



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

Efecto de tres tipos de suplementación sobre el consumo de alimento, la fermentación ruminal y la cinética de desaparición *in situ*, en ovinos alimentados con rastrojo de maíz (*Zea mays*) y heno de alfalfa (*Medicago sativa*)

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**P R E S E N T A :**

**MARIO CUCHILLO HILARIO**

ASESORES: DR. MIGUEL ANGEL GALINA HIDALGO  
DRA. CLAUDIA DELGADILLO PUGA



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.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN



**DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO**  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Efecto de tres tipos de suplementación sobre el consumo de alimento, la fermentación ruminal y la cinética de desaparición in situ, en ovinos alimentados con rastrojo de maíz (Zea mays) y heno de alfalfa (Medicago sativa)".

que presenta el pasante: Mario Cuchillo Hilario  
con número de cuenta: 9852825-5 para obtener el título de :  
Médico Veterinario Zootecnista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de Octubre de 2003.

PRESIDENTE	<u>Dr. Miguel Angel Galina Hidalgo</u>	
VOCAL	<u>Dr. Guillermo Tomás Oviedo Fernández</u>	
SECRETARIO	<u>MVZ. Yolanda del S. C. Pérez Ruz</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>MVZ. Gloria Josefina Ortiz Gasca</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>M.C. Patricia Mora Medina</u>	

## **DEDICATORIAS**

Doy gracias al Señor por estar junto a mi en los momentos mas dificiles, por darme fuerzas para seguir adelante, por haberme dado a mis padres y hermanos amorosos a quienes debo todo lo que soy.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a quien me brindó todas mis satisfacciones por llenarme de conocimientos y amigos.

A Berenice y a nuestra hija Sofia, por ser nueva fuente de inspiración.

A la Fundación Roberto Pla Inchausti a quien con sus actividades y situaciones extraordinarias, me brindo la oportunidad de vivir momentos llenos de alegría.

A mis hermanos Ana Maria, Olivia y Candelario, quienes a ojos cerrados creyeron en mi.

Para quienes sin esperar nada a cambio me brindaron su apoyo; mi mas sincero agradecimiento y admiración, a ustedes Dr. Miguel Ángel Galina Hidalgo y Dra. Claudia Delgadillo Puga.

A mis amigos, Samuel, Sergio, David, Patricia, Magaly, Gissel, Israel, Marco , por todos los momentos que vivimos juntos, al compartir una historia universitaria.

A ustedes con todo mi cariño. Gracias.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICAS</b> .....	<b>v</b>
<b>I. RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>III. HIPÓTESIS</b> .....	<b>4</b>
<b>IV. OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
IV. 1 Objetivos Generales .....	<b>5</b>
IV.2 Objetivos Específicos .....	<b>5</b>
<b>V. ANTECEDENTES</b> .....	<b>6</b>
V.1. Condiciones de los rumiantes en los países en desarrollo .....	<b>6</b>
V.2 Fuentes de alimento disponibles para rumiantes .....	<b>6</b>
V.3 Composición química de forrajes de baja calidad .....	<b>7</b>
V.4 Subproductos agroindustriales y residuos de cosecha .....	<b>8</b>
V.5 El rumen y sus microorganismos .....	<b>8</b>
V.6 Eficiencia fermentativa en el rumen .....	<b>10</b>
V. 7 Optimización del crecimiento microbial en el rumen .....	<b>11</b>
V.7.1 Requerimientos de amoníaco .....	<b>12</b>
V.7.2 Requerimientos de aminoácidos y péptidos por los microorganismos ruminales ....	<b>12</b>
V.7.3 Requerimientos minerales de los microbios ruminales .....	<b>13</b>
V.7.4 Papel de pequeñas cantidades de forraje fresco en dietas basadas en paja .....	<b>14</b>

V.8 Suplementación en el animal rumiante .....	14
V.8.1 Fuentes de carbohidratos de fácil fermentación .....	15
V.8.1.1 Melaza .....	15
V.8.1.2 Pulidura de arroz .....	16
V.8.1.3 Grano de maíz molido .....	16
V.8.2 Fuentes de proteína de sobre paso .....	17
V.8.2.1 Harina de pescado .....	17
V.8.2.2 Harinolina .....	17
V.8.3 Recursos de nitrógeno no proteico (NNP) .....	18
V.8.3.1 Urea y sulfato de amoníó .....	18
V.8.3.2 Pollinaza .....	18
V.8.4 Minerales y aditivos no convencionales .....	19
V.8.4.1 Minerales .....	19
V.8.4.2 Sal .....	19
V.8.4.3 Cemento .....	20
V.8.4.4 Cal .....	20
<b>VI. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
VI.1 Formulación de las dietas .....	21
VI.2 Formulación de los suplementos.....	21
VI.3 Animales experimentales .....	22
VI.4 Análisis químicos.....	23
VI.5 Cuantificación del consumo .....	23
VI.6 Cinética de fermentación ruminal .....	23
VI.6.1 Valoración del pH .....	24

VI.6.2 Concentración de amoníaco (NH <sub>3</sub> ) .....	24
VI.7 Cinética de desaparición <i>in situ</i> .....	25
VI.8 Análisis estadísticos .....	25
<b>VII. RESULTADOS</b> .....	<b>26</b>
VII.1 Composición química de los ingredientes experimentales .....	26
VII.2 Composición química de los tratamientos experimentales .....	27
VII. 3 Cinética de pH ruminal .....	28
VII. 4 Cinética de amoníaco ruminal .....	29
VII.5 Desaparición <i>in situ</i> de la materia seca del rastrojo de maíz .....	30
VII.6 Desaparición <i>in situ</i> de la fibra detergente neutro del rastrojo de maíz .....	31
VII.7 Desaparición <i>in situ</i> de hemicelulosa del rastrojo de maíz .....	32
VII.8 Consumo de los tratamientos experimentales .....	32
VII.9 Cinetica de la degradación de la materia seca y fibra detergente neutro del rastrojo de maíz .....	33
<b>VIII. DISCUSIÓN</b> .....	<b>35</b>
VIII. 1 Composición química de los ingredientes y tratamientos experimentales .....	35
VIII. 2 Indicadores de la fermentación ruminal (pH y amoníaco) .....	36
VII.3 Consumo de los tratamientos experimentales .....	37
VIII. 4 Cinética de digestión <i>in situ</i> de la materia seca y la fibra detergente neutro .....	38
<b>X. CONCLUSIÓN</b> .....	<b>39</b>
<b>X. SUGERENCIAS</b> .....	<b>40</b>
<b>XI. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>41</b>

## INDICE DE CUADROS.

<b>Cuadro 1.</b> Distribución de las dietas experimentales.....	21
<b>Cuadro 2.</b> Formulación de los suplementos experimentales.....	22
<b>Cuadro 3.</b> Composición química de los ingredientes experimentales.....	26
<b>Cuadro 4.</b> Composición química de los tratamientos experimentales.....	27
<b>Cuadro 5.</b> Consumo de los tratamientos experimentales.....	33
<b>Cuadro 6.</b> Cinética de la degradación de la materia seca (MS) del rastrojo de maíz por efecto de los tratamientos experimentales .....	33
<b>Cuadro 7.</b> Cinética de la degradación de las paredes celulares (FDN) del rastrojo de maíz y el efecto de los tratamientos experimentales .....	34



## INDICE DE GRAFICAS

<b>Gráfica 1.</b> Efecto los tratamientos experimentales sobre la cinética de pH.....	<b>28</b>
<b>Gráfica 2.</b> Concentración de amoníaco ruminal en ovinos por efecto de los tratamientos experimentales.....	<b>29</b>
<b>Gráfica 3.</b> Desaparición <i>in situ</i> del contenido de materia seca del rastrojo de maíz por efecto de los tratamientos experimentales.....	<b>30</b>
<b>Gráfica 4.</b> Efecto de los tratamientos experimentales sobre la degradación <i>in situ</i> de la Fibra Detergente Neutro .....	<b>31</b>
<b>Gráfica 5.</b> Efecto de los tratamientos experimentales sobre la degradación <i>in situ</i> de la Hemicelulosa .....	<b>32</b>

## I. RESUMEN

El presente estudio se realizó en la División de Nutrición del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ) en la ciudad de México, con el objetivo de evaluar el efecto de tres tipos de suplementos sobre el consumo de alimento, la fermentación ruminal y la cinética de desaparición *in situ*, en ovinos alimentados con rastrojo de maíz (*Zea mays*) y heno de alfalfa (*Medicago sativa*). Se utilizaron 4 ovinos machos cruce de suffolk x rambouillet con un peso promedio de  $70 \pm 3.0$  Kg, diseño pseudoaleatorio con estructura de cuadrado latino 4x4, donde el factor principal fue el tipo de Suplemento Estimulador de la Fermentación Ruminal (SEFR) Tipo I, Tipo II y Tipo III, formándose 4 tratamientos: Testigo, T1, T2 y T3.

En cuanto a la concentración energética (EM, ED y EB) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. El pH ruminal presentó un comportamiento descendente en todas las dietas; donde el tratamiento 1 se mantuvo más estable en comparación del resto. La incorporación de cualquiera de los tipos de suplementos, incrementó la concentración de amoníaco; sin embargo la magnitud de la respuesta fue superior en el tratamientos 1 y 3; siendo estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) al T1 y Testigo.

En referencia al componente de materia seca (MS) se registró una degradación a las 96 horas de muestreo en 70% para todos los tratamientos. El consumo máximo lo obtuvo el T1 (2.417 kg/d) y T2 (2, 217 kg/día) resultados que fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ) al obtenido por efecto del tratamiento testigo. La cinética de digestión de la materia seca del rastrojo de maíz, se observó entre 86% y 90%. Así mismo las paredes celulares del rastrojo de maíz observaron valores de desaparición de 49% y 52% a las 96 horas indistintamente del tratamiento experimental, ratificando con esto que forrajes de baja calidad pueden ser la base de la alimentación para los rumiantes.

## II. INTRODUCCIÓN

La fibra, en especial la celulosa, es una de las sustancias orgánicas que mas abunda en la naturaleza y a su vez, constituye una de las mayores fuentes de energía para los rumiantes (Elías, 1983). Las paredes celulares de los forrajes contienen de 35% a 80% de materia orgánica; la cual proporciona la estructura a la planta (Chesson y Forsberg, 1988). El manejo suplementario en la alimentación de rumiantes ha tenido como objetivo incrementar la presencia de la microbiota celulolítica, con lo que se pretende acrecentar significativamente el uso de las paredes celulares (Preston, 1986; Leng, 1991).

Algunos de los factores para optimizar la producción, es la búsqueda de sistemas de suplementación acordes a los recursos forrajeros disponibles; incorporando principalmente subproductos agrícolas y pecuarios. Además del entendimiento de que la clave para la alimentación de rumiantes se basa en la comprensión de los mecanismos involucrados en la fermentación del alimentos y la disponibilidad de los productos finales a partir de ésta (Elias, 1983; Preston, 1986; Leng, 1990; 1991).

Recientemente ha sido posible obtener altas tasas de eficiencia en la fermentación de rumiantes alimentados con forrajes de baja calidad suplementados con nutrimentos críticos y nitrógeno no proteico (Galina *et al.*, 1997; 2000; Puga *et al.*, 2001a; 2001b; Ortiz *et al.*, 2002) reduciendo el tiempo de permanencia del material fibroso dentro del rumen.

Wallace desde 1979, mencionó la importancia en el equilibrio del nitrógeno y el contenido de energía de las dietas para rumiantes, fenómeno que impacta positivamente sobre la fermentación del material fibroso. Durante muchos años se ha empleado la urea como un suplemento nitrogenado, este elemento es convertido en amoníaco, el cual es incorporado dentro de la estructura proteica de la flora ruminal; empleándose por el hospedero como recurso nitrogenado; Sin embargo, un desequilibrio en el suministro y captación puede producir un uso ineficiente por los microorganismos, afectando la tasa de degradación de fibra (Castro *et al.*, 1999).

En los rumiantes, los carbohidratos de la planta son fermentados casi exclusivamente a ácidos grasos volátiles (AGV'S) formando energía para el crecimiento microbiano y su utilización por el hospedador (Bergman, 1990). La mayoría del amoníaco formado en exceso es directamente absorbido al rumen (Haliburton y Morgan, 1989) siendo excretado como urea a un alto costo metabólico (Visek, 1984; Huntington, 1986). El crecimiento animal tiene que ser complementado agregando en la ración elementos proteicos de baja degradación ruminal; así como hidratos de carbono (almidón), cadenas largas de ácidos grasos y otros elementos (Elías, 1983; Preston, 1986; Leng, 1991).

Por otra parte, Preston (1986) y Leng (1991) señalan la importancia de la asociación de pequeñas cantidades de un forraje fresco en la dieta de forrajera de baja calidad (pajas ó rastrojos); lo que propicia una mejor colonización de la flora microbiana sobre las paredes celulares.

