá básicamente de las bacterias que realicen la fermentación. Los clostridios transfieren los electrones liberados a protones que se separan como hidrógeno molecular. Otras bacterias los transfieren al  $CO_2$  produciendo ácido fórmico y otras lo utilizan para hidrogenar ácidos grasos. A su vez el ácido fórmico producido sufre una oxidación rápida en el rumen, reacción en la cual interviene una hidrogenasa fórmica asociada a la ferredoxina. Esta oxidación produce hidrógeno y  $CO_2$  (Zavaleta, 1976; Young et al., 1965; Shulman y Valentino, 1976).

El ácido propiónico es producido en el rumen a partir del ácido pirúvico o del láctico siguiendo dos vías diferentes. Aun cuando las dos son funcionales, una de ellas es la predominante y se lleva a cabo con la formación de oxalato y succinato. La segunda vía requiere de la formación de acrilato y se presenta en el rumen de los animales en los que la ración alimenticia es deficiente en azufre quizá debido a un cambio en la población bacteriana o bien cuando es principalmente a base de granos (Zavaleta, 1976; Shulman y Valentino, 1976).

En el rumen se puede sintetizar el ácido butírico a partir del ácido acético o de sustancias capaces de formar Acetil-CoA como en el caso del ácido propiónico (Zavaleta, 1976).

El ácido butírico al pasar de la pared ruminal al torrente sanguíneo sufre una modificación ya que es transformado a ácido B-hidroxibutírico (Zavaleta, 1976; Hungate, 1966; Spahr, 1965; Menahan, 1967). Esto se ha podido demostrar mediante la infusión a nivel ruminal de butirato y haciendo mediciones en sangre portal y arterial de cuerpos cetónicos. De los resultados obtenidos se concluye que los niveles más altos de cuerpos cetónicos se encontraron en sangre portal por que se comprueba de que sí sufre una transformación el ácido butírico al pasar a torrente sanguíneo (Hobson, et al., 1965).

### 2.3.2.- IMPORTANCIA DE LOS AGV EN LA PRODUCCION ANIMAL.

Los carbohidratos son importantes para el metabolismo de los rumiantes. En el caso de ganado lechero éste es muy importante debido a que la leche contiene cerca de un 5% de lactosa (disacárido constituido por una molécula de glucosa más una molécula de galactosa), esto significa que una vaca de alta producción deberá sintetizar más de 1 kg de lactosa al día. Por lo tanto serán necesarias grandes cantidades de glucosa para lograr cubrir tal producción. Sin embargo, la cantidad de glucosa absorbida por el tracto digestivo (que proviene básicamente de las reservas de polisacáridos almacenados en el cuerpo de la microflora ruminal) no es lo suficiente para cubrir las necesidades de carbohidratos durante la etapa productiva de leche. De aquí que los AGV jueguen un papel importantísimo en la producción de la glucosa necesaria (Mc Donald, et al., 1973). El mecanismo para la síntesis de la glucosa a partir de AGV ha ocupado el interés y la actividad de numerosos investigadores, quienes han aceptado que el propionato es el precursor de la glucosa.

Los AGV que se liberan en el rumen son aprovechados en parte por las bacterias ya que son utilizados para la síntesis de algunos de sus compuestos estructurales. El resto de los AGV es absorbido, en su mayoría, a través de la pared del rumen por medio de una difusión simple. Aquellos AGV que no son absorbidos a este nivel, pasan a Omaso, Abomaso e intestino en donde se realiza su absorción. Waston y Hogan comprobaron que cerca del 76% de los AGV presentes en el rumen se absorbían a este nivel, el 19% en Omaso y Abomaso, y del 4-5% llegan a pasar al intestino delgado (Zavaleta, 1976).

El orden en que se absorben los AGV a través del epitelio ruminal corresponde a la siguiente secuencia.

butírico > propiónico > acético

El ácido acético pasa al torrente sanguíneo prácticamente sin ningún cambio en su estructura, sin embargo se ha detectado que su adición por vía intravenosa favorece a la elevación de cuerpos cetónicos (Young, et al., 1965). Por otra parte se ha podido comprobar que existe una relación entre el acético sanguíneo y el que se encuentra en rumen (Spahr, 1965).

El ácido propiónico en el epitelio del rumen es absorbido como tal llegando a hígado por vía portal donde es metabolizado (Zavaleta, 1976). El ácido propiónico no interviene en la formación de cuerpos cetónicos, por el contrario su presencia provoca un descenso en la producción de cuerpos cetónicos debido a que impide la degradación de grasa para la producción de energía (Young et al., 1965).

### 2.3.1.- PRODUCCION Y ABSORCION DE AGV A NIVEL RUMINAL.

Los principales productos finales obtenidos del metabolismo de los carbohidratos en el rumen por la acción bacteriana son los ácidos grasos volátiles (AGV) de los cuales ha sido posible identificar la presencia de los siguientes (Hungate, 1966). En el Cuadro No. 3 se presenta la concentración de AGV en muestras de rumen, sangre portal y arterial de borregos alimentados con heno.

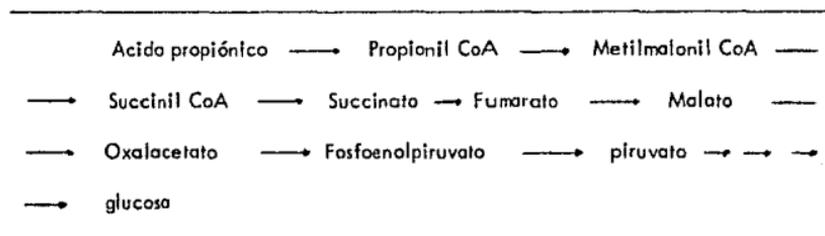
De estos los más importantes son los AGV acético, propiónico y butírico.

La proteína de la dieta también contribuye en la producción de AGV, especialmente con aquellas raciones con un contenido protéico elevado. Su participación se realiza a través de la degradación de los ácidos aminados hasta metabolitos capaces de convertirse en ácidos grasos volátiles; sin embargo se carece de datos cuantitativos. Los ácidos glutámico y aspártico se metabolizan con gran rapidez y producen AGV y  $CO_2$  - (Zavaleta, 1976).

Hay ocasiones en que la concentración de azúcares solubles de la ración puede ser muy elevada alcanzando hasta un 25% de la materia seca especialmente cuando se utilizan vegetales antes de la floración. La fermentación de estos carbohidratos solubles puede ser muy rápida y los microorganismos utilizan gran parte de la glucosa para la síntesis de compuestos y almacenamiento de energía los cuales pueden ser aprovechados cuando las bacterias encuentran como sustrato principal a la celulosa y hemicelulosa (Zavaleta, 1976).

A continuación se presenta un diagrama que presenta la síntesis de la glucosa a partir del propionato hasta la formación de piruvato (Hungate, 1966; Conn y Stumpf, 1976; Mc Donald et al., 1973).

Diagrama No. 1 SÍNTESIS DE LA GLUCOSA A PARTIR DE PROPIONATO.



Por un lado encontramos que los AGV tienen gran importancia como aportadores de productos intermedios del ciclo de Krebs. Como ejemplo se puede mencionar lo siguiente: el hígado metaboliza fácilmente el propionato y butirato, no así el acetato que al igual que los cuerpos cetónicos salen del hígado prácticamente sin cambio alguno (Hungate, 1966); el propionato es metabolizado a oxalato por la vía del succinato, por otra parte el butirato es metabolizado a B-cetobutirato y Acetil CoA, el acetil CoA y el oxalacético se combinan en el ciclo de Krebs para dar origen al ácido cítrico, siguiendo de esta manera cualquiera de los posibles caminos de este ciclo, como podría ser el caso de la ruta para la producción de glucosa por medio de la oxidación del alfa-cetoglutamato a oxalacetato y fosfoenolpiruvato (Hungate, 1966). El ácido butírico puede ser utilizado por el hígado junto con los ácidos grasos de cadena larga, para la síntesis de grasas complejas (Zavaleta, 1976). Los cuerpos cetónicos al igual que los ácidos láctico y acético, son utilizados por la mayoría de los tejidos del rumiante (con excepción del

hígado, cerebro y epitelio ruminal) donde dan lugar a la formación de radicales acetil, que bajo la forma de acetil CoA son oxidados en el ciclo de Krebs. El ácido B-hidroxibutírico es utilizado en la glándula mamaria como fuente de energía y en combinación con el acetato actúa como precursores de los ácidos grasos saturados de cadena corta (4-14 carbonos) presentes en la grasa de la leche (Zavaleta, 1976).

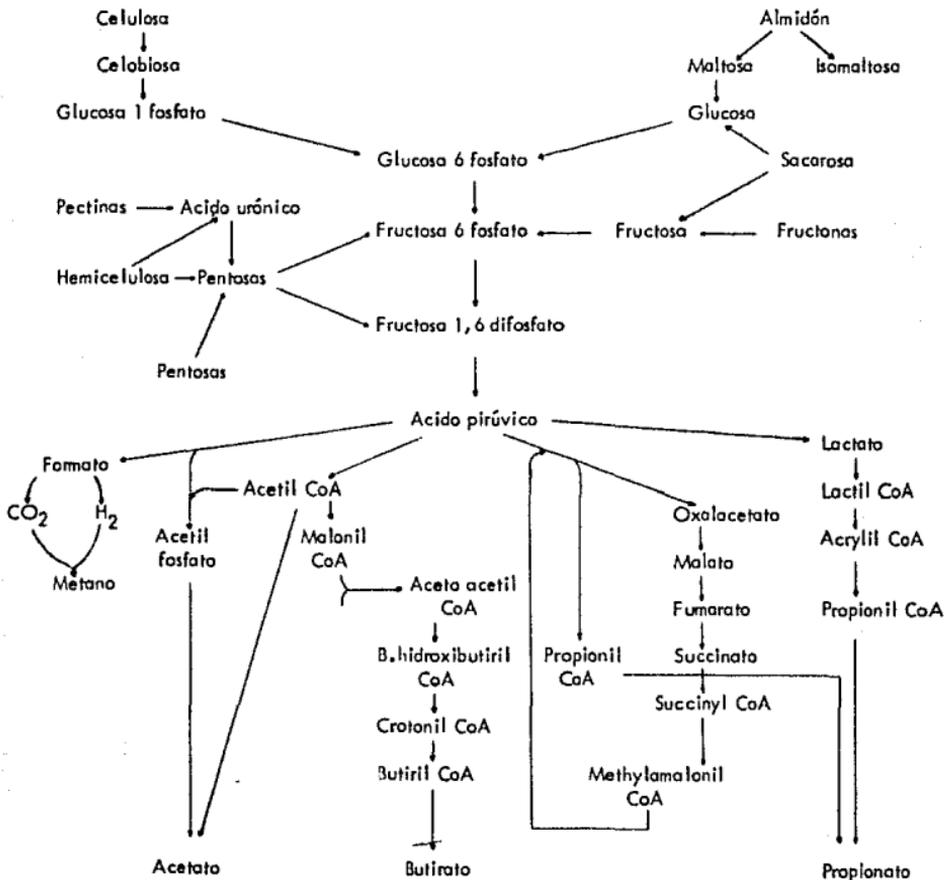
Debido a que la acetil CoA en combinación con el oxalacético dan origen a la formación del ácido cítrico, y con este proceso se inicia el ciclo de Krebs. Por lo tanto es necesaria una constante producción de acetil CoA como aporte al ciclo de Krebs. De aquí que sea esencial que ésta acetil CoA sea derivada del butirato y no del propionato ya que un ahorro en éste último provocaría un aumento en su producción molar. Este proceso generalmente se traduce en ganancia de peso y aumento en la producción de leche (Zavaleta, 1976). Por esto mismo, se podría pensar que una adecuada suplementación de butirato contribuiría a un aumento de la gluconeogénesis o partir de este ácido con una disminución de la oxidación del propionato (Hungate, 1976). Sin embargo, el suministro de butirato no es factible debido a que lo que se aumentaría sería la producción de cuerpos cetónicos y por lo tanto provocaría una cetosis. Por esto mismo lo que se ha intentado es el suministro de ácido propiónico y observar el patrón de fermentación ruminal con dietas de forraje con alto contenido en carbohidratos (como la caña de azúcar). Sin embargo los resultados obtenidos no han sido concluyentes al respecto debido a que en las concentraciones de AGV totales no se encontró ninguna diferencia significativa. Parcialmente solo se obtuvo un incremento del ácido propiónico y una disminución del acético (en proporción molar). El pH registró un aumento ligero (Priego y Sutherland, 1977).

Se ha sugerido que existe una relación significativa entre la ganancia de peso vivo y la proporción molar de ácido propiónico en becerros alimentados con caña de azúcar, miel y urea. En este experimento se determinó en el rumen que la concentración de ácido propiónico fue de 35% contra 50% de acético y 15% de butírico (Fernández et al., - - 1976).

La eficiencia en el aprovechamiento de la energía proveniente de los AGV aplicada a la producción es mucho menor que la de glucosa. Esto ha sido demostrado en animales en ayuno a los cuales se les administraron los distintos AGV teniendo los siguientes resultados: el ácido acético se utiliza hasta un 60%, el propiónico y el butírico hasta un 80%, en cambio la glucosa aplicada por vía intraabdominal o intravenosa (para no sufrir fermentación ruminal) se utiliza con una eficiencia de 100% (Zavaleta, 1976).

A continuación el diagrama muestra un resumen de las diferentes rutas metabólicas de los carbohidratos que al ser ingeridos por el rumiante y pasar al rumen son atacados por la microflora ruminal.

DIAGRAMA No. 2  
RUTAS METABOLICAS DE LOS CARBOHIDRATOS EN EL RUMEN HASTA LA CONVERSION DE -  
ACIDOS GRASOS VOLATILES (Hungate, 1966; Mc.Donald et al., 1973)



### 2.3.3.- FACTORES PRINCIPALES QUE AFECTAN LA PRODUCCION DE AGV.

Algunos de los principales factores que afectan la producción de AGV en rumen son los siguientes:

- 1.- La composición de la ración
- 2.- El pH del medio
- 3.- La actividad microbiana
- 4.- Frecuencia en la ingestión

Siendo la celulosa uno de los sustratos más importantes en las raciones alimenticias para los rumiantes, ha sido una preocupación constante del especialista en nutrición el aumentar su digestibilidad adicionando a las raciones aquellos elementos que ayuden a mejorar la actividad celulolítica de las bacterias. En general se acepta que existe una relación estrecha entre la cantidad de células bacterianas presentes en el rumen, los carbohidratos fermentados y la producción de AGV (Hungate, 1966). Por otro lado la cantidad de nitrógeno presente también es importante, ya que la digestibilidad de cualquier forraje se reduce con la disminución de nitrógeno en la ración (Zavaleta, 1976). También se ha observado que el aumento de nitrógeno no protéico (urea) favorece la producción de AGV totales (Aranda, 1977).

Por tal razón, la presencia de aminoácidos en la ración puede incrementar la cantidad de AGV producidos por acción directa de bacterias tales como estreptococos y lactobacilos. Este incremento de AGV se ha podido determinar por la inclusión en la dieta de aminoácidos como la glicina, alanina, treonina, valina y serina. Esto puede ser atribuido a reacciones de deaminación oxidativa y a reacciones de descar-

boxilación (Nakae and Elliott, 1965). Sin embargo existen trabajos que solo apoyan parcialmente lo anterior, ya que en animales cebú se ha encontrado que en dietas basadas en caña de azúcar con suplementación de urea, el único AGV que aumentó su proporción molar fue el ácido propiónico. El ácido acético presentó una disminución (Ferreiro et al., 1977). Por otra parte en vacas lecheras se ha presentado el fenómeno contrario debido a que hubo un incremento en el nivel de ácido acético y una disminución del ácido propiónico (Aranda, 1977).

En general, las raciones a base de forraje producen menos cantidad de AGV en comparación con aquellas a base de concentrados de alto contenido de proteínas y carbohidratos fácilmente fermentables. La mayor concentración de AGV en rumen, se ha observado después de que ha transcurrido un lapso de 3-6 horas de la ingestión de alimento, si éste es ofrecido una sola vez al día (Zavaleta, 1976).

La proporción de cada uno de los AGV varía con la cantidad, calidad y la textura de los componentes de la alimentación, de aquí que el sustrato predominante en la ración tendrá una influencia marcada. Por ejemplo el porcentaje de ácido acético es elevada, aproximadamente entre el 60-75%, dependiendo del tipo de forraje, su estado de madurez, la calidad del mismo y si es suministrado en forma gruesa o finamente picado (Hodgendoorn y Grive, 1970).

La producción de ácido láctico puede ser excesiva llegando a provocar una acidosis en el animal, si es usada una cantidad excesiva de concentrado en la ración (Zavaleta, 1976). Al mismo tiempo se observa una elevada concentración de ácido propiónico si estas raciones son elevadas en granos. El aumento de ácido propiónico se

ha podido determinar en vacas lecheras en producción en pastoreo en praderas de pasto pangola (Morales et al., 1976).

Existen algunos otros factores que afectan la producción de AGV tales como la cantidad de hidrógeno en el medio. Sobre este aspecto se ha observado que bajo una atmósfera de hidrógeno en comparación con una atmósfera de nitrógeno, el ácido propiónico se incrementó de 4 a 8 veces y el porcentaje total de AGV se incrementó de 2.5 a 3.2 veces (Shulman y Valentino 1976). La actividad microbiana en el rumen que es la responsable de la digestión a este nivel y que finalmente es la responsable de la producción de los distintos AGV, depende básicamente del poder de adaptación de estos microorganismos, a la ración alimenticia del animal (Hungate, 1966).

Otro factor importante es el pH. Sobre este factor se ha podido determinar que es inversamente proporcional a la concentración de AGV en rumen. Esto se debe a que cuando el pH ruminal es alto, el total de los AGV decrece (Nakae and Elliott, 1965).

Este fenómeno se encuentra estrechamente ligado a la etapa productiva de vacas en lactación, ya que durante el pico máximo de producción láctea el pH se encuentra bajo y la concentración de AGV es alta, y a medida que se acerca el final de la lactación el pH va aumentando y los AGV decreciendo (Hoogendoorn y Grive, 1970).

Dentro de algunos otros factores que pueden afectar la producción de AGV, se ha mencionado por algunos investigadores que el cambio en la frecuencia en el suministro de alimento también es importante. Si se aumenta la frecuencia en el suministro de alimento (de 1 a 2 ó 3 veces al día), se aumenta la cantidad de AGV totales (Ørskov et al., 1966), por lo tanto podría existir una respuesta de los tejidos en cuanto al me

por aprovechamiento de éstos, sin embargo, aún se discute si pueda existir alguna interacción entre la frecuencia de alimentación y el aprovechamiento de los AGV producidos (Ørskov et al., 1966).

La suplementación de algunos subproductos, como la pulidura de arroz, no ha tenido ninguna influencia sobre el patrón de fermentación, sin embargo este suplemento al igual que otros, ha tenido una marcada influencia sobre el aumento en el consumo voluntario de alimento (Priego et al., 1977)

#### 2.4.- DIGESTION DE PROTEINAS EN RUMEN

Las proteínas son el material nitrogenado más común en el forraje para el ganado (Hungate, 1966). Estos compuestos son moléculas de elevado peso molecular que contienen carbono, hidrógeno oxígeno, nitrógeno y con frecuencia azufre (Conn y Stumpf, 1976).

Las unidades fundamentales de las proteínas son los aminoácidos.

