

11621
89

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

**EFFECTO DE UN SUPLEMENTO NITROGENADO EN DIETAS
PARA CORDEROS RAMBOUILLET.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

GRACIA MARIANA SANCHEZ GARCIA

ASESOR: DR. MIGUEL ANGEL GALINA HIDALGO

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO

2003

A

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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

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

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

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

"Efecto de un suplemento nitrogenado en dietas para corderos
 "Bamboullie?"

que presenta la pasante: CRISTINA GUERRERO SANCHEZ GARCIA
 con número de cuenta: 115 1000 para obtener el título de:
Medica Veterinaria Especialista

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

F E R T A M E N T E
 "QUE NI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Guadalupe, Jalisco, Méx. a 14 de Junio de 2005

VASIDORANTE	<u>Dr. Miguel Angel Molina Hidalgo</u>	<i>MJK</i>
VOY	<u>Q. B. LINDA MARTIN JORDAN</u>	<i>L. J.</i>
SECRETARIO	<u>Dr. GUILLERMO RAMOS AYREDO FERNANDEZ</u>	<i>G. Ayredo F.</i>
PRIMER SUPLENTE	<u>M. C. Jorge Ayredez Guillier Ordoz</u>	<i>J. Ordoz</i>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>M. C. Jorge Angel Pérez Barr</u>	<i>J. Pérez</i>

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

B

DEDICATORIAS

A MIS PADRES Y HERMANOS

Amelia, Rita y Miguel, mis hermanos Brenda y Manuel por su apoyo incondicional y gran dedicación que me brindaron para poder lograr esta meta.

Y a ti Chaparro mi amigo y compañero, por el gran cariño que siempre me demostraste. Siempre te voy a recordar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Con gran respeto y admiración. Gracia Mariana Sánchez García.

AGRADECIMIENTOS

A ti "Señor" por que me hiciste fuerte y me diste suficiente sabiduría para librar todos los obstáculos que me encontré en el camino. Gracias.

A Rita y Miguel ya que sin ustedes este sueño no se habría logrado.

A mi madre Amelia por que me supiste orientar e impulsar para realizar mi más grande anhelo.

A Brenda ya que casi sin conocerme me diste lo mas bello que tienes, "Tu amistad".

A Manuel por que fuiste uno de los pilares primordiales para realizar este sueño, sin ti no lo habría logrado.

A todos mis amigos de la Facultad en especial a Sandra, Miriam, Laura, por todos aquellos momentos inolvidables que compartimos.

A Martha Sandoval gracias por tu amistad y compañía.

Al Dr. Miguel Galina por la oportunidad brindada y su apoyo para realizarme como profesionista.

A la Dra. Magdalena y María de los Ángeles por la amistad brindada y por compartir desinteresadamente su gran sabiduría que llevan dentro.

Y a todos aquellos que de una u otro manera tuvieron que ver para lograr esta meta.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por todo, mil gracias

INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
HIPÓTESIS.....	4
OBJETIVOS.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
RESULTADOS.....	24
DISCUSIÓN.....	32
CONCLUSIONES.....	36
LITERATURA CITADA.....	37

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo observar el consumo voluntario de materia seca, así como parámetros ruminales (pH y NH_3), además de la ganancia de peso usando un suplemento de liberación continua de nitrógeno (SLCN). Se utilizaron 160 corderos de aproximadamente 3 meses de edad de la raza Rambouillet en estabulación ($15.925 \pm 0.287\text{kg/PV}$), más 4 machos adultos castrados de aproximadamente 1 año y medio de edad de la misma raza cañulados, divididos en dos grupos. La dieta 1 (RM/HA/SLCN) (experimental) se ofertó a 80 animales mas dos cañulados, alimentados con 1000g/d rastrojo de maíz (RM) y 200g/d de heno alfalfa (HA) adicionándoles 200g/cabecard del SLCN. El SLCN fue elaborado con melaza (12.0%), urea (5.0%), sal (3.0%), ortofosfato (2.5%), cal (3.2%), harinolina (12.0%), pulido de arroz (12.0%), maíz molido (25.0%), polinaza (8.0%), sales minerales comerciales (1.5%), sulfato de amonio (2.0%), harina de pescado (4.0%), cemento (1.8%) y cebo (8.0%). En la dieta 2 (HA/CB) (Testigo) se ofertó a 80 animales mas dos cañulados y se dieron 800g/d de HA mas 600g/d de un concentrado balanceado (CB), el cual estuvo elaborado con maíz (30%), salvado de trigo (40%), harina de pescado (5%), harinolina (23.5%), sales minerales (1.5%). La ganancia de peso diaria en la dieta 1 fue 351g/d (± 46) y en la dieta 2, 315g/d (± 58) ($P < 0.05$). El pH ruminal aumento a 6.9 por 2 h, cuando se ofrece la dieta 1 el cual disminuyó a 6.6 durante las 12 horas consecutivas, mientras que los borregos alimentados con HA/CB disminuyó el pH ruminal a 5.6 por 6 horas y este aumentó a 6.5 después de 12 horas. El consumo de nitrógeno (N) fue de 65.61 g/d para la dieta 1 y 29.93 g/d para la dieta 2 ($P < 0.05$). La digestibilidad *in vivo* del N fue de 79.12% para la dieta 1 y 56.14% para HA/CB ($P < 0.05$). La digestibilidad *in vivo* de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), celulosa (Ce) y hemicelulosa (He) fue similar en ambos grupos. La fibra detergente neutro (FDN) para HA/CB fue de 65.11% y para RM/HA/SLCN fue de 77.14% ($P < 0.05$). La desaparición *in situ* de la MS no mostró diferencias entre las dietas a las 8, 12, 24 y 48 horas de incubación, sin embargo a las 72 y 96 horas se observó una mayor desaparición en la dieta 1. La tasa de digestión de la FDN (k_d) fue favorable para la dieta 1 ($P < 0.05$). La tasa de pasaje (k_p) para la FDN tuvo diferencia, para la dieta 2 fue de 0.061/h y para la dieta 1 fue de 0.082 h ($P < 0.05$). La digestibilidad verdadera en la dieta 1 fue 48.26% y en la dieta 2 fue 34.11% ($P < 0.05$). El potencial de digestión *in situ* para la Ce fue alto ($P < 0.05$) con SLCN (66.27%) comparado con la dieta 2 que fue de 51.42%. La fibra indigestible fue de 43.44% para HA/CB comparado con un 29.75% para RM/SLCN ($P < 0.05$). La desaparición de la Ce en HA, fue de 17.54 h en comparación con el RM que fue de 30.34 h ($P < 0.05$). La tasa de pasaje para la He fue de 0.034/h en la dieta 1 y 0.029 h para HA/CB ($P < 0.05$). El tiempo medio ($t_{1/2}$) de desaparición de He fue más alto en la dieta 1 31.14 h comparado con 22.14 h para HA/CB ($P < 0.05$). El SLCN fue consumido en 8 a 10 horas después de ofertar, o el CB, en 30 minutos. Al adicionar SLCN se mejoró el consumo de MS, la tasa de pasaje y el pH ruminal teniendo como resultado una mejor ganancia de peso en comparación con la dieta 2. La concentración de amoníaco (NH_3) y pH fue elevado ($P < 0.05$). La cantidad total de ácidos grasos volátiles (AGV) fue diferente cuando se compararon ambas dietas ($P < 0.01$). La oferta de alimentos de liberación continua de nitrógeno como el SLCN en dietas altas en fibra (por arriba de un 70 - 80% de consumo de MS) pueden ser usadas eficientemente en los corderos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCION

En el mundo anualmente se producen cerca de 2,100 millones de toneladas métricas de residuos de cosechas, su disponibilidad y origen de estos alimentos con un alto contenido de fibra varía de acuerdo a la región del planeta donde son producidos, estos forrajes incluyen pajas, rastrojos entre otros (Ryu, 1989).

Una eficiente conversión de los alimentos altos en fibra y pobres cualidades nutritivas puede ser obtenida por los rumiantes adicionando nutrientes esenciales así como nitrógeno no proteico (NNP) (Preston, 1995; Galina *et al.*, 1998a; 2000a; Morales *et al.*, 2000a; Ortiz *et al.*, 2001). La formación de proteína microbiana puede balancearse en el hospedero de acuerdo a las necesidades de nitrógeno del mismo así como de los microorganismos ruminales (Orskov, 1992). La energía necesaria para el rumiante puede ser obtenida mejorando la celulólisis de las paredes celulares del rastrojo de maíz (Orskov, 1992; Puga *et al.*, 2001b).

Los residuos de cosechas ricos en fibra y bajos en proteína constituyen uno de los más abundantes alimentos para los rumiantes en áreas tropicales (Preston, 1995). Un elemento importante en la fermentación ruminal es el nitrógeno, el cual permite un crecimiento adecuado de bacterias ruminales, por lo tanto un incremento en la proteína microbiana (Dewhurst *et al.*, 2000). Además con la fermentación de los carbohidratos provenientes de forrajes de baja digestibilidad se puede suministrar energía para promover dicho crecimiento (Preston y Leng, 1984). Por lo que estos forrajes son identificados como la fuente más abundante de alimento a un bajo costo, haciendo énfasis en su imbalance de nutrientes tanto para los microorganismos ruminales como para el animal (Orskov, 1994).

El mejorar la fermentación confiere la habilidad de convertir alimentos fibrosos, bajos en sus cualidades proteicas, en alimentos de valiosos nutrientes para el animal (Dewhurst *et al.*, 2000), debido a que un incremento en los microorganismos ruminales puede tener dos efectos: primero aumentar el uso de paredes celulares del forraje, incrementando de esta manera la disponibilidad de energía del mismo, segundo aumentar la proteína de origen bacteriano a nivel intestino para el hospedero (Russell y Wilson 1996, Orskov, 1999). Un efecto primario de la administración continua de NNP a las bacterias ruminales más elementos esenciales maximizan el crecimiento bacteriano (Galina *et al.*, 2000a; 2000b).