Los residuos o esquilmos agrícolas (paja de arroz, rastrojo de maíz, entre otros) son importantes recursos forrajeros; Sin embargo, son considerados como elementos limitantes nutricionalmente hablando, debido su reducido valor biológico además de su alto contenido de fibra y reducido nivel de proteína (Martín, 1997), lo que constituye un reto al ser incorporado como base dentro de los sistemas de alimentación de rumiantes.

### **III. HIPÓTESIS**

La incorporación de tres tipos de suplementos incrementarán la fermentación ruminal (pH y amoníaco), la desaparición *in situ* y el consumo de la materia seca en ovinos alimentados con rastrojo de maíz (*Zea mays*) y heno de alfalfa (*Medicago sativa*).

## **IV. OBJETIVOS**

### **IV.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto de tres tipos de suplementos sobre el consumo de alimento, la fermentación ruminal y la cinética de desaparición *in situ*, en ovinos alimentados con rastrojo de maíz (*Zea mays*) y heno de alfalfa (*Medicago sativa*).

### **IV.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

**IV.2.1** Determinar el efecto de tres tipos de suplementos sobre el consumo de alimento en base seca en ovinos alimentados con rastrojo de maíz (*Zea mays*) y heno de alfalfa (*Medicago sativa*).

**IV.2.2** Determinar la cinética de pH y amoníaco (NH<sub>3</sub>) en líquido ruminal de ovinos con rastrojo de maíz (*Zea mays*) y heno de alfalfa (*Medicago sativa*).

**IV.2.3** Determinar la cinética de desaparición *in situ* de la materia seca (MS), el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y hemicelulosa del rastrojo de maíz (*Zea mays*) en ovinos alimentados con tres tipos de suplementos.

## **V. ANTECEDENTES**

### **V.1. CONDICIONES DE LOS RUMIANTES EN LOS PAÍSES EN DESARROLLO.**

La producción de rumiantes en los países en desarrollo, tiene como tarea maximizar su producción y participar en el abastecimiento de la creciente demanda de alimentos. Su existencia ésta plenamente justificada debido a que estos animales representan una fuente de alimento, un recurso de ahorro, además de un medio de transporte; entre otras ventajas. En estas circunstancias, la alimentación se basa principalmente en el pastoreo sobre vegetaciones de baja calidad (muchas veces sobre pastoreo); así como al consumo de residuos de cosechas. Sin embargo, bajo estas condiciones los rumiantes tienen la ventaja de convertir los recursos fibrosos en proteína de alto valor biológico (Preston, 1986; Leng, 1991).

Algunos de los factores para optimizar la producción, es la búsqueda de sistemas de suplementación acordes a los recursos forrajeros disponibles; incorporando principalmente subproductos agrícolas y pecuarios. Además del entendimiento de que la clave para la alimentación de rumiantes se basa en la comprensión de los mecanismos involucrados en la fermentación del alimentos y la disponibilidad de los productos finales a partir de esta (Elías, 1983; Preston, 1986; Leng, 1990; 1991).

Aunque para algunos, los forrajes fibrosos resultan inadecuados para el crecimiento y la producción de los rumiantes, estos son ampliamente utilizados en su alimentación, además de que permiten sostener una creciente población de estos (Jackson, 1981; Preston y Leng, 1989).

### **V.2 FUENTES DE ALIMENTO DISPONIBLES PARA RUMIANTES**

Los principales recursos forrajeros de alimentación de los rumiantes en los países en desarrollo son alimentos fibrosos, altos en el componente lignocelulósico. También se incluyen el uso de pasturas, forrajes de corte, subproductos ricos en carbohidratos fermentables (melaza y salvado), algunos productos como pastas oleaginosas derivadas de la extracción de aceites, aceites o grasas animales, residuos de pescadería convertidos en harinas y algunos cereales (Leng, 1995).

La celulosa y hemicelulosa, son las principales fuentes de carbohidratos renovables en el mundo, las cuales se encuentran asociadas a la lignina de la pared celular de todas las plantas (Chesson y Forsberg, 1988; Leng, 1990). Los rumiantes tienen la capacidad de aprovechar fuentes de carbohidratos no digeribles por los monogástricos, además de utilizar nitrógeno no proteico (NNP) supliendo sus necesidades de proteína a través de la proteína microbiana del rumen así como el eficiente uso de la proteína protegida de la fermentación ruminal (Guo y Yang, 1994; Dolberg y Finlayson, 1995; Sansoucy, 1995).

Por otra parte, Leng en 1995 señaló que el potencial de la dieta para satisfacer las necesidades del animal en términos de aminoácidos, precursores glucogénicos y ácidos grasos de cadena larga; dependen por una parte del tipo de suplemento, así como de la incorporación de recursos proteicos y energéticos que escapen a la fermentación ruminal, siendo digeridos directamente en el intestino.

### **V.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE FORRAJES DE BAJA CALIDAD**

Los forrajes de baja calidad son aquellos que tienen una digestibilidad menor al 55%, siendo deficientes en proteína, con niveles menores a 80 g de proteína cruda (PC)/Kg de materia seca; Son bajos en azúcares solubles y almidones, generalmente con un contenido por debajo de 100g/kg (Chesson y Forsberg, 1988; Leng, 1990).

Por otra parte, en la literatura concerniente al valor nutricional de los alimentos, los forrajes de baja calidad sólo son caracterizados químicamente; Sin embargo, en evaluaciones recientes de estudios en países tropicales han indicado que a través de una correcta suplementación alimenticia al rumiante; la excreción energética de los forrajes de baja calidad, se incrementa, ya que la energía contenida en la pared estructural del forraje es liberada a través de la actividad enzimática de la población microbiana celulolítica (Preston y Leng, 1989). Leng en 1990 sugiere que la eficiente utilización de energía metabolizable de los forrajes se incrementa debido a la suplementación; descartando la teoría de que los nutrientes contenidos en ellos son utilizados con menor eficiencia.



#### **V.4 SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES Y RESIDUOS DE COSECHA.**

Los subproductos agroindustriales resultan del proceso de cosechas, los cuales están geográficamente restringidos a los lugares donde se alojan estas industrias. Estos productos son ricos en proteínas (tortas de oleaginosas, harina de origen animal, etc.) o carbohidratos (melaza, cítricos, pulpas de piña, etc.) y ocasionalmente en almidón (plátanos rechazados) usualmente bajos en fibra, excepto el bagazo de caña de azúcar (Preston, 1986).

Es conveniente, cuando se establecen los principios de evaluación de subproductos y residuos agrícolas para rumiantes, dividirlos en cuatro categorías (Preston, 1986).

- Grupo 1: Fuentes de alimento altos en fibra y bajos en nitrógeno; este grupo es el más importante de los residuos de cosechas.
- Grupo 2: Subproductos altos en fibra y en nitrógeno; en este grupo se encuentran las excretas animales y bagazo de cervecería.
- Grupo 3: Subproductos bajos en fibra y bajos en nitrógeno; en este grupo se incluyen productos del procesamiento del azúcar, cítricos, pulpa de piña y plátanos .
- Grupo 4: Subproductos bajos en fibra y altos en nitrógeno; este grupo comprende mayoritariamente pastas de oleaginosas y harinas de origen animal.

#### **V.5 EL RUMEN Y SUS MICROORGANISMOS.**

El estómago verdadero o abomaso está precedido de tres divisiones cubierto por epitelio estratificado escamoso. El rumen y el retículo están conectados por un orificio grande y el movimiento en estos dos divertículos no está restringido. Por consiguiente, el rumen y el retículo en conjunto con el omaso se conocen como rumen. El orificio retículo-omasal es una válvula que retiene partículas alimenticias en el rumen hasta que se reduzcan a un diámetro de 1 a 2 mm. La trituración de las partículas depende de la masticación; del ciclo ruminal, la tasa de fermentación y la degradación física por el mezclado; las partículas que abandonan el rumen por tanto son generalmente menores a 1 mm de diámetro y la mayoría de los carbohidratos fermentables han sido utilizados (Preston y Leng, 1989).

La utilización de los forrajes por los rumiantes depende de la digestión fermentativa microbiana (Chesson y Forsberg, 1988). El rumen es el principal compartimiento que alberga una densa y variada población de microorganismos; su nivel dentro del rumen, se mantiene constante por medio del paso hacia el aparato digestivo posterior por la lisis microbiana (Preston y Leng, 1989).

Los principales agentes que digieren azúcares, almidones, fibra y proteínas son todas las bacterias, protozoarios y hongos anaeróbicos (Chesson y Forsberg, 1988; Leng, 1990). Estos microorganismos dependen altamente de la dieta para producir principalmente ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico), metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono y trifosfato de adenosina (ATP) como el recurso energético esencial para el crecimiento de estos microorganismos (Russell y Wallace, 1988). Las bacterias son los principales microorganismos que fermentan los carbohidratos de la pared celular de los forrajes (Hungate, 1966).

Los organismos en el rumen que son corresponsables mayoritariamente de la fermentación de la celulosa son: *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens* y *Fibrobacter succinogenes*. Por otra parte se ha demostrado que los hongos presentes en el rumen, son capaces de invadir el tejido vegetal fraccionándolo, a través de acción enzimática; permitiendo de esta manera una colonización abundante por la flora bacteriana celulolítica. De esta manera, los hongos son muy importantes sobre todo al inicio del proceso de degradación fermentativa de materiales insolubles y su presencia debe reducir cualquier retardo en la digestión de la fibra (Preston y Leng, 1989). Las especies de hongos aislados del rumen incluyen: *Neocallimastix frontalis*, *Piramonas communis* y *Sphaeromonas communis* (Orpin y Joblin, 1988).

Otros miembros de la comunidad microbiana ruminal, lo componen los protozoarios; los cuales se dividen en: pequeños o Entodineomórfos y grandes o Holotriches. Los primeros se presentan en animales que consumen dietas ricas en azúcares, fibras y en pastos tiernos (Williams y Coleman, 1988; Leng, 1990). Su población puede constituir hasta el 70% de la biomasa (Leng, 1982).

Como resultado del incremento de la presencia de los protozoarios, los requerimientos de proteína de sobre paso se aumentan; en dietas bajas de proteína se genera una reducción en la eficiencia de utilización del alimento para crecimiento y producción de leche (Bird y Leng 1985; Bird *et al.*, 1990).

La presencia de los protozoarios reduce la colonización de las bacterias y la degradación de las partículas de alimento ingerido; estos organismos ingieren y digieren a las bacterias reduciendo la masa microbial del rumen (Coleman, 1975) y consecuentemente el aporte de proteína al animal. Estos organismos son retenidos en el rumen a través de la adhesión a las grandes partículas alimenticias y a la pared ruminal.

## **V.6 EFICIENCIA FERMENTATIVA EN EL RUMEN**

Una deficiencia en los nutrientes necesarios para los microorganismos, puede reducir su crecimiento; lo que trae como consecuencia una reducción en la digestibilidad y el consumo de alimento; y en particular de los forrajes fibrosos (Leng, 1991). En los rumiantes, la eficiencia fermentativa del contenido energético disponible ocurre solo en un 80%; el 20% restante es disipado a través de calor y metano. Por otra parte, es importante reconocer que en los sistemas microbiales aeróbicos los carbohidratos se convierten en dióxido de carbono y agua, con una producción de 36 moles de ATP/mol de glucosa oxidada; Contrastando con la fermentación anaeróbica donde sólo se producen 4 moles de ATP/mol de glucosa convertida a ácidos grasos volátiles (AGV'S).

Los microorganismos ruminales utilizan el ATP esencialmente para dos propósitos: como fuente de energía para sintetizar sus propias células y para abastecer la demanda energética de mantenimiento. Por otra parte, la fermentación de 1 g de proteína genera sólo la mitad del ATP que produciría 1 g de carbohidratos. Esto significa que sólo 30 a 60 g de proteína microbial se vuelven disponibles al animal por cada kilogramo de proteína alimenticia que se fermenta en el rumen (Leng, 1991).

La eficiencia en el crecimiento microbioal (la cantidad de biomasa microbioal disponible para la digestión en los intestinos por unidad de carbohidratos digestibles que entran en el rumen) esta determinado por la proporción de alimento digerido, que es convertido a AGV'S y metano. La manera de cuantificar el nivel eficiencia fermentativa del rumen, es a través de los gramos de células microbianas secas producidas por 1 mol de ATP fermentado; también conocido con el término de  $Y_{ATP}$ . El ATP es generado principalmente durante la fermentación de los carbohidratos; Donde el nivel de proteína digerida y absorbida en los intestinos, así como la producción y absorción de los AGV's en el rumen, se le conoce como la relación proteína/energía. (Leng, 1991).