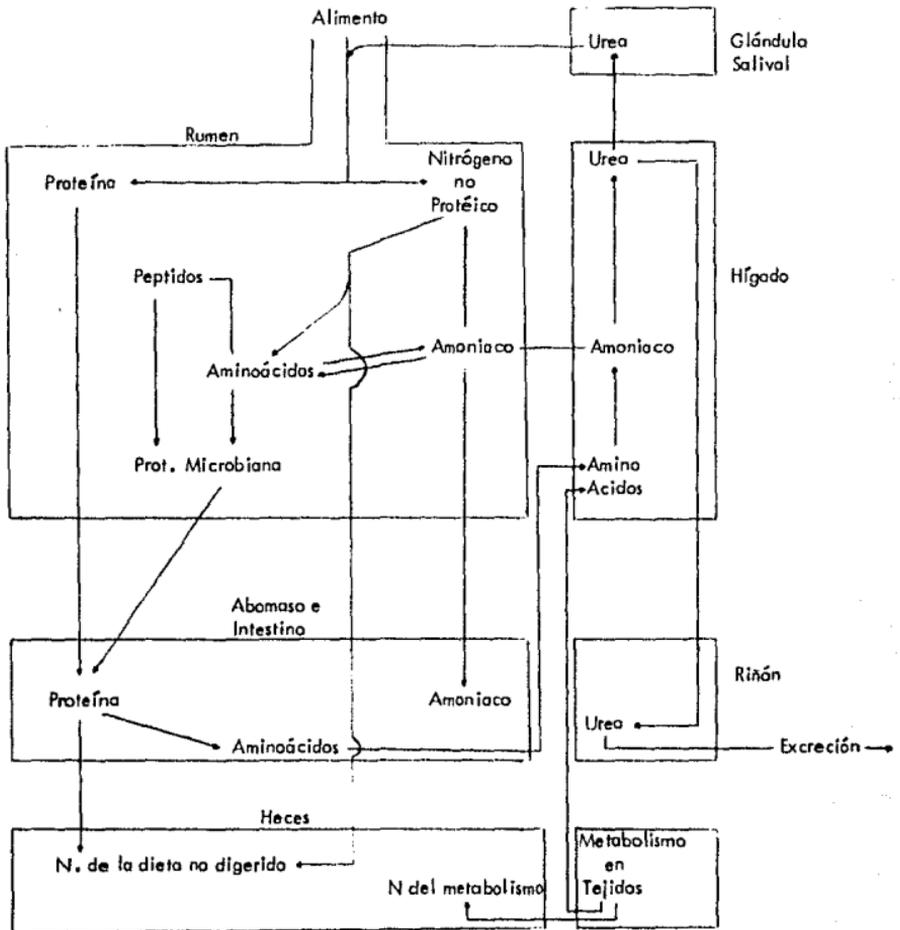
Las proteínas al ser ingeridas por el animal, son hidrolizadas en el rumen, obteniéndose como resultado de esta hidrólisis (por acción directa de los microorganismos del rumen), péptidos y aminoácidos. Algunos de estos aminoácidos son además degradados por desaminación en ácidos orgánicos, amoníaco y  $CO_2$  (Mc Donald, et al., 1973).

La proteína hidrolizada es aprovechada en la síntesis de proteína microbiana. Debido a que se encuentra un balance entre la actividad degradativa de los microorganismos ruminales y la actividad sintética, ésta síntesis se lleva a cabo a partir de aminoácidos y de simples sustancias nitrogenadas no proteicas (Mc Donald et al., 1973). Co

mo un ejemplo de la desaminación de aminoácidos se puede citar a la Alanina, la cual al ser desaminada produce el correspondiente cetoácido y amoniaco. El amoniaco puede ser absorbido por la pared ruminal y pasar a la sangre, llegando al hígado y transformado a urea (Waldo, 1968). En la forma de urea puede regresar al rumen por vía de la saliva o puede ser excretada por medio de la orina (Hungate, 1966; Mc Donald et al., 1973; Waldo, 1968). Para el aprovechamiento de este nitrógeno, en la síntesis de proteína microbial, es necesario una fuente de energía. Esta puede provenir del ATP disponible, derivado de la fermentación (Hungate, 1966). El aprovechamiento del nitrógeno se presenta con mayor facilidad si son incorporados a la dieta, carbohidratos solubles, particularmente almidón (Mc Donald et al., 1973; Waldo, 1968).

A continuación se muestra un esquema resumiendo el proceso de degradación y síntesis que sufre el material nitrogenado (Mc Donald et al., 1973).

DIAGRAMA No. 3  
RUTAS METABÓLICAS DEL NITRÓGENO EN EL ORGANISMO DE LOS RUMIANTES.



Como puede observarse en el diagrama No. 3, no toda la proteína consumida es hidrolizada en rumen. La magnitud de esta degradación dependerá básicamente de la solubilidad que tenga dicha proteína (Hungate, 1966; Silvestre, et al., 1976). Si la proteína no es hidrolizada, llegará directamente al Abomaso y luego a intestino. Esta proteína, al igual que la proteína microbiana, serán digeridas a nivel Intestinal presentando de esta manera un apoyo de fuente de proteína al hospedero (Waldo, 1968). De la proteína proveniente del alimento que ha escapado de la hidrólisis ruminal (Mc Donald et al., 1973).

La proteína microbial se encuentra compuesta de tal manera que representa una proteína de buena calidad siendo mejor que la de cualquier proteína vegetal. Sin embargo, es de menor calidad que la proteína de origen animal (Mc Donald et al., 1973).

De este modo la microflora ruminal mantiene un control sobre el afecto de la suplementación protéica cualitativa y cuantitativamente superior. Esta contribución estará estrechamente ligada al tipo y calidad de alimento ingerido y a la cantidad de nitrógeno aportada. De aquí que una práctica muy común ya establecida, es promover el crecimiento de la microflora ruminal por medio de un aporte de nitrógeno no protéico que puede ser proporcionado por la urea (Hungate, 1966). Sin embargo para una óptima eficiencia es necesario el aporte de proteína de buena calidad. Por lo tanto la investigación actual se ha enfocado al tratamiento de esta proteína de buena calidad y protegerla del ataque microbiano con el fin de liberarla de la hidrólisis y de esta manera llegar como tal hasta el abomaso e intestino donde puede ser digerida y utilizada más eficientemente (Mc Donald et al., 1973). La proteína que llega al abomaso

e intestino es sometida a la acción de las enzimas como la pepsina que rompe los enlaces peptídicos originando polipeptidos de diversos tamaños. Posteriormente sufren la acción de las enzimas tripsina, quimlotripsina, carboxipeptidasa, aminopeptidasa y dipeptidasa liberando así a los aminoácidos constituyentes de las proteínas (Ganong, 1971). Estos aminoácidos son absorbidos por difusión activa y pasiva, llegando al hígado para ser metabolizados y transportados al resto de los tejidos.

#### 2.4.1.- IMPORTANCIA DEL APORTE PROTEICO A DIETAS BASADAS EN FORRAJES DE BAJO CONTENIDO PROTEICO.

La pobre condición física y por lo tanto la baja productividad en el ganado bovino durante la época de sequía, se debe por una parte a una pobre composición del forraje y por otra parte (como consecuencia de lo anterior), a una deficiencia en el aporte de nitrógeno y de energía. Según Pieterse (Poux y Rodríguez, 1971), la deficiencia del elemento nitrógeno, constituye una de las deficiencias de mayor importancia en la composición química de los forrajes de bajo valor nutritivo. Esto trae como consecuencia una reducción en la población microbiana en el rumen del animal y eventualmente una deficiencia de energía al no ser utilizada en grado adecuado la energía potencial existente en el forraje ingerido. A este respecto Hungate (1966) llegó a la conclusión de que la tasa máxima de asimilación de nitrógeno por la microflora sería de 1.1 g/100 g de carbohidrato fermentado y por otra parte Bloomfield (1964) sugiere que es 1.8 g de N microbiano/100 g de carbohidrato, basándose en estudios in vitro (Preston y Willis, 1975).

En dietas altas en energía la naturaleza de la proteína dietética es probablemente el factor más importante en la determinación de la utilización del nitrógeno (Aitchison et al., 1976). Existen razones para creer que la naturaleza de la proteína alimenticia es menos importante con dietas altas en forraje de buena calidad. En este caso -

los requerimientos protéicos son menores debido a que las condiciones ruminales favorecen la degradación de esta proteína y la síntesis microbiana (Preston y Willis, 1975).

En la actualidad la urea es la fuente más barata de nitrógeno capaz de ser aprovechada por el rumiante. Esto quiere decir que los rumiantes poseen la habilidad de incorporar nitrógeno no protéico dentro de la proteína (Young et al., 1965). La urea fue sintetizada por primera vez por Friedrich Wohler (Conrad y Hibbs, 1968). Van Horn (1961) puntualizó en el uso de la urea estableciendo que ésta debería ser usada en el concentrado en una proporción de 3% del nitrógeno, o del 1% del total de la materia seca ingerida. Por otra parte existe un factor muy importante en el uso indiscriminado de la urea, este factor es el peligro que existe debido a su toxicidad. Este problema se ve disminuido mientras la urea sea mezclada en forma uniforme y los animales consuman la mezcla a intervalos y en pequeñas cantidades. Además existen una adaptación progresiva de los microorganismos al uso de esta fuente de nitrógeno. Esta adaptación se ha establecido, por investigaciones in vitro, en aproximadamente 19 días (Conrad y Hibbs, 1968).

La primera evidencia directa de que la cantidad y calidad de proteína alimenticia podría afectar la utilización del nitrógeno, se produjo en el Instituto de Investigación Rowett, mediante una serie de pruebas de alimentación con terneros. En estos estudios se demostró que la proteína de la harina de pescado se utilizaba hasta un 30% más eficientemente que la proteína de una harina de calidad inferior como la de cacahuete. (Preston y Willis, 1975).

Ahora bien, el éxito en el uso de la urea en la dieta alimenticia depende decisivamente de la composición de los carbohidratos en el alimento. El efecto de varios carbohidratos en la utilización de la urea ha sido sujeta a estudios in vitro e in vivo con becerras, novillos y vacas en producción de leche. Los resultados obtenidos han dado base para prescribir la cantidad de carbohidratos necesarios para la máxima utilización de nitrógeno no protéico en vacas lecheras. Esta cantidad es aproximadamente de 1 kg de carbohidratos, fácilmente fermentables, por cada 100 g de urea. Dentro de los carbohidratos fácilmente fermentables está el almidón y la melaza (Conrad y Hibbs, 1968).

#### 2.4.2.- APORTE DE NITROGENO NO PROTEICO COMO FUENTE DE NITROGENO A DIETAS DE BAJO CONTENIDO PROTEICO.

Se ha reconocido que el nitrógeno no protéico suplementario es utilizado de manera más eficiente en raciones de bajo contenido protéico y relativamente altas en energía digestible. También se ha confirmado que el nitrógeno no protéico suplementario se utiliza mejor cuando se suministra en pequeñas cantidades que cuando se añade considerablemente a las raciones para rumiantes (Satter y Roffler, 1977; Hotler et al., 1968).

El amoníaco es el producto final de la hidrólisis de la urea y la fuente preferida de nitrógeno, además de ser la más eficientemente usada para la síntesis de proteína debido a las condiciones de continua fermentación ruminal (Conrad y Hibbs, 1968). Sin embargo es necesario comprender los limitantes de la utilización de nitrógeno no protéico de manera que pueda ser aprovechado benéficamente en raciones para rumiantes. Por lo tanto es importante conocer la concentración necesaria de amoníaco ruminal para obtener un máximo de crecimiento microbial. La cantidad de amoníaco que puede ser utilizada por las bacterias, dependerá de la cantidad de bacterias que haya y la rápi-

dez con que se desarrollan; a este respecto se ha obtenido el siguiente dato: si se mantiene el nitrógeno amoniacal en rumen por encima de 5 mg/100 ml de líquido ruminal, no se obtiene ningún efecto sobre la producción de proteína microbiana (Satter y Roffler 1977). Este nivel de nitrógeno amoniacal en rumen se ha rebasado cuando se ha sustituido parcialmente la proteína cruda (13-14%) con urea (Wohli et al., 1978).

En la relación entre la concentración de amoníaco ruminal en la utilización de nitrógeno no protéico por las bacterias ruminales, se ha determinado que cuando la concentración de amoníaco ruminal es muy bajo (menos de 1 a 2 mg de  $\text{NH}_3$ /100 ml) casi todo el amoníaco se incorpora a las células bacterianas, por lo tanto la eficiencia en la utilización del nitrógeno no protéico (NNP) es alta. Pero a medida que el contenido de proteína aumenta, la utilización de NNP disminuye (Satter y Roffler, 1977).

Debido a que la hidrólisis de la urea se realiza con mayor rapidez que la que los microorganismos pueden incorporar el amoníaco liberado, se ha propuesto que se debe poner mayor énfasis en algún método para la tasa de producción de amoníaco en el rumen a fin de aprovecharlo más eficientemente. Este ha llevado a la elaboración de un producto que es una mezcla de almidón y urea llamado Estarea (Schmidl et al., 1973). Experimentos con este producto han demostrado que únicamente se ha reducido la posibilidad de intoxicación por urea y se ha mejorado ligeramente la palatabilidad. Sin embargo el nivel de amoníaco producido (30-45 mg/100 ml) es dos veces más alto que el que se obtiene en animales alimentados ad-libitum con mezclas de urea y grano (10-20 ml/100 ml) (Preston y Willis, 1975).

Es evidente que si el suministro de N dietético es excesivo habrá un desperdicio, pero es posible que la cantidad perdida más bien represente la diferencia entre el suministro y la demanda, y no otro factor relacionado a la tasa de hidrólisis de la fuente de nitrógeno (Preston y Willis, 1975).

El uso de la urea en sistemas intensivos de producción de leche ha sido motivo de controversias, especialmente por el uso de ésta en vacas de alta producción. Esto se debe a que algunos trabajos han determinado que la producción de leche disminuye (0.22 kg) por cada unidad (%) de urea usada como sustituto de la proteína verdadera (Polan et al., 1976). Sin embargo existe otra información respecto a los buenos resultados que se han obtenido con el uso de la urea en la producción de leche (Aranda, 1977; Kwan et al., 1977; Horn et al., 1969). Los resultados de estos trabajos permitieron el siguiente postulado: las vacas lecheras al inicio de su lactación pueden utilizar mejor la urea en raciones con ingredientes de baja solubilidad de nitrógeno (sobre todo - cuando la ración es alta en energía). En otros trabajos se ha comparado la utilización de la urea como fuente de nitrógeno contra fuentes de proteína verdadera obteniéndose resultados similares en cuanto a producción de leche y calidad de la misma cuando los niveles de urea son bajos. Sin embargo, cuando los niveles de urea son elevados, las fuentes de proteína verdadera resultan ser superiores en producción de leche (Hotter et al., 1968; Wohlt et al., 1978). También se ha observado que cuando la urea forma parte del concentrado por encima del 2%, el valor expresado como digestibilidad por unidad de materia seca se ve abatido significativamente (Aitchison et al., 1976; Colvos et al., 1967). Pero también se ha podido observar que la adición de urea al

concentrado en un nivel menor del 2% mejora la digestibilidad aunque éste concentrado tenga alto porcentaje en fibra (5-8%) (Colvos et al., 1967)

El efecto de la toxicidad por un consumo prolongado de urea se ha descartado en estudios realizados en vacas alimentadas con bajas concentraciones de urea en la dieta durante 2 años. En este estudio se determinó la cantidad de urea en sangre y no se encontró ninguna alteración ni problema de intoxicación (Lone y Campbell, 1966).

#### 2.4.3. - INTERACCION DEL NITROGENO RUMINAL CON LOS CARBOHIDRATOS PRESENTES EN LA DIETA.

El balance entre la disponibilidad de nitrógeno y energía es importante para la utilización de ambos por la población microbial. De aquí que la utilización del nitrógeno puede ser disminuida cuando la cantidad de energía es inadecuada o de baja disponibilidad. Por lo tanto en los rumiantes es imposible considerar el metabolismo del nitrógeno separadamente del metabolismo de los carbohidratos. Este tipo de balance puede influenciar directamente la utilización de ambos factores, en la medida de poder regular la ingesta para satisfacer las necesidades creadas (Waldo, 1968); como un ejemplo se puede mencionar que si el nitrógeno se encuentra en bajas concentraciones, puede afectar la ingesta porque se puede provocar un exceso de amoníaco en rumen limitando de esta manera el consumo voluntario (Waldo, 1968).

Un mismo nivel de energía sin un aporte adecuado de nitrógeno causó un descenso en la producción de leche en vacas suplementadas con melaza, observándose un fenómeno similar al del nitrógeno, ya que a mayor contenido de melaza en la dieta hubo un menor consumo de materia seca (Infante et al., 1975).

En relación a la utilización de la caña de azúcar y apoyados en algunos conceptos anteriores, se han desarrollado una serie de trabajos tendientes a encontrar el establecimiento de una relación óptima entre estos dos elementos, energía y proteína (Femández et al., 1976; Ferreiro et al., 1977; Aranda, 1977; Poux y Rodríguez, 1971; Saloís et al., 1972; Silvestre, 1977). Para la aportación de la energía se cuenta con el subproducto de la industria azucarera, la melaza y para el aporte de nitrógeno se tiene a la urea. En dietas para ruminantes se ha intentado establecer los niveles óptimos de ambos con el fin de conocer la mezcla más adecuada. Sin embargo esto no se ha podido lograr satisfactoriamente hasta la fecha.

## 2.5.- ALGUNOS METABOLITOS IMPORTANTES EN LA SANGRE.

### 2.5.1.- CUERPOS CETONICOS.

Dentro de los desórdenes metabólicos asociados a la lactación encontramos a la acetonemia, que es caracterizada por hipercetonemia e hipoglucemia.

La acetonemia se encuentra representada por una alteración en el control del metabolismo de los carbohidratos y de las grasas. La acetonemia es una enfermedad de las vacas lecheras que ocurre generalmente dentro de los primeros días o primeras semanas después del parto. El síndrome clínico consta de los siguientes signos: cambios en el comportamiento, alteración del epitelio y somnolencia (quizá con algunos estados de excitación en forma intermitente), reducción en la producción de leche, olor a acetona en la leche y en el aliento, cetonemia y cetonuria (Gibbons et al., 1970).

la cetosis significa el incremento de cuerpos cetónicos (acetona, acetoacético y B-hidroxibutírico) y en los rumiantes el nivel puede ser entre 5-20 mg/100 ml, predominando la presencia de la fracción B-hidroxibutírico (Gibbons et al., 1970). Esta alteración puede ser el resultado de los siguientes factores:

- 1) Condiciones predisponentes.
  - a) Tipo de alimentación, como el caso de ciertos ensilajes con alto contenido en ácido butírico, láctico o cuerpos cetónicos.
  - b) Raciones inadecuadas en el suministro de energía (lo que conduce a un desbalance energético).
- 2) Anormalidades metabólicas.
  - a) Hiperetonemia
  - b) Hipoglucemia
  - c) Anormalidades endocrinas

Existe una relación entre el metabolismo de los cuerpos cetónicos con respecto a la movilización de la grasa y la utilización de los carbohidratos (Menahan et al., 1966; Luick et al., 1967; Kronfeld, 1968; Yamdagi y Schultz, 1970; Radolf y Shultz, 1967). Como ejemplo en un proceso de cetogenesis, se aumenta el nivel de ácidos grasos libres no esterificados (sobre todo al principio de la alteración). También se ha podido observar que en los estados iniciales de cetosis, las cifras de azúcares sanguíneos y triglicéridos plasmáticos se abaten significativamente, y las concentraciones de AGV ruminales no se alteran. Sin embargo, en estados de cetosis avanzados, el total de la concentración de

AGV fue menor, encontrándose que el porcentaje molar de acetato aumentó y el porcentaje del propionato disminuyó (Radoff y Schultz, 1967). Por otro lado el total de los lípidos del plasma se redujo aproximadamente 2-3 partes de los niveles normales (Yamdagy y Schultz, 1970).

La fermentación de tipo butírica provoca un incremento de cuerpos cetónicos en la san gre (Menahan et al., 1966). Esto se ha demostrado mediante la infusión de butirato - intraruminal obteniéndose un incremento de los cuerpos cetónicos. El incremento de estos metabolitos se logró controlar mediante la infusión de propionato intraruminal, pero no fue tan efectivo como el tratamiento con glucosa endovenosa. Otra observación que se ha tenido es la disminución del acetato en el período de crisis cetogénica. Este fenómeno quizá se debe a la inapetencia presentada por los animales, y no a la cetosis per se (Kronfel, 1968).

En la alimentación de ganado bovino en zonas tropicales, el uso de la melaza en gran des dosis usada como única fuente de energía, plantea un problema potencial. Esto es debido a que la característica principal que presenta dentro de la fermentación ruminal es el incremento del porcentaje molar del butirato, provocando de esta manera el aumento de cuerpos cetónicos en sangre (Losada, 1976). Esto ha creado una inque tud en el uso de este recurso energética por el peligro que existe en provocar una toxicidad. En trabajos realizados con animales alimentados con altos niveles de melaza han presentado serios problemas de intoxicación. Sin embargo, existe una duda acerca del problema de intoxicación, esto es, si se debe a un exceso en la producción de cuerpos cetónicos (cetosis) (Losada, 1976), o se deba a una dificultad en la

asimilación glucosa, porque los niveles de glucosa encontrados en animales con problemas de toxicidad han sido superiores a los valores normales (102-109 mg/100 ml de sangre) (Lora et al., 1978).

### 2.5.2.- GLUCOSA

La glucosa juega un papel muy importante desde el punto de vista de necesidad o requerimiento esencial en la glándula mamaria para la secreción láctea (como precursor de la síntesis de varios componentes de la leche y como fuente de energía). Por lo tanto el interés dentro de la alimentación de vacas altas productoras de leche es la presencia de alimentos gluconeogénicos, como el ácido propiónico.