Investigaciones previas han conducido a mejorar la fermentación con la adición de un suplemento de liberación continua de urea (Puga *et al.*, 2001a, 2001b). Uno de los principales problemas que presentan los forrajes fibrosos es su baja degradación la cual afecta su consumo por los rumiantes, algunos autores mencionan este hecho como una limitación física del animal (Leng, 1991; Orskov, 1998; 1999).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Investigaciones previas han conducido a mejorar la fermentación con la adición de suplementos de lento consumo (Puga *et al.*, 2001a, 2001b). La primera prioridad en la alimentación es asegurar que no haya deficiencias de nutrientes para un crecimiento microbial adecuado proveyendo carbohidratos fermentables y NNP en la dieta (Leng: 1991; Dewhurst *et al.*, 2000), ya que los principales agentes que rompen y digieren la fibra son todos anaerobios que incluyen bacterias, protozoarios y hongos. (Leng: 1991).

Las estrategias de alimentación para las bacterias ruminales incluye la adición continua de NNP para mantener niveles altos de amoníaco en el rumen. Otros factores que se incluyen son los aminoácidos esenciales, carbohidratos degradables y minerales siendo la urea una fuente de NNP para los rumiantes (Galina *et al.*, 1998a; 2000a; 2000b).

La utilización del nitrógeno en rumen varía de acuerdo a su ambiente ruminal; en donde el nitrógeno es convertido vía amonio en proteína microbiana la cual es utilizada por hospedero como suplemento a nivel intestinal (Galina *et al.*, 2002a, 2002b).

El crecimiento animal tiende a ser complementado por la adición de proteína de baja degradabilidad, carbohidratos y ácidos grasos de cadena larga en la dieta (Ørskov *et al.*, 1999).

En la literatura se menciona la utilidad de alimentar rumiantes con mezclas de forrajes de baja digestibilidad con aquellos que presentan una alta digestibilidad, debido a que se promueve la colonización de las paredes celulares de los primeros por las bacterias ruminales (Ortiz *et al.*, 2001).

Ha sido discutido con anterioridad la importancia de proveer elementos claves al rumen por largos periodos, mediante los alimentos de lento consumo los cuales se consumen en un periodo de ocho a diez horas, sin embargo no se sabe cual es el factor que determina este efecto (Ortiz *et al.*, 2001).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HIPOTESIS

La complementación con un suplemento de liberación continua de nitrógeno en corderos alimentados con rastrojo de maíz, incrementará la fermentación ruminal (pH y NH_3) y la desaparición *in situ* de materia seca (MS), celulosa (Ce) y hemicelulosa (He).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

OBJETIVOS

- 1.- Aumentar el consumo de rastrojo de maíz mediante el uso de un suplemento de liberación continua de nitrógeno en los corderos Rambouillet.
- 2.- Medir los parámetros de fermentación ruminal (pH y NH_3) y la desaparición *in situ* de la materia seca (MS), celulosa (Ce) y hemicelulosa (He) de rastrojo de maíz complementado con suplemento de liberación continua de nitrógeno.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

REVISIÓN DE LITERATURA

CONCEPTOS GENERALES DE LOS FORRAJES.

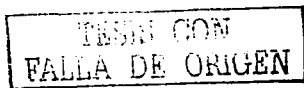
Algunos investigadores han presentado un mayor interés por determinar la calidad nutritiva de los forrajes con más énfasis en su composición química, aunque algunos análisis han indicado que los componentes solubles de la pared celular son factores útiles para el estudio de las características fermentativas de los forrajes (Leng, 1991).

La literatura reporta que ha medida que los pastos envejecen su calidad disminuye, obedeciendo fundamentalmente al aumento de elementos estructurales con la baja de carbohidratos solubles, proteínas, minerales y digestibilidad (Eliás, 1983; Herrera, 1953).

Leng (1990) define a los forrajes de baja calidad como aquellos con una digestibilidad menor a 55%, deficientes en proteína verdadera (menos a 80g de proteína cruda), bajos en azúcares y almidón solubles (<100g/kg). La utilización de este tipo de forrajes por los rumiantes se ve influenciada por varios factores asociados con el alimento o el animal, entre los cuales Leng (1990) enumera:

- 1 - Disponibilidad de nutrientes en el alimento para un eficiente crecimiento microbial y una tasa alta de digestión en rumen.
- 2 - La cantidad de componentes solubles en el forraje.
- 3 - El estado fisiológico, dieta e historial clínico del animal.
- 4 - Temperatura ambiental, la cual determina los requerimientos para mantenimiento.
- 5 - Las características químicas y físicas del forraje.

Otros elementos disculidos como fuentes forrajeras son los esquilmos y subproductos agroindustriales que constituyen un renglón potencial en la ganadería, dentro de cada zona geográfica en mayor o menor grado posee estos recursos, entre ellos se encuentran las pajas de sorgo, maíz y frijol como esquilmos, como subproductos agroindustriales la melaza de caña de azúcar, cachaza, la urea utilizada como base energética y proteica respectivamente en raciones para engorda, han permitido buenos incrementos de peso. No obstante, estas ganancias están afectadas por la cantidad así como el tipo de proteína natural que se proporciona (Flores, 1983).



En México el rastrojo de maíz es un importante esquilmo. Siendo más digestible que las pajas como la de trigo, pero aun se clasifica dentro de los forrajes fibrosos toscos de escaso valor, útil para el mantenimiento en combinación con suplementos concentrados (Algeo, 1978; Flores, 1983).

CONSUMO DE LOS FORRAJES

La capacidad de consumo de los rumiantes alimentados con forrajes de baja calidad, principalmente con forrajes tropicales depende de una larga degradación del alimento; de esta manera, las partículas de alimento con un tamaño superior a 0.2cm son retenidas por más tiempo en 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 MO digestible, usualmente es el factor principal, que limita la producción en los rumiantes (Arthur, 1989). Es así que, el consumo responde de forma positiva a la complementación con proteína cruda (PC), 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 restauraron el balance y las deficiencias nitrogenadas en los tejidos.

Orskov (1982) menciono que los forrajes maduros son típicamente altos en fibras y bajos en componentes solubles, dando como resultado un pobre consumo y una baja digestibilidad, sin embargo, Elias (1983) y Ellis *et al.* (1979), 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, pöllinaza), lo que trae como consecuencia una mejoría en la tasa de digestión y pasaje de estos dentro del rumen.

Por su parte, Arthur (1989) mencionó que el contenido de energía bruta de estos forrajes no parece ser una limitante, sin embargo, su pobre consumo y digestibilidad resulta en una disminución en el aporte de energía digestible y metabolizable al hospedero. Por otro lado, Elias (1983), indicó que una complementación 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, lo anterior sugiere que al inicio de la digestión es necesario la presencia de pequeñas cantidades de azúcares simples.

Asimismo, Oltjen *et al.* (1968), mencionaron que la complementación con proteína natural y NNP incrementan la digestibilidad de la materia seca (MS). Además de lograr una mayor eficiencia de utilización, debido a una amplia proliferación de los microorganismos celulolíticos, cuyos requerimientos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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 and Robinson, 1961; Hungate, 1966).

Asimismo, mediante la incorporación de los aminoácidos tales como la valina, lisina, isoleucina, prolina y metionina, se ejerce una influencia positiva sobre la digestión de la fibra, debido a que los microorganismos celulolíticos requieren de estos elementos para su crecimiento (Dehority *et al.*, 1958; Allison, 1969). Sin embargo, 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 celulólisis ruminal (Elias, 1983).

FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTIÓN DE LOS FORRAJES

El estudio de la nutrición de los rumiantes, es complicado debido a las características del proceso de fermentación que se efectúa en el rumen. En este sentido, hay que tener en cuenta los procesos nutricionales por separado: la nutrición de la población microbiana y la del hospedero, que en su aplicación son indispensables. Por lo tanto, esta última es de vital importancia en la producción animal. La primera puede ser de mayor significancia en la utilización de los alimentos, especialmente al alimentar con dietas fibrosas.

Esto se debe fundamentalmente a que la digestibilidad y utilización de los alimentos de naturaleza fibrosa para los rumiantes depende fundamentalmente de los microorganismos del rumen, en este contexto, es importante considerar los factores que influyen en la estimulación o disminución de la celulosa (Wilson, 1994; Elias, 1983).

El contenido de paredes celulares en un forraje es importante, por que su incremento generalmente esta seguido de una reducida digestibilidad, lo que impacta sobre todo en el consumo. Dentro de los factores que limitan la digestibilidad de las paredes celulares, se encuentra la inaccesibilidad de ataque microbiano, debido a la formación de complejos fenólicos (*p*-cumarico y los alcoholes coniferil y sinapil) presentes en la lignina, los cuales tienen una acción tóxica sobre los microorganismos celulolíticos (Chesson y Forberg, 1988).

Entre otros factores que afectan la digestión de las paredes celulares, se encuentran los relacionados con el ambiente y la función ruminal, que influyen directamente sobre la población microbiana. Asimismo, la temperatura del rumen es esencial que permanezca entre 38 y 42°C. Además de una secreción abundante y constante de saliva, que ayude al establecimiento del pH (5.9 y 7.4). (Elias, 1983).

VESE CON
FALLA DE ORIGEN

La entrada constante de nutrimentos, es otro de los factores esenciales que garantizan el desarrollo y establecimiento de la microbiota ruminal (Elias, 1983).