## **V. 7 OPTIMIZACIÓN DEL CRECIMIENTO MICROBIAL EN EL RUMEN.**

La prioridad en la alimentación de los rumiantes, es asegurar que no existan deficiencias de nutrientes para el crecimiento microbioal en el rumen. En la mayoría de las dietas basadas en residuos de cosechas y en forrajes de baja calidad, la primera limitación para el crecimiento de los organismos, es probablemente la concentración de amoníaco. La deficiencia de un nutriente necesario para los microorganismos reduce la eficiencia de el crecimiento microbioal lo cual reduce la masa microbioal y eventualmente reduce la digestibilidad y el consumo de alimento, principalmente de los recursos fibrosos. El crecimiento microbioal del rumen requiere una fuente de carbohidratos fermentables para la síntesis del material celular (Leng, 1997).

El porcentaje de proteína de una dieta no puede servir de guía para establecer si el nivel de amoníaco va a ser el adecuado para cubrir los requerimientos de la fermentación; En ciertas condiciones la fuente de amoníaco en el rumen proviene de la urea del plasma sanguíneo. La ruta para que se forme urea, es por medio de los aminoácidos incluidos en el suplemento proteico que son absorbidos en el tracto digestivo posterior, pasando al hígado donde se produce la desaminación donde el amoníaco producido se convierte en urea, la cual se secreta en el rumen a través de la saliva o de las paredes ruminales (Leng, 1991).

### **V.7.1 REQUERIMIENTOS DE AMONIACO.**

Una fuente de nitrógeno fermentable tiene que ser adicionada cuando la dieta basal no cumpla con los niveles de producción de amoníaco en líquido ruminal. La fuente más importante es la urea, aunque las excretas de los animales también pertenecen a esta categoría.

Los forrajes altos en proteína, son rápidamente degradados en el rumen convertidos en amoníaco, este proceso implica la destrucción de la proteína, lo cual debe de ser particularmente evitado (Preston, 1986). La forma de mantener un nivel alto de amoníaco en el líquido ruminal durante un período de 24 horas con una dieta baja en proteínas, es mediante el uso de urea en el alimento suministrada en forma de mezcla líquida ó en bloque; por otra parte la urea ingerida en una sola ración no podrá mantener los niveles de amoníaco necesarios para una fermentación eficiente por más de unas cuantas horas (Leng y Nolan, 1984).

El requerimiento de amoníaco en el rumen para un crecimiento microbiano, es la prioridad para optimizar la digestión fermentativa de un forraje. Satter y Slyter (1974) sugieren que 50-80 mg N-NH<sub>3</sub>/l de fluido ruminal es el óptimo para maximizar el crecimiento microbiano; Aunque recientes estudios han indicado que el nivel mínimo de amoníaco para un consumo voluntario y crecimiento microbiano óptimo en forrajes de baja digestibilidad es de 200 mg N-NH<sub>3</sub>/l; a pesar que la digestibilidad del forraje fue optimizado por debajo de los 100 mg N-NH<sub>3</sub>/l (Krebs y Leng 1984; Boniface *et al.*, 1986)

### **V.7.2 REQUERIMIENTOS DE AMINOÁCIDOS Y PEPTIDOS POR LOS MICROORGANISMOS RUMINALES**

Algunos recursos proteicos no convencionales como las leguminosas arbóreas, son fermentados en el rumen, abasteciendo las necesidades de aminoácidos para los microorganismos (Leng, 1991). Las proteínas que son digeridas directamente en el intestino delgado, están protegidas a la degradación ruminal, lo que incrementan la eficiencia de los nutrientes absorbidos para el crecimiento, preñez, lactancia o trabajo. Es

importante enfatizar que la fermentación (desaminación) de la proteína no es solo un desperdicio de esta, si no que además es energéticamente deficiente (Leng, 1991).

La primera limitante registrada de aminoácidos para el crecimiento es; la presencia de lisina y treonina que tienen que ser incluidos en la dieta del rumiante. La desaminación de los péptidos y proteínas altas en aminoácidos sulfurados (metionina y cistina) parecen ser relativamente resistentes a los microbios (Nugent y Mangan, 1981).

### **V.7.3 REQUERIMIENTOS MINERALES DE LOS MICROBIOS RUMINALES.**

Los microorganismos ruminales tienen requerimientos específicos de macro y microminerales; para satisfacer las necesidades estructurales de sus componentes celulares así como de enzimas y cofactores (Leng, 1990).

El azufre es un elemento importante para la síntesis de aminoácidos azufrados y la formación de proteína microbiana. Los niveles de azufre (S) en el fluido ruminal maximizan la digestibilidad de los carbohidratos fibrosos; estos deben de estar en una concentración de 1 a 2 mg S/l (Bray y Till, 1975); mientras que la máxima eficiencia del crecimiento microbial se da en el rango de 4-10 mg S/l (Kandyli, 1984). Los hongos ruminales son dependientes del azufre y crecen solo en bajos niveles en donde la planta presenta reducidas concentraciones de este (Akin *et al.*, 1983).

La deficiencia de fósforo, esta ampliamente distribuida en los países en vías de desarrollo (McDowell *et al.* 1984). Muchas harinas proteicas o subproductos de granos son altos en fósforo; en periodos prolongados deficientes de fósforo se puede reducir la digestibilidad y el consumo de forraje (Leng, 1990).

El magnesio es esencial para todos los microorganismos del rumen, particularmente para los microbios celulolíticos; los forrajes jóvenes, plantas tropicales, pajas y otras fuentes como forrajes de baja calidad son frecuentemente deficientes en el, es así que la utilización de forrajes de baja calidad esta precondicionada por la presencia de magnesio (Leng, 1990).

#### **V.7.4 PAPEL DE PEQUEÑAS CANTIDADES DE FORRAJE FRESCO EN DIETAS BASADAS EN PAJA.**

En los países en desarrollo, los granjeros generalmente reconocen los beneficios de adicionar pequeñas cantidades de forraje verde a las dietas basadas en paja, lo cual trae consigo numerosos beneficios los cuales incluyen el aporte de vitamina A, minerales esenciales, amoníaco, péptidos y aminoácidos.

Recientemente ha sido demostrado que el forraje fresco con alta digestibilidad en una dieta basada en paja dados a borregos; estimula la digestibilidad de la dieta basal ocurriendo incluso en pequeños niveles de suplementación (Juul-Nielsen, 1981; Ndlovu y Buchanan-Smith, 1985; Silva y Ørskov, 1988). El nivel de digestibilidad de la paja depende del nivel de colonización de la fibra y la biomasa adherida (Cheng *et al.*, 1989). Un alto nivel de digestibilidad en el forraje fresco actúa como promotor de colonización para la paja menos digestible. Un ejemplo de esto es la alfalfa además de estimular el apetito de los animales (Leng, 1997).

#### **V.8 SUPLEMENTACIÓN EN EL ANIMAL RUMIANTE**

La deficiencia de cualquier nutriente en el rumen afectará el ecosistema reduciendo el crecimiento microbiano y la eficiencia de este; si la deficiencia llega a ser más aguda se reducirá eventualmente el tamaño de la masa microbiana e inevitablemente la digestibilidad, acompañada de un reducido consumo de alimento. La suplementación con multinutrientes es generalmente exitosa incrementando el consumo y la digestibilidad; pero grandes incrementos en la productividad deben ser anticipados con suplementos con una fuente de proteína de sobrepaso (Preston, 1986; Leng, 1991).

Los principios para una suplementación, comprenden la inclusión de una fuente rica en carbohidratos; de acuerdo a la disponibilidad y precio; proveer una fuente de nitrógeno fermentable (urea) que asegure un nivel de amoníaco por encima de 150 mg/l; Un forraje altamente digestible (forrajes verde, leguminosa), adicionado de 10-20% (Juul-Nielsen 1981; Gutiérrez y Elliott 1984; Silva y Ørskov 1985); proteínas de sobre paso (harinas de oleaginosas, harinas de pescado), que no sobrepasen el 30% de incorporación; además de una fuente de ácidos grasos de cadena larga (Preston, 1986).

La suplementación en un animal críticamente deficiente con nutrientes para el rumen, incrementarán la eficiencia del crecimiento microbiano, tamaño de la biomasa y digestibilidad del forraje el cual casi siempre incrementa el consumo del alimento. El efecto del consumo de alimento regularmente depende del grado de las deficiencias de nutrientes. (Preston, 1986).

Una fuente proteínica de sobrepeso como la torta de semilla de algodón es un suplemento más económico que los concentrados balanceados para vacas lecheras, en lotes confinados con puntas de caña (Boodoo *et al.*, 1988). Una adición de harina de pescado incrementa drásticamente el crecimiento en terneros alimentados con una dieta basal amoniada de paja de arroz (Preston, 1986).

## **V.8.1 FUENTES DE CARBOHIDRATOS DE FÁCIL FEMENTACIÓN**

### **III.8.1.1 MELAZA**

En la fabricación de azúcar de caña el principal subproducto es la melaza comercial, residuo de color oscuro que resulta después de extraer la mayor cantidad posible de azúcar cristalizada. Su mayor utilización está en productos alimenticios para el hombre, los animales y en la fermentación para la fabricación de alcohol etílico, ron y acetona. Los principales países productores de melazas son: Cuba, Estados Unidos, Hawái, Puerto Rico, República Dominicana, Australia, India, Filipinas, México, Brasil, Argentina y Perú (Briggs, *et al.*, 1945)

Las melazas son ligeramente ácidas con un pH de 5.5-6.5; presta un contenido de 20% de agua, 62% de azúcares, 6% de cenizas, 2% de sustancias nitrogenadas y 2% de gomas solubles. Algunas melazas son ricas en vitaminas, aunque la mayoría de ellas las pierden en el proceso; contienen tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido fólico y biotina; Sin embargo, la importancia en la utilización de este recurso se basa en el aporte de carbohidratos solubles, fácilmente fermentable en el rumen, indispensables para los microorganismos ruminales (Preston, 1995; Russel y Wilson, 1996).



### **V.8.1.2 PULIDURA DE ARROZ**

El arroz es un cereal cubierto; el cereal trillado (o arroz en bruto) el grano esta incluido en una cáscara silíceo tenaz y resistente que lo hace inadecuado para el consumo por el hombre. Cuando se quita esa cáscara, se conoce con el nombre de arroz moreno o arroz sin pulir. Sometido el arroz moreno a nueva molienda, se obtiene el pulido del grano de arroz.

La pulidura de arroz, es un elemento energético (2.8 Mcal/EM/kg de MS) y proteico (16.0 %), un contenido de almidón de 310 g/kg/MS caracterizado como elemento de sobre paso (Lonsdale, 1989). Preston et al., (1976), evaluaron la adición de la pulidura de arroz en niveles de 0 a 1.200 kg/animal/día, incrementando en la ganancia de peso en forma lineal, con respecto al nivel de complementación, el consumo voluntario de la caña se incremento en 400%.

### **V.8.1.3 GRANO DE MAÍZ MOLIDO**

La planta de maíz es una gramínea, su grano es rico en calorías y pobre en fibra y minerales. El nivel de proteína es bajo y el valor biológico escaso, pero es rico en carbohidratos; para aprovechar plenamente el elevado valor productivo del maíz, tienen que contrarrestarse mediante un apropiado suplemento (Owusu-Domfeh K, 1970).

Los almidones de maíz, arroz, plátano y un poco menos el sorgo, tiene características que permiten escapar de la degradación por la fermentación en el rumen; este almidón de sobrepaso contribuye directamente a la formación de glucosa a través de la digestión en el intestino (Elliott *et al.*, 1978; Ferreiro *et al.*, 1979).

El uso del maíz dentro de las dietas, ha probado ser un elemento de excelentes rendimientos; La suplementación con maíz (1.0 kg), con distintas fuentes y niveles de proteína, registró un incremento en la respuesta productiva, siendo mayor para la harina de maíz, con ganancias de peso de 267 a 599 g/día en una relación de 0:150 y de 1.00:150g de maíz: pescado, la suplementación de maíz:torta de algodón. Reportaron ganancias de peso de 77 a 472 g/día en una relación 0:75 y 1.00:75 g respectivamente (Silvestre *et al.*, 1976).

## **V.8.2 FUENTES DE PROTEINA DE SOBRE PASO.**

### **V.8.2.1 HARINA DE PESCADO.**

La harina de pescado puede producirse secando y moliendo pescados o desperdicios de estos no descompuestos, de los cuales puede o no haberse exprimido el aceite. La materia prima se cuece al vapor, la carne cocida es transportada de los cilindros a las prensas, de donde salen la torta, el aceite y el agua. Las tortas pasan a los secaderos, que son cilindros calentados con flama de gas para su posterior molido y se ensacado (Morrison, 1948).

Ordinariamente, el contenido de humedad de las harinas de pescado comerciales varías entre 6% y 12%, el de cenizas es de 10% a 20%, la proteína generalmente de 55 y 70% (Lonsdale, 1989). La harina es rica en lisina (5.8%) y aminoácidos azufrados como la metionina y cistina, además de vitaminas y minerales (P, Ca, Na, Mg). Entre los principales aminoácidos destacan. alanina, arginina, glicina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina, treonina, tirosina, valina, prolina y serina (Trabanco, 1985). La complementación con harina de pescado, ha producido una incremento en la respuesta productiva en novillos alimentados con ensilados de maíz y pastos (Garstang, 1981).