Los niveles normales de glucosa en rumiantes varía entre 45-53 mg/100 ml de sangre (Gibbons et al., 1970). Estos niveles se han querido incrementar, con objeto de obtener mayor producción de leche y lactosa. Se ha pensado en incrementar el ácido propiónico, porque la infusión de ácido acético intraruminal no favoreció el incremento de glucosa ni la producción de leche, únicamente incrementó el porcentaje de grasa en leche. Sin embargo el ácido propiónico sí favoreció el incremento de glucosa, la producción de leche, lactosa, proteína y grasa en leche (Rook et al., 1965). A través de la administración intravenosa de acetato otros investigadores han observado que hay una menor utilización de la glucosa por los tejidos y por lo tanto los niveles de glucosa se incrementan ligeramente (Head et al., 1964).

En la alimentación con caña de azúcar se ha buscado el incremento de los niveles de glucosa con objeto de aumentar la producción de leche. Primero se han usado suplementos protéicos obteniendo una reducción de acético, sin cambios en el propionato

ni en la producción de leche (Losada, 1977).

Con la suplementación con pulidura de arroz se ha obtenido una relación lineal positiva en la utilización de glúcidos sanguíneos (Ferrelro et al., 1977). Una observación adicional fue, que con suplementación de pulidura de arroz, se incrementó el consumo voluntario de caña de azúcar y el comportamiento animal se mejoró en general (Ravelo et al., 1978).

## 2.6.- CALIDAD DE LA LECHE

Desde el punto de vista agropecuario, probablemente el trópico húmedo constituye un potencial para la producción tanto agrícola como animal. Desafortunadamente, aún - no se ha visto el desarrollo de sistemas intensivos de producción de carne y leche como ha ocurrido en las regiones templadas.

Actualmente, algunos resultados de investigación sobre la caña de azúcar indican que ésta puede usarse como base forrajera para el desarrollo de sistemas intensivos de producción animal en el trópico. El uso de la caña de azúcar integral puede representar un potencial equivalente a un índice de agostadero de 20 animales/ha/año (Leng y Preston, 1976).

La cantidad de leche y grasa varía según la época del año. En el trópico mexicano - en la época invernal la cantidad total de leche disminuye y aumenta la cantidad de grasa. En la estación de lluvias y temperatura elevada, la cantidad de leche producida aumenta y el porcentaje de grasa disminuye (Ortegon et al., 1977). Un efecto

contrario se presenta en el contenido de proteína en comparación con la grasa, porque en los meses de verano se presenta la concentración más alta de proteína en leche y la más baja se presenta en invierno (Dellamonica et al., 1965). La explicación de este fenómeno no pudiera ser que en la época de lluvias los pastos son menos fibrosos y más succulentos, disminuyendo así el consumo de fibra. Esto puede provocar una disminución de acetato en el rumen y consecuentemente una reducción en el contenido de grasa en leche (Ortegon et al., 1977).

En relación al contenido de grasa, también se ha determinado que existe un efecto de estado de lactación. El porcentaje de grasa se incrementa linealmente hacia el final de la lactación; sin embargo el total de grasa producido se ve disminuido conforme avanza la producción debido a la menor cantidad de leche producida (Stull et al., 1966). La proteína también sufre variaciones según el estado de producción ya que ésta decrece significativamente durante las cuatro primeras semanas de producción y asciende gradualmente hacia el final de la lactación (Stull et al., 1966).

Como resumen podemos mencionar una lista de algunos factores asociados con un descenso en el porcentaje de grasa en leche (Jorgensen et al., 1965).

- 1.- Una reducción en el porcentaje molar del acetato en rumen.
- 2.- Un incremento de propionato y valerato en rumen.
- 3.- Una disminución de niveles sanguíneos de los lípidos.
- 4.- Una disminución de niveles sanguíneos de los cuerpos cetónicos.
- 5.- Un incremento de los niveles de glucosa sanguínea.
- 6.- Un incremento del peso vivo.

- 7.- Reducción en la producción de leche (en forma espontánea).
- 8.- Reducción de los niveles sanguíneos de los ácidos grasos de cadena larga como el palmítico y esteárico (componente esencial de la grasa).
- 9.- Un incremento en la presencia de ácidos grasos no saturados en la grasa de la leche.

La disminución de lípidos en sangre tiene un efecto marcado en el porcentaje de grasa en leche, ya que ésta se encuentra formada por ácidos grasos libres, triglicéridos (Kinmer y Day, 1965), y ácidos grasos de cadena corta (Dimick y Patton, 1965).

## 2.7.- PARAMETROS DE PRODUCCION OBTENIDOS EN DIETAS BASADAS EN CAÑA DE AZUCAR (FRESCA Y ENSILADA).

### Caña Fresca

La producción de carne y leche en áreas tropicales está frecuentemente limitada por la disponibilidad y calidad de los pastos durante la temporada de sequía, por lo que cada vez es más necesaria la búsqueda de forrajes que ofrezcan una disponibilidad constante durante esta época. Por eso se ha pensado seriamente en el uso de la caña de azúcar - ya que ofrece una serie de ventajas en la alimentación del ganado bovino en áreas tropicales.

El uso de la caña en la alimentación del ganado bovino se ha practicado durante muchos años, sin embargo casi siempre ha sido usada como emergencia en tiempos de escasez de otros alimentos (Preston, 1977). Durante los últimos años se han realizado diversas pruebas alimenticias con caña de azúcar en diferentes países con el fin de establecer una tecnología apropiada. Desafortunadamente los resultados de un gran número

de pruebas no han sido positivas aunque se sigue experimentando a fin de poder hacer un uso apropiado de este potencial forrajero.

En el ciclo de producción tradicional, para fines de la industria azucarera, la caña se deja crecer de 12-18 meses, durante los cuales ocurren los siguientes cambios (Preston, 1977):

- 1.- Un aumento en la proporción del tallo, con respecto a las hojas.
- 2.- Un aumento en la concentración de sacarosa.
- 3.- Una lignificación creciente de los carbohidratos estructurales de la pared celular.

La digestibilidad de la caña de azúcar no disminuye con la madurez (Pate y Coleman, 1975; Banda y Valdez, 1976; Ferreiro et al., 1977; Alvarez y Preston, 1976). Esta capacidad para mantener una alta digestibilidad con la madurez, proporciona una ventaja importante para su cultivo destinado a la alimentación de animales.

Cuando la caña de azúcar se cultiva para la producción de azúcar, la cosecha se realiza cuando existe un estado óptimo de madurez. Esta madurez coincide con la sequía, cuando todas las gramíneas y otros forrajes son de poca disponibilidad y de baja calidad. Por otro lado pruebas de comportamiento animal realizadas cuando la caña se encuentra madura, han revelado que el consumo voluntario y la ganancia de peso han sido satisfactorios (Alvarez y Preston, 1976).

Sin embargo existen serias limitaciones para el uso de la caña de azúcar madura, como por ejemplo el bajo contenido protéico que tiene (Banda y Valdez, 1976). Esto ha provocado que se realicen investigaciones para conocer el grado de limitación en la alimentación animal (Ferreiro et al., 1977; Ferreiro y Preston, 1977). Otra limitante es el consumo voluntario de la caña de azúcar. Para remediar esto y favorecer el consumo, se ha propuesto un descortezado de la caña de azúcar logrando de esta manera aumentar -- también la digestibilidad por eliminación de la corteza (componente con mayor lignifi-- cación). Desafortunadamente los resultados fueron negativos, ya que a pesar de que sí aumentó ligeramente la digestibilidad, el consumo voluntario decreció casi en la misma proporción (Montpellier y Preston, 1977; Montpellier et al., 1977). Similarmente se ha intentado mejorar la digestibilidad y consumo voluntario a través de la reducción del tamaño de la partícula del tallo, pero los resultados tampoco han aportado ninguna diferencia (Montpellier y Preston, 1977) aunque hay un mejor consumo voluntario si al tallo se le agregan puntas de caña con un picado en forma gruesa (5-20 cm) (Saláis et al., 1976).

El suministro de nitrógeno a la caña de azúcar se hace indispensable para cubrir las deficiencias que presente este forraje. Una de las maneras más prácticas que se ha intentado es a través del uso de la urea (Poynl y Ponce, 1978). El uso de la urea más apropiado se ha conseguido mediante la mezcla de ésta con melaza, obteniéndose resultados favorables en el incremento de consumo voluntario de la caña de azúcar (Ferreiro y Preston, 1976; Silvestre et al., 1976; Silvestre et al., 1977; Alvarez et al., 1977).

Otro suplemento utilizado que ha venido a incrementar el consumo voluntario, además de que ha mejorado la conversión alimenticia de la caña de azúcar, es la pulidura de arroz (Preston et al., 1976).

El conocimiento del patrón de fermentación ruminal, en dietas de caña de azúcar, es importante para predecir la naturaleza y la cantidad relativa de los productos finales de la digestión en los animales. Por lo tanto, debemos de tomar en cuenta las proporciones de los AGV, la tasa de recambio del contenido ruminal y el total de líquido ruminal (Preston, 1977).

Uno de los aspectos que debemos considerar, es la adaptación del rumen a dietas basadas en caña de azúcar. Esta adaptación se ha establecido aproximadamente en cuatro semanas, siempre y cuando se haga una incorporación gradual de la caña (Pitego et al., 1977); después de este tiempo se estabiliza el patrón de fermentación de tal modo que la fuente de nitrógeno (Ferreiro y Sutherland, 1977), o el tamaño de la partícula (Silvestre et al., 1976; Montpellier y Preston, 1976), o la naturaleza de algún suplemento, alteran el patrón de fermentación o la tasa de flujo ruminal (Hovell, 1978). El único factor que puede alterar la tasa de digestibilidad, es el contenido de fibra incluida (Ørskov y Hovell, 1978).

### Caña Ensilada

La caña picada fresca ha sido usada con éxito como base de raciones completas o como suplemento durante la estación de sequía. Sin embargo, en algunas áreas tropica-

les puede haber dificultades para el pastoreo o cosecha de la caña de azúcar debido a las lluvias. Por esta razón el ensilaje de caña de azúcar preparada durante la estación de sequía, podría aportar soluciones a este problema. Por otra parte el corte y picado diario de la caña integral fresca, requiere de bastante mano de obra. Por lo que puede ser más atractivo realizar estas maniobras en un período relativamente corto ensilando la caña de azúcar. Además el suministrar el forraje ensilado diariamente resulta más sencillo y más barato, y sería aún más atractivo el hecho de que los animales pudieran consumir el forraje directamente del silo.

Las razones adicionales para examinar la posibilidad de ensilar caña de azúcar podrían ser las siguientes. Una fermentación controlada bajo condiciones anaeróbicas daría un medio para mejorar su valor nutritivo, aumentando también su contenido de proteína verdadera (por síntesis microbiana) y aumentando la concentración de ácido láctico (Preston et al., 1976). Por otra parte la caña de azúcar en ocasiones no es aprovechada para la producción de azúcar quedando en pie. Esto incrementa la posibilidad de ser aprovechada en forma de ensilaje como un forraje de emergencia para el ganadero. Además resultaría económicamente favorable ya que el ensilaje de caña de azúcar es muy barato comparándola con otros ensilajes (Ortiz et al., 1973). La caña de azúcar produce una mayor cantidad de nutrientes digestibles, por unidad de terreno, que cualquiera de los cultivos producidos actualmente en áreas tropicales del mundo. Esta cantidad es de aproximadamente 14-17 toneladas/ha (Chapman, 1976).

Por esta razón y por tener un alto contenido en carbohidratos, existe la inquietud de la fermentación espontánea que pueda sufrir la caña al ser picada, con la consecuente formación de alcohol. Este temor también se ha fundado en los hallazgos encontrados de la concentración de alcohol que ha llegado a ser hasta del 4% en base seca después de 58 horas (González y Mc Leod, 1976). Además la microflora que se encuentra en la caña de azúcar parece estar dominada por levaduras, que bajo las condiciones anaeróbicas de ensilaje y un pH bajo, o tenderán a metabolizar el azúcar en alcohol (Preston, 1977; Preston et al., 1975).

Por este motivo se han elaborado una serie de trabajos tendientes a establecer la comparación del comportamiento de animales alimentados con caña fresca en comparación con la caña ensilada obteniéndose buenos resultados, aunque siempre más favorable con la caña de azúcar fresca (Preston, 1977; Alpuche y Ferreiro, 1977).

Se ha sugerido que los azúcares no son fermentados en presencia de cantidades adecuadas de nitrógeno y como consecuencia se forma menos alcohol. Por lo tanto la adición de una fuente de nitrógeno es una posibilidad para reducir la producción de alcohol (Preston, 1977). También se ha pensado que si el pH inicial en el material ensilado fuera más alto, se favorecería la reproducción de bacterias y de menos levaduras (Preston et al., 1976).

La adición de la fuente de nitrógeno ha significado una amplia investigación en el uso de ensilajes de caña de azúcar. En investigaciones sobre la adición de urea o de amoníaco, se ha reportado que el uso de la urea sustituyendo el 48.5% de la proteína verdadera de origen vegetal presenta los mejores resultados con caña de azúcar ensilada (Pronuga, 1976).

Cuando la urea se administra como única fuente de nitrógeno a ensilajes de caña de azúcar, se reduce la cantidad de alcohol producido (Lara y Rufz, 1977). La inclusión del 1% de urea, en base seca, se asegura la obtención de un buen ensilaje porque se favorece la fermentación láctica y se obtienen consumos superiores al uso de ensilajes de caña sin aditivos (Silvestre et al., 1976). Sin embargo el uso de la urea no mejora la digestibilidad de las paredes celulares del ensilaje de caña (Murillo et al., 1976).

La inclusión de amonio ha reportado mejores resultados que la incorporación de urea en los ensilajes de caña de azúcar (Alvarez et al., 1977; Alpuche y Ferreiro, 1977; Boodo et al., 1977; Ravelo et al., 1977; Preston et al., 1976; Alvarez y Preston, 1976; Priego, 1976; Banda y Preston, 1976). En los ensilajes con adición de amonio se ha encontrado que existe una disminución marcada en la producción de alcohol, una disminución en la pérdida de azúcares, se ha incrementado el pH del silo y además se ha favorecido la producción de ácido láctico. Esto es más evidente si el amonio ha sido - mazclado con melaza (Alvarez et al., 1977; López y Preston, 1977) o bien con melaza y urea (Alpuche y Ferreiro, 1977). En resultados de comportamiento animal, en cuanto a consumo voluntario, éste aumentó significativamente comparado con caña fresca. Sin embargo, la ganancia diaria promedio resultó ser altamente significativa a favor de la caña fresca (Silvestre et al., 1976).

El nivel de amonio que se ha encontrado más favorable para obtener mejores resultados fue el equivalente a 1.6 g N/kg de caña (equivalente de  $\text{NH}_3$ ) (Alvarez et al., 1977; Alvarez y Preston, 1976). Para el uso de amoniaco anhidro en condi--

ciones tropicales, se ha obtenido dos cantidades adecuadas para ser mezcladas con melaza y agua: melaza 56%, agua 36% y amoníaco anhidro 8% (Boadoo et al., 1977); o bien melaza 53%, agua 34% y amoníaco anhidro 13% (Preston et al., 1976).

La desventaja en el uso de amoníaco se debe a que es necesario estabilizarlo lo más posible. La forma más conveniente es disolver amoníaco gaseoso en la melaza, sin embargo la solubilidad de éste disminuye al aumentar la temperatura ambiente, por lo tanto esto hace que el procedimiento resulte inconveniente en condiciones tropicales (Alvarez y Preston, 1976).

Otro aspecto de la investigación con ensilaje de caña de azúcar, ha sido el intento de la inclusión de yuca y urea combinadas. Los resultados obtenidos demuestran un incremento lineal en el contenido de ácido láctico con el aumento de la yuca en el ensilaje de caña, llegando a obtener un porcentaje de 4.2% en base seca, con una proporción de 45% de yuca, 3% de urea y 52% de caña (Ravelo et al., 1977).

Si la utilización de los materiales fibrosos para los rumiantes depende en gran medida de su digestibilidad, procedimientos que incrementen ésta, es otra área interesante y factible. Se ha intentado por medios químicos mejorar la digestibilidad de la caña de azúcar a través de la adición de un álcali. Teóricamente éste incrementaría el pH ayudando a un fraccionamiento parcial de las paredes celulares dando como consecuencia final un incremento en los consumos de materia seca. Recientemente se ha estudiado el efecto del tratamiento con NaOH sobre un número de subproductos, tales como pajas de cereales, con vista a lograr incrementos en la digestibilidad de estos produc-

tos (Calderon et al., 1975). En general se ha encontrado que un tratamiento con NaOH al 4% mejora el valor nutritivo del rastrojo de maíz para ruminantes, abriendo con esto la posibilidad del uso de este álcali en ensilajes de caña de azúcar. Los primeros trabajos realizados con bagazo y bagacillo de caña tratados con NaOH reportaron diferencias altamente significativas para la fibra y ELN (La Hoz et al., 1976). Además la digestibilidad in vitro se vió favorecida por la reducción de lignina (Martín et al., 1976; Egaña et al., 1976). En cuanto al comportamiento animal se ha reportado un incremento en la digestibilidad de la fibra y ELN del bagacillo (La Hoz et al., 1976). Por lo que toca al tratamiento de caña de azúcar con NaOH, los resultados han sido contradictorios debido a que existen reportes en donde no se encontraron diferencias significativas de consumo y digestibilidad de la materia seca (Minor y Hovell, 1978). Sin embargo otros reportes confirman el incremento de la digestibilidad, del pH y del consumo voluntario en base seca (Losada, 1977; González y López, 1978).

#### 2.7.1. COMPORTAMIENTO ANIMAL EN VACAS ESPECIALIZADAS EN LA PRODUCCION DE LECHE, EN DIETAS BASADAS EN ENSILAJE DE CAÑA DE AZÚCAR.

La investigación acerca del uso de la caña de azúcar para la producción intensiva de leche con vacas de alta producción ha sido muy limitada. Sin embargo algunos trabajos realizados a la fecha han sentado algunas bases para la creación de sistemas intensivos de producción basándose en la caña de azúcar y sus subproductos.

Desafortunadamente no todos los trabajos realizados sobre el uso de la caña ensilada apoyan su uso en vacas lecheras debido a que en general se han obtenido bajos resultados en producción de leche y comportamiento animal. En un experimento los resulta

dos fueron negativos cuando se comparó la combinación de ensilaje de maíz y sorgo, -  
contra caña de azúcar ensilada sin aditivos (Naufel et al., 1969). En otro también fue  
ron negativos cuando se comparó ensilaje de maíz con una combinación de ensilaje de  
caña y pasto (Assis et al., 1962).

Por otro lado los trabajos que han apoyado el uso de la caña de azúcar han surgido del  
uso del bagazo de caña usado como forraje y al mismo tiempo usado en forma molida pa  
ra concentrado. En otro experimento comparandolo con animales en pastoreo y con con  
centrado a base de granos los resultados fueron altamente significativos a favor del ba-  
gazo (Randel, 1970). Posteriormente en base a estos resultados se realizó una prue-  
ba de digestibilidad in vivo con vacas lecheras, encontrándose que la digestibilidad -  
de la caña de azúcar ensilada y el bagazo es similar (Prieto y Randel, 1970).

Como apoyo adicional al uso del ensilaje de caña, se ha reportado el ensilaje de caña  
tierna (4-5 meses), con resultados favorables en producción de leche comparado con el  
pasto Merkeron, aunque los consumos de materia seca fueron inferiores con caña de --  
azúcar ensilada (Cabrera y Rivera, 1953).

### 3.- HIPOTESIS EXPERIMENTAL

En vista de los resultados obtenidos hasta ahora con el uso de la caña de azúcar y sus subproductos (melaza y bagazo), y a la necesidad de utilizar otras fuentes de nitrógeno y de energía de fácil manejo y de abundante disponibilidad, se cree factible el uso de esquilmos, como la melaza y pulidura de arroz como fuente de energía concentrada para la elaboración de concentrados, que junto con otras fuentes de proteína como la harinolina y nitrógeno no protéico, como la urea, puedan suplementar las carencias que presenta el ensilaje de caña como único forraje para vacas lecheras. Mediante esto se contribuirá al fortalecimiento de la producción intensiva de leche en zonas tropicales.

#### 3.1.- OBJETIVOS GENERALES

- a) Demostrar en el Estado de Morelos, la factibilidad técnica de sustituir los forrajes tradicionales (alfalfa, silo de maíz, sorgo y maíz), y concentrados (sorgo, maíz y pasta de soya) por excedentes o subproductos de la agroindustria regional, como la caña de azúcar y el arroz.
- b) Evaluar el beneficio de este tipo de dietas, basadas en caña de azúcar ensilada como único forraje durante la época de sequía. Asimismo, el uso alternativo de la inclusión de melaza (miel incristalizable) y de pulidura de arroz, como ingredientes principales en la preparación de concentrados.

