



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

EFFECTO DE UN SUPLEMENTO COMPLEJO
CATALÍTICO SOBRE LA GANANCIA DE PESO,
FERMENTACIÓN RUMINAL Y DESAPARICIÓN
in situ EN BOVINOS ALIMENTADOS CON DOS
GRAMINEAS TROPICALES.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :
NELSON OCTAVIO VARGAS UBALDO

ASESOR: DR. MIGUEL A. GALINA HIDALGO



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 un suplemento complejo catalítico sobre la ganancia
de peso, fermentación ruminal y desaparición in situ en
bovinos alimentados con dos gramíneas tropicales.

que presenta el pasante: Nelson Octavio Vargas Ubaldo
 con número de cuenta: 9755157-5 para obtener el título de:
Médico Veterinario Zootecnista

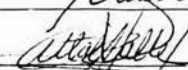
Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

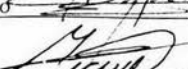
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 11 de Noviembre de 2003

PRESIDENTE Dr. Miguel Angel Galina Hidalgo 

VOCAL Dr. Guillermo Tomas Oviedo Fernandez 

SECRETARIO Dra. Virginia Citlali Hernandez Valle 

PRIMER SUPLENTE Dr. Armando Enrique Esperon Sumano 

SEGUNDO SUPLENTE M.C. Miguel Angel Perez Razo 

AGRADECIMIENTOS

Ai Dr. Miguel A. Galina Hidalgo por su confianza y paciencia que me brindo
en la realización de este trabajo.

A la Dra. Claudia Delgadillo Puga y al INCMNSZ por su comprensión, ayuda
y oportunidad de superación.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan por darme la oportunidad de
hacer realidad mi sueño.

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de estar aquí y disfrutar de la vida.

A mis padres:

Rafael y Silvia por el profundo amor y apoyo que me han brindado toda la vida.

A mis hermanos:

Karina y Aldo por hacer que mi vida sea mucho más feliz.

A mi abuelita y tía:

Leonor y Ana por sus enseñanzas, cariño y motivación incondicional.

A Laura por darme la oportunidad de compartir su vida.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| 1. RESUMEN | 1 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 3. REVISIÓN DE LITERATURA | 4 |
| 3.1 Constitución y composición de la fibra de los forrajes | 4 |
| 3.2 Composición química de los forrajes de baja calidad | 5 |
| 3.3 Utilización de los forrajes por la microbiota ruminal | 6 |
| 3.4 Consumo de los forrajes de baja calidad | 7 |
| 3.5 La caña de azúcar como recurso forrajero | 7 |
| 3.6 Puntas o cogollos de caña de azúcar | 9 |
| 3.7 Asociación de forrajes | 9 |
| 3.8 Suplementación alimenticia en el rumiante | 10 |
| 4. HIPÓTESIS | 13 |
| 5. OBJETIVOS | 14 |
| 5.1 Objetivo General | 14 |
| 5.2 Objetivos Específicos | 14 |
| 6. MATERIAL Y METODOS | 15 |
| 6.1 Experimento uno | 16 |
| 6.1.1 Tratamientos experimentales y animales | 16 |
| 6.2 Experimento dos | 18 |
| 7. RESULTADOS | 21 |
| 8. DISCUSIÓN | 27 |
| 9. CONCLUSIONES | 33 |
| 10. LITERATURA CITADA | 34 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Distribución de los ingredientes experimentales | 16 |
| Cuadro 2. Composición química (g/100 g MS) de los ingredientes experimentales | 21 |
| Cuadro 3. Peso promedio inicial y final con los tratamientos experimentales en bovinos..22 | |
| Cuadro 4. Ganancia de peso promedio (kg/animal/día) con los tratamientos experimentales en bovinos..... | 23 |
| Cuadro 5. Consumo de alimento (kg/animal/día) con los tratamientos experimentales en bovinos..... | 24 |
| Cuadro 6. Regresión lineal del promedio de Desaparición <i>in situ</i> | 26 |

ÍNDICE DE GRÁFICAS

| | |
|--|----|
| GRÁFICA 1. Cinética de pH ruminal en bovinos alimentados con los tratamientos experimentales | 25 |
| GRÁFICA 2. Producción de amoniaco (NH ₃ mg/l) ruminal en bovinos alimentados con los tratamientos experimentales | 26 |
| GRÁFICA 3. Cinética de desaparición <i>in situ</i> en bovinos alimentados con los tratamientos experimentales | 26 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1. Mapa del estado de Colima y sus diferentes municipios | 15 |
|--|----|

1. RESUMEN

Los experimentos 1 y 2, se realizaron en el Rancho “Buenos Aires” ubicado en Colima, México. En el presente trabajo se evaluó el efecto de un suplemento complejo catalítico (SCC) sobre la ganancia de peso, fermentación ruminal y desaparición *in situ* en bovinos alimentados con dos gramíneas tropicales como lo son las puntas de caña (*Saccharum officinarum*) y la planta completa de maíz (*Zea mays*). En el experimento 1 las variables a medir fueron: ganancia de peso, ganancia diaria de peso y el consumo voluntario de tres dietas experimentales, en el cual se utilizaron 60 novillos cruza de Cebú durante 120 días, asignándose 20 animales al azar por tratamiento: T1(218±30 Kg. PV) 100% de puntas de caña (PC), T2 (216 ± 36 Kg. PV) 32% de PC, 48% de planta completa de maíz (PCM) y 20 % del suplemento complejo catalítico (SCC) y T3 (217 ± 34 Kg. PV) 80% de PC y 20% del SCC. El suplemento complejo catalítico (SCC) se elaboró con: melaza (12.0%), urea (2.0%), harina de pescado (4.0%), sal (3.0%), ortofosfato (2.5%), cal (3.2%), harinolina (12.0%), pulido de arroz (12.0%), maíz (28.0%), pollinaza (8.0%), sales minerales (1.5%), sulfato de amonio (2.0%), cemento (1.8%) y sebo o grasa animal (8.0%). En el experimento 2 se midió la cinética de pH y concentración de NH₃ mg/l en líquido ruminal; así como la desaparición *in situ* de la MS de las puntas de caña; utilizando 3 bovinos cruza de Cebú (350 ± 45 Kg. PV) dotados con cánulas ruminales fijas. En la composición química se destacó el incremento en las cenizas, proteína cruda y extracto etéreo en el SCC comparado con las PC y PCM. La GDP con el T2 (0.708 kg/día) y T3 (0.641 kg/día) fue diferente estadísticamente (P<0.05) al tratamiento 1 (0.125 kg/día). El consumo de MS con el T2 registró 8.447 kg/día siendo diferente (P<0.05) al T1 (5.831 kg/día) y al T3 (7.874 kg/día). El pH ruminal en el T2 mostró una conducta muy estable al iniciar con un valor de 6.7 y terminar en 6.8; el pH ruminal con el T1 descendió desde el inicio hasta las 6 horas; incrementándose hasta 6.4 a las 12 horas. Con el T3 el pH mostró una conducta intermedia en relación al T1 y T2. El amoníaco en el líquido ruminal, presentó una conducta ascendente a las 2 horas en los tres tratamientos; donde el T3 registró la mayor concentración (167 mg/100 ml) siendo estadísticamente (P<0.05) diferente al T2 (123 mg/100 ml) y T1 (68 mg/100 ml). A partir de este momento y a lo largo de toda la observación los tratamientos 2 y 3 registraron una conducta descendente de manera similar,

para terminar con una concentración promedio de 69 mg/100 ml; con el T1 el NH₃ disminuyó hasta 11 mg/100 ml a las 12 horas. La desaparición *in situ* del contenido de materia seca (MS) de las puntas de caña (PC) por efecto de los tratamientos experimentales, se muestra en la gráfica 3. En este sentido, el porcentaje en el que desaparece la MS de las PC fue mayor por efecto de los tratamientos 2 y 3; siendo estadísticamente diferente ($P < 0.005$) al registrado por el T1 a partir de las 12 y hasta las 96 horas de experimentación. El grado máximo de digestión obtenido fue del 85% y 82% por efecto del T3 y T2 respectivamente. De manera contrastante, con el T1 sólo se obtuvo un valor máximo de degradación del 58% a las 72 horas de incubación. Los resultados mostraron el comportamiento productivo y digestivo que se obtuvo al mezclar las puntas de caña con un suplemento complejo catalítico con y sin la planta completa de maíz.

2. INTRODUCCIÓN

En México, una parte de la producción de carne de bovino se realiza en las regiones tropicales; donde los sistemas de alimentación se basan en la incorporación de recursos forrajeros (praderas, zacates de corte, ensilados, productos y subproductos de la caña de azúcar, y esquilmos entre otros). En esta región durante el año de 1997 se produjeron 474,269 toneladas de carne, representando el 35.4% de la producción del país (Ortiz, R. M. 2000). Por su parte, las características ecológicas de estas zonas propician una producción abundante de forraje, que generalmente durante la época de lluvias rebasa la capacidad de consumo de los animales presentes; sin embargo, la calidad nutritiva de estos forrajes refleja un incremento en el contenido de fibra y una baja cantidad de proteína; así como una reducida digestibilidad (Preston y Leng, 1989). Entre los cuales, se encuentran las puntas de caña de las cuales se hará referencia en este estudio.

El rumiante a desarrollado la habilidad de utilizar forrajes como única fuente de nutrientes, debido a la simbiosis entre la población microbiana presente en el rumen y el animal hospedero. En este sentido, la degradabilidad de los constituyentes de los forrajes esta basada por la actividad enzimática de esta población (Jung y Allen, 1995); lo que permite al rumiante utilizar como nutrimentos algunos de los productos de la fermentación de estos recursos (principalmente AGV's); así como aminoácidos del nitrógeno de origen microbiano (Leng, 1991; Koenig *et al.*, 2000).

Recientemente ha sido posible obtener altas tasas de eficiencia en la fermentación de forrajes para rumiantes alimentados con piensos de baja calidad suplementados con nutrientes críticos y nitrógeno no proteico (Galina *et al.*, 1997; 2000; Ortiz *et al.*, 2002a). La energía necesaria para el desarrollo microbiano puede ser proporcionada por las paredes celulares de los forrajes fibrosos a través de una degradación mayoritariamente celulolítica. En este sentido, es necesario suplementar con una cantidad adecuada de carbohidratos fermentables (Galina *et al.*, 2002) para favorecer la multiplicación microbiana.