### **V.8.2.2 HARINOLINA**

Se obtiene de la planta de algodón, cultivada en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo. Tal como llega del campo el algodón es despepitado para quitarle al algodón las impurezas (cáscaras, piedras, basura, semillas, etc.). La semilla de algodón es un subproducto del cultivo que son sometidas a la separación de la cáscara antes de extraer el aceite. Previa a la compresión de la pasta en prensa hidráulica, tiene que someterse a tratamiento térmico para coagular a las proteínas y permitir que el aceite fluya libremente. Las harinas contienen proteína de 36% a 46%, cenizas 9.9%, humedad 7.8%, fibra cruda 9.9% y extracto exento de nitrógeno 24.5%. Además contienen ácido pantoténico, niacina y tiamina (Bailey, 1948).

La incorporación de la harinolina en las dietas de los rumiantes, ha cobrado mayor importancia debido a su calidad proteica destacando su elevado porcentaje en aminoácidos esenciales (lisina, metionina, triptofano, histidina, tirosina y cistina), así como su capacidad de sobrepasar la digestión ruminal (Trabanco, 1985).

### **V.8.3 RECURSOS DE NITRÓGENO NO PROTEICO**

#### **V.8.3.1 UREA Y SULFATO DE AMONIO.**

Las fuentes de NNP más económicas, han sido la urea y el amoníaco, administrados en forrajes de baja calidad, los cuales son transferidos hacia el rumen a través de la saliva (Kennedy y Milligan, 1980). La adición de NNP en las dietas pobres en proteína como los forrajes tropicales, ha sido de gran importancia; En las industrias de la fermentación, el amoníaco suministra el nitrógeno necesario para el desarrollo de levaduras y otros microorganismos (Ferreiro y Preston, 1976; Montpellier y Preston, 1977; Meyreles *et al.*, 1982).

La urea es un sólido cristalino, blanco e incoloro, de sabor fresco y salino. Se forma en los mamíferos por descomposición de las proteínas, como producto final del metabolismo del nitrógeno y se excreta en la orina. En 1980, Sánchez y Preston, evaluaron la respuesta del jugo de caña y la melaza, con o sin la adición de urea, en una dieta con pasto estrella, sobre la ganancia de peso en novillos, logrando un incremento de 1,300g sobre 525 kg/PV/día en el tratamiento sin urea.

#### **V.8.3.2 POLLINAZA**

Las especies de monogástricos producen la mas valiosas excretas; y especialmente las aves, por haber una contaminación con los desperdicios de los granos de su alimento. Las excretas de las aves son ricas en nitrógeno, mayoritariamente de ácido úrico, el cual es hidrolizado en amoníaco por los microorganismos ruminales (Oltjen *et al.*, 1968; Preston, 1986).

El beneficio aparente de la pollinaza en el rumen es la producción de propionato (Meyreles *et al.*, 1982). La cual aporta aminoácidos indispensables (arginina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, fenilalanina, triptófano y valina) o esenciales como la lisina y treonina, como promotores de la síntesis microbiana ruminal. Estos últimos amino ácidos (lisina y treonina), no pueden ser sintetizados por el animal, ni su población microbiana, por lo tanto deben ser suministrados en la dieta. Investigaciones demuestran que colabora con la producción de proteína microbiana mediante el aporte de aminoácidos en el rumen (Zinn *et al.*, 1996).

## **V.8.4 MINERALES Y ADITIVOS NO CONVENCIONALES**

### **V.8.4.1 MINERALES**

La mayoría de la información que ha sido generada en investigaciones sobre el efecto de la complementación mineral en los microbios celulolíticos, ha sido *in vitro*; encontrándose que elementos como molibdeno, yodo, magnesio, calcio, hierro, azufre y fósforo, incrementan la respuesta digestiva de la celulosa y hemicelulosa. Mientras que el boro, cobre, cobalto y el zinc la deprimen. La adición de azufre (0.16% a 0.24%) y aminoácidos azufrados (metionina y cistina), favorecen el crecimiento y actividad de los microbios ruminales mejorando el consumo, la digestibilidad y la retención del nitrógeno en animales alimentados con forrajes de baja calidad (Elías, 1983; Doyle, 1987; Aguilera, 1988).

### **V.8.4.2 SAL**

La sal es un producto necesario en la alimentación, pues el sodio y el cloro son indispensables en la vida animal. La sal se encuentra en estado sólido (sal gema y salmueras). La sal gema se ha formado por cristalización de agua estancada, mientras que las salmueras están en solución en grados variables de concentración y en diversas profundidades en diferentes partes del mundo. La sal refinada se hace evaporando salmuera saturada usando el calor solar (Barret *et al.*, 1941).

### V.8.4.3 CEMENTO

Es la mezcla de dos silicatos de calcio  $3\text{CaOSiO}_2$  y  $2\text{CaOSiO}_2$ . El cemento se fabrica calentando una mezcla de piedras caliza con arcilla hasta su fusión parcial, pulverizándose con adición de yeso ( $\text{SO}_3$ ). Los trabajos encabezados por Wheeler y Oltjen en 1979, en las dietas para rumiantes con el objetivo de elevar el pH, dentro del tracto gastrointestinal, incorporaron cemento en una dieta complementada con soya, logrando ganancias de peso de 1.520 kg en novillos. Otros trabajos de Wheeler (1979) evaluaron el efecto de la adición de cemento sobre el porcentaje de desaparición de la materia seca, el cual se incrementó un 10.9% con respecto a las dietas sin cemento, el pH se mantuvo en un rango de 6.57-6.49, la concentración total de AGV's se aumento 119.6  $\mu\text{M}$  ( $P>0.05$ ) con respecto 86.7 $\mu\text{M}$  en la dieta control. Noller *et al.*, (1980) determinaron la capacidad del cemento para neutralizar los ácidos, caracterizando su actividad buffer debido a su habilidad para secuestrar protones ( $\text{H}^+$ ), la cual se favorece con la concentración de carbonato de calcio (Wheeler y Oltjen, 1979).

### V. 8.4.4 CAL

En su interpretación amplia, el termino de cal incluye cualquier material que contenga carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). La cal en su origen es una roca compuesta de por lo menos 50% de carbonato calcico, con porcentajes variables de impurezas. Calentando la caliza en condiciones controladas se desprende dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y quedan óxidos de calcio y magnesio, conocidos como cal viva. Tratando la cal viva con suficiente agua para satisfacer su afinidad química, para posterior deshidratación. Se obtiene finalmente un polvo seco llamado cal hidratada (Norton, 1930).

Wheeler *et al.*, (1981a; 1981b) realizaron un estudio donde compararon el uso de la cal (1.6% a 1.8%) dentro de los parámetros de producción en ganado de engorda, utilizando dietas con altos niveles de concentrados (15.0% silo de maíz, 85% de concentrado), en los animales tratados se obtuvieron ganancias diarias de peso de 1.340, el rango de pH en el rumen-retículo con cal osciló alrededor de 6.81. La digestibilidad de la materia seca fue alta ( $P>0.05$ ) de 73.8% para la cal.

## VI. MATERIAL Y METODOS

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la Dirección de Nutrición del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ), ubicado en Vasco de Quiroga No. 15 Col. Sección XVI, Delegación Tlalpan, México Distrito Federal.C. P. 14000

### VI.1 FORMULACIÓN DE LAS DIETAS

Los forrajes utilizados en este estudio (rastrajo de maíz y heno de alfalfa), fueron adquiridos en una distribuidora de alimentos para animales. Se elaboraron cuatro dietas experimentales, donde los ingredientes y su distribución se ilustran en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Distribución de las dietas experimentales.

Ingredientes	Testigo	T1	T2	T3
	Inclusión (%)			
Rastrojo de maíz	80	56	56	56
Heno de alfalfa	20	14	14	14
	Suplemento Estimulador de la Fermentación Ruminal (SEFR)			
SEFR		Tipo I	Tipo II	Tipo III
	0	30	30	30

### VI.2 FORMULACIÓN DE LOS SUPLEMENTOS

Para la elaboración de los suplementos se emplearon diversos productos y subproductos agroindustriales, los cuales fueron pesados de forma individual, mezclándose con ayuda de una mezcladora horizontal con paletas, apta para movilizar forrajes y melaza. La formulación de los suplementos experimentales se presentan en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Formulación de los suplementos experimentales.

Ingredientes	SEFR	SEFR	SEFR
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
	Porcentaje de inclusión		
Harina de pescado	4.2	4.2	4.2
Harinolina	16.4	16.4	0.0
Pulido de arroz	16.0	16.0	43.8
Pollinaza	11.6	17.2	11.6
Aceite de rosticería	4.0	4.0	4.0
Maíz molido	11.2	11.2	0.0
Melaza	18.2	18.2	18.0
Sulfato de amonio	1.8	0.0	1.8
Ortofosfato	3.0	3.0	3.0
Sal común	4.0	4.0	4.0
Sales minerales	1.0	1.0	1.0
Urea	3.8	0.0	3.8
Cal	3.2	3.2	3.2
Cemento	1.6	1.6	1.6

SERF= Suplemento estimulador de la fermentación Ruminal.

### VI.3 ANIMALES EXPERIMENTALES

En la presente propuesta de investigación se utilizaron cuatro ovinos machos cruce de suffolk x rambouillet con un peso vivo promedio de  $70 \pm 3.0$  Kg, dotados con cánulas ruminales fijas (Hecker, 1974); Los animales fueron alimentados con cuatro dietas experimentales en un diseño pseudoaleatorio con estructura de cuadrado latino 4x4, donde el factor principal fue el tipo de suplementación (SEFR Tipo I, Tipo II y Tipo III) sobre el valor nutritivo de una dieta basal compuesta por rastrojo de maíz (*Zea mays*) y heno de alfalfa (*Medicago sativa*); de esta manera se formaron cuatro tratamientos: Testigo, T1, T2 y T3.

Los animales fueron alojados durante todo el estudio en jaulas de acero inoxidable, dotadas con comedero y bebedero individual; alimentándose durante 4 períodos, cada uno tuvo una duración de 12 días; de los cuales 7 días fueron de adaptación a las dietas y los 5 restantes para la recolección de muestras biológicas.

#### **VI.4 ANÁLISIS QUÍMICOS**

La composición química del rastrojo de maíz y heno de alfalfa, así como los suplementos; además de los tratamientos experimentales, fueron determinados a través del análisis químico proximal según la metodología de AOAC (1995). El contenido de las fracciones de fibra se realizó según la metodología propuesta por Goering y Van Soest (1970); empleando un analizador de fibra marca Ankom 200/220. El valor energético de los ingredientes y así como las dietas experimentales fueron determinados a través de Calorimetría (1990).

#### **VI.5 CUANTIFICACIÓN DEL CONSUMO DE ALIMENTO**

Con el objetivo de conocer el grado de aceptación de las dietas experimentales propuestas, se cuantificó el consumo; a través del pesaje del alimento ofertado y el rechazado. Durante el período de adaptación, las dietas se ofrecieron *ad libitum*, registrándose diariamente el consumo voluntario, el cual se redujo posteriormente en un 10% durante el periodo de recolección de muestras biológicas, con el fin de asegurar su consumo total.

#### **VI.6 CINÉTICA DE FERMENTACIÓN RUMINAL**

Durante la recolección de material biológico se obtuvieron aproximadamente 500 gramos de contenido ruminal, colocándose dentro de un vial con tapadera; el cual a su vez fue transportado inmerso en hielo, hasta el laboratorio; Donde se filtró, a través de tres paños de gasa para obtener una muestra libre de partículas sólidas. Al líquido ruminal obtenido, se le determinó el pH y la concentración de amoníaco.



### **VI.6.1 VALORACIÓN DEL pH**

Para valorar el grado de acidez o alcalinidad del medio ruminal; se determinó a través de potenciometría (Bateman, 1970), utilizando un medidor portátil Marca Orion, Modelo 250A; las mediciones se realizaron al inicio del primer día del periodo de recolección biológica, tomando como referencia la hora cero; es decir, el momento antes de que el animal recibiera la dieta experimental; siguiendo la valoración en intervalos de 2 horas hasta completar 12 horas de observación. Se almacenaron a una temperatura de  $-4^{\circ}\text{C}$  para su análisis posterior. La descongelación se realizó por refrigeración hasta obtener una temperatura homogénea entre las muestras de  $18^{\circ}\text{C}$ .

### **VI.6.2 CONCENTRACIÓN DE AMONÍACO ( $\text{NH}_3$ )**

La digestión de los compuestos nitrogenados en el rumiante tiene lugar a dos etapas: la fermentación de las proteínas y el nitrógeno no proteico por las enzimas microbianas y el desdoblamiento de las proteínas y los péptidos por las enzimas digestivas producidas en el abomaso y el duodeno. Otro indicador del grado de fermentación esta representada por la concentración de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), el cual puede ser determinado en forma directa, ya que en solución acuosa el amoníaco se encuentra en su forma ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ), siendo detectado directamente por el electrodo específico.