De esta manera, es imperativo la promoción de las condiciones de producción de gases (metano, bióxido de carbono, nitrógeno, hidrógeno) y la baja tensión de oxígeno para una mayor proliferación de los microorganismos anaeróbicos, facultativos u obligados. Aunado a los movimientos ruminales que mezclan constantemente la digesta para que la microbiota este en contacto con nutrimentos frescos, promoviendo una actividad de rumia constante, generando una reducción en el tamaño de las partículas alimenticias; de esta manera estos factores facilitan el ataque microbiano e influye sobre la tasa de pasaje de los alimentos fibrosos mejorando su utilización. Es imperativo reconocer que al suministrar diferentes tipos de raciones, se produzcan cambios en la actividad microbiana ruminal, influyendo no sólo en la actividad, sino también en la modificación de la población predominante en el rumen (Elias, 1983).

Entre otros factores, que afectan la digestibilidad de los forrajes, se encuentra la reducida disponibilidad del nitrógeno, la escasez de hidratos de carbono de fácil fermentación, además del déficit de algunos minerales, entre los que destacan el azufre, el fósforo y el calcio, elementos indispensables para la población microbiana celulolítica (Ellis *et al.*, 1979).

La digestibilidad de los forrajes, no solo esta influenciada por aspectos relacionados con la capacidad fermentativa del hospedero, si no por diversos factores como el contenido de nitrógeno y el estado de madurez de los pastos, factores climáticos (precipitación, temperatura, intensidad luminica etc), agronómicos (riego, fertilización, etc). Lo que repercute sobre los constituyentes químicos y estructurales de los forrajes reflejandose sobre su producción y calidad nutricional (Herrera, 1983).

MAIZ

1. Rastrojo de maiz.

En numerosas ocasiones, se ha destacado la importancia de los subproductos agrícolas (rastros) como parte integral de los sistemas de alimentación para ruminantes, especialmente ovinos y bovinos productores de carne, este tipo de forrajes solo pueden ser utilizados después de cosechado el grano, cuando la planta ha alcanzado su maduración fisiológica, etapa en la cual presentan un menor valor nutritivo (bajo contenido proteico), así como las características físicas propias de la planta, que impiden su incorporación en altos niveles en raciones tradicionales (Fernández *et al.*, 1981; Flores, 1983; Riquelme, 1984; Fernández-Rivera y Klopfenstein, 1989).

Un ejemplo de ellas es su baja densidad, que limita el consumo de materia seca por los animales, recomendando el procesamiento físico para incrementar la utilización de productos lignocelulósicos, ya

que la reducción del tamaño de partícula disminuye el volumen efectivo del material, aumentando la superficie susceptible al ataque de las enzimas celulolíticas, disminuyendo a su vez la cantidad desperdiciada debido a que se reduce la posibilidad de selección por parte de los animales (Fernández *et al.*, 1981; Flores, 1983; Riquelme, 1984; Fernández-Rivera y Klopfenstein, 1989).

Dyer *et al.* (1975) mencionan que si sólo el 5% de los materiales lignocelulósicos del mundo pudieran ser recolectados y procesados químicamente, podrían proveer la energía necesaria para alimentar a los rumiantes requeridos para llenar las necesidades de proteína animal que demanda la población humana.

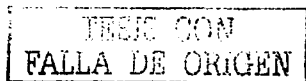
Los rastrojos utilizados en la alimentación animal cuentan con un bajo contenido de nutrientes, consecuencia directa de los cambios en la composición química de las plantas a medida que los vegetales avanzan en su estado de madurez (Berger *et al.*, 1979). Estos cambios consisten principalmente en un incremento significativo de los constituyentes estructurales (celulosa, hemicelulosa, lignina), el alto contenido de lignina ha traído como consecuencia una disminución en la digestibilidad de la materia seca, una baja en el contenido de proteína cruda, carbohidratos fermentables, cenizas solubles en ácido, carotenos además son deficientes en fósforo, azufre y sodio (Flores, 1983; Riquelme, 1984).

En un estudio respecto al contenido de energía digestible de los rastrojos, se indican valores bajos los cuales fluctúan desde 1.1 hasta 2.6 Mcal/kg, es decir que la digestibilidad de la energía varía desde poco menos de 25% hasta un valor ligeramente superior a 52%, correspondiendo los valores más altos a aquellos rastrojos que tienen mayor contenido de nitrógeno con menor tenor de lignina (Oh *et al.*, 1971).

Según las consideraciones descritas en la literatura, los rastrojos de maíz carecen de nutrientes necesarios para ser utilizados como único alimento del ganado. En consecuencia, es lógico esperar que a través de un suplemento adecuado se pueda mejorar la utilización de estos materiales e indirectamente la productividad de animales alimentados con dietas basadas en dichos ingredientes (Riquelme, 1984).

Klopfenstein *et al.* (1987), mencionan que el mayor uso de los rastrojos de maíz se hace por medio del pastoreo, después de cosechado el grano, debido a los elevados costos de corte, transporte, procesamiento y alimentación, resultando este sistema la forma más económica de utilización de dichos residuos.

En la literatura se ha mencionado un factor importante para la utilización del rastrojo de maíz, este es su tratamiento con fuentes nitrogenadas como urea o álcalis (amoníaco), lo cual permite una mayor digestión de las paredes celulares, debiendo tomar en cuenta la influencia que ejerce la adición de un concentrado en la dieta, por el efecto que tiene en la digestión del rastrojo y la actividad celulolítica las cuales pueden disminuir enmascarando así el efecto de los tratamientos químicos (Aguilera *et al.*, 1991).



UTILIZACIÓN DE LOS SUPLEMENTOS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

En la literatura se nombran "suplementos" a aquellos alimentos destinados a corregir las deficiencias cualitativas de la dieta básica (pastos, forrajes y otros voluminosos) para satisfacer los requerimientos nutricionales del animal y la microflora ruminal, no excediendo el 30% de la dieta total, es conocido que la mayor acción de los suplementos, se basa en la actividad de los microorganismos del rumen, por lo que la interacción suplemento – ración básica, está asociada a la necesidad indispensable de contar con una fuente continua de carbohidratos, que mantengan tanto la fermentación como el suministro de precursores indispensables para el crecimiento celular (Preston y Leng, 1987; Valdes y Delgado, 1990).

Ya que la tasa de fermentación debe estar sincronizada con la tasa de consumo, este fenómeno puede variar dependiendo de la calidad del alimento base, la cantidad, valor nutritivo del concentrado, la administración de los suplementos dependerá de su concentración proteica y de otros elementos como minerales, vitaminas, aditivos, peso vivo, edad de los animales, el objetivo de la empresa, la especie, calidad de la dieta base, donde la importancia económica de la utilización de los suplementos se base en la capacidad de sustituir recursos de importación o de costo elevado por productos nacionales o regionales (Preston y Leng, 1987; Valdes y Delgado, 1990).

Dentro del contexto anterior García (1973) y García *et al* (1987) mencionan el efecto negativo del uso excesivo de concentrados en el comportamiento ruminal y fisiológico de los rumiantes, así como, la importancia de las interacciones entre los factores: secundario (ambiente ruminal), básico (alimento), primario (población microbiana) y animal, proponiendo realizar la distribución de los concentrados en no menos de tres veces al día como una vía para atenuar los efectos negativos en el rumen de la utilización de altos niveles de los mismos.

Por otra parte, en la literatura se ha mencionado la acción eficaz de los suplementos nitrogenados, energéticos, minerales y vitamínicos, para garantizar una adecuada función ruminal. Ello implicaría una mayor disponibilidad de nutrientes esenciales para la multiplicación de las bacterias (especialmente las celulolíticas), una mayor magnitud de la degradación de los alimentos voluminosos con un aumento en el aporte de sustrato al intestino (Valdes y Delgado, 1990).

También se han reportado resultados cuando no son usados los suplementos, observando con la deficiencia de algún nutriente en el rumen un efecto negativo en el ecosistema ruminal, reduciendo el crecimiento microbial, si la carencia del nutriente se torna aguda eventualmente se disminuye el volumen microbial, consecuentemente la digestibilidad y el consumo de forrajes, por lo que la deficiencia de nutrientes se torna progresiva (Leng, 1991).

Los niveles de productividad en los rumiantes se incrementan cuando hay un aumento del consumo voluntario producto de la oferta continua de NNP, que estimula la degradación de paredes celulares por las bacterias del rumen (Brown *et al.*, 1988; Leng, 1990; Fondevila y Dehority, 1995; Preston, 1995; Galina *et al.*, 1998a). Este fenómeno, ha demostrado ser producto de la capacidad de los microorganismos ruminales para transformar el nitrógeno amoniacal en proteína microbiana de excelente valor biológico, de la disponibilidad de carbohidratos degradables de escape ruminal, ácidos grasos de cadena larga, NNP, hidratos de carbono y sales minerales (Preston, 1976, Leng, 1990, Preston, 1995).

Wheeler y Oltjen (1979) concluyeron que el nivel de pH cerca de la neutralidad en el tracto gastrointestinal de los rumiantes conduce a una mayor utilización de los nutrientes. Respecto a este fenómeno, Orskov y Ryle (1998) mencionan como la principal causa negativa en la digestión de la fibra el nivel de pH presente en el rumen debido a un cambio drástico en las poblaciones microbianas ruminales, creando una saturación del sustrato, lo que determina mayor cantidad de ácido láctico en rumen de la que puede metabolizarse, ocasionando una acidosis láctica.

Por otra parte, se ha demostrado que a un pH menor de 6.2 la degradación de la fibra decrece significativamente. El tipo y la cantidad de suplemento puede afectar negativamente la digestión de la fibra debido a los cambios de pH que provoque en el rumen. Un factor asociado para mantener un pH ligeramente ácido es la saliva, que mediante el bicarbonato, es el sistema buffer más importante (Orskov y Ryle, 1998), además de utilizar fuentes buffer (el cemento), alcalinizantes (cal) que permiten una estabilización del pH ruminal (Russell *et al.*, 1979, Wheeler y Oltjen, 1979, Ward *et al.*, 1980; Wheeler *et al.*, 1981a, 1981b, INRA, 1988, Preston, 1995, Russell y Wilson, 1996).