En recientes años se a estudiado cómo manejar la alimentación y el procesamiento entre los forrajes y el concentrado, para asegurar un ambiente óptimo en el rumen que lleve al consumo de alimento y por lo tanto ocurra una mejor digestibilidad (Ørskov, 1994). En la formulación de dietas para rumiantes, es importante perfeccionar el equilibrio entre el nitrógeno y el contenido de energía del alimento, para que ocurra una fermentación equilibrada en el rumen y pueda ser alcanzado el consumo voluntario máximo y por ello sea mejor utilizado el alimento (Wallace, 1979). El

crecimiento animal tiene que ser complementado agregando proteína de baja degradación y carbohidratos (almidón) con cadenas largas de ácidos grasos a la dieta (Orskov *et al.*, 1999). Por su parte, la mezcla de forrajes de alta digestibilidad con forrajes de baja digestibilidad podría mejorar la colonización microbiana de las paredes celulares (Leng, 1991; Ortiz *et al.*, 2002a). Las puntas de caña de azúcar son una fuente importante de forraje, considerando como limitante, su alto porcentaje de fibra y su bajo contenido de proteína (Martín, 1997) para lo cual es necesaria una correcta suplementación (Elias, 1983; Leng, 1991; Puga *et al.*, 2001ab). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un suplemento proteico sobre la ganancia de peso, fermentación ruminal y desaparición *in situ* en bovinos alimentados con dos gramíneas tropicales

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 CONSTITUCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA FIBRA DE LOS FORRAJES

Es importante señalar que el rumiante ha desarrollado la habilidad de utilizar forrajes como única fuente de nutrientes. Los cuales tienen un alto contenido de lignocelulosa, este es un complejo compuesto por celulosa, pectinas, hemicelulosa y lignina con una asociación física y química sumamente estrecha. Basándose en estas características, se identifican tres fracciones:

- 1) Fracción de hidratos de carbono fácilmente fermentable por la población microbiana ruminal (glucosa, fructosa, sacarosa, almidón y algunos polisacáridos que se almacenan como fructosanas y rafínosa).
- 2) Fracción de celulosa y hemicelulosa potencialmente digestible, pero por la presencia de lignina es parcialmente aprovechada.
- 3) Fracción de lignina y sílice, esencialmente indigestible por los microorganismos ruminales (Elías, 1983; Aguilera, 1988; Wilson, 1994).

Los forrajes están formados básicamente por un complejo que constituye la pared celular llamado lignocelulosa (fibra), la cual está formada por dos paredes: la primaria y la secundaria. La primaria está compuesta por 90% de polisacáridos (microfibrillas de celulosa, pectina y hemicelulosa) y 10% de proteínas. La pared secundaria se sitúa envolviendo a la primaria y se genera cuando la planta alcanza su madurez, incrementándose la cantidad de celulosa, hemicelulosa y lignina (Pigden y Heaney, 1969; Wilson, 1994). La fibra, en especial la celulosa es una de las sustancias orgánicas que más abundan en la naturaleza y que, a su vez, constituye una de las mayores fuentes de energía para los rumiantes (Elías, 1983; Wilson, 1994). La celulosa es el polisacárido más abundante de la pared celular (20-50% de la MS) y uno de los constituyentes más insolubles, esta formada por cadenas lineales de glucosa, unidas por enlaces β -1,4 (Chesson y Forsberg, 1988). En la fibra celulósica hay alrededor de 40 cadenas de glucosa, llamada glucanos, son fuertes y se alinean por láminas sostenidas por puentes de hidrógeno, estos proporcionan una gran fuerza y resistencia a la degradación química.

Otro de los hidratos de carbono de la pared celular, lo constituye la hemicelulosa que es un polisacárido amorfo formado de cadenas cortas de glucanos, polímeros de xilosa, arabinosa, ramnosa, galactosa y por ácidos glucurónico y galacturónico. La hemicelulosa se diferencia del resto de las fracciones de la pared celular (celulosa y lignina), básicamente por la estructura química y el método de extracción a través de álcalis (Chesson y Forsberg, 1988). El contenido de hemicelulosa varía según el tipo vegetal, pero oscila en un rango de 30 a 40%. El principal componente de la fracción hemicelulósica lo compone el xilano, estas unidades de monosacáridos y sus derivados están unidos de forma continua por enlaces glucosídicos 1-3, 1-4 y 1-6. En su mayoría son moléculas lineales aunque pueden poseer ramificaciones cortas; tiene un peso molecular más bajo que la celulosa y su grado de polimerización no excede a 200. Las sustancias pécticas, son polímeros coloidales formados, en su mayor parte, por unidades de ácido anhidrogalacturónico unido por enlaces 1-4. Tienen la característica de formar geles en presencia de sacarosa a un pH adecuado (Elías, 1983).

Por otra parte, un complejo tridimensional formado por un polímero de fenilpropano carbohidratado, lo constituye la lignina cuya función es dar soporte estructural y resistencia a la pared celular de las plantas (Jung y Fahey, 1983); su estructura esta formada por una mezcla de polímeros como el 3,5-dimetoxi-4-hidroxifenilpropano, por el ácido ferúlico y ácido p-cumárico, variando su proporción con respecto al tipo de vegetal. La lignina constituye una de las partes más insolubles de la pared celular de las plantas y a causa de su estrecha asociación mediante los enlaces covalentes con los polisacáridos de la pared, frecuentemente actúa como barrera física que impide la degradación microbiana de estos compuestos, por lo que, además de no ser digerible, puede influir en la digestibilidad de otros componentes de la pared celular (Elías, 1983). La lignina esta extensamente ligada a los polisacáridos de la pared celular. A esta unión entre la lignina y los carbohidratos, se le ha denominado complejo "lignocelulósico" (Chesson y Forsberg, 1988).

3.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS FORRAJES DE BAJA CALIDAD

En la literatura relacionada con el valor nutricional de los forrajes, se ha hecho énfasis sobre la composición química básica de los forrajes, aunque algunos análisis han indicado que los componentes solubles, así como el material de la pared celular son factores útiles para el estudio sus características fermentativas (Leng, 1991). A medida que los recursos forrajeros envejecen, su calidad disminuye acentuando fundamentalmente un incremento de los elementos estructurales; así como una baja en la concentración de carbohidratos solubles, proteínas, minerales; lo que trae como

consecuencia una reducida digestibilidad (Elías, 1983). Leng en (1990) definió a los forrajes de baja calidad como aquellos con una digestibilidad menor al 55%, deficientes en proteína verdadera (menor a 80 g de proteína cruda), bajos en azúcares y almidones solubles (<100g/kg).

3.3 UTILIZACIÓN DE LOS FORRAJES POR LA MICROBIOTA RUMINAL

La accesibilidad del material celulósico a los agentes biodegradables, está directamente relacionada con su estructura física; su degradabilidad está dada por la acción enzimática de los microorganismos, la cual a su vez esta sujeta a varios factores como: el tamaño, la forma y el área de superficie de los capilares de la pared celular, además de la capacidad de adhesión de los microbios (Aguilera, 1988; Wilson, 1994). Microorganismos tales como bacterias, hongos y protozoarios colonizan prácticamente todo el material vegetal que entra al rumen. La mayor ruta de invasión es a través de las lesiones de la epidermis vegetal. Por su parte, las bacterias celulolíticas (*Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens* y *Fibrobacter succinogenes*) se adhieren, cortan y dañan la superficie de la pared celular como primer paso del proceso de degradación, algunos hongos y protozoarios (*Neocallimastix frontalis*, *Polyplastron multivesiculatum*, *Eudiplodinium maggii*, *Epidinium ecaudatum* y *Eremoplaston bovis*) son atraídos a través de quimiorreceptores hasta el sitio de colonización, enquistándose e invadiendo el tejido vegetal (Chesson y Forsberg, 1988; Russel y Wilson, 1996; Weimer 1996; Fondevila y Dehority, 1996; Matsui y Ushida, 1998). Este primer evento, es seguido por el inicio de la digestión de la celulosa, el cual se lleva a cabo a través de la acción enzimática (celulasas) de los microbios ruminales; rompiendo el polímero, en pequeñas moléculas de diferente peso molecular como oligosacáridos, di o trisacáridos (celobiosa y celotriosa), en monómeros glucosa, en pequeños alcoholes, ácidos grasos volátiles, cetonas, metano, bióxido de carbono y agua (Chesson y Forsberg, 1988).

Este fenómeno digestivo es continuado por la fermentación de la hemicelulosa, la cual se lleva a cabo por acción enzimática, liberando el disacárido xilobiosa, a través de la enzima xilosidasa para formar xilobiosa. Esta actividad representa la hidrólisis a las uniones β -1,4-xilosídicas por la hemicelulasa (Chesson y Forsberg, 1988). Los protozoarios (*Eudiplodinium maggii*, *Epidinium ecaudatum* y *Eremoplaston bovis*), participan activamente en la producción de enzimas hemicelulasas y/o xilanasas (Chesson y Forsberg, 1988). Cabe destacar que la máxima eficiencia de las enzimas celulolíticas se lleva a cabo en un rango de pH de 6.0 a 7.0 y en una temperatura promedio de 39 a 45° C.

3.4 CONSUMO DE LOS FORRAJES DE BAJA CALIDAD

La capacidad de consumo de los rumiantes alimentados con forrajes de baja calidad, depende de una larga degradación del alimento; de esta manera, las partículas de alimento con un tamaño superior a 0.2 cm son retenidas por más tiempo en el rumen, disminuyendo su flujo hacia el intestino, generando una subsecuente disminución sobre el consumo (Van der Meer y Van Es, 1987). El consumo de la materia orgánica (MO) digestible, usualmente es el factor principal, que limita la producción en los rumiantes (Arthun, 1989); es así que, el consumo responde de forma positiva a la suplementación con proteína cruda; en este sentido, se recomienda realizarla principalmente en dietas donde el contenido de PC sea menor al 5% (Allden, 1981; Hennessy y Williamson, 1983). Por otra parte, Kempton *et al.* (1977) y Van Soest (1982) sugieren que la inclusión de nitrógeno en dietas con bajos niveles de PC restaura el balance metabólico y las deficiencias nitrogenadas en los tejidos.