#### 3.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Realizar un experimento preliminar en el laboratorio a través de la elaboración de microsilos de caña de azúcar con diferentes porcentajes de aditivo y establecer por medio de mediciones físico-químicas la combinación más adecuada.

- b) Probar el rendimiento de producción de leche, usando como única fuente de forraje el ensilado de caña de azúcar con y sin la adición de NaOH al 4% en Base seca.
- c) Conocer en detalle los problemas prácticos de manejo, problemática regional y factibilidad práctica para el uso de este tipo de dietas.

#### 4.- MATERIAL Y METODOS

##### 4.1.- LOCALIZACION

Para la realización de este trabajo se utilizaron las instalaciones, equipo y animales del Instituto Técnico Agropecuario No. 9, ubicado en Xoxocotla, Edo. de Morelos. Este Instituto se encuentra localizado dentro del área de influencia del Ingenio Emiliano Zapata de Zacatepec, Morelos. El Instituto cuenta con 35 hectáreas aproximadamente, y un lote de 30 vacas de la raza Holstein Friesan en producción.

Para los análisis de laboratorio fueron utilizadas las instalaciones y equipo del Departamento de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Ixtapalapa, del Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M. y del Departamento de Nutrición del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias.

##### 4.2.- PROCEDIMIENTOS GENERALES

**DETERMINACION DE HUMEDAD POR ARRASTRE DE TOLUENO.** La determinación de humedad fue realizada por la técnica sugerida por Jacobs, 1965.

**ANALISIS QUIMICO PROXIMAL.** El análisis químico proximal se realizó siguiendo los procedimientos sugeridos por la A.O.A.C. 1970. Y se midieron los siguientes parámetros: materia seca, fibra cruda, extracto etereo, cenizas y extracto libre de nitrógeno. El total de nutrientes digestibles fue calculado por medio de la ecuación de regresión descrita por Mc Dowell et al., 1974.

ANALISIS QUIMICO DE FIBRA ACIDO DETERGENTE (FAD). Este parámetro se realizó siguiendo el procedimiento sugerido por la A.O .A.C.(1970).

DETERMINACION DE ACIDO LACTICO EN ENSILAJES. La determinación del ácido láctico se realizó de acuerdo a los procedimientos desarrollados por Pacheco (1976).

DETERMINACION DE ACIDOS GRASOS VOLATILES. Para la determinación de AGV en líquido ruminal se siguió el método sugerido por Boucque (1968).

DETERMINACION DE GLUCOSA. La determinación de la glucosa sanguínea fue realizada siguiendo el método de la glucosa oxidasa sugerido por Werner et al., (1970).

DETERMINACION DE CUERPOS CETONICOS EN SANGRE. La determinación de los cuerpos cetónicos presentes en sangre fueron determinados por el método colorimétrico sugerido por Behre, (1926).

DETERMINACION DE ACIDO LACTICO EN SANGRE. Para la determinación del ácido láctico sanguíneo se siguió el método colorimétrico sugerido por Barker y Summerson, (1941).

DETERMINACION DE GRASA BUTIRICA. La determinación de la grasa butírica se realizó de acuerdo a los procedimientos descritos en el método del butirómetro sugerido por Gerber, (1960).

DETERMINACION DE PROTEINA EN LECHE. Para la determinación de proteína en leche fue seguido el método de Kjeldahl sugerido por la A.O.A.C. (1970).

DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES EN LECHE. La determinación de los sólidos totales en leche se realizaron mediante el siguiente procedimiento:

- a) Se obtuvo una muestra de 10 g que fue colocada en una cápsula de aluminio.
- b) La cápsula de aluminio fue colocada en un horno a temperatura de 65°C durante 24 hs.
- c) Las muestras fueron enfriadas y pesadas.
- d) La diferencia entre el peso de 10 g y el resultado obtenido después de 24 hs. en el horno, determinó la cantidad de agua existente en la leche.

DETERMINACION DE SOLIDOS NO GRASOS. La determinación del total de sólidos no grasos se obtuvo por diferencia entre los sólidos totales y la proteína + grasa butírica.

DETERMINACION DE ACIDEZ EN LECHE. Para la determinación de la acidez de la leche se siguió el método de ácido láctico sugerido por Veisseyre, (1972).

#### 4.3.- MATERIALES Y METODOS EXPERIMENTO No. 1

MICROSILOS.- Se hicieron 15 microsilos de caña de azúcar completa picada en bolsas de polietileno con una capacidad aproximada de 25 kg c/u. Se probaron 5 niveles de NaOH con tres repeticiones por tratamiento. Los niveles de NaOH fueron 0, 2, 4, 6 y 8% de la materia seca de la caña de azúcar utilizada. La caña de azúcar fue picada en forma regular (tamaño de partícula 5 cm. aprox.) y mezclada con los distintos niveles de aditivo. El material mezclado fue comprimido cerrando perfectamente bien las bolsas con el fin de proporcionar condiciones anaeróbicas. Los microsilos se mantuvie-

ron a temperatura ambiente durante 35 días.

**TOMA DE MUESTRAS.**- Después de 35 días los microsilos fueron abiertos y las muestras colocadas en hielo para su transporte al laboratorio. Posteriormente las muestras fueron colocadas en bolsas de polietileno más chicas y puestas en el congelador de donde se fueron sacando para su análisis correspondiente.

**ANÁLISIS QUÍMICO.**- Los análisis químicos efectuados a cada una de las muestras fueron las siguientes:

- a) Humedad por arrastre con tolueno
- b) Análisis químico proximal
- c) Análisis químico de fibra ácido detergente
- d) Determinación de ácido láctico

Los métodos y procedimientos realizados se anotan en la sección 4.2. de procedimientos generales.

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**- Con el objeto de identificar diferencias estadísticas, los resultados de los estudios realizados fueron analizados por análisis de varianza en un diseño completamente al azar según métodos sugeridos por Steel y Torrie, (1960).

#### 4.4.- MATERIALES Y METODOS EXPERIMENTO No. 2

**ANIMALES.**- Para la realización de este experimento se utilizaron 8 vacas de la raza Holstein Friesian. Cuatro de estas vacas eran de primer parto grupo 1, y las restantes de cuarto parto grupo 2.

MANEJO DE ANIMALES.- Los animales fueron sometidos al mismo manejo y alimentación desde dos meses antes del parto. La alimentación durante este período consistió en un concentrado con un contenido de 16% de proteína cruda elaborado en el mismo Instituto y los forrajes de corte, maíz y sorgo forrajeros.

El experimento consistió en comparar ensilaje de caña con y sin adición de NaOH. Para lo cual al momento del parto, y completamente al azar, los animales de cada uno de los grupos fueron asignados al tratamiento respectivo. En estas condiciones permanecieron durante 60 días después de los cuales se inició el período experimental. Este consistió en un período de tres semanas de acostumbramiento y otro de dos semanas de recolección de muestras. Al final de este período experimental los animales fueron cambiados a la otra dieta en la que permanecieron el mismo tiempo que el primer período. Posteriormente los animales regresaron al tratamiento anterior. Este diseño experimental fue el desarrollado por Lucas para experimentación con vacas en producción (Lucas, 1956). Este método que consiste en someter a todos los animales a los tratamientos probados permite bloquear y disminuir la varianza debido a factores no controlables. Este diseño toma en cuenta la disminución lineal de la producción láctea conforme avanza la lactación. En el cuadro No. 4 se esquematiza este diseño experimental alternante.

CUADRO No. 4

ESQUEMA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL USADO EN EL EXPERIMENTO No. 2

(A.- Ensilaje de caña con NaOH al 4%; B.- Ensilaje de caña sin aditivo)

	No. Vaca	Período 1	2	1	2	1	2
Vaquillas	1	A	A	B	B	A	A
1er.	2	B	B	A	A	B	B
Parto	3	A	A	B	B	A	A
	4	B	B	A	A	B	B
Vacas	5	A	A	B	B	A	A
4o.	6	B	B	A	A	B	B
Parto	7	A	A	B	B	A	A
	8	B	B	A	A	B	B

1.- Período de adaptación de 21 días.

2.- Período de experimentación 15 días.

TRATAMIENTOS.- Los tratamientos fueron dos y consistieron en la administración de ensilaje de caña de azúcar tratada con NaOH al 4% en base seca o ensilaje de caña de azúcar sin aditivo como único forraje ad libitum. Los animales en ambos tratamientos recibieron el mismo concentrado. La fórmula de éste concentrado se encuentra descrita en el Cuadro No. 5.

CUADRO No. 5

COMPOSICION DEL CONCENTRADO UTILIZADO EN EL EXPERIMENTO  
No. 2 (Valores calculados)

<u>Ingredientes</u>	<u>%</u>
Sorgo	23.0
Harinolina	10.0
Pulidura de arroz	25.0
Pasta de coco	10.0
Pasta de cártamo	15.0
Melaza	15.0
Urea	1.5
Minerales	0.5
<hr/>	
Proteína cruda %	18.28
Energía Digestible Mcal/kg	3.38
Total de Nutrientes digestibles %	70.53

ENSILAJES.- Para la preparación de los ensilajes fueron utilizados dos silos de trinchera con una capacidad aproximada de 200 toneladas c/u. El silo tratado con NaOH al 4% base seca se preparó de la siguiente manera:

- 1.- Se ensilaron aproximadamente 50 toneladas de caña de azúcar completa picada de 12 meses de edad de la variedad MEX. 60-56.
- 2.- La caña se picó al pie del silo. El tamaño de la partícula no fue completamente uniforme, variando su tamaño entre 3 y 15 cm. aproximadamente.
- 3.- Se hizo el silo en forma de capas. Cada capa medía aproximadamente 10 cm. de espesor (ya comprimida con tractor). Estas capas se cubieron y se les agregó encima de cada capa una solución del 50% de NaOH, aplicada con regadera.
- 4.- Al final de la última capa, se le colocó una cubierta de polietileno, y ésta se cubrió con una capa de tierra de 20 cm. de espesor.

El ensilaje de caña de azúcar sin aditivos se preparó de una manera similar pero sin adicionarle NaOH

TOMA DE MUESTRAS.- En el experimento No. 2, se tomaron durante los períodos experimentales las siguientes muestras.

PRODUCCION DE LECHE.- La producción de leche fue registrada diariamente durante los 15 días de prueba de cada período. Este registro incluyó las producciones de la ordeña de la mañana y de la tarde.

MUESTRAS DE LECHE.- Muestras de leche en una cantidad de 200 ml fueron tomadas durante los últimos cuatro días de cada período experimental. A esta muestra se le hizo el análisis de grasa butírica inmediatamente. Posteriormente se les agregó Dicroma-

to de potasio (1:1000) como conservador y se colocaron en el congelador hasta su análisis posterior. Los análisis efectuados a la leche fueron los siguientes: Grasa butírica, proteína cruda, sólidos totales y sólidos no grasos.

**MUESTRAS DE CONTENIDO RUMINAL.** - Una muestra de líquido ruminal fue obtenida durante los últimos cuatro días de prueba por medio de una sonda esofágica. A estas muestras se les agregó inmediatamente 20 gotas de una solución saturada de  $HgCl_2$  con objeto de detener la actividad microbiana. Las muestras fueron puestas en hielo y fueron congeladas hasta su análisis posterior. Estos análisis consistieron en la determinación de - - AGV ruminales.

**MUESTRAS DE SANGRE.** - Muestras de sangre en una cantidad aproximada de 30 c.c. fueron obtenidas durante los últimos cuatro días de cada período experimental. Esta fue centrifugada inmediatamente, obteniéndose de esta manera el suero. Este suero fue depositado en frascos y puesto en hielo. Posteriormente fueron congelados hasta su análisis posterior. Los análisis que se realizaron al suero sanguíneo fueron los siguientes: Determinación de glucosa, cuerpos cetónicos y ácido láctico.

**MUESTRAS DE FORRAJE.** - Las muestras de forraje obtenidas de cada uno de los ensilajes fueron tres. La primera fue tomada al inicio del experimento (60 días de ensilaje), la segunda fue tomada hacia la parte media del experimento (120 días de ensilaje) y la tercera se tomó al final del experimento (180 días de ensilaje). Estas muestras fueron puestas en hielo y transportadas al laboratorio posteriormente fueron colocadas en el congelador hasta su análisis posterior. Estos consistieron en: Análisis químico proximal y - análisis químico de fibra ácido detergente.

## 5.- RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1.- RESULTADOS Y DISCUSION EXPERIMENTO No. 1

Los resultados de los análisis químicos realizados a los micrositos se encuentran resumidos en el cuadro No. 6. Estos resultados nos muestran que no existió diferencia estadísticamente significativa entre los distintos tratamientos con respecto a los siguientes parámetros: Materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, total de nutrientes digestibles y lignina. Sin embargo estos resultados nos muestran que -- existió una diferencia estadística entre tratamientos en relación a fibra cruda, fibra ácida detergente, cenizas y ácido láctico.

En el porcentaje de la fibra cruda se observó una disminución a medida que se incrementó el nivel de NaOH ( $P < 0.05$ ) y al realizar el análisis estadístico, con el fin de observar el efecto que sigue esta tendencia, se detectó que existe un efecto lineal negativo ( $P < 0.01$ ). Esto quiere decir que a mayor concentración de NaOH la fibra cruda disminuye en forma lineal. Esto se puede observar en la gráfica No. 1. Resultados similares han sido reportados por González y López (1978), ya que conforme se incrementa el nivel de NaOH (0, 2, 4 y 6% de la materia seca) los valores en el porcentaje de fibra cruda tendieron a disminuir ( $P < 0.05$ ). Similarmente este mismo fenómeno reportaron en el tratamiento de bagacillo de caña con NaOH, presentándose una diferencia altamente significativa comparándola al bagacillo sin tratamiento ( $P < 0.01$ ). Este proceso parece estar más ligado a la pérdida de hemicelulosas, que a la acción de hidrólisis que pudiera ejercer el NaOH sobre la celulosa y la lignina como componentes de la fibra cruda. Esto se ha podido determinar en bagacillo de caña tratado con NaOH en el cual el efec

CUADRO 6

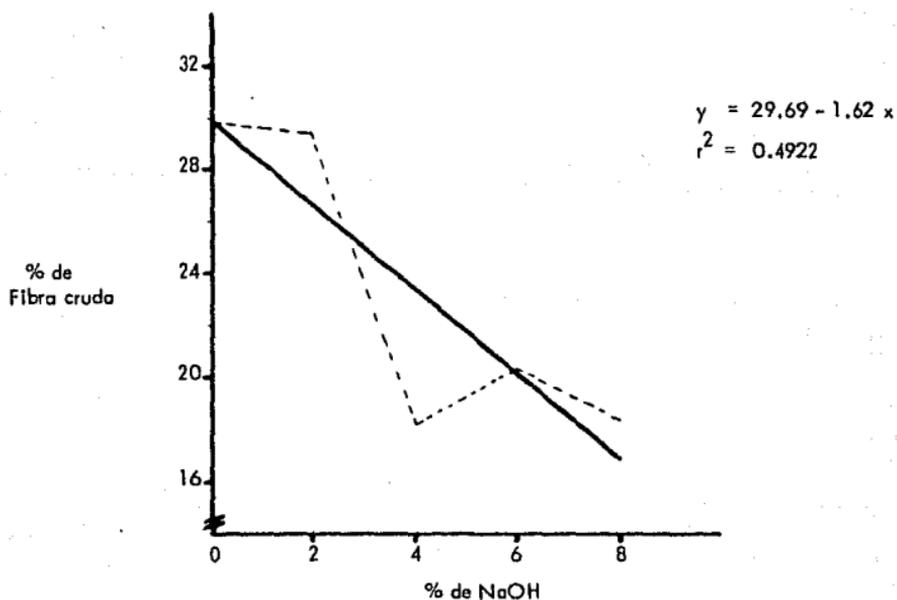
RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ANALISIS QUIMICOS REALIZADOS A LOS MICROSILOS DE CAÑA DE AZUCAR CON ADICION DE NaOH (Base seca). Experimento 1

	% de NaOH en base seca de caña picada entera				
	0	2	4	6	8
	$\bar{X} \pm \sigma$	$\bar{X} \pm \sigma$	$\bar{X} \pm \sigma$	$\bar{X} \pm \sigma$	$\bar{X} \pm \sigma$
Materia seca %					
por arrastre con tolueno	30.0±0.9 <sup>a</sup>	30.0±.76 <sup>a</sup>	30.0±0 <sup>a</sup>	30.0±0 <sup>a</sup>	30.0±0 <sup>a</sup>
Proteína cruda (%)	3.04±.78 <sup>a</sup>	3.01±.50 <sup>a</sup>	2.27±0.86 <sup>a</sup>	2.19±44 <sup>a</sup>	2.15±0.28 <sup>a</sup>
Ext. Etereo (%)	2.75±0.97 <sup>a</sup>	3.10±2.59 <sup>a</sup>	2.97±.92 <sup>a</sup>	2.92±2.63 <sup>a</sup>	1.82±2.21 <sup>a</sup>
Fibra cruda (%)	29.87±3.4 <sup>b</sup>	29.48±5.7 <sup>b</sup>	18.09±5.1 <sup>a</sup>	20.36±.45 <sup>a</sup>	18.15±3.8 <sup>a</sup>
Ext. libre de nitrógeno (%)	57.46±5.2 <sup>a</sup>	51.86±.94 <sup>a</sup>	52.05±4.1 <sup>a</sup>	55.20±4.0 <sup>a</sup>	53.80±3.8 <sup>a</sup>
Cenizas (%)	6.87±1.6 <sup>a</sup>	12.56±1.7 <sup>b</sup>	24.65±9.5 <sup>d</sup>	19.28±3.6 <sup>c</sup>	24.05±7.6 <sup>d</sup>
Total de nutrientes digeribles (%)	65.88±2.3 <sup>a</sup>	66.56±11.88 <sup>a</sup>	63.57±6.9 <sup>a</sup>	64.56±7.3 <sup>a</sup>	57.43±9.4 <sup>a</sup>
+ Fibra ácida detergente (%)	14.53±2.4 <sup>a</sup>	39.70±8.0 <sup>c</sup>	31.52±8.0 <sup>b</sup>	32.38±9.3 <sup>b</sup>	20.71±13.6 <sup>a</sup>
Lignina (%)	13.61±1.7 <sup>a</sup>	31.17±8.8 <sup>a</sup>	28.59±6.01 <sup>a</sup>	30.46±7.9 <sup>a</sup>	19.50±12.7 <sup>a</sup>
+ Acido láctico mg/100 ml	246.6±39.51 <sup>a</sup>	331.0±2.53 <sup>b</sup>	371.0±62.17 <sup>b</sup>	419.0±161.04 <sup>c</sup>	230.0±1-5.7 <sup>a</sup>

a, b, c, d/ Resultados con diferente literal son diferentes estadísticamente (P<0,01)

+ a, b, c, d/ Resultados con diferente literal son diferentes estadísticamente (P<0,05)

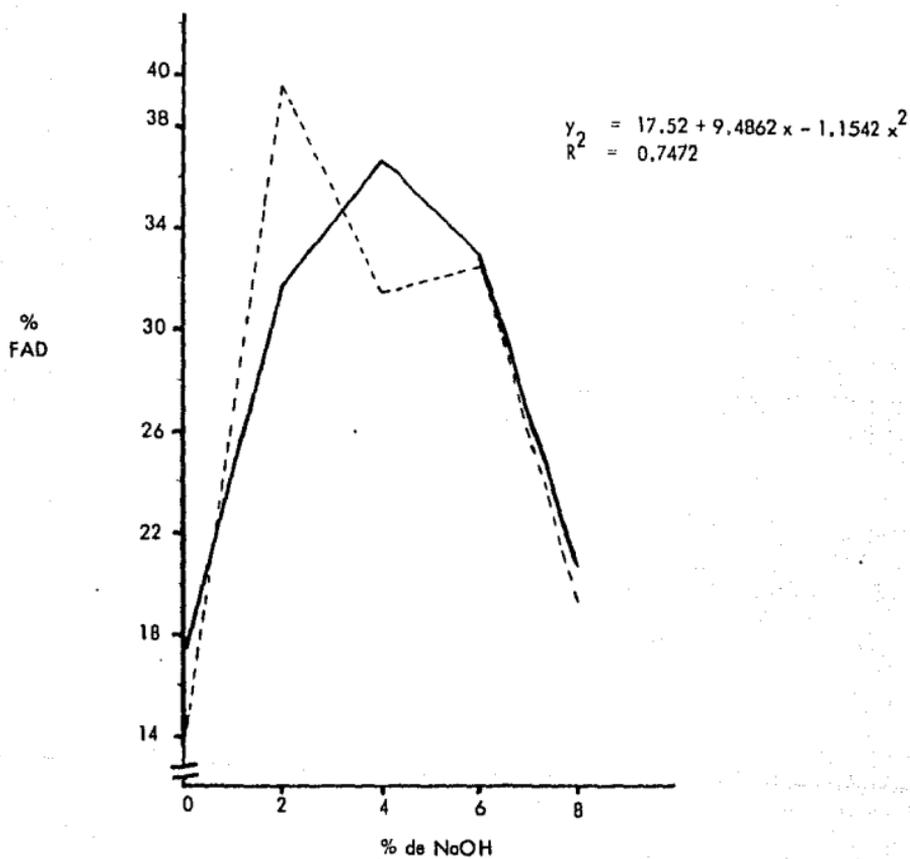
Gráfica No. 1.- EFECTO DEL HIDROXIDO DE SODIO SOBRE EL NIVEL DE FIBRA CRUDA EN ENSILAJES DE CAÑA DE AZUCAR. Experimento No. 1



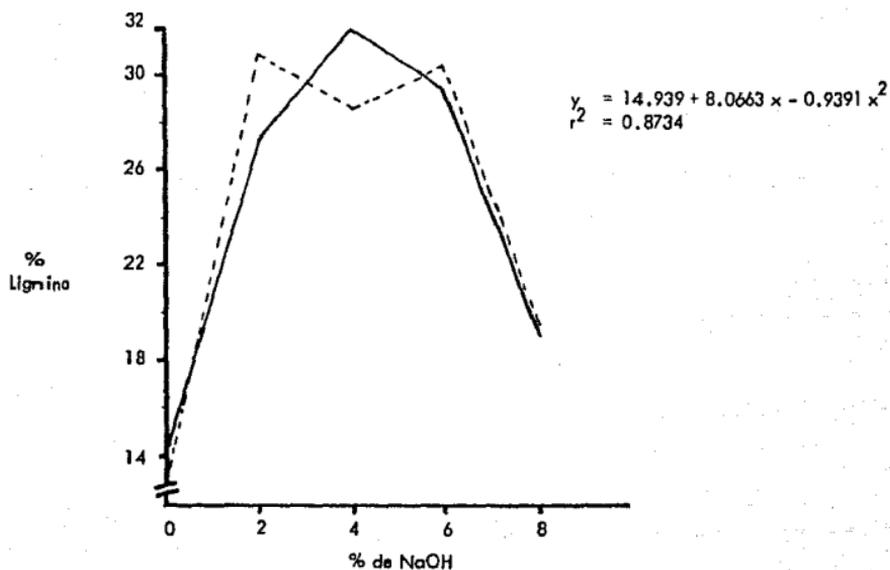
to del tratamiento alcalino es producido en las hemicelulosas (Egaña et al., 1976). En este experimento se reporta que el porcentaje de hemicelulosa disminuye de 24% a 13% por medio de la adición de 10% de NaOH. Por lo tanto la interpretación que deberá darse a los resultados obtenidos con fibra cruda es la siguiente: a una mayor concentración de sosa existe una marcada disminución en la cantidad de hemicelulosa y por esto mismo existe un descenso en el porcentaje de fibra cruda.