Mould *et al.* (1983) observaron que el pH era uno de los factores de mayor importancia, sin embargo existen otros elementos determinantes, entre ellos el llamado "competencia entre sustratos" o "efecto de carbohidratos". Este fenómeno es particularmente importante cuando las dietas contienen una proporción grande de carbohidratos solubles, como la melaza. Es posible que la expedita utilización de micro elementos por las bacterias de crecimiento rápido deprima a otras de menor tasa reproductiva de los nutrientes básicos. Por otro lado, especies alternas de protozoarios que remueven los productos finales de la celulolisis, pueden satisfacer sus necesidades de otras fuentes sin estar asociados con las bacterias celulolíticas, retardando la degradación de la fibra (Orskov y Ryle, 1998). Este factor fue discutido por Elías (1993) determinando un tenor de menos de 6g de carbohidratos fermentables por kg de MS como límite fisiológico del fenómeno.

La importancia de una disponibilidad adecuada de nitrógeno sobre la digestión de forrajes fibrosos en el rumen se ha reconocido desde hace varios años. Moir y Williams (1950) reportaron una correlación positiva, altamente significativa entre el nivel de nitrógeno en el contenido ruminal, el número de microorganismos y la tasa de digestión de fibra de algodón. Posteriormente Coombe y Tribe (1963)

determinaron que la utilización de un suplemento con urea incrementaba el consumo de la paja en ovinos, efecto que estaba relacionado con un incremento en la tasa de digestión de la celulosa y un menor tiempo de retención de las partículas no digeridas en el rumen.

Aún cuando en la mayoría de las investigaciones se han observado efectos benéficos de un suplemento nitrogenado sobre la utilización del rastrojo, Langlands (1969) menciona que la respuesta al utilizar suplementos nitrogenados se observa hasta cierto nivel, sobrepasando éste, solo habrá cambios si también se añade energía, dando que cuando se alcanzan altos niveles de adición de nitrógeno y energía la respuesta es generalmente inferior a la esperada, debido a un efecto sustitutivo del forraje por el concentrado. La disminución en el consumo de zacate con altas cantidades de suplementos se ha relacionado con una disminución en la actividad celulolítica de los microorganismos ruminales, que ocasiona un aumento en el tiempo de retención del material en el rumen (Campling, 1970). Asimismo, Elías (1983) menciona que existe un efecto negativo de la utilización de suplementos sobre la hidrólisis de la celulosa, presentándose cuando la cantidad de energía aportada por el concentrado, sobrepasa el mínimo necesario para la actividad celulolítica de los microorganismos.

De acuerdo con algunos resultados obtenidos por Wholt *et al.* (1978) y Martín y Brito (1997) los efectos de la adición de nitrógeno son más pronunciados cuando en el concentrado se incluyen diversas fuentes de este elemento, esencialmente si una de ellas es NNP. El hecho de que los suplementos que contienen proteína natural den mejores resultados en comparación con aquellos a base de NNP no se debe a la disponibilidad de nitrógeno, sino a la aportación de otros nutrientes específicos o a productos de la degradación microbiana de dichos ingredientes en el rumen, los cuales dan origen a sustratos requerido por los microorganismos celulolíticos, como sería el caso de ácidos grasos de cadena ramificada (Van Soest, 1982; Martín y Brito, 1996, 1997)

De acuerdo con lo anterior, Shimada (1983), menciona que dentro de la alimentación de los rumiantes, las características de las proteínas dietéticas afectan en forma importante la respuesta productiva de los animales, donde un factor involucrado es la degradación de estos nutrientes. La descomposición proteica en el medio ruminal se inicia por la acción de las enzimas extracelulares de origen bacteriano así como la fagocitosis ejercida por los protozoarios. La mayor importancia se le da a las proteínas que escapan a la digestión ruminal, llamada sobrepasante, continuando su flujo a los compartimentos posteriores del tracto gastrointestinal donde son mejor aprovechadas.

Para el desarrollo de sistemas alimenticios con base a forrajes fibrosos, es necesario mejorar los patrones de fermentación ruminal, que permite una mayor degradación de las paredes celulares para la producción de energía para los rumiantes con la formación de proteína microbiana al fijar el NNP de la dieta (Galina *et al.*, 1997; Puga *et al.*, 2001a; Delgado, 2001)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Es necesario relacionar la información sobre las características nutricionales de los recursos forrajeros regionales, en función a los requerimientos de los animales, según el propósito y la tasa productiva esperada de ellos, utilizando a los rumiantes como un sistema bicamaral, en el cual se favorece la capacidad de degradación de fibra por el ecosistema ruminal, acompañada de producción de proteína bacteriana con base a NNP, sumado a un uso estratégico de los alimentos de baja degradación ruminal (proteína protegida, carbohidratos estructurales y ácidos grasos de cadena larga) a el intestino delgado (Preston y Leng, 1987; Galina *et al.*, 1998a, 1998b, 2000a; Morales *et al.*, 2000b).

El desarrollo de este tipo de complementos alimenticios requieren del entendimiento del papel relativo y las necesidades de nutrientes del sistema de dos cámaras, representado por la relación simbiótica entre los organismos ruminales y el animal (Preston y Leng, 1984; Orskov, 1994).

Los forrajes de baja calidad han sido definidos por Leng (1990), como aquellos con menos de 55% de digestibilidad, deficientes en proteína verdadera con menos de 80g por kg de MS y pobres en azúcares solubles y almidón (menos de 100g por kg). Con anterioridad se han discutido estrategias para mejorar la utilización de estos forrajes sugiriéndose primero proveer suplementos que corrijan el desbalance para las bacterias ruminales acompañado de un incremento a la cantidad de energía para estas, ofreciéndose selectivamente el NNP (Alvarez *et al.*, 1976; Elliot *et al.*, 1978a; Orskov, 1994; Fondevila y Dehority, 1995; Fernández, 1996; Krouse y Russell 1996; Morrison, 1996; Russell y Wilson, 1996; Weimer, 1996; Wells y Russell, 1996; Galina *et al.*, 1998a).

Avances recientes en países tropicales han demostrado que se pueden obtener niveles de producción de mediana a altos con una buena eficiencia de la conversión alimenticia en los rumiantes, utilizando forrajes de pobre calidad adecuadamente adicionadas con nutrientes críticos entre los cuales se encuentra el amonio, aminoácidos esenciales, el azufre y el fósforo para las bacterias ruminales (Preston, 1995; Orskov y Ryle, 1998)

La alimentación de las bacterias ruminales tiene que considerar el aporte continuo de NNP para mantener niveles altos de nitrógeno amoniacal en el rumen, proteína con aminoácidos claves, carbohidratos solubles y sales minerales. El aumento del consumo voluntario es producto de la oferta continua de NNP que estimula la degradación de los carbohidratos por las bacterias del rumen principalmente *Ruminococcus succinogenes*, *R. albus* y *R. flavelaciens* como fue discutido con anterioridad (Leng, *et al.*, 1991; Fondevila y Dehority, 1995; Carrizales, 1996; Brown *et al.*, 1988).

La productividad del animal se da cuando la dieta conlleva proteína de sobre paso, carbohidratos de escape del rumen y ácidos grasos de cadena larga, entre otros elementos claves, que participan disminuyendo la oxidación de la glucosa, este proceso metabólico intestinal debe ser complementado

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

con proteína microbiana y glucosa. El nivel de amonio necesario ciertamente depende del pH ruminal y por lo tanto de la relación $\text{NH}_3\text{-NH}_2$ (Smith *et al.*, 1972; Leng, 1990).

El pH ruminal es consistentemente cercano a la alcalinidad (6.5 - 7.0) cuando los animales no reciben concentrado siendo alimentados solamente con forrajes, de cualquier manera el pH desciende con la adición de concentrado de cereales disminuyendo el nivel de amoniaco (Boniface *et al.*, 1986; Puga *et al.*, 2001a). además de que las bacterias celulíticas disminuyen su crecimiento de bajo de un pH de 6.2 cesando su actividad totalmente a un pH de 5.9 (Russell *et al.*, 1979; Istasse *et al.*, 1986; Orskov, 1994; Russell y Wilson, 1996; Weimer, 1996). Cal y cemento han sido utilizados como fuentes alcalinizantes, de efecto buffer y de sales minerales (Russell *et al.*, 1979; Wheeler y Oltjen, 1979; Ward *et al.*, 1980; Noller *et al.*, 1980; Wheeler *et al.*, 1981a; Gusnet y Demarde, 1987; Preston, 1995; Russell y Willson, 1996).

En México, la energía es el recurso básico que se forma a través de los pastos tropicales, la melaza, la caña de azúcar, las pajas de arroz o el maíz, que puede ser enriquecido adicionando fuentes de nitrógeno fermentable (urea) que son de bajo costo, mientras los aminoácidos y componentes glucogénicos (los concentrados y los productos de cereales) son caros por provenir de fuera de la región. Por ello los pastos tropicales deben ser la principal fuente de energía de los trópicos (Martín y Palma, 1999).

Cuando se va a utilizar este tipo de carbohidratos, fuente importante de forrajes fibrosos, las estrategias de alimentación deben tomar en consideración los papeles y las necesidades nutricionales de los microorganismos ruminales. Esta nueva tecnología identifica los forrajes ricos en fibra como los elementos más importantes en la dieta, los avances recientes en nutrimento de "escape" han sido utilizadas ampliamente en la alimentación animal (Preston, 1995).