3.5 LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) COMO RECURSO FORRAJERO

La caña de azúcar es una gramínea perenne alta, del género *Saccharum* que llega a medir hasta 3 m de altura, las cañas pueden tener 5-6 cm de diámetro y las hojas 0.5 a 1m de largo originaria de Nueva Guinea y sus islas aledañas, siendo Cristóbal Colon, quien la introdujo a América, en Santo Domingo prosperó fácilmente, extendiéndose rápidamente a Cuba, México, Perú y otros países (Cisneros *et al.*, 1994) para la producción de azúcar. La caña de azúcar es uno de los forrajes más abundantes en los trópicos y debido a su categoría de cultivo perenne, bien manejado puede permanecer con alto rendimiento durante más de 8 años, reduciendo los costos de producción en comparación con otros cultivos, este forraje se adapta a una gran gama de suelos y condiciones climáticas, cosechándose durante el invierno (Jordan *et al.*, 1992; Preston, 1995) lo que constituye a su vez una fuente potencial de forraje para rumiantes, con la salvedad ampliamente documentada, de que no puede ser la única fuente de nutrientes, debido a sus características bromatológicas de especialización, en la formación de energía, con una baja tasa proteica (Preston, 1977).

Por otra parte, se estima que la planta de caña de azúcar completa, aporta distintas proporciones de material vegetal útil generando hasta 30% de puntas, 60% de caña, 10% de hojas, así como una proporción de material procesado del 10% como azúcar, 3% de melaza y 15% de bagazo (FAO, 1982). Los usos de la caña de azúcar como alimento animal han sido en variadas formas que van desde fresca, cultivándose como forraje hasta deshidratada, pasando por los

subproductos que se generan en la producción de azúcar: puntas, hojas y pajas, melaza, bagacillo y cachaza.

Durante mucho tiempo, las investigaciones del cultivo de la caña de azúcar se han desarrollado principalmente con fines de producción de sacarosa, para la alimentación humana o producción de alcohol en sustitución de combustible, su industrialización genera una gama de productos que se utilizan en la alimentación animal (García *et al.*, 1990; Jordan *et al.*, 1992). Debido a la característica de gran productividad, en la literatura se ha discutido, el potencial de la caña de azúcar para la alimentación animal, por la alta eficiencia con la que convierte la energía solar en biomasa, este pasto cuenta con la ventaja importante de poder cosecharse en época seca (Jordan *et al.*, 1992).

La mayoría de las revisiones consideran los aspectos nutricionales involucrados en la alimentación de rumiantes con caña de azúcar, observando las necesidades de proteína bruta, almidones así como lo conveniente de estimular el consumo voluntario de materia seca y energía digestible (García *et al.*, 1990).

Ferreiro y Preston (1977) y Barreto *et al.* (1994) han discutido las limitantes nutricionales de la caña de azúcar al ser utilizada como forraje para rumiantes; ya que su bajo contenido de proteína y alta concentración de fibra bruta, son características que constituyen un reto; sin embargo, para balancear estas deficiencias proponen la adición de diversos suplementos proteicos, además de reducir su tamaño a través de una molienda fina; lo cual influirá positivamente en el vaciado del contenido ruminal, lo que traerá como consecuencia un incremento en el consumo (Van Soest, 1982). Respecto a este tema Gonzáles y Muñoz (1991) reportaron consumos de 1.54 y 1.63 kg materia seca/100 kg PV de caña integral cuando se administró un suplemento nitrogenado activador, concluyendo que la lenta reducción de las partículas del forraje por los mecanismos con que cuenta el animal, es una de las principales limitaciones para el consumo de forraje de caña de azúcar, aun cuando se proporcione adecuadamente a este tipo de raciones los nutrientes necesarios para las microbiota ruminal, debiendo fraccionar la caña de azúcar antes de su administración, para obtener un mayor consumo con mejor aprovechamiento (Preston y Leng 1989).

3.6 PUNTAS O COGOLLOS DE CAÑA DE AZÚCAR

Las puntas o cogollos se cortan de la planta durante la cosecha y se emplean como recurso forrajero en la alimentación de los rumiantes. Como forraje, las puntas de caña frescas pueden aportar los nutrientes necesarios para satisfacer los requerimientos de mantenimiento de los rumiantes, pero para una mayor producción es necesario añadir un concentrado proteico (Preston y Leng, 1989). Las características químicas de las puntas de caña reportaron niveles bajos de proteína (5% y 6%), además de registrar un elevado contenido de paredes celulares 78.5% y como consecuencia un una baja digestibilidad que oscila entre 48 y 55% (FAO, 1982; Aguilera, 1988; Elizondo, 1998).

Para la correcta digestión ruminal de este recurso, se requiere un medio ambiente ruminal óptimo para el crecimiento de la población celulolítica ruminal, para lograr un eficiente proceso fermentativo (Galindo *et al.*, 1993). Dicho proceso puede ser influenciado positivamente, mediante elementos que corrijan el desbalance nutricional de los microorganismos, principalmente con nitrógeno para la microflora ruminal. Otro factor coadyuvante para la utilización de las puntas de caña de azúcar, sería suministrar un forraje de alta calidad, con el objeto de aumentar la tasa de recambio, permitiendo una mayor colonización de bacterias inmóviles sobre los forrajes, que se traduce en una mayor velocidad de tránsito ruminal, que a su vez estimula el consumo voluntario (Leng, 1991).

Los cogollos de caña pueden ensilarse para aprovechar mejor las grandes cantidades que se producen durante la temporada de cosecha, las puntas picadas son fáciles de ensilar y constituyen un ensilaje apetecible. Su escaso contenido de nitrógeno puede aumentarse añadiendo urea o una mezcla de urea-melaza durante el ensilado (Elías, 1983; Göhl, 1982).

3.7 ASOCIACIÓN DE FORRAJES

En la literatura científica, se ha señalado que la asociación de forrajes de alta digestibilidad con forrajes de baja digestibilidad, propician una mejor colonización del sustrato por la población microbiana ruminal (Elías, 1983; Leng, 1991; Ortíz *et al.*, 2002a). Como se ha discutido con

anterioridad, las puntas de caña son consideradas como un forraje limitante nutricionalmente hablando, lo que constituye un reto al ser incorporado como base dentro de los sistemas de alimentación de rumiantes (Silva y Ørskov, 1988; Martín, 1997). Así mismo, en la literatura científica se han reconocido los beneficios que trae al rumiante la adición de pequeñas cantidades de forraje verde a dietas basadas en paja, debido a que dan un aporte de vitaminas, minerales y aminoácidos; lo que trae como consecuencia una mejora en la digestibilidad de la dieta basal. Esta estrategia de asociación forrajera ha mostrado una mejora en el consumo, traducándose en un incremento en la productividad (Cheng *et al.*, 1989; Ortiz, M. 2000). Uno de los principales forrajes con los que se puede lograr una asociación ha sido la planta completa de maíz, ya sea picada, entera o ensilada. Este forraje se cultiva donde quiera que los veranos sean relativamente cálidos con frecuencia como cosecha intermedia y se aprovecha como forraje verde o ensilaje. Es muy apetecible y de gran valor nutritivo. Se cosecha en la fase lechosa cuando las hojas están todavía verdes y tiernas, solo se puede obtener una cosecha de cada siembra. Las variedades pueden cultivarse para forraje, pero las híbridas son las que dan mayor rendimiento. El maíz fresco en fase lechosa tiene 17.0% de MS, 8.8 de PB y 28.1 de FB; en cambio el maíz en madurez media contiene 15.7% de MS, 8.9 de PB y 31.2 de FB (Göhl, 1982).

3.8 SUPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA EN EL RUMIANTE

Ørskov en 1982 mencionó que los forrajes maduros son típicamente altos en fibra y bajos en componentes solubles, dando como resultado un pobre consumo y una baja digestibilidad; sin embargo Ellis *et al* (1979) y Elías (1983) mencionaron que un incremento en el consumo de estas fuentes de fibra, es posible gracias a una correcta suplementación; asociando algunos elementos tales como: azúcares simples de fácil fermentación como la melaza, el almidón contenido en los granos de cereales (Preston, 1986). Por su parte, Arthun en 1989 mencionó que el contenido de energía bruta de estos forrajes no parece ser una limitante; sin embargo, su bajo consumo y digestibilidad resulta en una disminución en el aporte de energía digestible y metabolizable al hospedero. Por otro lado, Elías (1983), indicó que una suplementación con azúcares solubles genera un incremento en la digestibilidad de la fibra, ya que los microorganismos ruminales (celulolíticos) son incapaces de obtener energía de la celulosa, para sus funciones celulares hasta que la molécula sea digerida (Preston, 1986); lo anterior sugiere que al inicio de la digestión es necesario la presencia de pequeñas cantidades de azúcares simples. Pero en cambio, si esta adición se

incrementa por encima de los 3 kg/500 kg de PV/día se sustituye la digestión del forraje y su utilización empeora.

Por otra parte, el aporte de nitrógeno, es una parte muy importante dentro de la nutrición de los rumiantes, para la síntesis de proteína microbiana. El nitrógeno puede ser de origen dietario, del nitrógeno no proteico (NNP) externo o del nitrógeno de reciclaje endógeno. La incorporación de recursos proteicos naturales (caseína, soya, gluten de maíz etc.); además de diversas fuentes de NNP (urea, pollinaza) trae como consecuencia una mejoría en la tasa de digestión y pasaje de estos forrajes dentro del rumen. Así mismo, Oltjen *et al.* (1968), mencionaron que la suplementación con proteína natural y NNP incrementan la digestibilidad de la MS; además de lograr una mayor eficiencia de utilización, debido a una amplia proliferación de los microorganismos celulolíticos, cuyos requerimientos simples de nitrógeno son cubiertos por la presencia de amoníaco en el rumen procedente de la hidrólisis de las proteínas o de las fuentes de NNP (Bryant y Robinson, 1961; Hungate, 1966).