La cuantificación se llevo acabo en la fase liquida del contenido ruminal, el cual fue colectado a diferentes intervalos (0, 2, 4, 6, 8, 10 y 12 horas) del primer día del periodo experimental. Para evitar la perdida del compuesto, se adicionar 0.5 ml de acido clorhídrico 1M por cada 1ml de muestra ( $\text{HCl}$  1M) para acidificar a un pH de 6.0 al líquido ruminal el cual fue congelado a  $-4^{\circ}\text{C}$  para su posterior análisis.

La descongelación se realizó por refrigeración hasta obtener una temperatura homogénea entre las muestras  $18^{\circ}\text{C}$ . Para la medición; se adiciono hidróxido de sodio 10 molar ( $\text{NaOH}$  10 M) previo a la medición.

El chequeo de la pendiente se realizó por medio de 10 ml de agua desionizada y .1 ml de NaOH 10 M dentro de un vaso de 15 ml; la correcta operación del electrodo estaba indicada por una lectura de  $-57 \pm 3$  MV, teniendo una temperatura entre 10 y 25° C. Se empleó un agitador magnético durante todo el procedimiento.

## **VI.7 CINÉTICA DE DESAPARICIÓN *IN SITU***

Esta prueba se realizó mediante la técnica de bolsa de nylon (Ørskov *et al.*, 1980), utilizando bolsa de poliéster blanco de 5 x 10 cm, con un tamaño de poro de  $53 \pm 10$  micras marca Ankom. Dentro de las bolsas se colocaron 2.5 gramos de muestra con un tamaño de partícula de 3 mm; las bolsas fueron colocadas dentro del rumen a intervalos de 9, 12, 24, 36, 48, 72 y 96 horas. Al final del tiempo de incubación, el material fue retirado del rumen para ser lavado durante 5 períodos en un agitador mecánico durante dos minutos cada uno a una velocidad de 130 rpm, para posteriormente ser secado a 65° C durante 48 horas.

Al material residual, se le determinó contenido de materia seca (AOAC, 1995). Las bolsas correspondientes a la hora cero, únicamente fueron lavadas para determinar la cantidad de material soluble en la muestra.

Los valores obtenidos fueron analizados mediante el paquete computarizado "Neway *Excel*", desarrollado por Chen, B.X. (1995).

## **VI.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

Los resultados serán sometidos al análisis de varianza para un diseño de cuadrado latino 4x4 (Gill, 1978); utilizando cuatro ovinos, los cuales fueron alimentados con cuatro tratamientos experimentales durante cuatro periodos, generándose un total de 16 observaciones. La diferencia múltiple de medias se analizaron empleando la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05, realizándose mediante el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, 1996).

## VII. RESULTADOS

### VII.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS INGREDIENTES EXPERIMENTALES.

En el cuadro 3. Se presenta la composición química de los forrajes y suplementos utilizados dentro de los tratamientos experimentales; Donde el forraje base (rastrajo de maíz) en estos tratamientos, presentó un perfil químico característico de los forrajes de baja calidad. Siendo el nivel de proteína cruda muy reducido (4.0%) en contraste con la cantidad total de paredes celulares (72.4%). Por su parte, el alfalfa registró una mayor cantidad de PC (16.6%) y un nivel reducido de FDN (42.85). En relación a los tipos de suplementos utilizados; cabe señalar que la cantidad de cenizas fueron muy elevadas oscilando entre 18.9 a 21.4%; además de registrar una mayor cantidad de PC, donde el SEFR Tipo I presentó el mayor nivel (30.5%). Por su parte, el contenido energético de estos ingredientes, oscilo entre 2.96 y 3.54 Mcal de EB/kg de MS.

**Cuadro 3.** Composición química (g/100 g MS) de los ingredientes experimentales.

	Rastrojo de maíz	Alfalfa	SEFR Tipo I	SEFR Tipo II	SEFR Tipo III
Materia seca	95.4	92.3	92.6	93.2	92.9
Ceniza	7.2	8.9	19.5	21.4	18.9
Extracto Etéreo	1.1	1.9	2.2	1.6	4.0
Proteína Cruda (N*6.25)	4.0	16.6	30.5	18.1	20.4
E.L.N	58.0	50.2	50.5	60.4	60.5
Fibra Cruda	34.3	30.5	4.9	5.7	3.5
Fibra Detergente Neutro	72.4	42.8	15.3	17.9	19.8
Fibra Detergente Ácido	40.0	31.5	6.8	7.3	5.6
Hemicelulosa	32.3	11.2	8.5	10.6	14.2
Celulosa	34.8	24.1	4.4	4.7	4.1
Lignina	7.4	5.2	2.3	2.5	1.5
TND*	65.7	68.6	67.2	64.4	69.3
Energía Digestible **	2.8	3.0	2.8	2.8	2.9
Energía Metabolizable ***	2.3	2.4	2.4	2.3	2.5
Energía Bruta	3.1	3.5	2.9	2.9	3.0

\* TND =  $FC(0.5)+PC(0.75)+ELN(0.75)+EE((0.75)*2.25)$ .

\*\*ED=  $TND* 4.409$  kcal. \*\*\*EM=  $ED*0.82$  (Mcal/kg de MS)

SERF= Suplemento Estimulador de la Fermentación Ruminal.

E.L.N.= Extracto Libre de Nitrógeno.

## VII.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES

La composición química de los tratamientos experimentales se presenta en el cuadro 4; donde se destaca un incremento en la cantidad de ceniza y proteína cruda (11.6% y 13.3%, respectivamente) en el T1 en relación al resto de los tratamientos.

Por su parte, la cantidad total de paredes celulares (FDN, celulosa y hemicelulosa) de los tratamientos 1, 2 y 3 fueron menores a los valores registrados por el tratamiento testigo. En cuanto a la concentración energética (EM, ED y EB) no se encontraron grandes diferencias entre los tratamientos. Sin embargo, en el T1 estas concentraciones fueron ligeramente inferiores al resto de los tratamientos.

**Cuadro 4.** Composición química (g/100 g MS) de los tratamientos experimentales

	Testigo	T1 SEFR Tipo I	T2 SEFR Tipo II	T3 SEFR Tipo III
Materia seca	95.2	94.8	95.2	95.1
Ceniza	7.0	11.6	9.9	10.2
Extracto Etéreo	1.3	1.3	1.3	1.8
Proteína Cruda (N*6.25)	6.5	13.3	9.9	9.6
E.L.N	57.6	54.3	57.6	59.2
Fibra Cruda	32.6	24.9	26.1	24.1
Fibra Detergente Neutro	67.0	49.6	51.6	50.5
Fibra Detergente Ácido	37.9	27.2	28.6	28.1
Hemicelulosa	29.1	22.4	22.9	22.4
Celulosa	32.1	22.4	24.0	23.8
Lignina	5.9	4.8	4.6	4.2
TND*	66.5	65.3	65.9	66.8
Energía Digestible **	2.9	2.8	2.9	2.9
Energía Metabolizable***	2.4	2.3	2.3	2.4
Energía Bruta	3.1	3.2	3.1	3.1

Testigo = 80% de rastrojo de maíz y 20% de alfalfa.

\*TND =  $FC(0.5)+PC(0.75)+ELN(0.75)+EE((0.75)*2.25)$ .

\*\*ED =  $TND*4.409$  kcal. \*\*\*EM=  $ED*0.82$  (Mcal/kg de MS)

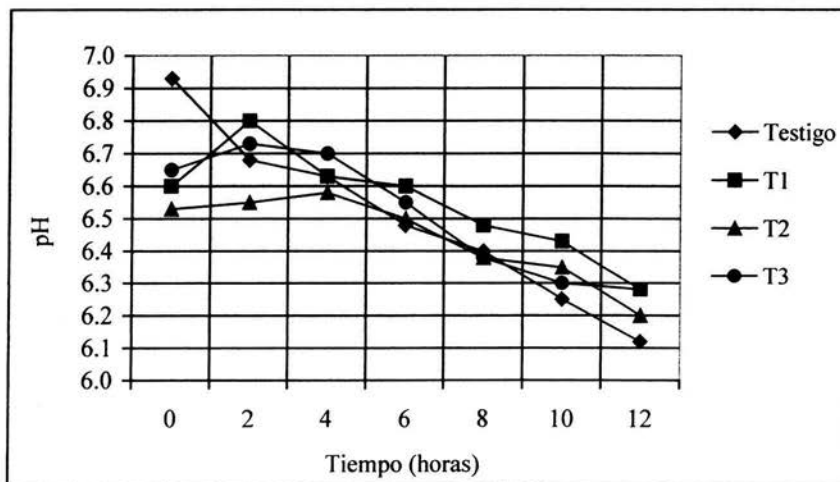
SERF = Suplemento Estimulador de la Fermentación Ruminal.

E.L.N.= Extracto Libre de Nitrógeno.

### VII. 3 CINÉTICA DE pH RUMINAL.

El efecto de los diferentes tratamientos sobre la cinética de pH ruminal, se ilustra en la gráfica 1. Donde el nivel inicial para el tratamiento testigo fue de 6.9, siendo estadísticamente similar ( $P<0.05$ ) en relación con los tratamientos, T1 (6.6), T2 (6.53) y T3 (6.65). Posterior a la hora cero (Después de la asignación de la oferta del alimento), el pH ruminal presentó un comportamiento descendente en todos tratamientos; donde el tratamiento 1 se mantuvo más estable en comparación que el resto de los tratamientos. Al final del muestreo el T1 y T3 registraron el nivel más alto (6.3). El pH ruminal por efecto del tratamiento testigo no registró ninguna diferencia estadística ( $P<0.05$ ) respecto al resto, a pesar que al inicio de la observación registró un nivel superior (6.9); sin embargo, este comportamiento descendió paulatinamente hasta el final del muestreo llegando hasta 6.1.

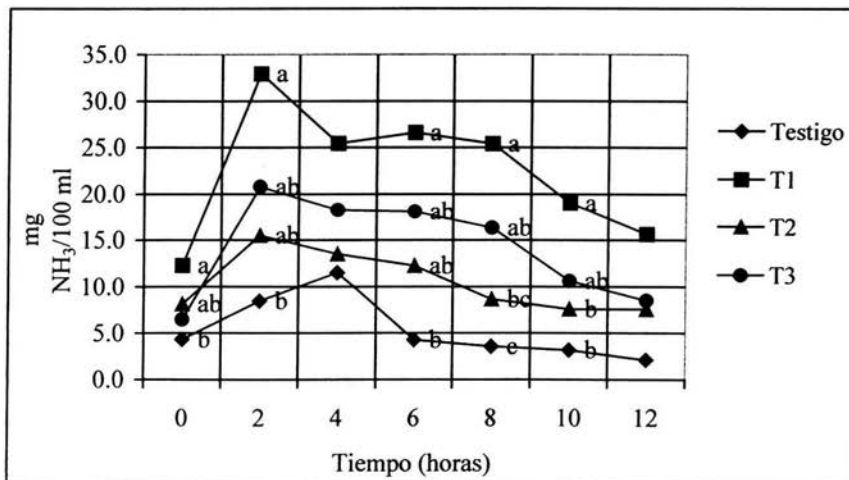
**Gráfica 1.** Efecto de los tratamientos experimentales sobre la cinética de pH.



## VII. 4 CINÉTICA DE AMONIACO RUMINAL.

La concentración amoníaco ruminal, se ilustra en la gráfica 2. Donde a las 2 horas de muestreo, se observó una respuesta ascendente en todos los tratamientos; sin embargo la magnitud de la respuesta fue superior en el tratamientos 1 y 3; siendo estadísticamente diferente ( $P<0.05$ ) al T1 y Testigo; continuando con una disminución a las 4 horas, dando origen así a un primer pico de producción, fenómeno que no se repite en los tratamientos 2 y 3; no así para el testigo el cual registra su máxima producción cuatro horas después de consumir la dieta. Sin embargo, la intensidad de la respuesta entre ellos fue diferente ( $P<0.05$ ) sobre todo a las 2, 4 y 8 horas de muestreo. El T1 registró un segundo pico de producción a las 6 horas de muestreo. La hora doce no presentó diferencia estadística ( $P>0.05$ ). Los resultados anteriores permiten observar que la incorporación de cualquiera de los tipos de suplementos sobre la dieta base, incrementó la concentración de amoníaco en el líquido ruminal en comparación con el tratamiento testigo.