La sincronización entre el aporte de NNP consumido en 8 horas con un aporte de carbohidratos fermentables en el rumen explican la mayor utilización de las paredes celulares con formación de proteína bacteriana. El aumento de paso de nitrógeno microbiano al intestino delgado se puede atribuir por lo menos parcialmente a la gran cantidad de energía ofertada por la materia orgánica fermentada en el rumen (Delgado, 2001)

El aporte de energía producto de una mayor tasa de degradación de las paredes celulares de la paja de avena acompañada de una formación intensa de proteína bacteriana (Puga *et al.*, 2001a). La proteína bacteriana ha sido en el presente resultado la principal fuente de nitrógeno para los rumiantes, no obstante han sido causa de discusión en la literatura debido a los requerimientos de péptido/aminoácidos para el crecimiento de los microorganismos ruminales, que como también esta es una de las principales fuentes de nitrógeno fermentable al igual que la urea (Leng, 1990; Zinn *et al.*, 1996)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El incremento en el consumo voluntario de MS para proveer la energía es el resultado de mejorar la digestibilidad a través de la acción continua sobre paredes celulares de las bacterias celulolíticas (*Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albes*, *R. flavefaciens*) favorecidas por la presencia continua de nitrógeno no proteico como se menciona ya anteriormente (Brown *et al.*, 1988; Leng, 1990; Preston, 1995).

La asociación de un forraje de mayor tasa de sobrepaso en pequeñas cantidades ha demostrado coadyuvar a la utilización de uno más fibroso debido probablemente a que permite colonizar con las bacterias anaerobias inmóviles del rumen el forraje tosco permitiendo una mayor degradación de las paredes celulares (Delgado, 2001)

En la mezcla, el amonio puede asegurar el crecimiento microbiano. El nivel necesario de amonio depende del pH del rumen (Smith *et al.*, 1972). El pH ruminal regulado por el cemento y la cal puede ser tomada como la clave para el establecimiento de bacterias celulolíticas en los animales con suplemento de aporte continuo de nitrógeno (Wheeler y Oltjen, 1979; Wheeler *et al.*, 1981a).

La proteína de baja digestibilidad en el rumen contenida en la harina de pescado y los carbohidratos de paso como los de maíz y el pulido de arroz son fuentes imprescindibles en rumiantes cuando consumen forrajes fibrosos para la utilización adecuada de las paredes celulares (Elliot *et al.*, 1978a).

LOS OVINOS.

Los primeros borregos que llegaron a México junto con los españoles, fueron de las razas Merino y Rambouillet, mismos que constituyeron los rebaños mas grandes con que ha contado el país en la historia de la ovinocultura. Durante el periodo de la post-revolución, ya en el presente siglo, la actividad ovina sufrió socialmente una transformación importante, pues dejó de ser una empresa extensiva de grandes rebaños y se constituyó básicamente en explotaciones de pequeños rebaños con uso de mano de obra familiar y con producción destinada al auto consumo y complementando del ingreso familiar. El 80% de la población ovina se encuentra en manos de ejidatarios, minifundistas y comuneros; el resto se encuentra en propiedades privadas mayores de 5 hectáreas (Juergenson, 1979).

En la actualidad la producción ovina nacional es en gran medida deficiente. En el caso de la carne aún cuando el consumo per cápita mínimo está considerado por la FAO para este país en 700g, anuales, este no se llega a cubrir y se tiene que importar ganado de desecho de los Estados Unidos desde finales de la década de los 60's. Es conveniente pero alarmante conocer como dato curioso que Australia y Nueva Zelanda tiene un consumo de carne ovina promedio per cápita de más de 40kg, Uruguay y Gran Bretaña de 18Kg; y los países Árabes de 10Kg. Lo mismo ha ocurrido en el caso de la lana, que a pesar de ser

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

muy bajo consumo textil nacional, también se ha tenido que importar de Sudamérica y Oceanía. (FAO, 2001).

Recientemente se ha despertado el interés por la crianza y explotación de esta especie pecuaria en nuestro país, ya que durante los últimos años ha tenido una gran demanda de carne de este tipo: que ha superado el millón de cabezas anuales. (SAGARPA 20001). El rebaño nacional, de apenas 5, 980, 000 cabezas reportadas en el 2001 (FAO, 2002) apenas alcanza a satisfacer en un 42.3% la actual demanda, mientras que el restante 57% tiene que ser satisfecho por importaciones de carne y ovinos en pie, provenientes de países tradicionalmente ovejeros. (SAGARPA 2001) Regularmente de vientres de desecho y canales congeladas.

La producción de ovejas, es una actividad pecuaria que existe en nuestro país a partir de la conquista de los españoles. La producción de los ovinos en México se orientó inicialmente hacia la obtención de lana para abastecer la industria textil, llegando a tener una población de 30 millones de cabezas, disminuyendo de manera importante en las últimas décadas por la generación de fibras sintéticas (Palma *et al.*, 1995).

En nuestro país según Galina (1990) se pueden observar tres diferentes sistemas de producción ovina.

- 1) Producción de lana.
- 2) Producción de carne
- 3) Producción de pie de cría.

Los ovinocultores dedicados a la producción de carne están constituidos, sobre todo por aquellos que la comercializan en forma de barbacoa. Localizados principalmente en el centro del país en los estados de México, Puebla, Hidalgo, Morelos, Tlaxcala y algunos alejados del altiplano central como Jalisco y San Luis Potosí. Este sistema se caracteriza por un pastoreo suplementado, teniendo un desarrollo en los últimos años en donde se utilizan borregos de razas pesadas, (Suffolk, Dorset y Rambouillet) con el objeto de aumentar el tamaño de los corderos con un programa integrado de mejoramiento genético, siendo su principal fuente de ingresos la venta de animales para abasto. Asimismo, en este sistema se considera la producción de carne ovina generada en las regiones tropicales, realizada mayoritariamente con animales Pelibuey, alimentados en pastos nativos o introducidos con una suplementación variable de acuerdo a la época o al productor. (Palma *et al.*, 1995).

En el caso de los sistemas donde los ovino son la única actividad del rancho, la forma más común de explotación es el pastoreo extensivo, ya sea de gramas nativas o pastos introducidos, los cuales además de ser de baja calidad nutritiva presentan una estacionalidad en su volumen de materia seca. (Cruz, 1991).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se ha sugerido que para el desarrollo de sistemas alimenticios con base a forrajes fibrosos, es necesario mejorar los patrones de fermentación ruminal, que permita una mayor degradación de las paredes celulares para la producción de energía para los rumiantes con la formación de proteína microbiana al fijar el NNP de la dieta (Galina *et al.*, 2000a).

Es necesario relacionar la información sobre las características nutricionales de los recursos forrajeros regionales, en función a los requerimientos de los animales, según el propósito y la tasa productiva esperada de ellos, utilizando los rumiantes como un sistema de dos cámaras, en el cual se favorece la capacidad de degradación de fibra por el ecosistema ruminal, acompañada de producción de proteína bacteriana con base a NNP, sumado a un uso estratégico de los alimentos de baja degradación ruminal (proteína protegida, carbohidratos complejos y ácidos grasos de cadena larga) al intestino delgado (Preston y Leng, 1984). Esto requiere ajustar los elementos de los alimentos favorecedores de la fermentación (Puğa *et al.*, 2001a, 2001b Deigadillo 2001).

Múltiples ensayos en campo con diferentes especies han demostrado la factibilidad de la propuesta (Galina *et al.*, 1997; Galina *et al.*, 2000a; 2000b, Morales *et al.*, 2000a, 2000b, Puğa *et al.*, 2001a; Ortiz *et al.*, 2001, 2002) Elementos como asociación de forrajes o utilización de alimento prefermentado han permitido desarrollar una serie de suplementos como un menú de opciones para diferentes sistemas de alimentación (Galina 2000b, Ortiz, 2000, Ortiz *et al.*, 2001; 2002; Galina 2002a; 2002b).

Los suplementos desarrollados por Galina *et al.*, (2000b), tienen los nutrientes claves para los microorganismos ruminales que se complementan con elementos importantes para la alimentación del animal que pueden utilizar los abundantes carbohidratos fermentables del país (Galina *et al.*, 2000a).

Utilizando la capacidad de los microorganismos ruminales, que permiten competir en productividad con los animales de alto rendimiento (Puğa y Galina, 1999) Los forrajes fibrosos se caracterizan por la gran cantidad de energía solar que fijan los alimentos regionales, como la caña de azúcar que es el cultivo de mayor volumen de materia seca por hectárea con más de 100 toneladas en verde o el rastrojo de maíz que es el esquileo más importante de la agricultura mexicana (Galina y Guerrero, 2000).