Otros elementos claves para el desarrollo bacteriano son los aminoácidos esenciales. La pollinaza es un subproductos de la industria avícola, fuente de nitrógeno amoniacal y ácido úrico como NNP (Oltjen *et al.*, 1968), la cual aporta aminoácidos indispensables (arginina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, fenilalanina, triptófano y valina) o esenciales como la lisina y treonina (Dehority *et al.*, 1958; Allison, 1969; Zinn *et al.*, 1996). Como promotores de la síntesis microbiana ruminal. Zinn *et al.* (1996) mencionaron que estos últimos aminoácidos (lisina y treonina), no pueden ser sintetizados por el animal, ni su población microbiana, por lo tanto deben ser suministrados en la dieta. Por su parte, Dehority *et al.* (1958) y Bryant y Robinson (1961) mencionaron que la función principal de los aminoácidos en la degradación de la fibra, es la de aportar las cadenas carbonadas necesarias, luego de su desaminación para la síntesis de ácidos grasos volátiles, especialmente los de cadena ramificada (valérico, cáprico, isobutírico e isovalérico) estimulando la celulolisis ruminal (Elías 1983; Preston y Leng, 1984; Leng, 1991).

En este sentido, es imperativo reconocer que altas tasas de producción en el rumiante, no pueden ser sostenidas únicamente a través de los productos de fermentación ruminal; es por eso que el manejo alimenticio del hospedero debe incluir elementos energéticos y proteicos que no se fermenten en el rumen (sobre paso), siendo digeridos y absorbidos directamente en el intestino (Preston 1977; Leng, 1991). El crecimiento animal puede ser complementado agregando en la ración elementos proteicos de baja degradabilidad ruminal, principalmente harinas de origen animal

(carne, sangre, ave, pescado) y vegetal (torta de algodón, harinolina, polvillo o afrecho de arroz, maíz, soya, plátano); además del follaje de algunas leguminosas arbóreas (*Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Brosimum alicastrum*, *Guazuma ulmifolia*, etc) han incidido positivamente sobre los parámetros productivos, en el consumo y la digestibilidad de elementos forrajeros de baja calidad (Ku-Vera y Ramírez-Aviles, 1999; Ørskov *et al.*, 1999).

En la incorporación de elementos no convencionales en la alimentación de rumiantes, han destacado el uso de elementos álcalis y buffer como el cemento y la cal; insumos que fueron empleados inicialmente en la alimentación de ganado lechero, alimentado con grandes cantidades de granos, lo que trajo como consecuencia, problemas metabólicos que generaban cuadros de acidosis ruminal causando graves daños sobre la pared del rumen. De tal manera, que estos elementos han sido incorporados con la finalidad de dar un nivel en el pH del rumen con valores cercanos a la neutralidad (Wheeler *et al.*, 1981; Puga *et al.*, 2001a; 2001b).

Por su parte, el efecto de la suplementación mineral en los microbios celulolíticos ruminales, es de suma importancia para la digestión de la fibra (Elías, 1983). La mayoría de la información ha sido generada en investigaciones *in vitro*, encontrándose que elementos como el 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. Por otra parte, la adición de azufre (0.16 a 0.24%) y aminoácidos azufrados en todas sus formas (sulfato de sodio, sulfato de calcio, DL-metionina y análogos de esta) en la dieta, favorecen el crecimiento y la 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).

3. HIPÓTESIS

La utilización de un suplemento complejo catalítico (SCC) mejorará la ganancia de peso, el consumo voluntario, la fermentación ruminal y la desaparición *in situ* de la materia seca en bovinos alimentados con puntas de caña (*Saccharum officinarum*) y la planta completa de maíz (*Zea mays*).

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el efecto de un suplemento complejo catalítico sobre la ganancia de peso, fermentación ruminal y desaparición *in situ* en bovinos alimentados con dos gramíneas tropicales.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- 4.2.1 Evaluar el efecto de las puntas de caña (*Saccharum officinarum*) sobre la ganancia de peso y el consumo voluntario en novillos.
- 4.2.2 Evaluar el efecto de un suplemento complejo catalítico (SCC) sobre la ganancia de peso y el consumo voluntario en novillos alimentados con puntas de caña (*Saccharum officinarum*)
- 4.2.3 Evaluar el efecto de un suplemento complejo catalítico (SCC) sobre la ganancia de peso y el consumo voluntario en novillos alimentados con una dieta forrajera compuesta por puntas de caña (*Saccharum officinarum*) y la planta completa de maíz (*Zea mays*).
- 4.2.4 Determinar la cinética de pH y concentración de amoníaco en líquido ruminal; así como la desaparición *in situ* de la MS en novillos alimentados con puntas de caña (*Saccharum officinarum*).
- 4.2.5 Determinar la cinética de pH y concentración de amoníaco en líquido ruminal; así como la desaparición *in situ* de la MS en novillos alimentados con puntas de caña (*Saccharum officinarum*) y un suplemento complejo catalítico (SCC).

4.2.6 Determinar la cinética de pH y concentración de amoníaco en líquido ruminal; así como la desaparición *in situ* de la MS en novillos alimentados con puntas de caña (*Saccharum officinarum*), planta completa de maíz (*Zea mays*) y un suplemento complejo catalítico (SCC).

6. MATERIAL Y METODOS

Los experimentos 1 y 2, se realizaron en el Rancho “Buenos Aires” ubicado en el Km. 6.5 de la carretera Colima-Coquimatlan, desviándose 500m al suroeste, en el municipio de Coquimatlan, Colima, México. Geográficamente se encuentra dentro de las coordenadas 19°12' de latitud norte y 103° 49' de longitud oeste a una altitud de 390 msnm.



Figura 1. Mapa del estado de Colima con sus diferentes municipios.

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1973), el área presenta un clima cálido subhúmedo (A_{w0}), con una precipitación media anual de 800 a 900 mm durante el verano, una época de sequía de ocho a nueve meses y una temperatura promedio anual de 25° C.

6.1 EXPERIMENTO UNO

6.1.1 TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES Y ANIMALES

En esta observación, se utilizaron puntas de caña (*Saccharum officinarum*), la planta completa de maíz (*Zea mays*) y un suplemento complejo catalítico (SCC). En este sentido, se elaboraron tres dietas experimentales. Los ingredientes y su distribución se ilustran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución de los ingredientes experimentales

| Ingredientes | T1 | T2 | T3 |
|--------------------------------------|---------------|----|----|
| | Inclusión (%) | | |
| Puntas de caña (PC) | 100 | 32 | 80 |
| Planta completa de maíz (PCM) | ---- | 48 | -- |
| Suplemento complejo catalítico (SCC) | ---- | 20 | 20 |

El suplemento complejo catalítico (SCC) se elaboró con: melaza (12.0%), urea (2.0%), harina de pescado (4.0%), sal (3.0%), orthofosfato (2.5%), cal (3.2%), harinolina (12.0%), pulido de arroz (12.0%), maíz (28.0%), pollinaza (8.0%), sales minerales (1.5%), sulfato de amonio (2.0%), cemento (1.8%) y grasa animal (8.0%).

En este experimento, se utilizaron durante 120 días 60 bovinos cruza de Cebú, los cuales fueron divididos en tres grupos al azar con 20 animales cada uno. Cada corral constaba de 5 comederos donde se ofrecía el forraje y un comedero para el suplemento. Los forrajes

fueron homogenizados a un tamaño de partícula de entre 3 y 4 de cm. El abasto de agua se realizó dentro del corral a través de un pila comunitaria. Así mismo el forraje y el suplemento se ofertaron diariamente a las 9.00 a.m.

El primer, segundo y tercer grupo registraron un peso promedio inicial de 257 ± 7 ; 254 ± 4 y 255 ± 5 kilogramos, respectivamente.

6.1.2 EVALUACIÓN DE LA GANANCIA DE PESO Y CONSUMO VOLUNTARIO

Al inicio de la observación los animales fueron marcados y desparasitados con Ivermectina (0.5 ml/25 Kg/ IM). La ganancia de peso de los animales, fue cuantificada a través del pesaje cada 30 días, actividad que se realizó siempre a la misma hora y con los animales en ayunas; registrando el cambio de peso con ayuda de una báscula digital portátil.

Por otra parte, para conocer el grado de aceptación de los tratamientos experimentales, se cuantificó el consumo de alimento por diferencia entre la oferta y el rechazo. Mismo que estuvo disponible en todo momento.

6.1.3 ANÁLISIS QUÍMICOS

La composición química de la puntas de caña, la planta completa de maíz, así como del suplemento complejo catalítico; fue determinada a través del análisis químico proximal según la metodología de AOAC (1995). El contenido de las fracciones de fibra se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por Goering y Van Soest (1975); empleando un analizador de fibra marca Ankom 200/220. El valor energético de los ingredientes y así como las dietas experimentales fueron determinado a través de Calorimetría (Hill *et al.*, 1958).

6.1.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El análisis estadístico que se empleo en este experimento, corresponde a un diseño completamente al azar usando como covariable Peso Inicial y empleando la ganancia diaria

promedio transformada. Los resultados fueron analizados usando el paquete statistic version 6.

6.2. EXPERIMENTO DOS

6.2.1 ANIMALES EXPERIMENTALES

Durante esta observación se utilizaron 3 bovinos cruza de Cebú con un peso vivo promedio de $(350 \pm 45 \text{ Kg. PV})$ dotados con cánulas ruminales fijas (Hecker, 1974); los cuales fueron albergados en corrales individuales, dotados con comederos y beberos. Los animales fueron alimentados con las tres dietas del experimento 1. Los animales fueron alimentados durante 3 periodos experimentales con una duración de 21 días cada uno, de los cuales 14 días fueron de adaptación al consumo de las dietas y los 7 restantes se emplearon para la obtención de muestras biológicas.

6.2.2 VALORACIÓN DEL pH

Como herramienta para valorar el grado de acidez o alcalinidad del medio ruminal, se utilizó un medidor portátil Marca Orion Modelo 250A, las mediciones se realizaron al inicio del primer día del periodo experimental, tomando como referencia la hora cero; es decir el momento antes de que el animal reciba la dieta experimental; siguiendo la valoración en intervalos de 2 horas hasta completar 12 horas de observación.