**Gráfica 2.** Concentración de amoníaco ruminal en ovinos por efecto de los tratamientos experimentales.

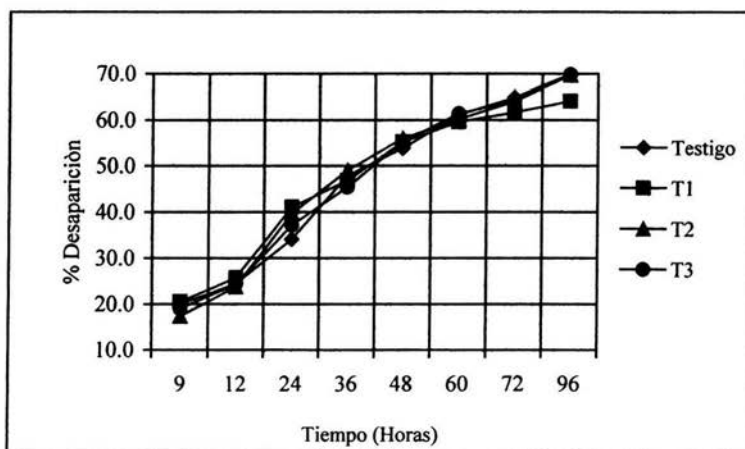


a, b, c: Literales distintas indican diferencia significativa ( $P<0.05$ ) entre tratamientos y el tiempo de muestreo.

## VII.5 DESAPARICIÓN *IN SITU* DE LA MS DEL RASTROJO DE MAÍZ.

Con el objetivo de conocer el porcentaje de desaparición ruminal de la materia seca contenida en el rastrojo de maíz por efecto de los tratamientos experimentales; se realizó una incubación *in situ*; presentándose los resultados en la Gráfica 3, Donde se puede observar que la degradación de este componente registró un incremento ascendente en relación al tiempo de muestreo, iniciando alrededor de 20% y culminando a las 96 horas de muestreo en 70%; sin registrarse evidencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos; es decir, que la degradación de la MS no estuvo influenciada por el tipo de dieta experimental que el animal consumía.

**Gráfica 3.** Desaparición *in situ* del contenido de MS del rastrojo de maíz por efecto de los tratamientos experimentales.



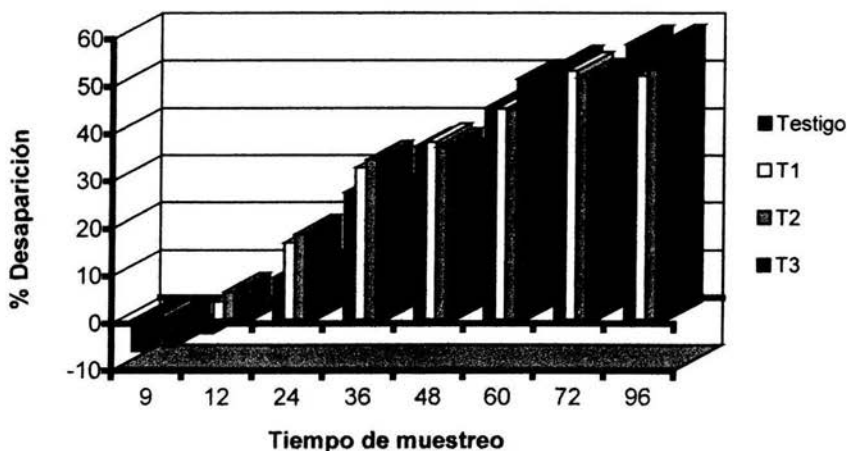
Siguiendo, con la intención de conocer el efecto de los tratamientos experimentales sobre la desaparición *in situ* del contenido de las fracciones de fibra y en particular sobre las paredes celulares, representadas a través de la determinación de la Fibra Detergente Neutro.

## VII.6 DESAPARICIÓN *IN SITU* DE FDN DEL RASTROJO DE MAIZ.

En la grafica 4. Al inició de la observación, la degradabilidad de las paredes celulares se retraso en todos los tratamientos; sin embargo con el testigo este retraso tuvo una mayor acentuación la cual se extendió hasta 12 horas de incubación. A partir de las 12 horas la desaparición de las paredes celulares se inicio pero únicamente en por efecto de los tratamientos 1 y 2, Este fenómeno continuo de forma mayoritaria para el T2, seguido por el T1 y T3. Ya para las 24 horas de incubación, se observó una respuesta positiva para el testigo; el resto de los tratamientos continuaron con una tendencia similar al tiempo de incubación anterior; sin embargo, la magnitud de la respuesta fue superior.

Durante las 60 horas, se registró el nivel máximo de desaparición (58.33%), el cual fue obtenido por el efecto de la dieta 3, a las 72 y 96 horas de incubación ya no se registraron cambios, determinando a esta fase como la fase indigestible. Por su parte, con el tratamiento testigo se logró un punto máximo (58.16%) en nivel de desaparición hasta la 96 horas, resultado que fue similar al resto de los tratamientos.

**Grafica 4.** Efecto de los tratamientos experimentales sobre la degradación *in situ* de la Fibra Detergente Neutro.

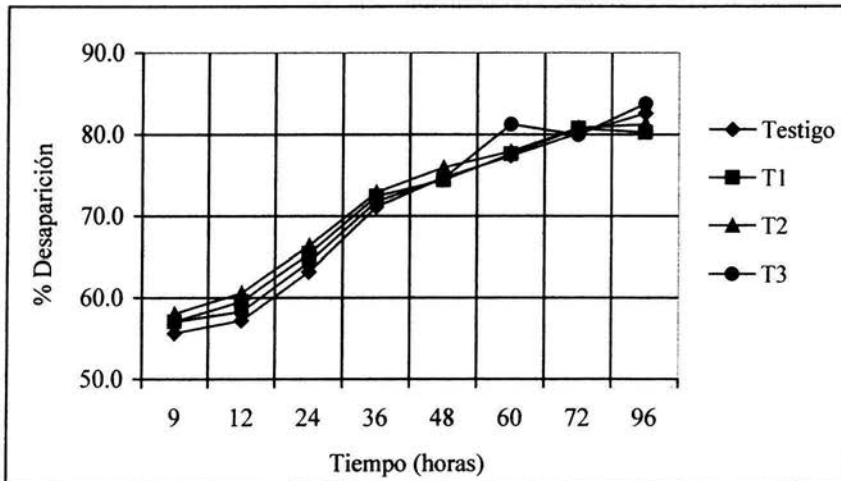




## VII.7 DESAPARICIÓN *IN SITU* DE HEMICELULOSA DEL RASTROJO DE MAIZ.

En relación al efecto de los tratamientos experimentales sobre la degradación del contenido de hemicelulosa; No se registró evidencia estadística significativa entre ninguno de los tratamientos experimentales. Cabe señalar que este constituyente de la pared celular del rastrojo inicio su degradación en los niveles donde culminó la degradación de la FDN, alcanzando un valor acumulado total superior al 80% al final de 96 horas de incubación.

**Gráfica 5.** Efecto de los tratamientos experimentales sobre la degradación *in situ* de la hemicelulosa.



## VII.8 CONSUMO DE LOS TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES.

Por otra parte, para conocer el grado de aceptación de las dietas o tratamientos experimentales, se evaluó la aceptación del alimento a través del nivel de consumo. Obteniéndose los mejores resultados para el T1 (2.417 kg/d) y T2 (2, 217 kg/día) resultados que fueron estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) al obtenido por efecto del tratamiento testigo. Por su parte, el tratamiento 3 jugó un papel intermedio entre los anteriores registrando un nivel de aceptación de 1, 869 kg/día.

**Cuadro 5.** Consumo (g de MS/día) de los tratamientos experimentales.

	Testigo	T1 SEFR Tipo I	T2 SEFR Tipo II	T3 SEFR Tipo III
Consumo de MS (kg/día)	1425 b	2417 a	2217 a	1869 ab

a, b: Literales distintas indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre columnas.

### VII.9 CINÉTICA DE LA DEGRADACIÓN DE LA MATERIA SECA Y FDN DEL RASTROJO DE MAÍZ.

**Cuadro 6.** Cinética de la degradación de la materia seca (MS) del rastrojo de maíz por efecto de los tratamientos experimentales.

VARIABLES	Testigo	T1 SEFR Tipo I	T2 SEFR Tipo II	T3 SEFR Tipo III
Fracción soluble (a)	14.10	14.10	14.10	14.10
Fracción digestible (b)	75.9	72.80	73.00	74.85
Extensión digestión (a+b)	90.00	88.95	87.10	86.88
Fracción indigestible 100 - (a+b)	10.0	13.11	12.90	11.18
Constante de degradación (c ó kd) h <sup>-1</sup>	0.05	0.05	0.05	0.05
Tiempo medio (t½ horas)	13.86	13.86	13.86	13.86

En el cuadro 6, se observa la cinética de digestión de la materia seca del rastrojo de maíz, donde se observan valores de entre 86% y 90% de extensión de la digestión, así como un tiempo medio de retención de 13.8 horas con cualquiera de los tratamientos experimentales, sin registrarse evidencia significativa ( $P < 0.05$ ) por efecto de los tratamientos.

**Cuadro 7.** Cinética de la degradación de las paredes celulares (FDN) del rastrojo de maíz por efecto de los tratamientos experimentales

<b>VARIABLES</b>	<b>Testigo</b>	<b>T1 SEFR Tipo I</b>	<b>T2 SEFR Tipo II</b>	<b>T3 SEFR Tipo III</b>
Extensión digestión	51.47	49.85	53.27	52.65
Fracción indigestible 100 - (a+b)	48.53	50.15	46.20	47.35
Constante de degradación (c ó kd) h <sup>-1</sup>	0.05	0.05	0.05	0.05
Tiempo de retraso (horas)	2.67	1.60	1.20	2.18
Tiempo medio (t½ horas)	13.86	13.86	13.86	13.86

En el cuadro 7, se observa la cinética de digestión de las paredes celulares del rastrojo de maíz, donde se observan valores de entre 49% y 52% de extensión de la digestión, así como un tiempo medio de retención de 13.8 horas con cualquiera de los tratamientos experimentales, siendo la digestión para los cuatro tratamientos un valor cercano al 50 % a las 96 horas. Sin embargo el tiempo de retraso para el tratamiento testigo fue mayor (2.67) comparado con los tratamientos 1 y 2 que obtuvieron el tiempo menor de retraso (1.60 y 1.20, respectivamente).

## VIII. DISCUSIÓN

En la presente observación se evaluó el efecto de complementación de una dieta basal constituida por heno de alfalfa y rastrojo de maíz (*Zea mays*); este último considerado forraje de baja calidad; Donde el objetivo principal fue el determinar la eficiencia de tres tipos de suplementos sobre la digestibilidad, consumo, desaparición *in situ*, así como los indicadores de la fermentación ruminal en ovinos fistulados.

### VIII. 1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS INGREDIENTES Y TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES.

El análisis químico proximal del rastrojo de maíz, mostró una concentración de proteína del 4%, FDN del 72.4%, valores semejantes al reportado por Aguilera. (1988); donde se registró una concentración promedio de 5.5% y 78.5% respectivamente. En relación al contenido de celulosa (34.8%), de este forraje, Aguilera en 1988 reportó un valor inferior (22.90%); por su parte, Galina y colaboradores en 2003 reportan un porcentaje de celulosa de 37.0%; valor que coincide al encontrado en este estudio; las diferencias entre estos valores, probablemente se deban al manejo agronómico que recibió cada zacate previo a su evaluación.

De esta misma forma el valor químico proximal del alfalfa, coincide con los reportados por Galina *et al.* (2003), donde la PC, FND, hemicelulosa y celulosa fueron de 17%, 40.35%, 8.6% y 26.7% respectivamente, comparados con valores encontrados en este estudio (16.6%, 42.8%, 11.2% y 24.1%). Los resultados, obtenidos por Sangines en 1998, se asemejan en la concentración de PC (18.0%); sin embargo, la concentración total de paredes celulares fue superior a lo reportado por este autor (31.74%).

Asimismo, referente a los tratamientos experimentales; se puede observar que el T1 obtuvo un nivel superior de proteína (13.3%) y cenizas (11.6%), en relación al resto de los tratamientos. Estos resultados, se debieron probablemente al tipo de suplemento empleado (SEFR tipo I), el cual registró el nivel máximo de 30.5% de PC para los ingredientes; posiblemente debido a las fuentes de nitrógeno no proteico (NNP) como la urea, ortofosfato y pollinaza; los cuales al ser mezclados con la totalidad de los ingredientes

generaron calor durante el mezclado y en su almacenaje; pudiendo influir sobre el análisis para reportar un índice mayor de proteína, de origen microbiano presente en los insumos.

## VIII. 2 INDICADORES DE LA FERMENTACIÓN RUMINAL (pH Y AMONIACO)

En relación a los resultados obtenidos en el nivel de pH en este ensayo, se puede mencionar que la adición de los diferentes suplementos, sobre la dieta basal influyeron sobre el pH ruminal, al mantener un nivel superior en relación al obtenido con el tratamiento testigo; Este fenómeno se debió quizás al efecto alcalinizante y búfer de la cal y el cemento. Característica que ha sido demostrado con anterioridad por Puga *et al.* (2001a; 2001b) y Wheeler *et al.* (1981) donde se logro incrementar el pH con la adición de cemento en la dieta.