Otro parámetro que presentó diferencia estadística entre tratamientos fue el porcentaje de FAD ( $P < 0.05$ ), por lo que se realizó un análisis estadístico para saber si había el mismo efecto que se presentó en fibra cruda. El resultado de este análisis indicó que existe un efecto cuadrático ( $P < 0.01$ ) que se puede observar en la gráfica No. 2. Este fenómeno se encuentra asociado a los resultados obtenidos en lignina, que aunque no presentó diferencia estadística entre tratamientos, se presentó un efecto cuadrático ( $P < 0.05$ ) como se puede observar en la gráfica No. 3. Esto quiere decir que los porcentajes de fibra ácido detergente, de lignina y probablemente de celulosa aumentaron en los tratamientos con concentraciones más bajas de NaOH con respecto al tratamiento sin aditivos. Posteriormente se observa un descenso de estos porcentajes al incrementarse la concentración de NaOH. Esto puede deberse a que existe la posibilidad de que la hemicelulosa desaparece conforme se incrementa la concentración de NaOH. Por otro lado sólo hay una hidrólisis parcial o total a bajas concentraciones, y de esta manera el porcentaje de lignina y de celulosa se incrementa como sucede con el bagazo y el bagacillo cuando son tratados con bajas concentraciones de NaOH (Egaña et al., 1976; Martin et al., 1976). Otra posibilidad que describa el descenso de hemicelulosa es de que el

Gráfica No. 2.- EFECTO DEL HIDROXIDO DE SODIO SOBRE EL NIVEL DE FIBRA ACIDO DETERGENTE EN ENSILAJES DE CAÑA DE AZUCAR. Experimento No. 1



Gráfica No. 3.- EFECTO DEL HIDROXIDO DE SODIO SOBRE EL NIVEL DE LIGNINA EN EL ENSILAJE DE CAÑA DE AZUCAR Experimento No. 1



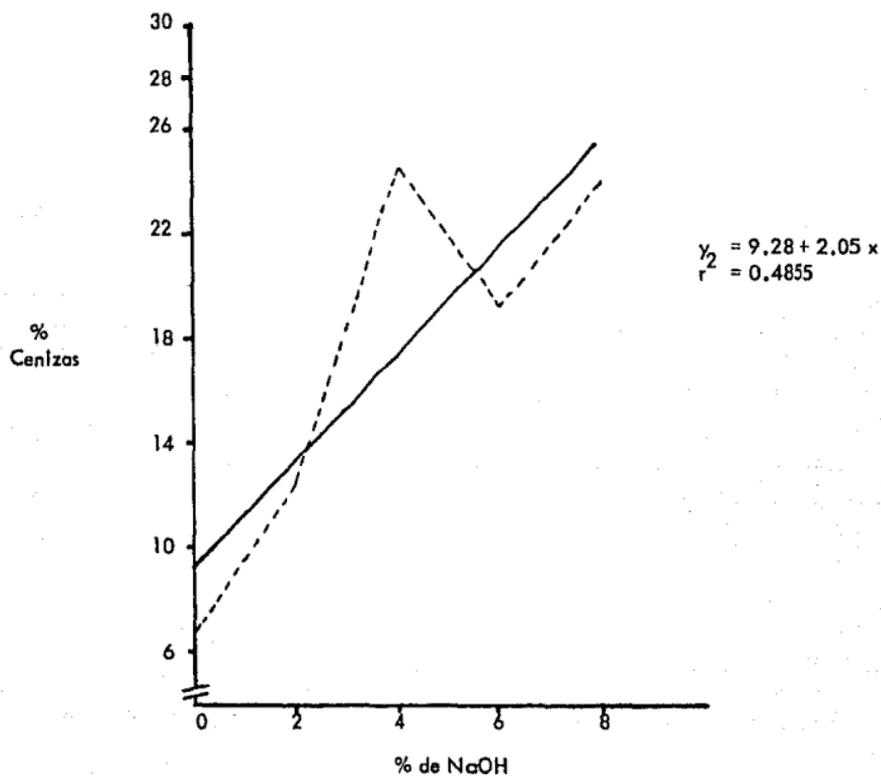
pH que prevalece en estas concentraciones es más apropiado para que se incrementa de una manera satisfactoria el número de bacterias con capacidad hemicelulolítica, las cuales tendrán un efecto mayor sobre la hemicelulosa.

Sobre el nivel de 4% de NaOH es posible que exista en realidad un efecto directo del NaOH sobre la lignina y la celulosa, aunque dicho efecto sólo sea parcial a las concentraciones usadas en este trabajo. Sin embargo en trabajos realizados con bagazo de caña a una concentración de 8% o más de NaOH, el porcentaje de lignina sólo sufre una pequeña disminución (Egana, et al., 1976). Por otra parte existe la posibilidad de que al buscar una concentración mayor a fin de que se efectúe una mayor acción sobre las paredes celulares, se provocaría un aumento del pH provocando de esta manera que las bacterias existentes en el ensilaje no logren sobrevivir y por lo tanto no haber una fermentación deseada o esperada con este tipo de forrajes.

En los niveles de cenizas totales hubo una diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos y se observó un efecto lineal positivo ( $P < 0.01$ ). Esto quiere decir que a mayor concentración de sosa se incrementa el porcentaje de cenizas. Este efecto se puede observar en la gráfica No. 4, cuyo fenómeno se explica porque a mayor concentración de NaOH se incrementa el porcentaje de minerales ya que la misma sosa contiene un elevado nivel de éstos. Esto mismo ha sido señalado con tratamientos similares (Martín et al., 1976).

Los resultados obtenidos en la concentración de ácido láctico mostraron que hubo una diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos, y que al realizar un análisis de re-

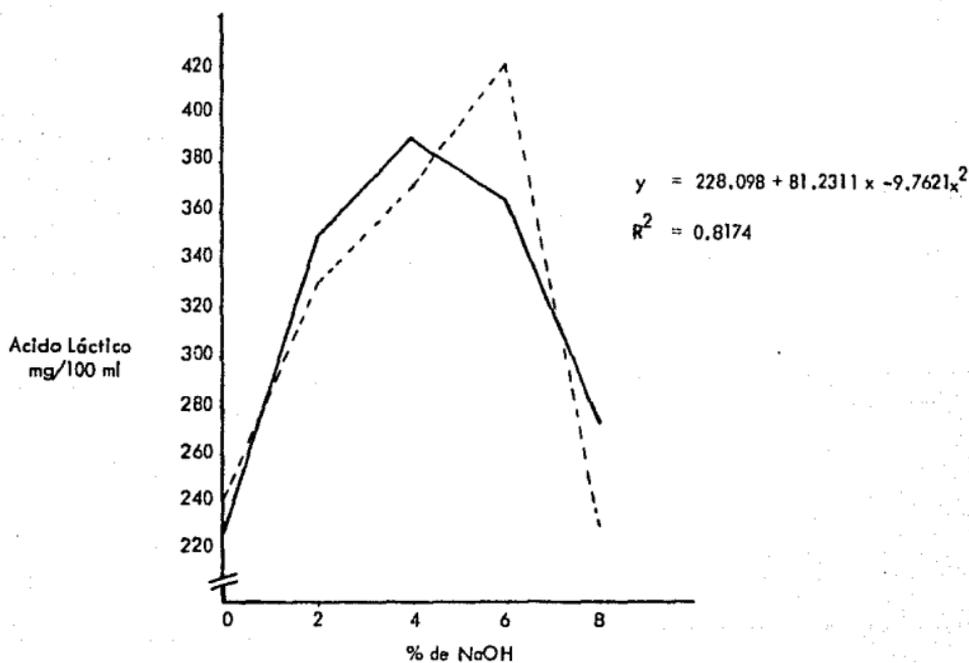
Gráfica No. 4.- EFECTO DEL HIDROXIDO DE SODIO SOBRE EL NIVEL DE CENIZAS EN ENSILAJES DE CAÑA DE AZUCAR. Experimento No. 1



gresión se observó que presentó un efecto cuadrático ( $P < 0,01$ ) como puede observarse en la gráfica No. 5.

En esta gráfica se observa que la máxima concentración de ácido láctico se obtiene cuando el NaOH se encuentra en un nivel de 4%. De aquí en adelante conforme se incrementa la concentración de NaOH la cantidad de ácido láctico presenta un descenso. Este fenómeno es un apoyo a la teoría de que las características de pH que prevalecen a la concentración de 4% de NaOH, favorecen el desarrollo de bacterias que producen una fermentación de tipo láctico, pero a medida que se aumenta el nivel de NaOH sobre el 4%, se presenta un efecto negativo para la producción de ácido láctico. De esta manera y por los resultados obtenidos se puede pensar que la adición de NaOH a una concentración de 4% base seca de la caña de azúcar es la más apropiada para impedir la fermentación espontánea que sufre la caña de azúcar sin aditivos con la consecuente pérdida de azúcares y formación de alcohol. (González y Mc Leod, 1976), y favoreciendo por otro lado la fermentación de tipo láctico por un incremento en el pH inicial (Preston et al., 1976). Sin embargo los resultados obtenidos en la cantidad de ácido láctico no han sido tan elevados, ya que sólo el 1.23% de la materia seca para el nivel de 4% de NaOH y 1.39% de la materia seca para el 6% de NaOH, son bajos cuando se compararon con los valores obtenidos por Ravelo et al., (1977). En este experimento incorporaron 45% de yuca, 3% de urea y 52% de caña al ensilaje obteniendo un porcentaje de 4.2% de ácido láctico en base seca, o bien a los valores obtenidos con la adición de una mezcla de amoníaco y miel que fue de 12.5% en base a materia seca (Alvarez y Preston, 1976).

Gráfica No. 5.- EFECTO DEL HIDROXIDO DE SODIO SOBRE EL NIVEL DE ACIDO LACTICO EN ENSILAJES DE CAÑA DE AZÚCAR. Experimento No. 1



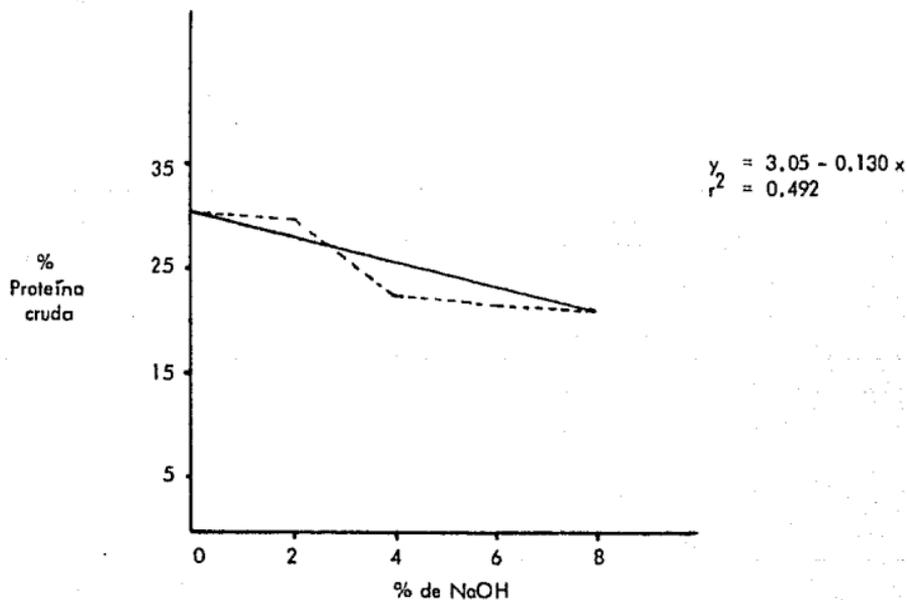
Los porcentajes de proteína no fueron significativamente diferentes entre tratamiento, pero se observó que existió un efecto lineal negativo ( $P < 0.05$ ) con el análisis de regresión. Esto quiere decir que a medida que se incrementa el nivel de NaOH la proteína se ve afectada negativa y progresivamente como se puede observar en la gráfica No. 6. Estos resultados no apoyan la teoría de que tal vez se verá favorecido un ensilaje de caña en su valor nutritivo por un aumento en el contenido de proteína verdadera (por síntesis microbiana) al encontrarse bajo condiciones anaeróbicas en una fermentación controlada emitida por Preston et al., (1976).

## 5.2.- RESULTADOS Y DISCUSION EXPERIMENTO No. 2

Por los resultados obtenidos en el experimento realizado a nivel de laboratorio y por antecedentes obtenidos al respecto en el Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias - (Comunicación Personal). Se determinó utilizar una concentración de 4% de NaOH ba se seca de la caña de azúcar ensilada para compararla con ensilaje de caña sin aditivos en la producción de leche y comportamiento animal general de ganado bovino. Los resultados del experimento No. 2 son los siguientes:

ANALISIS DE FORRAJE.- Los análisis de caña de azúcar tratada con NaOH al 4% y de caña de azúcar sin aditivo se encuentran resumidos en el cuadro No. 7. El objetivo principal de estos análisis fue para comparar la composición química de ensilaje de caña de azúcar, a nivel práctico, con los resultados de los microsilos obtenidos a nivel de laboratorio. Este objetivo se encuentra relacionado con la forma de preparación de un microsiló en el cual el NaOH fue mezclado perfectamente, en cambio en el silo de gran capacidad éste fue aplicado en forma de capas. Otro punto, el de observar si

Gráfica No. 6.- EFECTO DEL HIDROXIDO DE SODIO SOBRE EL NIVEL DE PROTEINA CRUDA EN ENSILAJES DE CAÑA DE AZUCAR. Experimento No. 1



existía algún cambio drástico o paulatino en la composición química de los ensilajes usados en la prueba biológica debido a la diferencia de tiempo (180 días en total) en contra del tiempo (35 días) en que fueron abiertos los microsilos.

CUADRO No. 7

COMPOSICION QUIMICA DE ENSILAJES DE CAÑA CON (A) Y SIN (B) ADICION DE NaOH AL 4% (Base seca), Experimento 2

Concepto	Tratamiento	
	A	B
	$\bar{X} \pm \sigma$	$\bar{X} \pm \sigma$
Proteína cruda (%)	2.42 $\pm$ 0.06	2.84 $\pm$ 0.12
Ext. etereo (%)	3.27 $\pm$ 1.76	2.52 $\pm$ 0.30
Cenizas (%)	7.01 $\pm$ 2.13	6.74 $\pm$ 0.26
Fibra cruda (%)	24.53 $\pm$ 1.36	29.42 $\pm$ 0.91
Extr. libre de nitrógeno (%)	62.78 $\pm$ 4.74	58.46 $\pm$ 0.90
Fibra ácido detergente (%)	26.13 $\pm$ 6.41	18.39 $\pm$ 0.90
Lignina (%)	24.08 $\pm$ 5.08	16.11 $\pm$ 0.52

CUADRO No. 8

ANALISIS QUIMICO DE LIQUIDO RUMINAL DE BOVINOS ALIMENTADOS CON ENSILAJE DE CAÑA DE AZUCAR CON ADICION DE NaOH AL 4% BASE SECA (A) Y SIN ADITIVOS (B). Experimento 2

Concepto	Tratamientos	
	A	B
	$\bar{X} \pm \sqrt{\quad}$	$\bar{X} \pm \sqrt{\quad}$
Acido acético % molar	70.07 $\pm$ 7.95 <sup>a</sup>	71.25 $\pm$ 2.19 <sup>a</sup>
Acido propiónico % molar	18.93 $\pm$ 3.46 <sup>a</sup>	20.55 $\pm$ 2.94 <sup>a</sup>
Acido butírico % molar	11.00 $\pm$ 4.06 <sup>a</sup>	8.17 $\pm$ 3.07 <sup>a</sup>

a Resultados con la misma literal son iguales estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

Los resultados nos muestran que no hubo gran variación en la composición química de las muestras de forraje tomadas en diferente tiempo (60, 120 y 180 días). Posteriormente al comparar el promedio de estas muestras con el promedio de los resultados obtenidos en los microsilos en el nivel de NaOH al 4%, se observó que no existió mucha diferencia entre los parámetros analizados.

Un factor que no fue medido en este caso fue la cantidad de ácido láctico, debido principalmente a que únicamente se consideró la característica física del olor en ambos ensilajes. El ensilaje con NaOH al 4% presentó un olor característico debido a una fermentación láctica (similar al ensilaje de maíz), y el olor del ensilaje sin aditivo fue francamente alcohólico.

ANÁLISIS DE LIQUIDO RUMINAL.- Los análisis químicos del líquido ruminal se presentan en forma resumida en el cuadro No. 8, los valores encontrados de AGV (acético, propiónico y butírico) no presentaron diferencia estadísticamente significativa. Los promedios obtenidos de AGV en ambos tratamientos son similares a los obtenidos en otros experimentos con caña ensilada en donde los valores reportados son los siguientes: acético 75.6%, propiónico 16.5% y butírico 8.0% (porcentaje molar) (Priego, 1976). Sin embargo los valores difieren ligeramente de los encontrados en el patrón de fermentación en animales alimentados con caña de azúcar fresca como se observa en el siguiente cuadro.

CUADRO No. 9

PATRON DE FERMENTACION RUMINAL DE BOVINOS ALIMENTADOS CON CAÑA DE AZUCAR FRESCA

	A.G.V. % Molar			
	Acético	Propiónico	Butírico	
	62.5	23.9	13.6	(Preston, 1977)
	59.9	21.9	17.9	(Priego, 1976)

Las diferencias encontradas en los valores de caña de azúcar fresca con respecto a los de ensilada se pueden discutir mucho debido a que existen diferencias en la metodología, como son el método de muestreo y el tiempo transcurrido después del alimento. Sin embargo estas diferencias son muy ligeras por lo que se podría asegurar de que el

patrón de fermentación de la caña de azúcar ensilada (con y sin aditivo) y la caña de azúcar fresca son similares y se encuentran dentro de un rango normal (Hungate, 1966).