6.2.3 CONCENTRACIÓN DE AMONIACO (NH_3 mg/100 ml)

La medición se llevó acabo en la fase líquida 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, siendo filtrado a través de tres paños de gasa para obtener una muestra libre de partículas sólidas; para evitar la pérdida del compuesto se adicionaron de 3 a 4 gotas de HCl a 0.2 N por cada 10 ml de líquido filtrado, y se congeló a -4°C para su posterior análisis; en el cual se empleo un electrodo de ion selectivo Marca Orion Modelo 95-12.

6.2.4 DESAPARICION *IN SITU*

La técnica de la bolsa de nylon (Ørskov *et al.*, 1980) fue empleada para cuantificar el grado de desaparición *in situ* de la punta de caña (PC) por efecto de los tratamientos experimentales. Se emplearon bolsas de 12 x 8 cm de tamaño con 1,600 holes/cm² conteniendo 3 g de PC con 1 mm de tamaño de las partículas, incubándose en el rumen a las 8, 12, 24, 48, 72 y 96 horas; al término de las 96 hrs. todas las bolsas fueron retiradas del rumen, lavándose a través de agitación en intervalos de 10 minutos hasta que el líquido de enjuague fuera claro y transparente. Para posteriormente secarse a 60° C durante 48 hr. Al material residual, se le determinó el contenido de materia seca (AOAC, 1995)

6.2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los resultados fueron sometidos a estudio mediante un análisis de regresión lineal utilizando como variable independiente las horas de incubación y como variable dependiente el porcentaje de degradación del paquete statistic version 6.

7. RESULTADOS

7.1 RESULTADOS EXPERIMENTO UNO

La composición química de los ingredientes experimentales se presenta en el Cuadro 2. Donde se destaca, el incremento en la concentración de minerales (cenizas), proteína cruda y extracto etéreo en el suplemento complejo catalítico (SCC) comparado con las puntas de caña (PC) y planta completa de maíz (PCM). Así mismo, en esta evaluación se hizo evidente la caracterización de PC, siendo primordial el contenido de fibra cruda y paredes celulares.

Cuadro 2. Composición química (g/100 g MS) de los ingredientes experimentales

| Nutrimientos | Puntas de Caña (<i>Saccharum officinarum</i>) | Planta Completa de Maíz (<i>Zea mays</i>) | Suplemento Complejo Catalítico |
|-----------------------|--|---|-----------------------------------|
| Materia seca | 89.69 | 80.65 | 93.12 |
| Ceniza | 5.08 | 9.8 | 18.89 |
| Extracto de Etéreo | 2.70 | 3.08 | 9.88 |
| Proteína cruda | 3.68 | 8.10 | 26.13 |
| Fibra cruda | 39.04 | 35.81 | 5.00 |
| FND | 78.17 | 68.82 | 37.84 |
| FAD | 40.73 | 45.75 | 16.66 |
| Celulosa | 32.90 | 26.67 | 8.01 |
| Hemicelulosa | 37.27 | 27.18 | 21.18 |
| Lignina | 11.54 | 9.48 | 4.90 |
| ELN | 40.10 | 47.94 | 40.10 |
| TND | 56.91 | 65.13 | 68.84 |
| E. Metabolizable * | 2.05 | 2.34 | 2.47 |
| Energía digestible ** | 2.50 | 2.86 | 3.02 |
| Energía bruta | 3.45 | 3.82 | 4.53 |

TND = (FC x 0.5) + (PC x 0.75) + (ELN x 0.75) + (EE x 0.75) x 2.25)

** ED = TND x 4.4/100 kcal.

* EM = ED x 0.82. (Mcal/kg de MS)

Por otra parte, la incorporación de los elementos anteriores dentro de los tratamientos experimentales, permitió evaluar su efecto sobre el comportamiento productivo de bovinos obteniendo los siguientes resultados (Cuadro 3). En este sentido, los mejores resultados se obtuvieron utilizando el tratamiento 2.

Cuadro 3. Peso promedio inicial y final con los tratamientos experimentales en bovinos.

| Tratamientos Experimentales | Periodo de observación (120 días) | |
|-----------------------------|------------------------------------|-----------------|
| | Peso inicial (kg) | Peso final (kg) |
| T1 PC | 257 ± 7kg a | 264± 6.0 kg b |
| T2 PC+PCM+SCC | 254 ± 4kg a | 295 ± 34.5 kg a |
| T3 PC+SP | 255 ± 5 kg a | 294 ± 30 kg a |

a, b = literales diferentes en columnas indican diferencia estadística significativa(P<0.05)

PC= Puntas de Caña

PCM= Planta Completa de Maíz

SCC= Suplemento Complejo Catalítico

La prueba de comparación múltiple de medias muestra el comportamiento de la ganancia diaria de peso en los bovinos alimentados con los tres tratamientos experimentales; en este sentido, los mejores resultados fueron el T2 (0.708 kg/animal/día) y T3 (0.641 kg/animal/día). Los resultados anteriores estadísticamente fueron diferentes al tratamiento 1 (0.125 kg/animal/día).

Cuadro 4. Ganancia de peso promedio (kg/animal/día) con los tratamientos experimentales en bovinos.

| Tratamientos Experimentales | Periodo de observación (120 días) | | |
|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | Peso promedio inicial (kg) | Peso promedio final (kg) | Ganancia Promedio Kg animal/día |
| T1 (PC) | 257 ± 7kg a | 264± 6.0 kg b | 0.125 ±0.31 b |
| T2 (PC+PCM+SP) | 254 ± 4kg a | 295 ± 34.5 kg a | 0.708 ± 0.15 a |
| T3 (PC+SP) | 255 ± 5 kg a | 294 ± 30 kg a | 0.641 ± 0.57 a |

a, b= literales diferentes en columnas indican diferencia estadística significativa(P<0.05)

PC= Puntas de Caña

PCM= Planta Completa de Maíz

SCC= Suplemento Complejo Catalítico

En relación al consumo de materia seca de los tratamientos (Cuadro 5); cabe señalar que los mejores resultados fueron obtenidos por el T2, registrando un consumo de 8.447 kg/día siendo estadísticamente diferente (P<0.05) al T1 (5.831 kg/día) y al T3 (7.874 kg/día).

Cuadro 5. Consumo de alimento (kg/animal/día) con los tratamientos experimentales en bovinos.

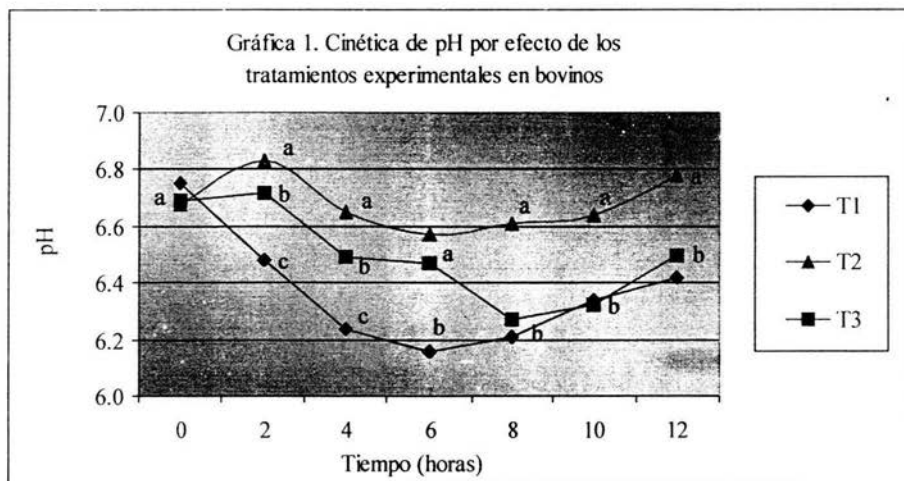
| Tratamientos Experimentales | Periodo de observación (120 días) | |
|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | Consumo Total | Consumo en relación al Peso Vivo (%) |
| T1 | 5.831 ± 0.04 c | 2.14 |
| T2 | 8.447 ± 0.07 a | 3.10 |
| T3 | 7.874 ± 0.03 b | 2.72 |

a,b,c= literales diferentes en columnas indican diferencia estadística significativa($P<0.05$)

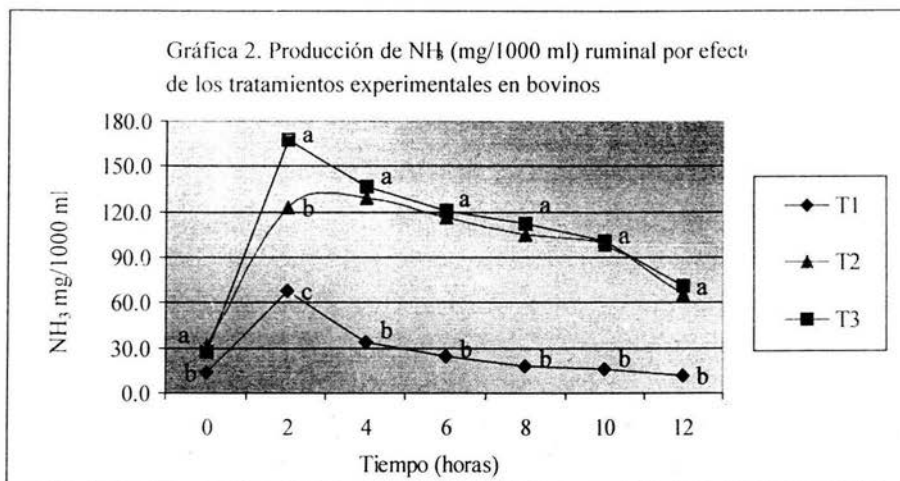
7.2 RESULTADOS EXPERIMENTO DOS

En la gráfica 1, se observa el comportamiento del pH ruminal por efecto de los tres tratamientos experimentales. En este sentido, se destaca el efecto del T2 donde la asociación de las puntas de caña, la planta completa de maíz y el suplemento complejo catalítico mostraron una conducta positiva, al iniciar con un valor de 6.7 antes de la administración de la dieta; el punto más bajo se registro 6 horas después obteniendo un valor de 6.5; sin embargo al final de la observación, el pH terminó en 6.8. Por su parte, en el T1 (100 % PC) el pH ruminal presento una conducta descendente desde el inicio de la observación hasta las 6 horas; a partir de este momento el pH registro un incremento alcanzando un valor de 6.4. a las 12 horas. En relación al T3 (80% PC y 20% SCC) el pH

mostró una conducta intermedia en relación al T1 y T2; sin embargo durante las primeras horas de observación registró un comportamiento similar al T2, pero con un menor grado de intensidad. A diferencia del T2 en este tratamiento el pH disminuyó hasta alcanzar un nivel de 6.5,



En la gráfica 2 se muestra la concentración de amoníaco en el líquido ruminal, donde los tres tratamientos presentaron una conducta ascendente a las 2 horas después de asignar la dieta; donde el T3 registro la mayor concentración (167 mg/100 ml) siendo estadísticamente ($P < 0.05$) diferente al T2 (123 mg/100 ml) y T1 (68 mg/100 ml). A partir de este momento y a lo largo de toda la observación los tratamientos 2 y 3 registraron una conducta descendente de manera similar, para terminar con una concentración promedio de 69 mg/100 ml; Por su parte el T1 después de su punto máximo a las 2 horas, cayo hasta 11 mg/100 ml a las 12 horas.