Con empleo del tratamiento testigo se registro un valor de pH promedio más bajo, en comparación con el resto de los tratamientos; sin embargo al inicio de la observación este tratamiento registró el nivel más alto (6.93); para descender paulatinamente y culminar a las doce horas de observación en un nivel de 6.12, siendo el valor más bajo registrado durante todo el muestreo. Al comparar estos resultados con los reportados por Aguilera (1988), al evaluar una dieta basal de rastrojo de maíz, observamos que sus valores iniciales de pH fueron de ligeramente inferiores (6.8) que los reportados en esta evaluación, además de registrar una tendencia descendente finalizando en 5.9.

Por su parte, los resultados obtenidos con el T1 (SEFR Tipo I) al inicio del muestreo (6.6) fueron similares (6.5) a los reportados por Pérez (2003) al asignar una dieta que contenía alfalfa, avena y 30% de suplemento nitrogenado alternativo (SNA), el cual fue elaborado con una mezcla de productos y subproductos agroindustriales conteniendo: melaza (20%), maíz molido (17%), pollinaza (20%), pulido de arroz (17%), harina de pescado (4%), sal común (4%), ortofosfato de calcio (3%), cal (3.2%), harinolina (3%), sulfato de amonio (2.2%), cebo ó grasa animal (2%), urea (2%), cemento (1.6%) y sales minerales (1%).

Sin embargo, durante la evaluación el pH descendió hasta el final (12 horas) de la observación a 6.10; si se compara este comportamiento con el obtenido en este ensayo, se puede inferir que con la alternativa alimenticia propuesta como T1 la variable de pH es mejor y más estable.

De acuerdo con los resultados del presente estudio, se observa que los valores de amoníaco ruminal obtenidos con diferentes tipos de suplementación, alcanzaron concentraciones diferentes. Donde el T1 registró la máxima concentración promedio (22.43 mg NH<sub>3</sub>/100 ml). La incorporación de cualquiera de los tipos de suplementos sobre la dieta base, incrementó la concentración de amoníaco en el líquido ruminal teniendo diferentes tenores para cada uno de ellos. Efecto que ya se había observado en otros trabajos con alimentos complejos catalíticos (Puga *et al.*, 2001b).

El amoníaco es el principal producto del catabolismo del nitrógeno dietario además de ser el principal sustrato para la síntesis de proteína microbiana. Preston y Leng en 1984 mencionaron que el nitrógeno dietario es el principal recurso suplementario para estimular la digestión de los forrajes de baja calidad; Sin embargo cuestionan sobre la concentración optima de amoníaco en rumen para estimular la actividad microbiana. Muchos estudios han observado que la concentración adecuada de amoníaco en rumen oscila entre 70-80 mg/l (Satter y Slyter, 1974; Elliott *et al.* 1978). Leng. (1991), donde se menciona que es necesaria una concentración mínima de 200 mg de NH<sub>3</sub>/litro de líquido ruminal para optimizar la síntesis de proteína microbiana. Sin embargo, con el tratamiento testigo estas recomendaciones no fueron superadas, pues se obtuvo en promedio una concentración de 5.36 mg NH<sub>3</sub>/100 ml.

### **VII.3 CONSUMO DE LOS TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES.**

En relación al grado de aceptación de las dietas experimentales, se puede mencionar que los mejores resultados se obtuvieron con los tratamientos 1 (2.417 kg/día) y 2 (2.217 kg/día); estos resultados se vieron probablemente a la influencia del Tipo de SEFR empleado ya que la asociación de estos con la dieta base modificó el consumo de manera

positiva cuando se compara con los resultados obtenidos en el tratamiento testigo (1.425 kg/día); Sin embargo, cuando éste se compara con los resultados (1.024 kg/día) reportados por Aguilera (1988); al ofertar una dieta compuesta por 50% de rastrojo de maíz, 22.6% de sorgo, 20.4% de pasta de girasol, 5% melaza y 2% de sales minerales y vitaminas a borregos Pelibuey de aproximadamente 25 kg de peso vivo; resulta más favorable, sin embargo hay que considerar que en este ensayo se utilizaron animales experimentales de mayor peso (70 kg).

#### VIII. 4 CINÉTICA DE DIGESTIÓN IN SITU DE LA MS Y FDN

La desaparición *in situ* de la materia seca del rastrojo de maíz no registro diferencia estadística alguna ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos; es decir, que la degradación no fue influenciada por el tipo de dieta experimental.

Sobre la degradación total de paredes celulares (FDN), se puede mencionar que la utilización de los SEFR Tipo I y II influyeron positivamente sobre la digestión de este componente y que este efecto se reflejó particularmente al inicio de la digestión, la cual comenzó mas tempranamente comparada con estímulo del tratamiento testigo y T3.

Probablemente, este respuesta se debió a la correcta asociación entre los ingredientes empleados en los SEFR; ya que estos pudieron influir sobre la síntesis de la microbiota celulolítica, Además de propiciar un medio ambiente ruminal optimo para su crecimiento y actividad enzimática; características esenciales para este tipo de población microbiana (Elías, 1983; Chesson y Forsberg, 1988; Leng, 1991) reflejándose así sobre la degradación de las paredes celulares del rastrojo de maíz. Es importante señalar, que este fenómeno probablemente influyó sobre la velocidad de recambio ruminal, incrementando la tasa de pasaje, lo que trae como consecuencia un mayor vaciado ruminal característica que permite incrementar el consumo de alimento; esta aseveración puede ser apoyada por los resultados reportados en el cuadro 5; donde se observa un mayor consumo de alimento en los tratamientos 1 y 2.

## IX. CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que la expresión máxima en la eficiencia fermentativa, se logro con el Suplemento Estimulante de la Fermentación Ruminal (SEFR) Tipo I, incrementando el consumo de materia seca (MS) y la degradación de esta, además de la Fibra Detergente Neutro (FDN); lo que redujo su tiempo de permanencia en el rumen. Por su parte, se mejoró notablemente la producción de amoníaco; así como su estabilización durante periodos mas prolongados durante el día. Aunado a esto se le atribuye la modificación positiva de la composición química de la dieta, incrementando el contenido de proteína cruda; ratificando que forrajes de baja calidad pueden ser la base de la alimentación para los rumiantes.

Agradecimientos:

Investigación apoyada por, PAPIIT IN 211701 UNAM

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



## **XI. SUGERENCIAS**

Se propone para complementar los resultados obtenidos en este ensayo, conocer la cinética de sólidos en el rumen y tracto gastrointestinal, tasa de recambio, tasa de paso, para comprobar las variables por efecto de los tratamientos evaluados; así como la cuantificación del aporte de proteína microbiana que llega al intestino como un indicador del impacto de estas dietas en la síntesis de microorganismos en el rumen.

## XI. LITERATURA CITADA

1. Aguilera, B. A. 1988. Evaluación del efecto de la suplementación de rastrojo amoniatizado sobre la cinética ruminal y digestibilidad en borregos pelibuey. Tesis de Maestría. UNAM
2. AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemist. Ed. 16 th Washington. D.C. USA. 600 pp
3. Akin, D.E., Gordon, G.L.R. y Hogan, J.P. 1983. Rumen bacterial and fungal degradation of *Digetarian pentzii* grown with or without sulphur. *Applied Environmental Microbiology* **46**: 738-748.
4. Bailey, A. E.1948.*Cottonseed and Cottonseed Products*, Interscience, N.Y. USA. En: *Enciclopedia de Tecnología Química*. Kirk, E. 1961. Tomo 3. Union Tipográfica. Editorial Hispano Americana. México. D.F.
5. Barret, H. J.1941. "Salt, Science, Service". *Du Pont Magazine* 25. En: *Enciclopedia de Tecnología Química*. Kirk, E. 1961. Tomo 14.Union Tipográfica. Editorial Hispano Americana. México. D.F.
6. Bateman, J. V. 1970. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. Ed. Herrero-Hernandez. México: 60 pp
7. Bergman, E.N.1990. Energy contribution of volatil fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiol. Rev.* **70**:567-590
8. Bird, S.H. y Leng, R.A. 1985. Productivity responses to eliminating protozoa from the rumen of sheep. En: *Biotechnology and recombinant DNA technology in the Animal Production Industries in Australia*. Reviews in Rural Science: Symposium No. 6 (Editors: R.A. Leng, J.S.F. Barker, D. Adams and K. Hutchinson). University of New England Printing Unit, Armidale. Australia.
9. Bird, S.H., Nolan, J.V. y Leng, R.A. 1990. The nutritional significance of rumen protozoa. En: *The Rumen Ecosystem: The Microbial Metabolism and its Regulation*. S. Hoshino, R. Onodera, H. Minato and H. Itibashi (eds.)
10. Boniface, A.N., Murray, R.M. y Hogan, J.P. 1986. Optimum level of ammonia in the rumen liquor of cattle fed tropical pasture hay. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production.* **16**: 151-154.
11. Boodoo, A.A., Ramjee, R., Hulman, B., Dolberg, F. y Rowe, J.B. 1988. The effect of supplements of cowfeed and cottonseed cake on milk production in Mauritian villages. En: *Milk and Beef Production in Mauritius*, Proceedings of a seminar organized by The Ministry of Agriculture, Fisheries y Natural Resources and The United Nations Development

- Programme. pp. 7–15 [A.A.Boodoo, L.K. Ma Poon, B. Rajkomar, J.B. Rowe, F. Dolberg and B. Hulman, editors]. Reduit, Mauritania.
12. Bray, A.C. y Till, A.R. 1975. Metabolism of sulphur in the gastro-intestinal tract. En: Digestion and Metabolism in the Ruminant, pp. 243–260 [I.W. McDonald and A.C.I. Warner, editors] Armidale, NSW: University of New England Publishing Unit.
  13. Briggs, H. M, y Séller, V. G., 1945. *J.Agr.Research*, 71:81. En: Enciclopedia de Tecnología Química. Kirk, E. 1961. Tomo 3.Union Tipográfica. Editorial Hispano Americana. México. D.F.
  14. Calorimetría. 1990. Manual de operación de la bomba de combustión con oxígeno Parr Modelo 1108. 30pp
  15. Castro, F.B., Selmer-Olsen, I., Ørskov, E.R. y Johnsen, F. 1999. Lignin as a carrier for feed grade controlled-release urea. V International Symposium of the Nutrition of Herbivores 11-16 April. San Antonio, Texas, USA
  16. Cheng, J., Forsberg, C.W., Minato, H. y Costeron, J.W. 1989. Microbial ecology and physiology of feed degradation within the rumen. Proc. of VII International symposium on ruminant physiology, Sendai, Japan. New York, Academic Press, 515-539.
  17. Chen, B. X. 1995. *Neway Excel*. Rowett Research Institute, UK.
  18. Chesson, A. y Fosberg, C. W. 1988. Polysaccharide degradation by rumen and microorganisms.251-284. In Hobson, P.N. *The rumen microbial ecosystem*. Ed. El sevier Applied Science. New York, USA:527 pp.
  19. Coleman, G.S. 1975. Interrelation ships between rumen ciliate protozoa and bacteria. En: Digestion and metabolism in the ruminant. McDonald, I.W. and Warner, A.C. (Eds.), Univ. New England, Armidale, Australia. pp. 140–164.
  20. Dolberg, F. y Finlayson, P. 1995. Treated straw for beef production in China. *World Animal Review* 82, 14–24.
  21. Doyle, P.T. 1987. Supplements other than forages. 429-464
  22. Elías, A. 1983. Digestión de pastos y forrajes Capitulo IV 187-246. En: Los pastos en Cuba. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana Cuba: 675 pp
  23. Elliot, R., Ferreriro., H.M., Priego, A. y Preston, T.R. 1978. Rice polishing as a supplement in sugar cane diets: the quantities of starch (glucose polymers) entering the proximal duodenum. *Tropical Animal Production*. 3:30-35
  24. Ferreiro, H.M., Priego, A., Lopez, J., Preston, T.R. y Leng, R.A. 1979. Glucose metabolism in cattle given sugar cane based diets suplemented with varying quantities of rice polishings.