En los valores encontrados en este trabajo se puede observar que existió un porcentaje elevado de ácido propiónico que es el precursor de la glucosa (Mc Donald et al., 1973; Hungate, 1966). Lo que hace que los niveles de glucosa fueran regulares y de esta manera se cubrieran las necesidades del animal para lograr una buena producción de leche.

ANÁLISIS DE SANGRE.- Los resultados de los análisis químicos de sangre se presentan en el cuadro No. 10. Los niveles de glucosa sanguínea no mostraron diferencia estadística siendo los valores medios los siguientes: 46.92 mg/100 ml para el tratamiento con sosa y de 44.95 mg/100 ml para el tratamiento sin aditivos. Estos valores son similares a los obtenidos por Aranda (1977), y se encuentran dentro de un rango normal (Gibbons, et al., 1970).

Por los resultados encontrados se observa que este tipo de dietas (ambos tratamientos) aportan suficientes elementos glucogénicos, por lo que la glándula mamaria llena sus necesidades de glucosa para una secreción láctea adecuada. Estos resultados se encuentran en íntima relación con los obtenidos en la cantidad de ácido propiónico encontrado en el líquido ruminal. Los valores de este ácido fueron elevados aunque se encuentran dentro de un rango normal, esto quiere decir que hubo suficiente aporte de este ácido a nivel sanguíneo para la formación de glucosa, y por lo tanto también se vió favorecida la producción de leche y quizá la cantidad de grasa (Rook et al., 1965).

Los niveles de cuerpos cetónicos en sangre no presentaron diferencia estadística significativa y los resultados se encontraron ligeramente por debajo de lo normal ( $> 10$  mg/100 ml) (Schultz, 1971; Schwalm y Schultz, 1976).

De los resultados obtenidos en los análisis de sangre en cuanto a glucosa y cuerpos cetónicos podemos decir que hubo una relación entre el metabolismo de los cuerpos cetónicos y la utilización de los carbohidratos. Esta relación está basada en la presencia de valores normales de glucosa encontrados en experimentación, de tal modo que se impidió la movilización de la grasa corporal con el fin de cubrir necesidades energéticas en los animales para sostener una producción constante de leche. Dicho de otra manera, en el alimento proporcionado a los animales en experimentación había suficiente cantidad de precursores de glucosa de tal modo que se impidió una exagerada movilización de las reservas de grasa corporal. Por lo tanto la formación de cuerpos cetónicos fue menor a los encontrados cuando la dieta alimenticia no aporta suficiente cantidad de precursores de glucosa (Menahan et al., 1966; Kronfeld, 1968; Luick et al., 1967; Yamdagi y Schultz, 1970; Radoff y Schultz, 1967). Por otra parte el ácido butírico que se encontró en el rumen fue bajo, por lo que éste al absorberse y pasar al torrente sanguíneo no contribuyó en gran medida a la formación de cuerpos cetónicos (Menahan et al., 1966).

Los valores de ácido láctico sanguíneo no demostraron ninguna diferencia estadística. Estos valores se encuentran ligeramente por debajo del rango considerado normal (Dukes, 1969).

CUADRO No. 10

ANÁLISIS QUÍMICOS DE SANGRE DE BOVINOS ALIMENTADOS CON ENSILAJE DE CAÑA DE AZÚCAR CON ADICIÓN DE NaOH AL 4% BASE SECA (A) Y SIN ADITIVOS (B). Experimento 2

Concepto	Tratamiento	
	A	B
	$\bar{X} \pm \sigma$	$\bar{X} \pm \sigma$
Glucosa (mg/100 ml)	49.92 $\pm$ 14.30 <sup>a</sup>	44.95 $\pm$ 12.89 <sup>a</sup>
Cuerpos cetónicos (mg/100ml)	1.58 $\pm$ 0.69 <sup>b</sup>	1.35 $\pm$ 0.39 <sup>b</sup>
Acido láctico (mg/100 ml)	1.785 $\pm$ 0.53	1.974 $\pm$ 0.26

a, b, c. Resultados con la misma literal son iguales estadísticamente (P<0.05).

COMPORTAMIENTO ANIMAL.- Los resultados obtenidos de consumo de forrajes y concentrado, producción de leche e incremento de peso, se muestran resumidos en el Cuadro 11.

Estos resultados nos muestran que existió una diferencia estadísticamente significativa en cuanto al consumo de ensilaje de caña. El mejor consumo fue obtenido con ensilaje de caña de azúcar tratada con NaOH al 4% base seca con una media de 21.39 kg/animal/día base húmeda (6.40 kg/animal/día base seca), en contra de 20.21 kg/animal/día base húmeda (6.06 kg/animal/día base seca) obtenido en el tratamiento de ensilaje de caña sin aditivo. Esta diferencia que existe entre ambos tratamientos en consumo de ensilaje es mínima, 1.120 kg base húmeda (0.34 kg base seca), desde un punto de -

vista práctico. Sin embargo ambos consumos son satisfactorios tomando en cuenta resultados obtenidos por diversos autores en la alimentación de ganado bovino con ensilajes de caña de azúcar con y sin aditivos como se muestra en el Cuadro No. 12. Esta sugerencia la podemos ratificar al comparar los resultados obtenidos en este trabajo con los resultados que se observan en el Cuadro No. 12, en donde podemos apreciar que los consumos en base húmeda son inferiores a los obtenidos en este estudio. Los consumos reportados en el Cuadro No. 12 son bajos a pesar de que las características químicas de los ensilajes obtenidos en el laboratorio fueron buenas, sobre todo en el contenido de ácido láctico que fue de 6.29% de la materia seca (Alvarez et al., 1977). En este mismo trabajo se puede apreciar que existe una diferencia mínima, a nivel práctico, en el consumo de ensilaje si comparamos los resultados con la inclusión de amonio y ensilaje sin aditivo. Sin embargo, a pesar de haber obtenido mejores resultados en el consumo de ensilaje de caña de azúcar, no se comparan con los consumos más altos obtenidos con caña de azúcar fresca picada. Por ejemplo trabajos realizados en Cuba, enfocados a la producción de leche señalan consumos de 10.27 kg/animal/día base seca (Ruiz et al., 1976). Por lo tanto el consumo voluntario del ensilaje de caña obtenido en este trabajo fue inferior al de caña fresca en cerca de 4 kg base seca. Por esto mismo, es evidente que lo que hay que seguir tratando es incrementar el consumo de ensilaje de caña. Sin embargo habrá que tomar en cuenta que el aporte protéico que proporciona este ensilaje no será suficiente para llenar las necesidades de proteína necesarias para la producción de leche en vacas especializadas (N.R.C., 1976).

En este experimento el consumo voluntario de forraje pudo haber sido mayor pero probablemente se vió frenado por la cantidad de concentrado proporcionado a los animales,-

CUADRO No. 11

RESULTADOS OBTENIDOS DEL COMPORTAMIENTO ANIMAL DE BOVINOS ALIMENTADOS CON ENSILAJE DE CAÑA DE AZÚCAR CON ADICIÓN DE NaOH AL 4% BASE SECA (1,2% BASE HUMEDA) (A) Y ENSILAJE DE CAÑA DE AZÚCAR SIN ADITIVO (B) Experimento 2

Concepto	Tratamiento	
	A $\bar{X} \pm \sqrt{\quad}$	B $\bar{X} \pm \sqrt{\quad}$
Consumo de forraje (kg)	21.39 $\pm$ 0.767 <sup>a</sup>	20.21 $\pm$ 1.10 <sup>b</sup>
Consumo de forraje (kg) (base seca)	6.40 $\pm$ 0.230 <sup>a</sup>	6.06 $\pm$ 0.332 <sup>b</sup>
Consumo de concentrada (kg)	5.97 $\pm$ 0.776 <sup>a</sup>	5.89 $\pm$ 0.683 <sup>a</sup>
Producción de leche (kg)	10.59 $\pm$ 1.56 <sup>a</sup>	11.07 $\pm$ 2.51 <sup>a</sup>
Incremento de peso (kg) por tratamiento/36 días	3.75 $\pm$ 16.93 <sup>a</sup>	10.0 $\pm$ 11.87 <sup>b</sup>

a, b. Resultados con diferente literal son diferentes estadísticamente (P<0.05.)

ya que primero se ajustó la cantidad de concentrado de acuerdo a la producción de leche (1 kg de concentrado/2 kg de leche producidos). Esto fue con el fin de compensar la deficiencia en el aporte protéico que proporcionó el forraje y poder de esta manera determinar la máxima producción de leche al llenar los requerimientos de proteína y energía, ya que el ensilaje de caña no podría cubrir estas necesidades aunque el consumo voluntario hubiera sido de 10 kg base seca/animal/día (34 kg base húmeda aprox.).

CUADRO 12

CONSUMO DE ENSILAJE DE CAÑA DE AZÚCAR POR BOVINOS

Ensilaje de caña			Consumo voluntario		Referencia
	sin aditivo	con aditivo	kg base seca	kg base húmeda	
Caña de azúcar		+ urea		11.97	(Silvestre <u>et al.</u> , 1976).
Caña de azúcar		+ amonio		11.12	(Silvestre <u>et al.</u> , 1976)
Caña de azúcar	sin aditivos			12.0	(Alvarez <u>et al.</u> , 1977)
Caña de azúcar	sin aditivos	+ Suplemento protéico		13.5	(Alvarez <u>et al.</u> , 1977)
Caña de azúcar		+ amoníaco		14.9	(Alvarez <u>et al.</u> , 1977)
Caña de azúcar	sin aditivos	(de 4 a 5 meses)	5.95		(Cabrera y Rivera, 1953)
Caña de azúcar	sin aditivos	(sin puntas)	5.92		(Castellanos, 1970)
Caña de azúcar	sin aditivos	(con puntas)	5.53		(Castellanos, 1970)

Por lo tanto siempre hubo una relación directa entre el consumo de ensilaje de caña, el volumen de leche producido y el consumo de concentrado.

Con la producción de leche no se observó ninguna diferencia significativa entre tratamientos. Sin embargo al realizar un bloque por el número de partos (1o. y 4o. parto) - observamos que hubo una diferencia significativa en favor de las vacas de 4o. parto, independientemente del tratamiento. La media en la producción de leche en vacas de 4o. parto fue de 11.9 kg/día contra 9.75 kg/día de las vacas de primer parto. Este resultado es normal debido a que las vacas lecheras durante su vida productiva presentan una curva que se va incrementando a medida que aumenta el número de ciclos productivos, alcanzando el máximo de producción durante el 3o. y 4o. ciclos siendo establecido este máximo de producción por factores tales como el sistema de alimentación y el potencial genético (Schmidt, 1971).

La producción de leche por tratamiento fue de 10.59 kg/animal/día para el tratamiento con aditivo (NaOH) y de 11.07 kg/animal/día para el tratamiento sin aditivo. Esta producción no es muy alta si la comparamos con animales de esta misma raza en condiciones más favorables de alimentación y clima como en el altiplano de la República Mexicana. Sin embargo si tomamos en cuenta a estos animales con dietas de tipo tradicional, en este tipo de clima, observaremos que esta producción es muy favorable para animales bajo condiciones de clima tropical.

El incremento de peso de los tratamientos fue de 3.75 kg/animal/36 días para el tratamiento con sosa y de 10.0 kg/animal/36 días para el tratamiento de caña sin aditivo. Estos 36 días comprenden el período de 21 días de adaptación y 15 días de prueba. Es

Los resultados nos muestran que hubo una diferencia significativa en la ganancia de peso en los animales, siendo mejor el incremento de peso en el tratamiento sin aditivo. Sin embargo esta diferencia en favor del tratamiento sin aditivo deberá tomarse con cautela debido a que los animales no fueron sometidos a una dieta de agua y alimento durante 24 hs. y pesados durante tres días consecutivos al final de cada tratamiento, como lo sugiere la metodología para experimentación (Preston y Willis, 1975) por encontrarse éstos en plena producción, lo que afectaría significativamente esta medición. Por esto mismo esta diferencia significativa que es de 6.25 kg de peso vivo promedio/animal/período de 36 días pudo haber sido simplemente debido a la cantidad de agua y alimento ingeridos antes de ser pesados al finalizar cada período. Por otro lado lo más importante de estos resultados es de que estos animales no perdieron peso al final de cada tratamiento sino que por el contrario el peso se fue incrementado.

COMPOSICION DE LA LECHE.- Los resultados de los análisis de leche que se presentan en el Cuadro No. 13 no mostraron diferencia estadística en los valores de proteína, grasa butírica, sólidos totales y acidez. Sin embargo sí presentaron una diferencia estadística significativa entre valores de sólidos no grasos. Esta diferencia es a favor del tratamiento con NaOH siendo la media de 8.50% contra 7.58% del tratamiento sin aditivo, y se puede explicar por lo siguiente: el resultado de los valores de sólidos no grasos se establecen por la diferencia entre el valor de sólidos totales (grasa + proteína cruda). Por lo tanto aunque los resultados de proteína y grasa no fueron diferentes estadísticamente, son ligeramente superiores los promedios obtenidos en el tratamiento sin sosa. Esto hace que la diferencia entre los resultados de los sólidos no grasos sea

significativamente diferente entre ambos tratamientos, ya que las cantidades de grasa y proteína se van acumulando.

Los valores obtenidos en la composición de la leche son similares a los obtenidos por otros investigadores pero con caña de azúcar fresca con diferentes niveles de urea (Ruíz et al., 1976), y con bagazo de caña de azúcar (Randel, 1970).

CUADRO No. 13

ANÁLISIS QUÍMICOS DE LECHE DE BOVINOS ALIMENTADOS CON ENSILAJE DE CAÑA DE AZÚCAR CON ADICIÓN DE NaOH AL 4% BASE SECA (A) Y SIN ADITIVO (B).  
Experimento 2

Concepto	Tratamientos	
	$\bar{X} \pm \sqrt{V}$	$\bar{X} \pm \sqrt{V}$
Grasa butírica (%)	3.75 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup>	3.79 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>
Proteína cruda (%)	2.41 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup>	2.45 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>
Sólidos no grasos (%)	8.50 $\pm$ 1.27 <sup>a</sup>	7.58 $\pm$ 0.68 <sup>b</sup>
Sólidos totales (%)	14.67 $\pm$ 1.31 <sup>a</sup>	13.92 $\pm$ 0.72 <sup>a</sup>
Acidez de la leche (g/lit de ácido láctico)	1.88 $\pm$ 0.33 <sup>a</sup>	1.90 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>

a, b. Resultados con diferente literal son diferentes estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

Estos resultados, en cuanto a composición de leche, concuerdan con lo reportado por otros autores ya que la cantidad de grasa está dentro de lo considerado normal para vacas de esta raza (Schmidt, 1971). Por otro lado el porcentaje de proteína cruda está

ligeramente por abajo de lo normal. La proteína de la leche está constituida principalmente por caseína y por otras proteínas generalmente de origen plasmático como son los anticuerpos y la albúmina sérica (Schmidt, 1971) y normalmente se cuantifica solamente la caseína por métodos colorimétricos después de precipitarla con colorantes específicos (Schmidt, 1971). En este experimento se utilizó el método de Kjeldahl que cuantifica el nitrógeno total de proteína cruda. Uno de estos factores es la constante 6,25 que ajusta el error cuando por el nitrógeno no proteico y por proteínas que contienen nitrógeno abajo del promedio. Sin embargo el nitrógeno presente en leche, con excepción de una pequeña cantidad, es proteico y por otra parte las proteínas de la leche contienen un nivel de nitrógeno arriba del promedio, por lo que el factor 6,25 subestima el contenido verdadero de proteína láctea. A pesar de esto, estos cálculos nos sirven para hacer una comparación entre los dos tratamientos de caña de azúcar, que como indicamos no existe efecto significativo.

## 6.- CONCLUSIONES

6.1.- Los resultados obtenidos con las pruebas de ensilaje in vitro, permitieron verificar que la adición de NaOH a forrajes tales como la caña de azúcar, da como resultado cambios que tienden en general a incrementar el valor nutritivo desde el punto de vista físico-químico de dicho forraje. Los cambios observados que tendieron a mejorar la calidad del ensilado estuvieron asociados con cantidades crecientes de NaOH añadido, obteniéndose los mejores resultados entre los niveles 2, 4 y 6% de sosa en base seca.

6.2.- El experimento de alimentación con vacas lecheras en producción permitió obtener las siguientes conclusiones:

- a) El uso de la caña de azúcar ensilada como único forraje para vacas lecheras puede ser un medio práctico para el desarrollo de la industria lechera en zonas cañeras - e incrementar la producción de leche, ya que la productividad obtenida en este experimento resultó muy promisorio pues es comparable a la obtenida con otros forrajes ya reconocidos por su valor nutritivo como es el caso del maíz y sorgo forrajeros.
  
- b) Se pudo demostrar que es factible utilizar esquilmos agroindustriales, como lo son la melaza, la pulidura de arroz y la urea, para complementar las carencias nutricionales que se presentan cuando las vacas productoras de leche son alimentadas - con ensilaje de caña como único forraje.
  
- c) Durante el transcurso de este experimento no se observó ningún problema de tipo patológico en las vacas alimentadas con ensilaje de caña de azúcar. Por lo tanto se puede recomendar que es seguro alimentar a ruminantes con este tipo de dietas, bajo condiciones similares a las de este experimento, y no esperar consecuencias adversas en la salud de los mismos. Sin embargo será necesario realizar más experimentos de mayor duración, para poder verificar esta aseveración.
  
- d) No existe un efecto sobre la composición de la leche obtenida de vacas alimentadas con ensilaje de caña, ya que los valores obtenidos son similares a los indicados en la literatura para este tipo de animales.
  
- e) Aunque en el experimento No. 1 se pudieran observar cambios físico-químicos en ensilajes de caña debido a la adición de sosa, esto no pudo ser comprobado plera

mente en el experimento de alimentación. Con excepción del consumo de alimento, en donde se detectó una diferencia significativa en favor del ensilaje con sosa. No se observó mayor diferencia entre el ensilaje de caña con y sin aditivo (habrá que enfatizar que la diferencia en el consumo de alimento desde el punto de vista práctico es mínimo y posiblemente sin ningún significado). Por lo tanto considero el aumento del costo del ensilaje de caña debido a la adición de la sosa, así como a la introducción significativa de mayor manejo en la preparación del ensilado, se cuestiona la conveniencia de realizar esta práctica. Sin embargo, será necesario realizar mayor número de este tipo de experimento, para obtener mayor número de observaciones y poder obtener una conclusión más precisa.

- f) Por último y quizá lo más importante. La realización de este tipo de trabajos encaminados a obtener una producción más eficiente de leche en el trópico, basados en un mejor aprovechamiento de esquilmos agroindustriales y de forrajes de mala calidad. Calidad, que con la ayuda de procesos físico-químicos adecuados se puede ver favorecida. Marcan la pauta para poder lograr un desarrollo integral de la producción animal en el Trópico Mexicano.

## 7. LITERATURA CITADA

- Aitchison T.E., D.R. Metens, A.S. McGillard and N.L. Jacobson, Effect of nitrogen solubility on nitrogen utilization in lacting dairy cattle, *J. Dairy Sc.* (1976), 12: 2056.
- Alpuche O. y M. Ferreira, Ensilaje de caña quemada con varios aditivos, *Prod. Anim. Trop.* (1977) 2: 113.
- Alvarez, F.J., A. Wilson y T.R. Preston, Caña de azúcar y urea con suplementación de pulidura de arroz, o pastoreo restringido en leucaena leucocephala, para producción de leche y becerros en sistema doble propósito en condiciones de sequía, *Prod. Anim. Trop.* (1977), 2: 122.
- Alvarez, J.F. y T.R. Preston, Comportamiento del ganado de engorda en raciones de caña de azúcar madura e inmadura. *Prod. Anim. Trop.* (1976); 1: 108.
- Alvarez F.J., A. Wilson, T.M. Sutherland y T.R. Preston, Comparación de diferentes métodos de suministrar la urea en raciones basadas en caña de azúcar integral para la engorda de novillos, *Prod. Anim. Trop.* (1976), 1: 194.
- Alvarez F.J. y T.R. Preston, Amoniaco/miel y urea/miel como aditivos para caña de azúcar ensilada. *Prod. Anim. Trop.* (1976), 1: 100.
- Alvarez F.J., A. Priego y T.R. Preston, Comportamiento animal en caña de azúcar ensilada. *Prod. Anim. Trop.* (1977), 2: 27.
- Annison E.F. y Lewis, M.A., *El metabolismo en el rumen*, 1a. ed. Hispano Americana, Madrid, España (1966).
- A.O.A.C. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS, 11<sup>th</sup> Association of Agricultural Chemists, Washington, D.C. (1970).
- Aranda E., Hábitos de consumo y su relación con el patrón de fermentación ruminal de buecos alimentados con dietas altas de caña de azúcar. Resumen de la Reunión Anual "La Producción Animal en el Trópico", Mayo 2, 3 y 4 de 1977, Villahermosa, Tab.
- Aranda E., Efecto del nivel de urea en la producción de leche en vacas alimentadas con caña integral molida, Resumen de la Reunión Anual, La Producción Animal en el Trópico, Mayo 2, 3 y 4 de 1977, Villahermosa, Tab.
- Aranda E., Efecto del nivel de urea sobre el patrón de fermentación ruminal y metabolitos en sangre en la composición de leche de vacas alimentadas con caña de azúcar, Res. de la Reunión Anual en Trópico, *Prod. Anim.* en el Trópico 2, 3 y 4 de mayo de 1977, Villahermosa, Tab.