La desaparición *in situ* del contenido de materia seca (MS) de las puntas de caña (PC) por efecto de los tratamientos experimentales, se muestra en la gráfica de regresión 3. En este sentido, con las ecuaciones de regresión obtenidas en cada tratamiento se obtuvieron los valores de degradación estimada.

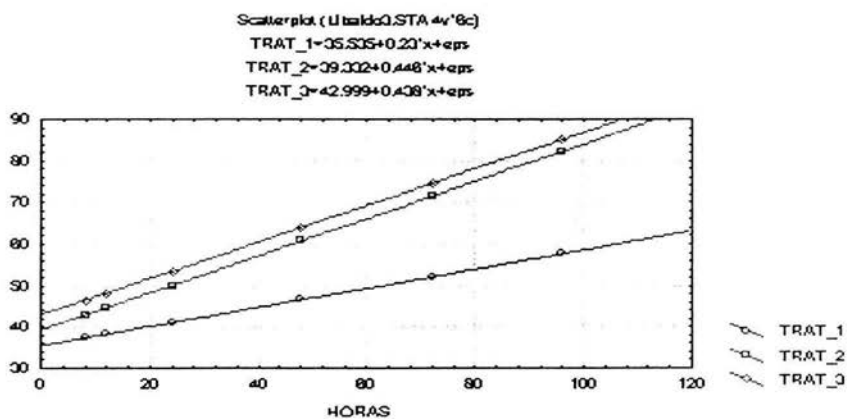
Cuadro 6. Regresión lineal del promedio de Desaparición *in situ*

| | T1 | T2 | T3 |
|-------------|-------|-------|-------|
| Alfa | 35.53 | 35.39 | 42.99 |
| Beta | 0.23 | 0.44 | 0.43 |
| Correlación | 0.98 | 0.92 | 0.93 |
| R. cuadrada | 0.95 | 0.86 | 0.87 |

La pendiente de la recta en cada tratamiento se comparo mediante una prueba de T observándose una diferencia significativa a favor del T2 (β 0.45) y T3 (β 0.44) con respecto a T1 (β 0.23).

El grado máximo de digestión obtenido fue del 85% y 82% por efecto del T3 y T2 respectivamente. De manera contrastante, con el T1 solo se obtuvo un valor máximo de degradación del 58% a las 72 horas de incubación.

Grafica 3. Desaparición in situ del contenido de MS de las PC por efecto de los tratamientos experimentales materia seca.



8. DISCUSIÓN

8.1 RESULTADOS EXPERIMENTO UNO

8.1.1 Composición química

Los resultados obtenidos en la caracterización química de las puntas de caña, señala un bajo nivel de proteína así como una elevada concentración de fibra cruda. Características que coinciden con lo que se ha discutido ampliamente en la literatura y que consideran como las dos principales limitantes de este recurso, al ser utilizado en la alimentación de rumiantes (Ferreiro y Preston, 1977; Elías, 1983; Barreto *et al.*, 1994; Galina y Aguilar, 1995). Por lo que se sugiere la suplementación con elementos nitrogenados Elías, (1983); En este sentido, González y Muñoz. (1991), señalan que la asociación de un suplemento nitrogenado (ANS-70% NNP) compuesto por 10% de urea, 27% de harina de girasol, 15% de melaza, 2% de sulfato de sodio, 5% de sales minerales, 15% de vitaminas y 3% de sal común, mejoró el aporte de nitrógeno (44.81% CP, Nx6.25) sobre una dieta que contenía 37% de forraje seco de caña de azúcar.

En relación al suplemento empleado en este estudio, es evidente que la evaluación química arroja un valor tan elevado de proteína cruda; ya que pretende cubrir los déficit nitrogenados de la base forrajera; en este sentido, los trabajos reportados por Puga *et al.* (2001ab) mostraron que las características nitrogenadas de la dieta base con puntas de caña y rastrojo de maíz se mejoran al incorporar un suplemento que oscila entre 26% y 28% de proteína cruda.

8.1.2 Peso promedio y ganancia diaria de peso

La ganancia de peso fue significativamente más alta en T2 y T3 comparadas con T1 como se demuestra en el cuadro 3. La ganancia diaria de peso en novillos alimentados con el T2 (32% con puntas de caña, 48% planta completa de maíz y 20% de un suplemento complejo catalítico), fue de 708 g/animal/día; al comparar el T2 con los obtenidos (851

g/día y 910 g/día) por Ortiz y colaboradores en (2002b) al adicionar 20% de un suplemento de liberación lenta de urea en novillos alimentados en pastoreo sobre zacate Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) e Insurgente (*Brachiaria brizantha*) fue inferior; debido a que la calidad de los pastos debió influir positivamente sobre la calidad de la dieta, reflejándose en un mejor consumo.

La proteína necesaria para el crecimiento de los animales experimentales se obtuvo corrigiendo el desequilibrio de nutrientes del forraje, proporcionando una fuente continua de nitrógeno no proteico, de urea o sulfato de amonio a las bacterias del rumen (Silva *et al.*, 1989; Leng, 1990). Mientras el mantenimiento fue apoyado principalmente por metabolitos formados en la fermentación bacteriana ruminal de las PC; el peso se incremento en T2 y T3 principalmente por la proteína microbiana y el volumen de energía de los alimentos.

También se observó el eficiente crecimiento microbial en los animales suplementados (SCC) ya que este fue mejorado por el suministro de aminoácidos esenciales como leucina, lisina, treonina y triptofano de la pollinaza (Zinn *et al.*, 1996). El incremento en la ganancia diaria de peso en los tratamientos 2 y 3, respecto del T1, se debieron quizás, a la mayor digestibilidad de la MS, a la concentración de amoníaco en rumen y al pH óptimo.

Otra experiencia de manejo suplementario en novillos fue reportada por Loemba y Molina en (1995) al incorporar 700 g/animal/día de un alimento que contenía 61.5% de harina de girasol, 13.3% de urea, 3% de sulfato de amonio, 2.7% de sulfato dicalcico, 7% de sales minerales, 2% de zeolita, 10.5% de melaza, suplemento que registró un contenido de 695 g de N/kg de MS; con el cual se logró una ganancia diaria de peso de 434 g/animal/día, resultado que fue inferior al obtenido con el T2 (708 g/día); fenómeno que se debió quizás al efecto de asociación con la planta de maíz, lo que permitió una mejora en la tasa de fermentación de la dieta base (puntas de caña), lo que permitió mejorar el consumo y con ello la administración de una mayor cantidad de nutrimentos hacia el rumen y el animal hospedero.

8.1.3 Consumo de materia seca

Oltjen y colaboradores en (1968), mencionaron que la complementación con proteína natural y NNP incrementan la digestibilidad de la materia seca; además de lograr una mayor eficiencia de utilización, debido a una amplia proliferación de los microorganismos celulolíticos, cuyos requerimientos simples de nitrógeno son cubiertos por la presencia de amoníaco en el rumen procedente de la hidrólisis de las proteínas o de la urea (Bryant y Robinson, 1961). En este sentido, Loemba y Molina en (1995) adicionaron 700g/animal/día de un alimento que contenía 61.5% de harina de girasol, 13.3% de urea, 3% de sulfato de amonio, 2.7% de sulfato dicalcico, 7% de sales minerales, 2% de zeolita, 10.5% de melaza, suplemento que registró un contenido de 695 g de N/kg de MS; con el cual se logró un consumo de 6.460 kg en novillos alimentados con forraje de caña de azúcar. Este comportamiento fue similar al obtenido con el T3 (80% de puntas de caña y 20% del suplemento proteico) al registrar un consumo total de materia seca de 7.874 kg/animal/día; lo que permite sugerir que el tipo de suplementación empleada en estos trabajos, es la adecuada para el tipo de forraje.

Por su parte, Ellis *et al* (1979) y Elías en (1983), mencionaron que un incremento en el consumo de estas fuentes de fibra, es posible gracias a una correcta complementación; asociando algunos elementos tales como: azúcares simples de fácil fermentación (melaza, almidón o granos de cereales), proteínas naturales (caseína, soya, gluten de maíz, etc.), además de diversas fuentes de NNP (urea, pollinaza) lo que trae como consecuencia una mejoría en la tasa de digestión y pasaje de estos forrajes dentro del rumen. Elías en (1983) afirmó que una complementación con azúcares solubles genera un incremento en la digestibilidad de la fibra, ya que los microorganismos ruminales son incapaces de obtener energía de la celulosa, para sus funciones celulares hasta que la molécula sea digerida; por lo tanto al inicio de la digestión es necesaria la presencia de pequeñas cantidades de azúcares simples.

Otro factor coadyuvante para la utilización de las puntas de caña, sería suministrar un forraje de alta calidad, con el objeto de aumentar la tasa de recambio, permitiendo una

mayor colonización de bacterias inmóviles sobre los forrajes, que se traduce en una mayor velocidad de tránsito ruminal, que a su vez estimula el consumo voluntario como lo menciona (Leng, 1991); característica que probablemente influyó al asociar la planta de maíz completa con las puntas de caña, reflejándose en los resultados del consumo (8.470kg/animal/día) obtenidos con el T2 (32% de PC, 48% de PCM y 20% SCC).