Estos productos deben ser aprovechados en todos sus aspectos, incluyendo subproductos como melaza en la alimentación animal, sumado a pajas de cereales, de abundante producción o bajo costo (Morales *et al.*, 2000b) Recientemente, un grupo de investigación ha desarrollado suplementos que incrementan la fermentación ruminal con elementos claves de baja degradabilidad que complementan al animal. Para ello ha sido demostrado que el valor obtenido de los exámenes químicos proximales o aun los resultados de la cantidad de paredes celulares de los forrajes, tiene poca aplicación en las condiciones reproductoras de países pobres, donde los recursos alimenticios se basan en los residuos de cosechas, subproductos agroindustriales forrajes y pastos de media baja calidad (Ortiz *et al.*, 2001; 2002).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por lo cual se decidió realizar un experimento de campo para utilizar los forrajes ricos en fibra de baja digestibilidad y de bajo costo con un suplemento de lento consumo de urea comparado con animales alimentados con una dieta de forraje con alta digestibilidad como la alfalfa suplementada con concentrado balanceado de alta energía y proteína.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en la "Granja Puma" en Cerro Prieto Querétaro, México, a los 20°39'19" latitud norte y 100°17'51" longitud oeste. Con una altitud de 1950 msnm, con un clima clasificado como BS 1 Kw (w) (e) descrito como seco, estepario, semiárido con lluvias escasas en el invierno, con una precipitación pluvial anual promedio total de 460mm y un periodo de sequía de 6 a 8 meses (García, 1973)

EXPERIMENTO 1

Se utilizaron 160 corderos de aproximadamente 3 meses de edad de la raza Rambouillet (15.925 ± 0.287kg/PV) en estabulación más 4 borregos adultos castrados de aproximadamente 1 año y medio de edad con cánulas ruminales fijas ambos desparasitados tanto internamente como externamente y fueron divididos en dos grupos. Al primer grupo con 80 corderos de 15.200 ± 0.350 kg/PV, más dos adultos canulados se les oferto la dieta 1 (experimental) la cual consto de 1000g/d RM y 200g/d de HA adicionándoles 200g/cabeza/d del SLCN (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ingredientes y porcentajes del Suplemento de liberación continua de nitrógeno.

Suplemento de liberación continua de nitrógeno	SLCN
Ingredientes	Porcentaje
Cal	3.2
Cemento	1.8
Cebo	8.0
Harina de pescado	4.0
Harinolina	12.0
Sales minerales	1.5
Pollinaza	8.0
Pulido de arroz	12.0
Sal	3.0
Sulfato de amonio	2.0
Urea	5.0
Ortofosfato	2.5
Maiz molido	25.0
Meiaza	12.0

Al segundo grupo con 80 corderos de 16.650 ± 0.225kg/PV más dos adultos canulados se le oferto la dieta 2 (Testigo) que constó de 800g/d de alfalfa más 600g/d de un concentrado balanceado (CB). El cual estuvo elaborado con maiz (30%), salvado de trigo (40%), harina de pescado (5%), harinolina (23.5%), sales Minerales (1.5%).

Con el objeto de monitorear la cinética Ruminal en campo de acuerdo a lo establecido por Preston (1995), se introdujeron dos animales fistulados en cada tratamiento por un periodo de adaptación de 10

días a los cuales se les midió la cinética ruminal de acuerdo a lo establecido por Ørskov *et al.* (1980), posteriormente se sacaron los animales por un período de 15 días para introducirse a el experimento alterno.

La dieta fue racionada en dos partes una que se ofreció por la mañana (7:00AM) y la otra por la tarde (3:00PM), la cual se ofertó durante los 90 días que duró el experimento. El consumo del alimento se midió mediante la diferencia que hubo entre lo ofrecido y el rechazo el cual fue de un 10% aproximadamente a lo ofertado. La oferta de agua fue a libre acceso. El pesaje de los animales se realizó cada 30 días con una báscula electrónica con dos barras.

El análisis estadístico que se utilizó para los corderos fue una prueba Studen "t".

La variable que se evaluó fue.

- Ganancia de peso.

La cual se estimó mediante la diferencia del peso final y el peso inicial entre número de días que duró el experimento.

El periodo experimental tuvo una duración de 90 días.

EXPERIMENTO 2.

Se utilizaron 4 borregos adultos castrados de aproximadamente 1 año y medio de edad con cánulas ruminales fijas, desparasitados tanto internamente como externamente.

Se formaron 4 dietas la primera constó de 100% heno de alfalfa, la segunda de 100% rastrojo de maíz, la tercera RM/HA/SLCN y la cuarta HA/CB. Para la evaluación de las dietas los animales se distribuyeron al azar en jaulas metabólicas de un animal cada una, en donde permanecieron durante todo el estudio que constó de 4 periodos experimentales, con una duración de 90 días con 10 días de adaptación y 5 de toma de muestras. Los forrajes fueron secados y homogenizados a un tamaño de partícula de 2cm.

En este experimento se midió la cinética de fermentación ruminal a través del pH, concentración de NH_3 y AGV en el líquido ruminal, tomándose muestras a intervalos de 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, horas después de ofertarles el alimento. El pH se midió por potenciometría (Baleman, 1970) utilizando un medidor portátil (Orion 250-A), dicha lectura se tomó de las muestras obtenidas inmediatamente después de ser tomadas del rumen del animal. El NH_3 se cuantificó, con un electrodo de ión selectivo para amoniaco (Orion 95-12), el manejo de la muestra incluyó la adición de HCl 0.1 N para evitar la pérdida de NH_3 . Para la determinación de los AGV, se centrifugaron 10ml de líquido ruminal, durante 15 min a 3500 rpm, 3ml del sobrenadante fueron pasados a través de un filtro de 25 μm de diámetro, 0.5 ml del filtrado fueron

mezclados con 0.5 ml de etanol, 0.5 µml de esta mezcla fueron inyectados al equipo de cromatografía de gases (Varian 34500x), usando una columna capilar FFAP Varian (30 m x 0.25 mm de diámetro), con una temperatura inicial de 80° C hasta 230° C, usado nitrógeno como gas acarreador.

Se midió la cinética de digestibilidad *in situ* de la materia seca (MS), colulosa (Ce) y hemicelulosa (He) a través de la técnica de la bolsa de nylon (Orskov *et al.*, 1980), los tratamientos fueron homogenizados a un tamaño de 2mm, se utilizaron bolsas de 12x8cm, con una porosidad promedio 1,600 orificios/cm² y un contenido de 3g de cada forraje. La incubación se hizo por cuadruplicado en periodos de 0, 4, 8, 12, 24, 48, 72 y 96 horas. Después de retirar las bolsas del rumen se lavaron con agua corriente en máquina hasta obtener un líquido incoloro, posteriormente el material fue secado a 70° C, durante 24 horas. Al material restante se le determinó el contenido de MS, Ce y He según la metodología del AOAC, 1995; Goering y Van Soest, 1970. Los valores obtenidos en la prueba de la digestibilidad *in situ* para la MS, Ce y He fueron calculados según la metodología de Metrez y Orskov (1977).

La tasa de paso fue medida con los marcadores de fibra como el óxido de cromo (Uden *et al.*,1980) el cual fue introducido al rumen a través de las cánulas y obtenido en las heces en diferentes tiempos.

La digestibilidad *in vivo* fue determinada por la diferencia que hubo entre lo ofertado y lo consumido, con un 10% de restricción, para asegurar el consumo total de la dieta. Se llevó a cabo además la recolección total de las heces, las cuales se pesaron y se tomó una alícuota del 10% para medir el balance de la MS, N, y MO (AOAC, 1995), FDN, Ce, y He (Goering y Van Soest, 1970). Donde, lo consumido y lo excretado es expresado en materia seca. El balance de N se realizó a través del N consumido en la dieta, el excretado en las heces y la orina. Para evitar la pérdida de N, se le añadieron 10ml de HCl a las muestras.

La composición química de las dietas y de cada uno de los ingredientes que las componen se realizó a través del análisis químico proximal de acuerdo a la metodología del AOAC (1995) (Cuadro 2). La determinación del contenido de fibra fue conducido por el método de Van Soest (1982). El total de energía fue determinado por la bomba calorimétrica según Hili *et al.* (1958).

El análisis estadístico se realizó mediante el programa SAS (1996). Se utilizó un diseño experimental de cuadrado latino (4x4) para la interpretación de los datos de los animales canulados cuando se realizaron las observaciones en jaula metabólica. Las diferencias entre medias se estimaron por la prueba de Tukey (P<0.05). El modelo para el diseño referido es:

$$Y_{ijk} = \mu + \zeta_i + \beta_j + \gamma_k + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} es igual a las diferentes variables de respuesta: digestibilidad *in vivo* de MS, PC y energía; balance de nitrógeno; cinética de digestión de la MS, pH y amoníaco.

μ es el efecto de la media general.

ζ_i es el efecto del *i*-ésimo tratamiento.

β_j es el efecto del *j*-ésimo período.

γ_k es el efecto de la *k*-ésima repetición.

ϵ_{ijk} error aleatorio asociado con la unidad en el *i*-ésimo tratamiento.

RESULTADOS

La composición química de las dietas, RM, HA, SLCN y CB se muestran en el Cuadro 2. El contenido de proteína cruda varía entre el HA y el RM.

Cuadro 2. Composición química de las dietas, rastrojo de maíz, heno de alfalfa, suplemento de liberación continua de nitrógeno y concentrado balanceado.