- Assis F. P., G.L. Rocha, P. Medina, R.N. Guaragna, M. Becker e E.B. Kalil, Valor de ensilaje simple o mixto en la dieta de vacas en lactación, *Boletín de Industria Animal*, (1962), 17:207.
- Banda M. y T.R. Preston, Ensilaje de caña integral picada con amoniaco/miel y óxido de calcio/miel, *Prod. Anim. Trop.* (1976), 1:67.
- Banda M. y R.E. Valdez, Efecto del estado de madurez sobre el valor nutritivo de caña de azúcar. *Prod. Anim. Trop.* (1976), 1:96.
- Barker S.B. and W.H. Summerson; The colorimetric determination of lactic acid in biological material; *J. Biol. Chem.* (1941), 138.
- Behre J.A. and S.R. Benedict, A Colorimetric determination of acetone bodies in blood and urine, *J. Biol. Chem.* (1926), 70.
- Boodoo A.A., J.C. Delaitre and T.R. Preston, Ensiling sugar cane with different additions, *Trop. Anim. Prod.* (1977), 2:185.
- Boucque Ch.V., Rapid method for the gas chromatographic determination of V.F.A. in rumen fluid, *J. Agric. and Food Chem.* 16: 105, (1968).
- Cabrera J.I. and L. Rivera-Bienes, The value of grass silage for feeding dairy cows in Puerto Rico, of *Agric. Univ. of Puerto Rico*, (1953), 37:59.
- Calderon F., R. Rojas, A.S. Shimada y C. Peraza, Alimentación de buecos con rastrojo de maíz tratado con álcali, *Rev. Veterinaria* (1975), 6:1.
- Castellanos S.R., Estudio comparativo de caña de azúcar y planta completa ensilada en la engorda de bovinos de carne, Tesis de la Universidad Veracruzana (1970).
- Clark J., C.M. Geeken, T.R. Preston y A. Zamora, Mielles como fuente de energía en dietas bajas en fibra para la producción de leche 3. Efecto de variar la relación mielles y grano en una dieta basal en fibra. *Rev. Cub. de Cienc. Agríc.* (1973), 7:159.
- Colvos N.F., J.B. Holter, H.A. Davis and W.E. Urban, Urea for lacting Dairy Cattle. I. Effect of concentrate fiber and urea levels on nutritive value of the ration. *J. Dairy Sc.* (1967), 59: 518.
- Colvos N.F., J.B. Holter, H.A. Davis and W.E. Urea for lacting Dairy Cattle, II. Effect of various levels of concentrate urea on nutritive value of the ration, *J. Dairy Sc.* (1967).
- Conn y Stumpf. *Bioquímica Fundamental*, Tercera Edición, Edit. Limusa, México (1976).

- Conrad H.R. and J.W. Hibbs, Nitrogen utilization by the ruminants. Appreciation of its nutritive value, *J. Dairy Sc.* (1968), 51:276.
- Chapman H.L. Caña de azúcar y subproductos de la caña de azúcar para producción de ganado de carne: Revisión. Presentado en la Primera Reunión Internacional sobre la Utilización de la Caña de Azúcar en la Alimentación Animal, Veracruz, Junio (1976), México.
- Church D.C., *Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes*. Vol. 1 (1974). Edit. Acribia. Zaragoza, España.
- Dellamonica E.S., T.F. Holden, M.J. Calhoun and N.C. Aceto, Effect of season on the whey protein nitrogen distribution of pooled milk, *J. Dairy Sc.* (1965), 48:1585.
- Dimick P.S. and S. Patlon, Structure and Synthesis of milk fat. VII. Distribution of fatty acids in milk fat triglycerides with special reference to butyrate. *J. Dairy Sc.* (1965), 48:444.
- Dukes, H.H., *Fisiología de los animales domésticos*, 3a. Ed. Aguilar, S.A., Madrid, España (1969).
- Egoña J.I., A. Flores y B. Murillo y M.T. Cabezas, Efecto del tratamiento NaOH sobre los constituyentes de las paredes celulares y la digestibilidad *in vitro* del bagazo de caña, Resúmenes de la 1a. Reunión del CAAZ, Veracruz, México. (1976).
- Fernández A., J. Giraldez y N.A. MacLeod, Fermentación ruminal en becerros criados con amamantamiento restringido, caña de azúcar y miel urea, *Prod. Anim. Trop.* (1976) 1:144.
- Ferreiro M.H., J. López, F. Saláis, T.R. Preston y L.A. Leng, Metabolismo de glucosa en toros alimentados con caña de azúcar, urea y pulidura de arroz, Resumen de la Reunión Anual de Producción Animal en el Trópico, Mayo 2, 3 y 4 (1977), Villahermosa, Tab.
- Ferreiro H.M. and T.R. Preston, Effect of different concentrations of urea in final molasses gives as supplement to chopped sugar cane for fattening cattle, *Trop. Anim. Prod.* (1976), 1:66.
- Ferreiro H.M. y T.R. Preston, Engorda de ganado con caña de azúcar, Efecto de diferentes proporciones de tallo y punta, *Prod. Anim. Trop.* (1976), 1:186.
- Ferreiro, H.M., T.R. Preston and T.M. Sutherland, Investigation of dietary limitations on sugar cane based diets. *Trop. Anim. Prod.* (1977), 2:56.
- Ferreiro H.M. and T.M. Sutherland, Efecto de la fuente de nitrógeno sobre la fermentación ruminal en dietas de caña/urea, *Prod. Anim. Trop.* (1977), Vol. 2, 2:329.

- Ferreiro H.M., T.R. Preston y T.M. Sutherland. Digestibilidad de tallo y punta de caña de azúcar madura y tierna, *Prod. Anim. Trop.* (1977), 2:104.
- Ferreiro H.M., A. Priego, J.M. López, F.J. Saláis, A. Wilson y T.M. Sutherland, Efectos del nivel de urea sobre el patrón de fermentación ruminal en animales alimentados con caña de azúcar, *Res. de la Reunión Anual en Trópico. Prod. Anim. en el Trópico* 2, 3 y 4 de Mayo (1977), Villahermosa, Tab.
- Ferreiro, H.M., T.M. Sutherland, A. Wilson y T.<sup>R</sup>. Preston, Limitantes nutricionales en dietas basadas en caña de azúcar. Resumen de la Reunión Anual. *Prod. Animal en el Trópico*, Mayo 2, 3 y 4 de 1977. Villahermosa, Tab.
- Ganong W.F., *Manual de Fisiología Médica*, 3a. Ed. Manual Moderno (1971), México, D.F.
- Gerber S., *Tratado práctico de los análisis de la leche y del control de los productos lácteos*. Ed. Dossat S.A. (1960).
- Gibbons W.J., E.J. Catlett and J.F. Smithcors, *Bovine medicine and surgery*; 1<sup>st</sup> Ed. (1970), Ed. American Veterinary Publications, Inc.
- González A.R. y R. López, Efecto del nivel de hidróxido de sodio sobre la fermentación y degradación de los carbohidratos de la caña de azúcar ensilado, *Resúmenes de la Reunión Anual del Trópico, Junio (1978) Yucatán, México*.
- González E. and N.A. MacLeod, Spontaneous fermentation of sugar cane, *Trop. Anim. Prod.* (1976), 1:82.
- Hodson H.H., A.D. McGillard, N.L. Jacobson and R.S. Allen, Metabolic role of rumen mucosa in absorption of butyrate, *J. Dairy Sci.* 48:1652 (1965).
- Head H.H., J.D. Connolly and W.F. Williams, Glucose metabolism in Dairy Cattle and effect of acetate infusion, *J. Dairy Sci.* (1964) 47:1371.
- Hoogendoorn A.L. and M. Grive, Effect varying energy and roughage in rations for lactating cows on rumen volatile fatty acids and milk composition, *J. Dairy Sci.* (1970) 53: 1034.
- Horn H.H., D.R. Jacobson and A.P. Graden, Influence of level and source of nitrogen on milk production and blood components, *J. Dairy Sci.* 52: 1395.
- Hotler J.B., W.F. Colovos and W.E. Urban Jr., Urea from lactating dairy cattle, IV. Effect of urea versus no urea in the concentrate on production performance in high producing herd. *J.D. Sci.* (1968), 51: 1403.

- Hovell, D., Medición de la síntesis de proteína microbial en el rumen en dietas de caña de azúcar y miel final. *Prod. Anim. Trop.* (1978), 3:88.
- Huber T.L.; Physiological effects of acidosis on feed lot cattle, *J. Anim. Sci.* (1976): 902.
- Hungate R.E., *Symposium, Selected Topics in Microbial Ecology, Bacteriological Rev.* (1960), 24: 535.
- Hungate R.E., *The rumen and its microbes*, 1a. ed. Academic Press Inc., New York, United States of America (1966).
- Infante F.P. y R.G. Avila, *Uso de la caña de azúcar en la alimentación del ganado en épocas de secas. I. Efecto de la adición de urea en el consumo y producción de vacas lactantes. Rev. Cubana Cienc. Agric.* (1975), 9: 109.
- Jacobs M., *The chemical analysis of foods products and Food Products D. Van Nostrand Princeton, New Jersey.* (1965).
- Jorgensen N.A., L.H. Schultz and G.R. Barr, *Factors influencing milk fat depression on rations high in concentrates, J. Dairy Sci.* (1965) 48: 1031.
- Kintner J.A. and E.A. Dary, *Major free fatty acids in milk, J. Dairy Sci.* (1965) 48: 1575.
- Kronfeld D.S., *Acetate kinetics in normal and ketotic cows, J. Dairy Sci.* (1968), 51: 397.
- Kwan K., C.E. Coppock, G.B. Lake, M.J. Fettman, L.E. Chase and R.E. Mc. Dowell, *Use of urea by early postpartum Holstein cows, J. Dairy Sci.* (1977), 60:1706.
- La Hoz E., J. Ruíz, C. Arenas, A. Bacigalupo, M. Vara y M. Timaná, *Uso del bagacillo de caña tratada con NaOH en raciones de engorda de becerros, Resúmenes de la 1a. Reunión del CAAZ, (1976), Veracruz, México.*
- Lane A.G. and J.R. Campbell, *Blood urea in Guernsey cattle, J. Dairy Sci.* (1966), 49: 193.
- Lara E. y M.E. Ruíz, *Ensilaje de caña de azúcar con diferentes niveles de melaza y urea ALPA, Res. VII Reunión, Habana, Cuba.* (1977).
- Leng R.A. y T.R. Preston, *Caña de azúcar para la producción bovina: limitaciones actuales perspectivas y prioridades para la investigación, Prod. Anim. Trop.* (1976), 1:1.
- Leng R.A., R.E. Valdez, Elfrida de González y S. Minor, *Un método para determinar la biomasa de protozoarios en líquido ruminal, Prod. Anim. Trop.* (1976), 1:44.

- López J.M. y T.R. Preston, Roca fosfórica sulfato de amonio e hidróxido de amonio como aditivos en el ensilaje de caña de azúcar, *Prod. Anim. Trop.* (1977), 2: 338.
- Lara J., G. Ravelo, T.R. Preston and R.A. Leng, Studies on glucose metabolism in cattle affected by molasses toxicity, *Anim. Trop. Prod.* (1978), 3:19.
- Losada H., Effect of supplementation on rumen fermentation, blood metabolites and milk composition in cattle fed sugar cane, *Trop. Anim. Prod.*, (1977), 2:236.
- Losada H., Niveles de NaOH sobre el consumo voluntario de animales alimentados con caña integral molida, Resúmenes de la Reunión Anual "La Prod. Animal en el trópico", Mayo 2, 3 y 4 de (1977), Villahermosa, Tab., México.
- Losada H., Ketosis or molasses toxicity, *Prod. Anim. Trop.* 2:140 (1976).
- Lucas H.L., Critical features of good dairy feeding experiments, *J. Dairy Sci.* 43: 193 (1960).
- Lucas H.L., Switch-back trails for more than two treatments, *J. Dairy Sci.* 39:146.(1956).
- Luick J.R., A.L. Black, M.G. Simesen, M. Kametaka and D.S. Kronfeld, Acetone metabolism in normal and ketotic cows, *J. Dairy Sci.* (1967), 50:544.
- Martín P.C., A. Cabello y A. Elías, Utilización de subproductos fibrosos de la caña de azúcar por los rumiantes, 2: Efecto de la combinación de NaOH presión sobre la digestibilidad y la composición química del bagazo y bagacillo, *Rev. Cubana Ciencia Agríc.*, (1976), 10:21.
- Menahan L.A., L.H. Schultz and W.G. Hoekstra, Relationship of ketone body metabolism and carbohydrate utilization to fat mobilization in the ruminant, *J. Dairy Sci.* (1966), 49:957.
- Menahan L.A., L.H. Schultz and W.G. Hoekstra, Factors affecting ketogenesis from butyric acid in ruminant, *J. Dairy Sci.* (1966), 49:835.
- Menahan L.A., W.B. Holtman, L.H. Schultz and W.G. Hoekstra, Relationship acetone of blood and urine of ruminant, *J. Dairy Sci.* (1967), 50: 1409.
- Mc Donald P., R.A. Edwards and J.F.D. Greenhalgh, *Animal nutrition*, 2a. Edition Editorial Longman Inc., New York (1973).
- Mc Dowell L.R., J.H. Conrad, J.E. Thomas y L.E. Harris, *Latin American Tables of feed composition*, University of Florida, Gainesville, Florida (1974).

- Minor S., N.A. McLeod y T.R. Preston, El efecto del muestreo a través de fístula o en el sacrificio sobre la estimación de los protozoarios del rumen, *Prod. Anim. Trop.* (1977), 2:64.
- Minor S. y D. Hovell, Digestibilidad y consumo voluntario de la caña de azúcar tratada con NaOH, *Prod. Anim. Trop.* (1978), 3:76.
- Montpellier F.A. y T.R. Preston, El patrón de fermentación ruminal en ganado bovino alimentado con dietas basadas en tallo de caña picado en forma gruesa con machete, finamente picado o descortezado. *Prod. Anim. Trop.* (1976) 1:32.
- Montpellier F.A. y T.R. Preston, Digestibilidad de punta, corteza, tallo descortezado y caña de azúcar integral. *Prod. Anim. Trop.* (1977), 2:13.
- Montpellier F.A. y T.R. Preston, Digestibilidad y consumo voluntario de dietas basadas en caña de azúcar: Efecto de picar el tallo en partículas de diferentes tamaños. *Prod. Anim. Trop.* (1977), 2:40.
- Montpellier F.A., R.E. Valdez y T.R. Preston, Procesamiento de la caña de azúcar: Efecto del descortezado y picado fino o grueso sobre el comportamiento animal y fermentación ruminal, *Prod. Anim. Trop.* (1977), 2:209.
- Morales S., N.A. McLeod y T.R. Preston, El patrón de fermentación ruminal en vacas lecheras pastoreando Pangola alimentada en lote seco con caña de azúcar picada, miel urea y tortas de algodón y pastoreo restringido, *Prod. Anim. Trop.* 1:42 (1976).
- Morros J., Elementos de Fisiología, 9a. Ed. Científico Médica, Barcelona, España, (1970).
- Muñoz E., E. Elías y J.D. Suárez, Forrajes conservados y suplementados nitrogenados para vaca lechera en pasto seco. *Rev. Cubana Cienc. Agrí.* (1977) 11: 267.
- Murillo B., A. Flores y M.T. Cabezas y R. Brissani, Fraccionamiento de las paredes celulares y digestibilidad in vitro de la caña de azúcar ensilada con y sin urea. Resumen de la 1a. Reunión del CAAZ, Veracruz (1976), México.
- Nakae T. and J.A. Elliott, Production of volatile fatty acids by some lactic acid bacteria II. Selective formation of volatile fatty acids by degradation of amino acids, *J. Dairy Sci.* 48: 293. (1965).
- Nakae T. and J.A. Elliott, I. Factors influencing production of volatile fatty acids from casein hydrolysate, *J. Dairy Sci.* 48: 287.

- Naufel F., E.F. Goldman, R.N. Guaragna, L.B. Gambini, W.N. Scott, E.B. Kalil, Estudio comparativo entre caña de azúcar y ensilaje de maíz, sorgo y pasto Napier, en la alimentación de vacas lecheras. Boletín de Industria Animal, (1969), 26:9.
- Neville W.E., Comparison of energy requirements of non lactating and lactating hereford cows and estimates of energetic efficiency of milk production, J. of Anim. Sci. 38: 681.
- Nusshang W., Compendio de anatomía y fisiología de los animales domésticos. Ed. Acribia, Zaragoza, España (1967).
- Nutrient Requirements of Dairy Cattle (N.R.C.), National Academy of Sciences, Washington, D.C. (1968).
- Ørskov E.R., and D.M. Allen, Utilization of salts of volatile fatty acids by growing sheep effect of frequency of feeding on the utilization of acetate and propionate by young growing lambs Department of Agriculture, University of Reading Br. J. Nutr. 20: 207 (1966).
- Orskov E.R. y F.D. Hovell, Digestión ruminal del heno (medida a través de bolsas de dacron) en el ganado alimentado con caña de azúcar o heno de pangola. Prod. Anim. Trop. (1978), 3:1.
- Orskov E.R., F.D. Hovell and D.M. Allen, Effect of stage of maturity and hormone implantation on the utilization of volatile fatty acids salts as source of energy for growth and fattening, Br. J. Nutr. 20, 509 (1966).
- Ortegon J.A., L.F. Pérez-Fernández y C. Arzola, Efectos del medio ambiente sobre la cantidad y composición de la leche en el Trópico Mexicano, Rev. Tecnol. Aliment. (Méx.), (1977), 12:47.
- Ortiz G.A., C. Robles y H. Merino, Aspectos económicos del ensilaje de la caña de azúcar como forraje para el ganado, Resumen de la X Reunión Anual, Feb. 26, (1973).
- Pacheco V.F., Fermentación láctica del proceso biofermel, Tesis de Maestría en Ingeniería Química, Fac. de Química, U.N.A.M. (1976).
- Pate, F.M. and S.W. Coleman, Evaluation of sugar cane varieties as cattle feed. Ballu Glade AREC Research Report E.U. 9175-4 March 1975.
- Polan C.E., C.N. Miller and M.L. Mc Gillard, Variable dietary protein and urea for intake and production in Holstein cows, J. Dairy Sci. 1976, 59:1910.

- Poux H., H. Rodríguez, Utilización de la melaza-urea en el mantenimiento del ganado bovino durante la estación seca en Panamá, Turrialba, Vol. 21, No. 2 137 (1971).
- Poynt F., J.E. Ponce, La técnica de bolsas in vivo para evaluar fuentes de proteína y en dietas de caña de azúcar, *Prod. Anim. Trop.* (1978), 3:90.
- Preston T.R., El valor nutritivo de la caña de azúcar para el rumiante, *Prod. Anim. Trop.* (1977), 2:129.
- Preston T.R., C. Carcaño, F.J. Alvarez and D.G. Gutiérrez, Ricepolishings as a supplement in a sugar cane diet effect of level of rice polishings and of processing the sugar cane by derinfing or chopping, *Prod. Anim. Trop.* (1976), 1:156.
- Preston T.R., C. Hinojosa y L. Martínez, Ensilaje de la caña de azúcar con amoníaco-miel y ácidos minerales. *Prod. Anim. Trop.* (1976), 1:124.
- Preston T.R. and M.B. Willis, *Producción intensiva de carne*, 2a. Ed. Editorial Diana, México (1975).
- Priego A., El patrón de fermentación ruminal en caña de azúcar ensilada, *Prod. Anim. Trop.* (1976), 1:69.
- Priego A., López J.M., Wilson A. y Sutherland T.M., Adaptación ruminal a dietas de caña de azúcar. *Prod. Anim. Trop.* 2: 183 (1977).
- Priego A y T.M. Sutherland, El efecto del ácido propiónico sobre el patrón de fermentación ruminal, *Prod. Anim. Trop.* 2:192 (1977).
- Priego A., T.M. Sutherland y A. Wilson, Flujo ruminal: Efecto del nivel de suplementación, *Res. de la Reunión Anual en Tróp.*, *Prod. Anim. en el Trópico* 2, 3 y 4 de mayo de 1977, Villahermosa, Tab.
- Priego A., J.M. López, A. Wilson and T.M. Sutherland, Rumen adaptation to diets based on sugar cane. *Prod. Anim. Trop.* 2:180 (1977).
- Prieto F., *Pronugo Proyecto Nal. Ganadero. Un año de realización en la promoción nacional de mieles incristalizables a la ganadería. Cuernavaca, Mor. Agosto* (1976), México.
- Prieto F. and P.F. Randel, The digestibility of a bagasse complete ration in comparison with a conventional ration for dairy cows. *J. of Agric. Univ. of Puerto Rico*, 1970, 53:439.