El consumo de materia seca voluntaria en T1 fue (5.831 kg/d) mas bajo que lo observado en T2 (8.447 kg/d) y T3 (7.874 Kg/d) pero de acuerdo con lo mencionado por Ørskov en (1998). La alta digestibilidad de las dietas experimentales se debió a la mejor actividad de la fermentación de fibra en el rumen como es evidente en la desaparición in situ (Grafica 3). Eso indica que la suplementación de SCC en T2 y T3 mejoró el equilibrio de nutrientes para las bacterias del rumen, por el aumento de energía disponible de los carbohidratos como la melaza, (Elliot *et al.*, 1978), y de minerales deficientes como fósforo y azufre (Oltjen *et al.*, 1968). La adición de ingredientes importantes a la dieta como semilla de algodón, pollinaza, y maíz fueron de gran importancia para la formación de proteína bacteriana, como la adición de cal y cemento para estabilizar el pH ruminal (Wheeler., 1981). La falta de elementos importantes en T1 mostró las posibilidades limitadas de las puntas de caña como único forraje en las dietas para rumiantes.

8.2 RESULTADOS EXPERIMENTO DOS

8.2.1 Cinética de pH ruminal

La introducción a la dieta de elementos buffer o elevadores de pH ruminal como el hidróxido de sodio (Noller *et al.*, 1980; Wheeler, 1981; Wheeler *et al.*, 1981; Gusnet y Demarne, 1987, Preston, 1995) mostraron la eficiencia de estos elementos al estabilizar el pH ruminal; fenómeno que según Puga *et al.* (2001a), mejoró la degradabilidad de los componentes de la pared celular de los forrajes de baja calidad, ya que la microbiota celulolítica responde favorablemente con un mayor crecimiento en pH superiores a 6.2; y que en niveles de 5.9 su actividad puede cesar (Istasse *et al.*, 1986; Ørskov, 1994; Weimer, 1996).

El nivel promedio de pH ruminal por efecto del tratamiento 2 fue de 6.69; valor similar al registrado por González y Muñoz en (1997) al evaluar el efecto de un suplemento nitrogenado sobre la fermentación ruminal en novillos alimentados con forraje de caña de azúcar; la inclusión de 2 kg de suplemento nitrogenado compuesto por (ANS), el pH ruminal registró un nivel de 6.68.

El menor crecimiento se presentó por efecto del T1 ya que se debió quizá a una mayor producción de proteína microbiana, impactando directamente sobre la nutrición del animal hospedero; característica que se vio influenciada por el pH ruminal, ya que dentro de estos niveles las condiciones son más favorables para la reproducción microbiana; así como una mayor actividad enzimática (Russell *et al.*, 1979; Istasse *et al.*, 1986; Ørskov, 1994; Russell y Wilson, 1996; Weimer, 1996). El azufre y el fósforo son esenciales para el crecimiento bacteriano (Leng, 1990) y estos formaron parte de las dietas experimentales. Para el presente estudio, la melaza se fortificó adecuadamente con minerales (Kunju, 1986).

8.2.2 Concentración de amoníaco en líquido ruminal

Por otra parte, el incremento del amoníaco ruminal, se debió probablemente a la degradación de la proteína verdadera, adicionada en el SCC (harinolina, harina de pescado y maíz); además del desdoblamiento enzimático (ureasas) del NNP (urea, pollinaza y sulfato de amonio) por los microbios ruminales. Obteniendo concentraciones por encima de las recomendadas por Satter y Slyter (1974). Asimismo, la concentración de amoníaco en los tratamientos 2 y 3 se incrementó con respecto al T1 a lo largo de toda la observación, este comportamiento se debió quizá a la disminución del pH generando la presencia de la forma ionizada del amoníaco (NH_4^+), el cual es impermeable a través de la mucosa ruminal, produciendo un incremento en la poza de amoníaco lo que pudo impulsar la síntesis de proteína microbiana.

En este contexto González y Muñoz (1997), reportaron una concentración amoniacal de 70.8, 76.5 y 96.9 mg de $\text{NH}_3/100$ ml en novillos alimentados con forraje de

caña de azúcar y 2, 3 y 4 kg de un suplemento nitrogenado; cabe señalar, que estos resultados fueron muy inferiores a los obtenidos en los tratamientos experimentales, donde la concentración promedio fue de 26.5, 95.4 y 105.1 mg de NH_3 /100 ml, (T1, T2 y T3) respectivamente. Por otra parte, Satter y Slyter (1974), recomendaron una concentración de amoníaco de 50 a 80 mg/1000 ml, para optimizar el crecimiento microbiano; en este sentido, los valores reportados en este trabajo estuvieron por encima de esta observación.

Sudana y Leng (1986) mencionan que los suplementos asociados a los forrajes de baja calidad deben mantener niveles continuos de amoníaco para el persistente crecimiento de microorganismos ruminales. Por consiguiente concentraciones altas de sal-urea y melaza-urea fueron parte del SCC para evitar el consumo rápido y así garantizar una poza de amoníaco de forma constante.

8.2.3 Cinética de desaparición *in situ* de las puntas de caña

Las características de las puntas han reportado niveles de proteína reducidos entre 5 y 6%, además de registrar un elevado contenido de paredes celulares 78.5% y como consecuencia un reducido nivel de digestibilidad que oscila entre 48 y 55% (FAO, 1982; Aguilera, 1988; Elizondo, 1998). Esta última característica coincidió con los resultados del T1 (Gráfica 3). Por su parte, Ferreiro y Preston (1977) obtuvieron 61% de digestibilidad de MS *in situ* con 100% de caña de azúcar en la dieta

Lo más importante alimentando a rumiantes, es asegurar que no halla deficiencias de nutrientes en la dieta para el crecimiento microbiano ruminal, sobre todo proporcionando alta-energía digestible en el alimento y nitrógeno. Los resultados observados en los tratamientos 2 y 3 probablemente se debieron a que la incorporación del SCC mejoro la fermentación ruminal reflejándose en una mayor actividad enzimática; reduciendo el material indigestible de las dietas (Russell y Wilson, 1996).

9. CONCLUSIÓN

Los resultados mostraron que la expresión máxima en el comportamiento productivo y digestivo se obtuvo al mezclar un suplemento complejo catalítico con las puntas de caña (*Saccharum officinarum*) y la planta completa de maíz (*Zea mays*).

10. 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. Allden, W.G. 1981. Energy and protein supplements for grazing livestock. En: Molrey F. H. W. *Grazing animals*. Elsevier Sci. Pub. Co. New York, USA: 289-307.
3. Allison, D.W. 1969. Forage lignins and their relationship to nutritive value. Proc. Nat. Conf. For: Qual. Eval. Utilization. Nebraska Center for continuing education Lincoln. Nebraska USA.
4. AOAC. 1995 Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemists. 16 th Ed Washington. D.C. USA, 600 pp.
5. Arthun, D. 1989. Influence of forbs and shrubs on intake, digestibility, energy and nitrogen balance, ruminal fermentation and digesta kinetics in beef steers fed low-quality forages. Tesis de Doctorado of Philosophy in Anim. Sci. New Mexico State University, Las Cruces. New México.
6. Barreto, P. J., Bonnecarreres, I., Restle, J. y Zanella, I. 1994. Avaliacao de dietas baseadas em cana de açúcar para terminacao de novilhos em confinamento. *Ciencia Rura*. 24(1) 155-160.
7. Bryant, M.P. y Robinson, I.M. 1961. *J. Dairy Sci.* 42:1823.
8. Cisneros, L.M., Castillo, C.E. y Yamanaka, G. J. 1994. La caña de azúcar como alimento animal. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. 25p.
9. Cheng, J., Forsberg, C.W., Minato, H. and 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.
10. Chesson, A. y Forberg, C.W. 1988. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms.
11. Dehoroty, B.A. Johnson, R.R. Bantley, O.C. y Moxon, A.L. 1958. *Arch. Biochem. Biophys.*
12. Doyle, P.T. 1987. Supplements other than forages. 429-464
13. Elías A. 1983. Digestión de pastos y forrajes tropicales. (Digestion of tropical pastures and forages) En: *Los Pastos en Cuba*. Instituto de Ciencia Animal. Cuba, 187-247.
14. Elizondo, E.I. 1998. Evaluación de tratamientos alcalinos sobre la calidad nutricional de subproductos lignocelulósicos. Tesis de Doctorado. Universidad de Colima. México.
15. 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. *Trop. Anim. Prod.* 3:30-35

16. Ellis, W.C. Matis, J.H. y Lascano, C. 1979. Quanting ruminal turnover. Federation Proceedings. 38:2702-2706.
17. FAO. 1982. Piensos tropicales. Resúmenes informativos sobre piensos y valores nutritivos. Ed. FAO. Roma Italia. 550.
18. Ferreiro, M.H. y Preston, T.R., 1977. Digestibilidad y consumo voluntario en tallo de caña descortezado con la adición de puntas. (Digestibility and voluntary intake of sugar cane stumps supplemented with sugar cane tops). Prod. Anim. Trop. 2:93-103
19. Fondevila, M. y Dehority, B.A. 1996. Interaction between *Fibrobacter succinogenes*, *Prevotella ruminicola* and *Ruminococcus flavefaciens* in the digestion of cellulose from forages. J. Anim. Sci. 74: 678-684.
20. Galina, M.A., y Aguilar, A., 1995. Engorda de ganado Holstein, cebú o sus cruzas con una dieta de caña de azúcar, rastrojo de maíz, sorgo, melaza y urea. Pastos y forrajes Cuba. 18 (2): 185-192.
21. Galina, M.A., Pineda, J., Rosado, J, Aguilar, A., Rubio, C y Murillo, J.C. 1997. Fattening of steers zebu+F1 cross feed high fermentable carbohydrate diet of a continuous non-protein nitrogen and by-pass protein supplement. Adv. Agric. Res. 6 (3):22-32.
22. Galina, M.A., Guerrero, C.M., Serrano, G., Morales, R. y Haenlein, G. 2000. Effect of complex catalytic supplementation with non protein nitrogen on ruminal ecosystem of growing goats pasturing shrub land in Mexico. Small. Rum. Res. (36):33-42
23. Galindo, J., Stuart, R., Fundora, O., Regalado, E., Piedra, R. y Delgado, D.1993. Efecto del genotipo en la población microbiana ruminal de toros que consumen residuos de centro de limpieza de caña. (Effect of genotype in ruminal microbial population on steers fed in a sugar cane by product of the factory). Rev. Cub. Cienc. Agríc. 27: 273-276.
24. García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Modifications of Köppen climatic classification system). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., 33 pp.
25. García, G.W. Neckles, F.A. y Lallo, C.H.O. 1990. Dietas basadas en forrajes de caña de azúcar para la producción de carne. Rev. Cub. Cien. Agríc. 24: 13-27.
26. Goering, H.K y Van Soest, P.J. 1975. Forage fiber analices (apparatus, reagents, procedures and some applications). United State department of agriculture. Agricultural research service. Washington, D.C.
27. Göhl, B. 1982. Piensos tropicales. Resúmenes informativos sobre piensos y valores nutritivos. Ed. FAO. Roma: 550 pp.
28. González, R.M. y Muñoz, E. 1991. Efecto de la suplementación nitrogenada en el consumo