	HA	CB	SLCN	RM	RM/HA/SLCN	HA/CB
Materia seca, %	89.69	90.53	93.12	80.65	83.70	90.12
Cenizas, %	5.08	5.60	18.89	9.8	10.51	5.31
Extracto etéreo, %	2.70	4.07	9.88	3.08	3.98	3.29
Proteína cruda (Nx6.25), %	17.68	19.83	26.13	8.10	11.96	18.63
Fibra cruda, %	26.04	7.56	5.00	35.81	30.13	18.09
Fibra detergente neutro, %	55.17	38.40	37.84	68.82	86.3	37.44
Fibra detergente ácido, %	39.73	13.16	16.66	45.75	57.92	28.31
Contenido celular, %	34.83	31.59	62.15	31.17	50.99	33.43
Celulosa, %	22.90	7.84	8.01	26.67	33.37	16.43
Hemicelulosa, %	27.27	55.23	21.18	27.18	38.07	30.29
Lignina, %	8.54	4.86	4.90	9.48	12.39	6.97
Extracto libre de nitrógeno, %	40.10	60.80	61.50	47.04	48.74	49
Total de nutrientes digestibles, %	86.48	85.10	98.75	69.70	113.29	85.88
Energía Metabolizable * Mcal/kg	2.39	3.07	3.56	2.21	3.45	2.68
Energía Digestible * Mcal	2.92	3.74	4.34	3.06	4.47	3.27
Energía Total * Mcal	3.65	4.67	5.42	3.82	4.90	4.08

*Mcal /kg

SLCN= suplemento de liberación continua de nitrógeno

CB= concentrado balanceado

RM = rastrojo de maíz

HA = heno de alfalfa

El peso corporal inicial de los corderos alimentados con HA/CB fue de 16.650 ± 0.225 kg/PV; llegando a pesar en un periodo de 90 días hasta 45.090 ± 0.420 kg/PV, mientras que los corderos alimentados con RM/HA/SLCN iniciaron con un peso corporal de 15.200 ± 0.350 kg/PV y aumentan en el mismo lapso que los anteriores hasta 46.800 ± 0.450 kg/PV (P<0.05). La ganancia diaria de peso para los corderos alimentados con RM/HA/SLCN fue de 351 g/d comparado con una ganancia de 315 g/d para los corderos alimentados con HA/CB (P<0.05). El consumo del suplemento alimenticio varió de 30.03g/d/kg de peso corporal inicialmente por los corderos alimentados con HA (Cuadro 3) a 11.08 g/d/kg de peso corporal después de 90 días, promediando un consumo de 19.07 ± 8.27g/d. El consumo de suplemento alimenticio para los corderos alimentados con RM tuvo rangos de 13.15 g/d/kg de peso corporal a 4.27 g/d/kg de peso corporal, con un promedio de 7.90 ± 4.04g/d (P<0.05) esto es demostrado en el Cuadro 3.

El consumo voluntario de materia seca (CVMS) y la digestibilidad se muestran en el Cuadro 4, mostrando mejor digestibilidad de MS y MO, con proporciones molares elevadas de ácido acético (AGV) y el consumo de alimento fue mayor por los borregos alimentados con RM.

El pH ruminal sube a 6.9 por 2 horas cuando se ofertó el RM quedando en 6.6 durante las 12 horas consecutivas, mientras que en los borregos alimentados con HA decrece el pH ruminal a 5.6 por 6 horas y sube de nuevo a 6.5 después de 12 horas (Figura 2).

La concentración de NH_3 , el potencial digestible y la fracción digestible aumentaron significativamente ($P < 0.05$) por el SLCN y es mostrado en la Figura 3 desarrollando proteína microbiana.

En el Cuadro 6 se muestra el incremento en el consumo de nitrógeno ($P < 0.05$) en los borregos alimentados con RM (65.61%) contra un (29.93%) en los borregos alimentados con HA. La digestibilidad *in vivo* de la MS y de la MO es similar en ambos grupos. La digestibilidad de la FDN fue superior ($P < 0.05$) para los borregos alimentados con RM. *In situ* la desaparición de la MS no mostró diferencias entre las dietas a las 8, 12, 24 y 48 horas de incubación como se muestra en el Cuadro 7 y Figura 1. La tasa de digestión de la FDN con una constante (K_1) fue diferente ($P < 0.05$) favorecida en los borregos alimentados con RM. La tasa de digestión para la Ce y He fue similar entre las dietas RM/HA/SLCN y HA/CB (Cuadro 6). La constante de pasaje (K_2) para la FDN fue diferente ($P < 0.05$) entre las dietas (0.061/hr para los borregos alimentados con HA a 0.082/hr para los borregos alimentados con RM). La digestibilidad verdadera fue superior ($P < 0.05$) en los borregos alimentados con RM (48.26%) comparado a lo obtenido en los borregos alimentados con HA (34.11%) resumido en el Cuadro 8. Los datos del Cuadro 9 muestran el potencial de digestible de la fibra. La Ce fue superior ($P < 0.05$) 66.27% para los borregos con RM contra 51.42% para los borregos con HA.

La fibra indigestible fue superior para los borregos con HA 43.44% comparado con los borregos de RM 29.75%. El tiempo de desaparición de la Ce en los borregos con HA (17.54hr) fue menor ($P < 0.05$) que en los borregos con RM (30.34hr). La digestión de la He *in situ* fue similar entre las dietas. La tasa de digestión fue superior ($P < 0.05$) para los borregos con HA que fue comparado con las ovejas con RM. La tasa de pasaje fue diferente ($P < 0.05$) en los borregos de RM (0.034/hr) y en los borregos de HA (0.029/hr). La digestibilidad verdadera en los borregos con RM (39.24%) fue superior ($P < 0.05$) que en los borregos con HA (35.21%). El tiempo medio (t%) de desaparición para la He fue superior ($P < 0.05$) para los borregos con RM (31.14hr) y fue comparado con los borregos de HA (22.14 hr) que se puede observar en el Cuadro 9.

La producción de ácido acético (Cuadro 4) se incremento significativamente (mM/l) en la dieta de RM comparado con la dieta de HA ($P < 0.05$). La cinética del ácido propiónico mostró un incremento significativo ($P < 0.05$) en la dieta de HA. La producción de ácido butírico no mostró diferencia significativa entre las dietas ($P > 0.05$). La cantidad total de ácidos grasos volátiles fue estadísticamente diferente cuando se compararon las dietas de RM y HA permitiendo comparar la energía en ambas dietas.

($P < 0.01$). La suplementación de las dietas altas en fibra con NNP mostró una mejor fermentación del amoníaco y producción de ácidos grasos volátiles. La utilización de forrajes fibrosos para los corderos fue significativamente superior ($P < 0.05$) en los corderos con RM comparado con los corderos de HA, que es mostrado en el (Cuadro 3).

El suplemento en el grupo de corderos con RM/HA/SLCN fue consumido en 8 a 10 horas después de ofertarlo. En la dieta de HA/CB, el suplemento fue consumido en 30 minutos después de ofertarlo.

Cuadro 3. Pesos mensuales de los animales con la dieta de RM/HA y HA suplementado con SLCN y con CB respectivamente.

Días	0	30	60	90	Media
GP kg, RM/HA/SLCN corderos	15.200	24.800	34.650	46.800	
GP kg, HA/CB corderos	16.650	24.250	33.980	45.090	
Suplementación g/d (SLCN) HA	200	200	200	200	
Suplementación g/d (CB) HA	300	300	300	300	
RM/HA/SLCN S Consumo g d/kg/PV	13.15	8.06	5.77	4.27	7.90 ± 1.04b
HA/CB S Consumo g d/kg/PV	30.03	20.61	14.71	11.08	19.07 ± 8.27a
Consumo de Forraje g, RM (SLCN)	518	772	1351	1600	1035 ± 183a
Consumo Forraje g, HA (CB)	426	470	507	850	563 ± 194b
Total Consumo MS g, RM/HA/SLCN	718	592	1351	1852	1228 ± 450a
Total Consumo MS g, HA/CB	726	870	1007	1350	988 ± 267b
Consumo MS g, PV, RM/HA/SLCN corderos	4.7	4.0	3.9	3.9	4.1 ± 0.38a
Consumo MS g, PV, HA/CB corderos	4.3	3.5	2.9	2.9	3.4 ± 0.66b
Consumo RM/HA/SLCN g/kg PV	47.23	40.00	38.98	39.57	41.44 ± 3.8a
Consumo HA/CB g/kg PV	43.60	35.87	29.63	29.94	34.76 ± 6.5b
Ganancia g d (SLCN)		320	328	405	351 ± 46a
Ganancia g d (CB)		253	224	370	315 ± 58b

PV= peso vivo

GP= Ganancia de peso

CB= concentrado balanceado.

SLCN= suplemento de liberación continua de nitrógeno.

MS= materia seca

S= suplemento

ab = diferencia ($P > 0.05$)

Cuadro 4. Consumo voluntario, digestibilidad aparente y proporciones de AGV en las dietas de rastrojo de maíz, heno de alfalfa, suplementadas con SLCN y CB

	RM/HA/SLCN	HA/CB
CONSUMO (g/d)		
Materia Seca	1228 ^a	988 ^b
Materia Orgánica	1129 ^a	899 ^b
Digestibilidad Aparente (%)		
Materia Seca	79.7 ^a	72.8 ^a
Materia orgánica	67.4 ^b	61.4 ^b
NH ₃ Ruminat (mg/100 ml)	26.9 ^a	16.3 ^b
Proporciones de AGV en el rumen (moles/100 mM)		
Acetato	74.5 ^a	67.4 ^b
Propionato	14.3 ^b	19.7 ^a
Butirato	9.2 ^a	7.5 ^a

SLCN = suplemento de liberación continua de nitrógeno.

CB = concentrado balanceado

AGV = ácidos grasos volátiles.

MS = materia seca.

HA= heno de alfalfa.

RM= rastrojo de maíz.

a, b = diferencias significativas entre las dietas (P<0.01).