- Radoff, H.D. and L.H. Schultz, Blood and rumen changes in cows in early stages of ketosis, *J. Dairy Sci.* 1967, 50:68.
- Randel P.F., Feeding lactating dairy cows concentrates and sugarcane bagasse as compared with a conventional ration, *J. of Agric. Univ. of Puerto Rico* (1970), 53: 439.
- Ravelo G., N.A. McLeod y T.R. Preston, Ensilaje de caña de azúcar, forraje de yuca y urea. *Prod. Anim. Trop.* (1977) 2:34.
- Ravelo G., A. Fernández, M. Bobadilla, N.A. McLeod, T.R. Preston y R.A. Leng, - Metabolismo de la glucosa en el ganado alimentado con caña de azúcar, con portamiento de la pulidura de arroz y la harina de maíz de yuca como suplementos, *Prod. Anim. Trop.* (1978), 3:12.
- Rivera J.A., Efecto del corte de caña sobre algunos parámetros de fermentación, *Res. de la Reunión Anual en Trópico, Prod. Anim. en el Trópico* 2, 3 y 4 de Mayo (1977), Villahermosa, Tab.
- Rivera, J.A. Effect of supplement levels on milk production on cows feed sugar cane. *Prod. Anim. Trop.* (1977) 2:220.
- Rook J.A.F., J.E. Storry and J.V. Wheelock, Plasma glucose and acetate and milk secretion in the ruminant, *J. Dairy Sci.* (1965), 48: 745.
- Ruíz E., E. Muñoz y P.C. Martín, Utilización de la caña de azúcar y sus subproductos fibrosos en la alimentación de rumiantes, *la. Reunión de la Asociación Cubana de Prod. Animal, La Habana, Cuba.* (1976).
- Saláís F.J., T.M. Sutherland y A. Wilson, Efecto sobre el comportamiento animal de diferentes fuentes de forraje en dietas basadas en miel/urea, *Prod. Anim. Trop.* (1972) 2: 161.
- Saláís F.J., A. Wilson y R. Elliot. Determinación de la digestibilidad aparente en dietas basadas en caña de azúcar picada fina o en forma gruesa. *Prod. Trop. Anim.* (1977) 2: 315.
- Satter L.D. y R.R. Roffler, Requerimiento protéico y utilización de N.N.P., *Prod. Anim. Trop.* (1977), 2:248.
- Schmidt S.P., N.A. Jorgensen, N.J. Benevenga and V.H. Brumgardt, Comparison of soybean meal, formaldehyde treated soybean meal urea and Staria for steers. *J. Anim. Sci.* (1973) 37: 1233.
- Schmidt G.H., *Biology of lactation* (1971), Ed. W.H. Freeman and Company.

- Schultz, L.H., Management and nutritional aspects of ketosis, *J. Dairy Sci.* 1971:962.
- Schwalm, J.W. and L.H. Schultz, Relationship of insulin concentration to blood metabolites in Dairy Cow., *J. Dairy Sci.* 1976: 225.
- Shulman M.D. and Valentino, Factors influencing rumen fermentation: effect of hydrogen on formation of propionate. *J. Dairy Sci.* (1976) 59: 1444.
- Silvestre R., N.A. Macleod y T.R. Preston, Comportamiento animal y fermentación ruminal con caña picada en forma fina o gruesa. *Prod. Anim. Trop.* 1: 88 (1976).
- Silvestre R., N.A. Macleod and T.R. Preston, The performance of steers fed fresh chopped whole sugarcane or after ensiling with urea or amonía trop. *Anim. Prod.* (1976), 1: 40.
- Silvestre R., N.A. Macleod y T.R. Preston, Caña de azúcar ensilada con urea/o amoniaco para el ganado de engorda. *Prod. Anim. Trop.* (1976) 1: 224.
- Silvestre R., N.A. Macleod y T.R. Preston, Effect of urea level on molasses given free choice with sugercane to steers. *Prod. Anim. Trop.* (1976) 1: 38.
- Silvestre R., N.A. Macleod y T.R. Preston, Consumo voluntario y ganancia en peso de ganado bovino alimentado con caña de azúcar picada y soluciones de miel con diferentes concentraciones de urea. *Prod. Anim. Trop.* (1977), 2: 1
- Simkine K.L., J.W. Suttie and B.R. Baumgardt, Variation in blood and rumen metabolites in relation to food intake, *J. Dairy Sci.* (1965) 48: 1629.
- Simkine K.L., J.W. Suttie and B.R. Baumgardt, Regulation of food intake in ruminants 4 effect of acetate, propionate butirate and glucose on voluntary food intake in dairy cattle, *J. Dairy Sci.* (1965) 48: 1635.
- Sisson S. y Grossman J.D., Anatomía de los animales domésticos, 4a. Ed. Salvat Editora, S.A. Barcelona, España (1969).
- Stull J.W. y W.H. Brown, C. Valdez and H. Toker, Fatty acid composition of milk. III. Variation with stage of lactation, *J. Dairy Sci.* (1966), 49: 1401.
- Spahr S.L., E.M. Kesler and R.J. Flipse, Utilization of blood acetate butirate by the isolated, perfused goat rumen, *J. Dairy Sci.* (1965) 48: 228.
- Steel G.D. and J.H. Torrie, Principles and procedures of statistics, Mc Graw, Hill Book Company, Inc. (1960).

- Valdez R.E., Alvarez, F.J., Ferreiro H.M., Guerra F., López, J.M. Priego, A., Blackburn T.H., Leng. R.A. y Preston, R.T., Función del rumen en el ganado alimentado con caña de azúcar, *Prod. Anim. Trop.* 2: 269 (1977).
- Van Horn H.H., C.F. Foreman, M. Okamoto and J.F.S. Sykes. A. Study of factors affecting rate of intake of heifers fed silage. *J. Dairy Sci.* (1961), 44: 1471.
- Veisseyre, *Lactología Técnica* Ed. Acribia, 2a. Ed. 1972.
- Waldo D.R., Symposium, Nitrogen utilization by the ruminant nitrogen metabolism in the ruminant. *J. Dairy Sci.* (1968), 51: 265.
- Werner W., H.G. Rey and H. Wielinger, *Z. Analyt-chem.* 252 (1970), 224.
- Wohlt, J.E., J.H. Clark and F.S. Blaisdell, Nutrition value of urea versus performed protein for ruminants. II. Nitrogen utilization by dairy cows fed corn based diets containing supplemental nitrogen from urea and/or soybean meal, *J. Dairy Sci.* (1978), 61: 916.
- Wohlt J.E. and H. Clark, Nutritional value of urea versus performed protein for ruminants. I. Lactation of dairy cows feed corn based diets containing supplemental nitrogen from urea and/or soybean meal, *J. Dairy Sci.* (1978), 61: 902.
- Yamdagi S. and L.H. Schultz, Fatty acid composition of blood plasma lipids of normal and ketotic cows, *J. Dairy Sci.* (1970) 53: 1046.
- Young J.W., S.B. Tove and H.A. Ramsey, Metabolism of acetate propionate and butyrate in young milk-feed calves, *J. Dairy Sci.* (1965) 48: 1079.
- Zavaleta E., *Ciencia Veterinaria* 1, (1976), Los ácidos volátiles fuente de energía en los rumiantes, 1: 223-240.

## 8.- RESUMEN.

El objetivo de este trabajo fue determinar en un experimento preliminar en el laboratorio el nivel de NaOH como aditivo de la caña de azúcar ensilada con objeto de conocer - por medio de mediciones fisicoquímicas la combinación más adecuada. En un segundo experimento probar el rendimiento de producción de leche en ganado bovino usando como única fuente de forraje el ensilaje de caña de azúcar con y sin aditivo.

En el primer experimento se hicieron 15 microsilos de caña de azúcar completa picada y colocada en bolsas de polietileno con una capacidad aproximada de 25 kg c/u. Se probaron 5 niveles de NaOH con tres repeticiones por tratamiento. Los niveles de -- NaOH fueron 0, 2, 4, 6 y 8% de la materia seca de la caña utilizada. Los microsilos se mantuvieron a temperatura ambiente durante 35 días. Los resultados indicaron que no existió diferencia estadísticamente significativa entre los distintos tratamientos con respecto a los siguientes parámetros: Materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, total de nutrientes digestibles y lignina. Sin embargo existió una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) con relación a fibra cruda, fibra ácido detergente, cenizas y ácido láctico.

En el segundo experimento se utilizaron 8 vacas de la raza Holstein Friesian. Estas -- animales fueron sometidos a dos tratamientos de alimentación en un diseño experimental alternante. El tratamiento A consistió en ensilaje de caña de azúcar con adición de 4% de NaOH base seca y el tratamiento B consistió en ensilaje de caña sin aditivo. Los resultados mostraron que no existió diferencia estadística en los valores de AGV ruminales (acético, propiónico y butírico). No se encontraron diferencias estadísticas en los aná-lisis de metabolitos en sangre (glucosa, cuerpos cetónicos y ácido láctico). No se en-

contraron diferencias significativas en los análisis de la composición de la leche (proteína, grasa, sólidos totales, sólidos no grasos y acidéz). Tampoco mostraron diferencia significativa en el comportamiento animal con respecto a consumo de concentrado y producción de leche. Sin embargo en consumo de forraje sí se observó una diferencia significativa - - - ( $P < 0,05$ ) en favor del ensilaje de caña de azúcar con sosa.

## 9.- APENDICE

## 9.1.- ANALISIS DE VARIANZA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL EXPERIMENTO No. 1

Cuadro No. 14. AN. VA. de Proteína

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	4	2.439	0,609	1,613	ns.
Líneal	1	2.03	2,03	5,371	+
Cuadrático	1	0.0859	0,0859	0,227	ns.
Cúbico	1	0.167	0,167	0,442	ns.
Cuártico	1	0.229	0,229	0,606	ns.
Error	10	3.779	0,377		
Total	14	6.218			

ns.- No significativo	S =	1,94
+ (P < 0,05)	$\bar{Sx}$ =	0,335
	CV =	25,45%

Cuadro No. 15. AN. VA. de Extracto Etereo

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	4	3.167	0,791	0,170	ns.
Líneal	1	1.314	1,314	0,2834	ns.
Cuadrático	1	1.508	1,508	0,325	ns.
Cúbico	1	0.073	0,073	0,015	ns.
Cuártico	1	0.111	0,111	0,023	ns.
Error	10	46.365	4,636		
Total	14	49.532			

ns.- No significativo	S =	2,15
	$\bar{Sx}$ =	1,24
	CV =	26,47%

Cuadro No. 16. AN.VA. de Cenizas

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	4	704.289	176.072	5.189	+
Lineal	1	506.68	506.68	14.934	++
Cuadrático	1	79.90	79.90	2.355	ns.
Cúbico	1	4.196	4.196	0.123	ns.
Cuártico	1	113.52	113.52	3.346	ns.
Error	10	339.271	33.927		
Total	14	1043.56			

ns.- No significativo	S = 5.824
+ (P<0.05)	S $\bar{x}$ = 3.36
++ (P<0.01)	CV = 11.11%

Cuadro No. 17. AN.VA. de Fibra Cruda

	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	4	430.583	107.645	5.006	+
Lineal	1	317.78	317.78	14.781	++
Cuadrático	1	21.17	21.17	0.984	ns.
Cúbico	1	12.77	12.77	0.593	ns.
Cuártico	1	78.43	78.43	3.648	ns.
Error	10	214.99	21.49		
Total	14	645.573			

ns.- No significativo	S = 4.63
+ (P<0.05)	S $\bar{x}$ = 2.67
++ (P<0.01)	CV = 6.65%

Cuadro No. 18. AN.VA. de Extracto Libre de Nitrógeno

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	4	65,32	16,305	1,051	ns.
Lineal	1	4,74	4,74	0,305	ns.
Cuadrático	1	27,70	27,70	1,786	ns.
Cúbico	1	32,01	32,01	2,064	ns.
Cuártico	1	0,932	0,932	0,060	ns.
Error	10	155,02	15,502		
Total	14	220,02			

ns.- No significativo

S = 3,93

S $\bar{x}$  = 2,27

CV = 2,42%

Cuadro No. 19. AN.VA. de Total de Nutrientes  
Dígestibles

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	4	158,92	39,73	0,619	ns.
Lineal	1	107,16	107,16	1,670	ns.
Cuadrático	1	29,13	29,13	0,453	ns.
Cúbico	1	5,94	5,94	0,092	ns.
Cuártico	1	16,69	16,69	0,260	ns.
Error	10	641,63	64,16		
Total	14	800,55			

ns.- No significativo

S = 8,01

S $\bar{x}$  = 4,62

CV = 4,19%

Cuadro No. 20. AN.VA. de Fibra Acido Detergente

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	4	1208,22	302.05	4.39	+
Lineal	1	7.59	7.79	0.11	ns.
Cuadrático	1	895.0	895.0	13.01	++
Cúbico	1	130.08	130.08	1.89	ns.
Cuártico	1	175.48	175.48	2.55	ns.
Error	10	687.76	68.77		
Total	14	1895.96			

ns.- No significativo	S = 8.29
+ (P<0.05)	Sx = 4.78
++ (P<0.01)	CV = 9.95%

Cuadro No. 21. AN.VA. de Lignina

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	4	720.58	180.145	2.713	ns.
Lineal	1	36.82	36.82	0.554	ns.
Cuadrático	1	592.57	592.57	8.925	+
Cúbico	1	16.01	16.01	0.241	ns.
Cuártico	1	75.16	75.16	1.132	ns.
Error	10	663.89	66.38		
Total	14	1384.47			

ns.- No significativo	S = 8.14
+ (P<0.05)	Sx = 4.70
	CV = 11.008%

## 9.2.- ANALISIS DE VARIANZA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL EXPERIMENTO No. 2

Cuadro No. 22. AN,VA. de Consumo de forraje

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	3	7,626	2,542	2,54	ns.
A	1	7,594	7,594	7,61	+
B	1	0,00616	0,00616	0,00618	ns.
AB	1	0,0313	0,0313	0,0313	ns.
Error	20	19,943	0,9971		
Total	24	27,569			

ns.- No significativo  
+ (P<0.05)

S = 0,998  
S $\bar{x}$  = 0,407  
CV = 4,76%

Cuadro No. 23. AN,VA. de Consumo de Concentrado

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	3	0,3677	0,1225	0,213	ns.
A	1	0,0419	0,0419	0,073	ns.
B	1	0,2056	0,2056	0,358	ns.
AB	1	0,1205	0,1205	0,210	ns.
Error	20	11,457	0,572		
Total	24	11,8247			

ns.- No significativo

S = 0,756  
S $\bar{x}$  = 0,308  
CV = 12,74%

Cuadro No. 24. AN.VA. de Producción de Leche

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	3	30,801	10,267	3,06	ns.
A	1	1,387	1,387	0,414	ns.
B	1	27,929	27,929	8,453	+
AB	1	1,494	1,494	0,445	ns.
Error	20	67,145	3,35		
Total	24	97,94			

ns.- No significativo  
+ ( $P < 0,05$ )

$S = 1,83$   
 $\bar{Sx} = 0,747$   
 $CV = 16,90\%$

Cuadro No. 25. AN.VA. del Porcentaje de grasa butírica en leche

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	3	0,0875	0,0291	0,852	ns.
A	1	0,0104	0,0104	0,034	ns.
B	1	0,0704	0,0704	2,070	ns.
AB	1	0,0067	0,0067	0,197	ns.
Error	20	0,6825	0,0340		
Total	24	0,769			

ns.- No significativo

$S = 0,184$   
 $\bar{Sx} = 0,075$   
 $C.V. = 4,88\%$

Cuadro No. 26. AN. VA. del porcentaje de proteína en leche

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	3	0,0675	0,0225	0,601	ns.
A	1	0,0120	0,0120	0,322	ns.
B	1	0,0009	0,0009	0,241	ns.
AB	1	0,0546	0,0546	1,567	ns.
Error	20	0,7489	0,0374		
Total	24				

ns.- No significativo

S = 0.192  
 Sx = 0.078  
 CV = 7.90%

Cuadro No. 27. AN. VA. del porcentaje de sólidos no grasos en leche

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	3	8,321	2,773	2,806	ns.
A	1	5,069	5,069	5,129	+
B	1	3,219	3,219	3,248	ns.
AB	1	0,033	0,033	0,033	ns.
Error	20	19,765	0,988		
Total	24				

ns.- No significativo  
 + ( $P < 0.05$ )

S = 0.99  
 Sx = 0.40  
 CV = 12.36%

Cuadro No. 28. AN.VA. del porcentaje de sólidos totales en leche

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	3	6.396	3.132	1.966	ns.
A	1	2.961	2.961	1.084	ns.
B	1	3.382	3.382	3.119	ns.
AB	1	0.053	0.053	0.0497	ns.
Error	20	21.629	1.0841		
Total	24	28.025			

ns.- No significativo

S = 1,041  
S $\bar{x}$  = 0,425  
CV = 7,28%

Cuadro No. 29. AN.VA. del grado de acidez de la leche (g/lit. de ácido láctico)

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	3	0.1460	0.0486	0.587	ns.
A	1	0.0027	0.0027	0.032	ns.
B	1	0.1420	0.1420	1,714	ns.
AB	1	0.0013	0.0013	0,015	ns.
Error	20	1.6563	0.0828		
Total	24	1.8023			

ns.- No significativo

S = 0,287  
S $\bar{x}$  = 0,117  
CV = 15,22%

9.3.- ANALISIS DE VARIANZA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL EXPERIMENTO  
No. 2 ANALISIS DE SANGRE

Cuadro No. 30. AN.VA. de glucosa sanguinea (mg/100 ml)

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	3	224,570	74,856	0.385	ns.
A	1	23,155	23,155	0.119	ns.
B	1	180,573	180,573	0.931	ns.
AB	1	20,842	20,842	0.107	ns.
Error	20	3878,910	193,940		
Total	24	4103,480			

ns.- No significativo

S = 13.92

S $\bar{x}$  = 5.68

CV = 30.32%

Cuadro No. 31. AN.VA. de cuerpos cetónicos en sangre  
(mg/100 ml)

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	3	0,597	0,199	0,351	ns.
A	1	0,307	0,307	0,905	ns.
B	1	0,129	0,129	0,380	ns.
AB	1	0,161	0,161	0,474	ns.
Error	20	6,780	0,339		
Total	24	7,377			

ns.- No significativo

S = 0.582

S $\bar{x}$  = 0.237

CV = 39,68%

Cuadro No. 32. AN.VA. de ácido láctico en sangre (mcg/100 ml)

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	3	80,538	26.846	1.580	ns.
A	1	20.064	20.064	1.880	ns.
B	1	59,732	59.732	3.510	ns.
AB	1	0,742	0,742	0.043	ns.
Error	20	339,820	16.991		
Total	24	420,358			

ns. No significativo

S = 4.12  
 $\bar{Sx}$  = 1.68  
CV = 21.97%

Cuadro No. 33. AN.VA. de la concentración de ácido acético

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	3	0.0235	0.0077	0.662	ns.
A	1	0,0033	0,0033	0.285	ns.
B	1	0,0168	0,0168	1.453	ns.
AB	1	0,0032	0,0032	0.283	ns.
Error	20	0.2324			
Total	24				

ns.- No significativo

S = 0.107  
 $\bar{Sx}$  = 0.044  
CV = 47.46%

Cuadro No. 34. AN.VA. de la concentración de ácido propiónico

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	3	0,851	0,283	0,968	ns.
A	1	0,0226	0,0226	0,772	ns.
B	1	0,0324	0,0324	1,109	ns.
AB	1	0,0300	0,0300	1,0249	ns.
Error	20	0,5856	0,0292		
Total	24				

ns.- No significativo

S = 0,171  
 $\bar{Sx}$  = 0,069  
CV = 56,45%

Cuadro No. 35. AN.VA. de la concentración de ácido butírico

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.	
Trat.	3	0,00113	0,00037	0,258	ns.
A	1	0,00053	0,00053	0,365	ns.
B	1	0,00044	0,00044	0,303	ns.
AB	1	0,00019	0,00019	0,131	ns.
Error	20	0,02911	0,00145		
Total	24				

ns.- No significativo.

S = 0,038  
 $\bar{Sx}$  = 0,015  
CV = 78,30%