- y tamaño de las partículas ruminales y fecales en vacas alimentadas con forraje de caña de azúcar. *Rev. Cub. Cienc. Agric.* 25(3): 255-259.
29. González R. Y Muñoz, E. 1997. Nitrogen supplementation in certain ruminal indicator of sugar cane diets. *Cuban J. Agric. Sci.* 37:265-268.
 30. Gusnet, P. y Demarne, Y. 1987. La regulación de la lipolyse et la lipogenese chez les mammiferes. INRA, Paris, France, 197p.
 31. Hecker, F.J. 1974. Experimental surgery on small ruminants. Butterwoths and Co., Great Britain.
 32. Hennessy D.W y Williamson, P.J. 1983. The role of energy or protein-rich supplements in the subtropics for young cattle consuming basal diets the are low in digestible energy and protein. *J. Agri. Sci.* 100: 657.
 33. Hill, W.H. Seals, J. y Montiegel, E. 1958. Destruction of animal and vegetable tissue by combustion in the parr oxygen bomb. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 19:378.
 34. Istasse, L., Reid, G.W., Tait, C.A.G., y Ørskov, E.R. 1986. Concentrates for dairy cows: effects of feeding method, proportion in diet and type. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 15:167-182.
 35. Jordan, H., Garcia-Trujillo, R., Muñoz, E y González, R. 1992. El uso de la caña de azúcar y sus subproductos en la alimentación de la vaca lechera. Curso de pastoreo y utilización de forrajes en la alimentación de rumiantes en el trópico. FES-C, UNAM. Mex. 83-90p.
 36. Jung, H.G. y Fahey, G.C. 1983. Nutritional implication of phenolic monomers and lignin. Review. *J. Anim. Sci.* 57:206-219.
 37. Jung, H.G. y Allen, M.S. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Anim. Sci* 73:2774-2790
 38. Kempton, T.J., Nolan, J.V. y Leng, RA. 1977. Principles for the use of non protein nitrogen and by-pass protein in diets for ruminants. *Wold Anim. Revi.* 22:2-9.
 39. Koenig, K.M., Newbold, C.J., McIntosh, F.M. y Rode, L.M. 2000. Effect of protozoa and bacterial nitrogen recycling in the rumen. *J. Anim. Sci.* 78:2431-2445
 40. Kunju, P.J.G. 1986. Urea molasses block lick: a feed supplement for ruminants. En: *Rice and Related feeds in Ruminants Rations*. Ibrahim and Schiere, editors. Wageningen, Pudoc. Netherlands:261-274
 41. Ku-Vera, J.C. y Ramirez-Aviles, L. 1999. Nutritive value of tropical trees and shrubs for ruminants. *Oklahoma state education course in ruminant nutrition*. USA.
 42. Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilization of "poor quality" forage by ruminants particularly under tropical conditions . *Nut. Res. Rev.* 3:277-303

43. Leng, R. A. 1991. Applications of biotechnology to nutrition of animals in developing countries. FAO. UN. Rome. No 90, Italia 146 pp
44. Loemba, R.A y Molina, A. 1995. A note on the performance of calves and yearlings fed sugarcane. Cuban J. Agric. Sci. 29: 311-315
45. Martin, P.C. 1997. Forraje de caña en la alimentación del ganado vacuno. (Sugar cane as a forage for cattle). Rev. Cub. Cienc. Agric. 12:51-57
46. Matsui, H. y Ushida, K. 1998. Use or ration of digested xylan to digested cellulose as an index of fiber digestion in plant cell-wall material by ruminal microorganisms. Anim. Feed Sci. Tech. 71:207-215.
47. Noller, C.H., White, J.L., y Wheeler, W.E. 1980. Characterization of cement kiln dusts and Animal Response. J. Dairy Sci. 63:1947-1952
48. 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. J. Nutr., 94:193-202
49. Ørskov, E.R. y McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. Camb.
50. Ørskov, E.R., Hovell, F., y Mould, F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. (Use of the nylon bag to evaluate feeds). Prod. Anim. Trop. 5:213-233.
51. Ørskov, E.R. 1982. Protein Nutrition on Ruminants. Academic Press New York, USA.
52. Ørskov, E.R. 1994. Recent advances in understanding of microbial transformation in ruminants. Livestock Prod. Sci 39:53-60
53. Ørskov, E.R. 1998. Feed evaluation with emphasis on fibrous roughages and fluctuating supply of nutrients. Small Rum. Res. 28:1-8
54. Ørskov, E.R., Meehan, D.E., Macleod, N.A. y Kyle, D.J. 1999. Effect of glucose supply on fasting nitrogen excretion and effect of level and type of volatile fatty acid on response to protein infusion in cattle. Br. J. Nutr. 81:389-393
55. Ortiz, R. M. 2000. Efecto de un alimento complejo catalítico en asociación de forrajes y fuentes alternativas de proteína en bovinos de engorda. (Effect of a complex catalytic feed in forages associations with alternative source of protein for steer fattening). Tesis Maestría. PICP. Universidad de Colima, Colima, México. 95 pp
56. Ortiz, R.M.A., Haenlein, G.F.W y Galina, M. 2002a. 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. Indian J. Anim. Sci. In Press
57. Ortiz, R.M.A., Galina, M.A. y Carmona, M.M.A. 2002b. Effect of a slow non-protein

- nitrogen ruminal supplementation on improvement of *Cynodon nlemfuensis* or *Brachiaria brizanta* utilization by Zebu steers. Liv. Prod. Sci.. In Press.
58. Pidgeon, W.J. y Heaney, D.P. 1969. Lignocellulose in ruminant nutrition. Ed. American Chemical Society. Adv. Chem. Ser. 95. Washington, USA.
 59. Preston, T.R. 1977. A strategy for cattle production in the tropics. World anim. Rev. 21: 11-17.
 60. Preston, T.R. y Leng, R.A. 1984. Supplementation of diet based on fibrous residues and by products. Amsterdam, Netherlands, 373-413.
 61. Preston, R.T. 1986. Molasse as animal feed. An overview. Sugarcane. Proceeding of an FAO expert consultation held 7-11 July Santo Domingo, Dominican Republic. 198-214.
 62. Preston, T.R. y Leng, R.A. 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuarios a los recursos disponibles. Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. CONDRIT. Cali, Colombia. 312p
 63. Preston, T.R. 1995a. Sugar cane for feed and fuel. Recent developments. W. Anim. Rev. 81: 84-89.
 64. Puga, D.C., Galina, H., Pérez-Gil, R.F., Sanginés, G.L., Aguilera, B.A., y 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 Rum. Res.. 39: 269-276.
 65. Puga, D.C., Galina, H., Pérez-Gil, R.F., Sanginés, G.L., Aguilera, B.A., Haenlein, F.G., Barajas, C.R. y 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 Rum. Res. 41: 9-18.
 66. Russell, J.R., Young, A.W., y Jorgensen, N.A. 1979. Effect of sodium bicarbonate and limestone addition to high grain diets on feedlot performance and ruminal and fecal parameters in finishing steers. J. Anim. Sci. 51:996-1002.
 67. Russell, J., y Wilson, D. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH . J. Dairy Sci 79:1503-1509.
 68. SAS. 1996. Statistical Analysis System. User's Guide: Statistics, Version 6th. Edition. SAS Institute Inc Cary, North Carolina, USA.
 69. Satter, L.D y Slyter. L.L.1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein in vitro. Br. J. Nutr. 32: 199-208.
 70. 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. Anim. Feed Sci Tech. 19:277-

71. Silva, A.T., Greenhalgh, J.F.D. y Ørskov, E.R. 1989. Influence of ammonia treatments and supplementation on the intake, digestibility and weight gain of sheep and cattle on barley straw diets. *Anim. Prod.* 48:99-108
72. Sudana, I.B., y Leng, R.A. 1986. Effects of supplementing a wheat straw diet with urea or urea-molasses block and/or cottonseed meal on intake and liveweight changes in lambs. *Anim. Feed Sci.Tech.* 16:25-35.
73. Van der Meer, J.M. y Van Es, A.J.H. 1987. Optimal degradation of lignocellulosic feeds by ruminants and in vitro digestibility test. 21-31. Ed. Elsevier Appliend Sci. New York, USA.
74. Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of ruminant, O.B. books. Inc. Corvallis O.R. 467p
75. 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
76. Weimer, P. 1996. Why don't ruminal bacteria digest cellulose faster . *J. Dairy Sci.* 79:1496-1502.
77. Wheeler, W.E. 1981. Variability in response by beef steers to cement kiln dust in high concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 52: 618-627.
78. Wheeler, W.E., Noller, C.H., y White, J.L. 1981. Influence of rate reactivity of calcitic limestone and level of calcium addition on utilization of high concentrate diets by beef steers. *J. Anim. Sci.* 53 (4):1120-1134
79. Wilson, J.R. 1994. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants. *J of Agr. Sci. Cambridge.* 122: 173-182
80. Zinn, R.A., Barajas, R., Montaña, M. y Sean, Y. 1996. Protein and energy value of dehydrated poultry excreta in diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 74:2331-2335