25. Ferreiro, H.M. y Preston, T.R. 1976. Fattening cattle with sugar cane: The effect of different proportions of stalk and tops. *Tropical Animal Production* 1:178-185
26. Galina, M. A. Pineda, J., Rosado, J., Aguilar, A., Puga, C., y Murillo, J. C. 1997. Fattening of steers zebu + F1 cross feed high fermentable carbohydrate diet. Effect of a continuous non-protein nitrogen and by-pass protein supplement. *Advances in Agricultural Research* (7): 114-117
27. Galina, M.A., Guerrero, C.M., Serrano, G., Morales, R. and Haenlein, G. 2000. Effect of complex catalytic supplementation with non protein nitrogen on ruminal ecosystem of growing goats pasturing shrub land in Mexico. *Small Ruminant Research.* 36:33-42
28. Galina, M. A., Guerrero, C.M., Puga, D. C. y Haenlein, G. 2003. Effect of slow- intake urea supplementation on growing kids fed corn stubble with a balanced concentrate. *Small Ruminant Research.* Article in press.
29. Garstang, J. R. 1981. Silage supplements for calves. *Animal Production.* 32: 355-360.
30. Gill, J.L. 1978. Design and analysis of experiment in animal and medical science. Iowa State University. U.S.A. 302 pp
31. Goering, H.K. y Van Soest, P.J. 1970. Forage Fiber Analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). United States Department of Agriculture, agriculture handbook no. 379. *Agricultural Research Service*, Washington, D.C. 530 pp
32. Guo, Tinshuang y Yang, Zhenhai. 1994. Beef fattening with treated straw in China. In *Sustainable Animal Production and the Environment: Proceedings of the 7<sup>th</sup> AAAP Animal Science Congress, Bali, Indonesia, 11–16 July 1994.* [Andi Djajanegara and Anggraini Sukmawate, editors]. Indonesia: Ikatan Sarjana Ilmu-ilmu Peternakan.
33. Gutierrez, E. y Elliott, R. 1984. Interacción digestiva de la pulpa de henequen (*Agave fourcroydes*) y el pasto estrella de Africa (*Cynodon plectostachyus*). En: *Alternativas y valor nutritivo de algunos recursos alimenticios destinados a producción animal.* Informe provisional No. 16. *Fundación Internacional para la Ciencia.* Stockholm, pp 229–246
34. Haliburton, J.C. y Morgan, S.E. 1989. Non protein nitrogen-induced ammonia toxicosis in ammoniated feed toxicity syndrome. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim. Prac.* 5:237-249
35. Hecker, F. J. 1974. Experimental surgery on small ruminants. Ed. Butterworths. Great Britain: 120 pp
36. Hungate, R.E. 1966. the rumen and its microbes. New York: Academic Press.

37. Huntington, G.B. 1986. Uptake and transport of nonprotein nitrogen by the ruminant gut. *Fed. Proc.Fed. Am. Soc. Exp. Biol.* 45:2272-2276
38. Jackson, M.G. 1981. A new livestock development strategy for India. *World Animal Review.* 37: 2-8.
39. Juul-Nielsen, J. 1981. Nutritional principles and productive capacity of the Danish straw-mix system for ruminants. In: *Maximum livestock production from minimum land* (Editors: M.G. Jackson, F. Dolberg, M. Haque and M. Saadullah). Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, pp 287-299
40. Kandyliis, K. 1984. The role of sulphur in ruminant nutrition. A review. *Livestock Production Science.* 11:611-624
41. Kennedy, P. M. y Milligan, L. P. 1980. The degradation and utilization of endogeneous urea in the gastrointestinal tract of ruminants. *Canadian Journal of Animal Science.* 60:205-221.
42. Krebs, G. y Leng, R.A. 1984. The effect of supplementation with molasses/ urea blocks on ruminal digestion. *Animal Production in Australia.* 15:704
43. Leng, R.A. 1990. Factors affecting the utilization of "poor quality " forages by ruminant animals particularly under tropical conditions. *Nutricional Research Reviews.* 3: 277-303.
44. Leng, R. A. 1991. Applications of Biotechnology to Nutrition of Animals Developing Countries. FAO, UN. Rome. No. 90. 146 pp
45. Leng, R.A. 1995. Environmental issues and their potential effects on animal agriculture towards 2005. En: *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*, p. 149-159 [J.B.Rowe and J.V. Nolan, editors]. Armidale, NSW: University of New England Publishing Unit.
46. Leng, R.A. 1997. Tree foliage in ruminant nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia.
47. Leng, R.A. 1982. Modification of rumen fermentation. En: *Nutritional Limits to Animal Production from Pastures*. J.B. Hacker (ed.). CAB, Farnham Royal, U.K. pp. 427-453.
48. Leng, R. A. y Nolan, J. V. 1984. Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science* (Symposium: *Protein Nutrition of the Lactating Dary Cow*) 67 (5), 1072-1089.
49. Lonsdale, C. 1989. Straights. Raw Materials for Animal Feed Compounders and Farmers. Ed. Chalcombe, Great Britain 88 pp.
50. McDowel, L. R., Conrad, J. H. y Ellis, G. L. 1984. Mineral Deficiencies and imbalances and their diagnosis. En *Herbivore Nutrition in the Subtropics and Tropics*, pp. 67-88 [ F. M.C. Gilchrist an R.I. Makie, editors] Craighall, South Africa: The Science Press.

51. Martin, P.C. 1997. Forraje de caña en la alimentación del ganado vacuno. (Sugar cane as a forage for cattle). *Rev. Cubana Ciencia Agrícola*. **12**:51-57
52. Meyreles, L., Pound, B. y Preston, T.R. 1982. The use of *Leucaena leucocephala* or sugar cane tops as source of forage in cattle diets based on molasses/urea supplemented with chicken litter and/or wheat bran. *Tropical Animal Production*. **7**:92-97
53. Montpellier, F.A. y Preston, T.R. 1977. Digestibility of tops, rind, drinded stalk and the entire plant of sugar cane. *Tropical Animal Production*. **2**:13-17
54. Morrison, F.B. 1948. *Feeds and Feeding*. 21<sup>a</sup> ed., Morrison, Ithaca, N.Y. USA.
55. Noller, C.H., White, J.L., y Wheeler, W.E. 1980. Characterization of cement kiln dusts and Animal Response. *Journal of Dairy Science*. **63**(11):1947-1952
56. Nungent, J. H. A. y Mangant, J.L. 1981. Characteristics of the rumen proteolysis of protein 1 (185) leaf protein from leucerne (*Medicago sativa* L). *British Journal of Nutrtrion*. **46**: 39-58.
57. Ndlovu, L.R. y Buchanan-Smith, J.G. 1985. Utilization of poor quality roughages by sheep: effects of alfalfa supplementation on ruminal parameters, fibre digestion and rate of passage from the rumen. *Canadian Journal of Animal Science* **65**, 693-703. Orion Research, Inc. 1997. Ammonia electrode. NH<sub>3</sub> Modelo 95-12. USA: 37 pp.
58. Instruction manual of ammonia electrode (NH<sub>3</sub>) model 95-12. 2001. Thermo Orion. USA:42 pp.
59. Oltjen, R.R., Slyter, L., Kozak, A. S. y Williams, E. 1968. Evaluation of urea, biuret, urea phosphate and uric acid as NPN sources for cattle. *Journal of Nutrition*. **94**:193-202
60. Orpin, C. G. y Joblin. K.N. 1988. The Rumen Anaerobic Fungi.129-150. En Hobson, P.N. *The Rumen Microbial Ecosystem*. Ed. Elsevier Appliend Sience. New York, USA:527 pp.
61. Ørskov, E.R., Ded Hovell, F.D. y Mould, F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Producción Animal Tropical*. **5**:213-233.
62. Ortiz, R.M.A., Haenlein, G.F.W y Galina, M. 2002. Effects on feed intake and body weight gain when substituting maize with sugar cane in diets for Zebu steers complemented with slow release urea supplements. *Interational Journal Animal Science*. **16** (2): 239-245.
63. Owusu-Domfeh, K. 1970. *Cananadian Journal of Animal Science*. **50**:1
64. Perdok, H.B., Leng, R.A., Bird, S.H., Habib, G. y van Houtert, M. 1988. Improving livestock production from straw-based diets. En: *Increasing Small Ruminant Productivity in Semi-arid Areas*, pp. 81-91 [E.F. Thomson and F.S. Thomson, editors]. Syria: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas.

65. Preston, T.R. 1995. Tropical Animal Feeding. A manual for research workers. FAO Animal Production and Health Paper 126. Rome, Italy: 305 pp
66. Preston.T.R. 1986. Better utilization of crop residues and by-products in animal feeding: research guidelines 2. A practical manual for research workers. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia.
67. Preston, T.R., Carcano, C., Alvarez, F.J. and Gutierrez, D.G. 1976. Rice polishings as a supplement in a sugar cane diet: effect of level of rice polishings and processing the sugar cane by derinding or chopping. *Tropical Animal Production*. **1**: 150–163
68. Preston, T.R., y Leng, R. 1989. Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles. Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. (Developing livestock production systems to available resources. Basic and applied new approach for ruminant nutrition in the tropics) Consultorias para el desarrollo rural integrado en el Trópico (CONDRIT). Cali. Colombia. Colombia 311 pp
69. Puga, D.C., Galina, H.G., Pérez-Gil, R.F., Sanginés, G.L., Aguilera, B.A., Haenlein, F.G. 2001a. Effect of a controlled-release urea supplement on rumen fermentation in sheep fed a diet of sugar cane top (*Saccharum officinarum*), corn stubble (*Zea mays*) and King grass (*Pennisetum purpureum*). *Small Ruminant Research*. **39**: 269-276.
70. Puga, D.C., Galina, H.G., Pérez-Gil, R.F., Sanginés, G.L., Aguilera, B.A., Haenlein, F.G., Barajas, C.R. and Herrera, H.J.G. 2001b. Effect of a controlled-release urea supplement on feed intake digestibility, nitrogen balance and ruminal kinetics of sheep feed low quality tropical forage. *Small Ruminant Research*. **41**: 9-18.
71. Russell, J. B. y Wallace, R.J.1988. Energy Yielding and Consuming Reactions.185-215. In Hobson, P.N. *The Rumen Microbial Ecosystem*. Ed. El sevier Appliend Sience. New York, USA:527 pp.
72. Russell, J., y Wilson, D. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH . *Journal Dairy Science*. **79**:1503-1509.
73. Sansoucy, R. (1995). New developments in the manufacture and utilization of multinutrient blocks. *World Animal Review* **82**(1), 78–83.
74. SAS, Institute Inc. 1996. Statistical Analysis System. User's Guide: Statistics. Version 6.12. Edition. Cary, North Carolina. USA.320 pp
75. Sanchez, M. y Preston, R. T. 1980. Jugo de caña de azucar como alimento bovino: Comparaciones con melaza en la presencia o ausencia del suplemento proteico. *Prod Anim. Trop.* **5**: 127-134.

76. Sanginés, G.L. 1998. Efecto de la suplementación de *Atriplex canescens* sobre la cinética ruminal y digestibilidad en borregos. Tesis Maestría. UNAM. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. 89 pp
77. Satter, L.D. y Slyter, L.L. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. *British Journal of Nutrition* **32**, 199–208
78. Silva, A.T., y Ørskov, E.R. 1988. The effect of five different supplements on the degradation of straw in sheep given untreated barley straw. *Animal Feed Science Technology*. **19**:277-287
79. Silva, A. y Ørskov, E.R. 1985. Effect of unmolassed sugar beet pulp on the rate of straw degradation in the rumens of sheep given barley straw. *Proceedings Nutrition Society*.**44**: 50A
80. Silvestre, R., MacLeond, N. A. y Preston, T. R.1976. Suplementación de la caña de azúcar/urea para ganado en crecimiento: niveles de maíz y concentrado proteico. *Production Animal Tropical*. **1**:214-223
81. Trabanco, S. A. 1985. La harina de pescado como fuente proteica en los alimentos balanceados. Situación actual y perspectiva. UNAM. FMVZ. Tesis Licenciatura. México D.F. 75 pp.
82. Visek, W.J. 1984. Ammonia. It's effects on biological systems, metabolic hormones and reproduction. *Journal of Dairy Science*. **67**:481-498
83. Wallace, R.J. 1979. Effect of ammonia concentration on the composition, hydrolytic activity and nitrogen metabolism of microbial flora of the rumen. *J. Applied Biotechnology* **47**:443-455
84. Wheeler, W.E. 1979. Influence of cement kiln dust on reticulorumen parameters of beef steers fed complete diets. *Journal of Animal Science*. **49** (5):1364-1370
85. Wheeler, W.E. y Oltjen, R.R. 1979. Cement Kiln dust in complete diets for finishing steers and growing lambs. *Journal of Animal Science*. **48** (3):658-665
86. Wheeler, W.E., Noller, C.H., and White, J.L. 1981a. Influence of rate reactivity of calcitic limestone and level of calcium addition on utilization of high concentrate diets by beef steers. *Journal of Animal Science*. **53** (4):1120-1134
87. Wheeler, W.E., Noller, C.H., y White, J.L. 1981b. Comparison between limestone and cement kiln dusts of similar rates of reactivity used in high concentrate diets for beef steers. *Journal of Animal Science*. **52** (4):873-881
88. Williams, A. G. y Coleman. G. S. 1988. The Rumen Protozoa.77-128. In Hobson, P.N. *The Rumen Microbial Ecosystem*. Ed. Elsevier Applied Science. New York, USA.527 pp.
89. Zinn, R.A., Barajas, R., Montañó, M. y Sean, Y. 1996. Protein and energy value of dehydrated poultry excreta in diets for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. **74**:2331-2335