Figura 1. Cinética de la desaparición in situ de la MS en el rastrojo de maíz y heno de alfalfa en borregos suplementados con SLCN y CB

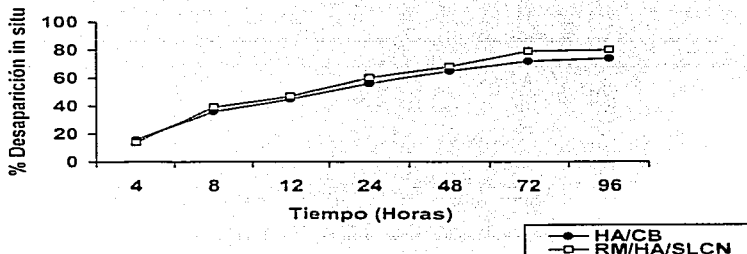


Figura 2. Cinética del pH ruminal en borregos fistulizados con dietas de RM/HA/SLCN y HA/CB

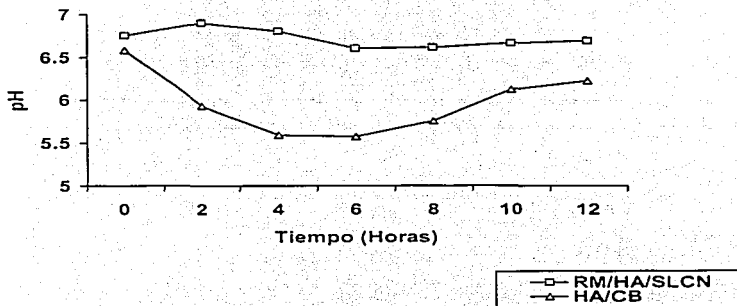
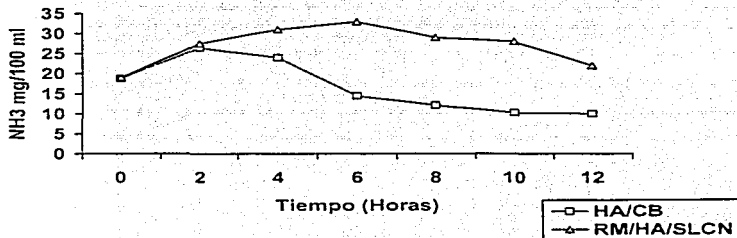


Figura 3. Cinética del amoniaco (NH₃ mg/100ml) en borregos fistulizados con dietas de RM/HA/SLCN y HA/CB



Cuadro 5. Valores totales de AGV (mM/l) y retención molar de acetato, propionato, butirato, valerato, isovalerato e isobutirato en borregos canulados y adicionándoles SLCN.

	SLCN/RM/HA	CB/HA
Total, mM/l	180.5a	203.0b
Acetato*	60.23a	53.13b
Propionato*	18.70b	27.96a
Butirato*	19.03a	17.01a
Valerato*	0.45b	0.51b
Isovalerato*	0.43a	0.18b
Isobutirato*	0.83a	0.49b

a,b. diferencia significativa entre las columnas (P<0.05).

* Los valores son medias de 7 tiempos en horas (0,2,4,6,8,10,12), después de ofertado el alimento, número de tratamientos por interacción del tiempo de muestreo, n= 28.

CB = concentrado balanceado

SLCN = suplemento de liberación continua de nitrógeno.

HA= heno de alfalfa

RM= rastrojo de maíz.

Cuadro 6. Consumo de material seca, metabolismo del N y digestibilidad *in vivo*.

Variables	SLCN/RM/HA	CB/HA
N- ingerido (g/d)	65.61±1.08a	28.93±1.19b
N- fecal (g/d)	20.96±3.15a	12.26±1.87b
N- urinario (g/d)	14.65±4.5a	7.17±3.41b
N- retenido (g/d)	30.00.19a	9.50±b
Consumo de MS (g por día)	1228±498a	986±267b
Digestibilidad <i>In vivo</i> del N %		
Digestibilidad del N %	79.12±17.31a	56.14±12.11b
Materia seca	79.47±8.4a	72.73±9.2a
Materia orgánica	71.52±13.4a	65.45±11.2b
Fibra Detergente neutro	77.14±7.5a	65.11±9.5b
Celulosa	76.17±9.0a	69.16±13.1b
Hemicelulosa	78.55±5.8a	67.14±9.4b

Medias con letras diferentes indican diferencias (P<0.05) entre columnas.

HA= heno de alfalfa

RM= rastrojo de maíz.

CB = concentrado balanceado.

SLCN = suplemento de liberación continua de nitrógeno.

Cuadro 7. Partes potencialmente digeribles o indigeribles, tasa de digestión y tiempo medio de desaparición *in situ* de las dietas experimentales.

Variables	SLCN/RM	CB/HA
Fibra potencialmente digerible (b) %	63.74a	48.11a
Parte soluble (a) %	6.11a	4.60a
Parte indigerible (100-(a+b))%	30.15b	47.29a
Tasa de digestión (k _d /h)	0.057b	0.037a
Tiempo medio de desaparición t _{1/2} (h)	20.12a	28.17b

a, b diferencias significativas entre columnas (P<0.05)

HA= heno de alfalfa.

RM= rastrojo de maíz.

Cuadro 8. Partes potencialmente digeribles o indigeribles, tasa de digestión, tasa de paso. Digeribilidad verdadera y tiempo medio de desaparición *in situ* de la FDN de las dietas experimentales.

Variables	SLCN/RM	CB/HA
Fibra potencialmente digerible (%) (b)	63.74± 3.4a	48.11± 7.17b
Fase espera (Lag) en horas	3.33±1.1a	3.67±1.2a
Fibra indigerible % (a)	32.93 ± 2.4b	48.22± 2.16a
Tasa de paso (k _p /h)	0.082 ± 0.003a	0.051 ± 0.003b
Tasa de digestión (k _d /h)	0.039 ± 0.002a	0.021 ± 0.001b
Digeribilidad verdadera k _d /(k _d +k _p) (%)	48.33 ± 3.14a	34.11 ± 1.12b
Tiempo medio de desaparición t _{1/2} (horas)	21.14 ± 2.09a	14.12 ± 2.23b
Remanente de la porción potencialmente digerible %	88.24±1.1a	95.47±1.2a
Título máximo de desaparición de NDF	47.20±3.1a	41.00±2.1a

a b medias con letras diferentes indican diferencias (P<0.05) entre columnas.

HA= heno de alfalfa.

RM= rastrojo de maíz.

CB = concentrado balanceado.

SLCN = suplemento de liberación continua de nitrógeno.

Cuadro 9. Fracciones potencialmente digestibles e indigestibles. Tasa de digestión, tasa de paso, digestibilidad verdadera y tiempo medio de desaparición *in situ* de la celulosa y hemicelulosa de las diferentes dietas experimentales.

Variables	Celulosa		Hemicelulosa	
	SLCN/RM	CB/HA	SLCN/RM	CB/HA
Fibra potencialmente digestible (%) (b)	66.27 ± 3.7Aa	51.42 ± 6.17Ab	41.11 ± 2.4Ad	42.74 ± 3.24Ac
Fracción Soluble	4.16 ± 2.1Aa	5.14 ± 1.1Aa	5.14 ± 1.3Ba	3.1 ± 1.7Ba
Fibra indigestible (a) (%)	29.75 ± 2.9Aa	43.44 ± 2.20Aa	53.75 ± 4.7Bd	54.12 ± 3.27Aa
Tasa de pasaje (k _p /h)	0.070 ± 0.003Ba	0.059 ± 0.002Aa	0.034 ± 0.003Bb	0.029 ± 0.002Bb
Tasa de Digestión (k _d /h)	0.060 ± 0.003Ba	0.055 ± 0.001Aa	0.053 ± 0.002Aa	0.062 ± 0.001Aa
Digestibilidad verdadera k _d /(k _d +k _p) (%)	48.26 ± 3.64Bb	34.22 ± 1.37Aa	39.24 ± 1.63Aa	35.21 ± 2.34Aa
Tiempo medio de desaparición t ½ (horas)	30.34 ± 3.43Ab	17.54 ± 3.12Aa	31.14 ± 2.14Ab	22.14 ± 2.09Aa

a, b, c, d medias con letras diferentes indican diferencias (P<0.05) entre columnas.

A, B, C, D medias con letras diferentes indican diferencias (P<0.05) entre filas

HA= heno de alfalfa.

RM= rastrojo de maíz.

CB = concentrado balanceado.

SLCN = suplemento de liberación continua de nitrógeno.

DISCUSION

En el presente trabajo el incremento de peso corporal fue superior significativamente en los corderos alimentados con RM/HA/SLCN al encontrado en los corderos con la dieta de HA/CB ($P > 0.05$) como se muestra en el Cuadro 3. La ganancia de peso fue similar en ambos grupos a lo citado por INRA (1988).

El nitrógeno necesario para el crecimiento de los animales experimentales probablemente fue producto de la formación de proteína bacteriana a partir del NNP ofertado en la dieta (Galina *et al.*, 2002). Por otro lado la energía necesaria provino probablemente de un mayor uso de las paredes celulares en la dieta con el promotor de la fermentación ruminal, mientras que los suplementados con CB los requerimientos tanto de energía como de proteína se obtuvieron de los alimentos ricos en cereales (Ortiz *et al.*, 2002).

Al suplementar con ácidos grasos de cadena ramificada se ha reportado que aumenta aparentemente el flujo de nitrógeno microbiano al duodeno como fue el balance en la presente observación (Silva y Orskov, 1988).

El volumen total de ácidos grasos volátiles (AGV) y la relación molar fue diferente ($P < 0.05$) en la concentración de acetato y propionato similar al modelo de AGV en los rumiantes en concentraciones o dietas de forraje, de cualquier modo información controversial es citada en la literatura cuando se evalúan los AGV y los valores metabólicos. Los presentes resultados concuerdan con los observados por Orskov y Ryle (1998) los cuales sugirieron que los valores metabólicos son similares en el ácido propiónico y acético en los rumiantes.

El consumo de nitrógeno fue significativamente más alto en los alimentados con RM/HA/SLCN (65.61 g/d) en comparación con los de HA/CB (28.93 g/d) y también el consumo de materia seca fue más alto (Cuadro 6). El alto contenido de NNP en la dieta de RM/HA/SLCN se traduce en niveles superiores nitrógeno urinario y fecal, lo cual es similar a lo reportado por Van Soest (1982). La digestibilidad del nitrógeno (Cuadro 6) en la dieta de RM/HA/SLCN (79.12%) y para la HA/CB (56.14%) fue alta a comparación de los valores obtenidos por Kevelenge *et al.* (1983) con 42 y 55% para el RM y puntas de caña respectivamente.

Elias (1983) mostró que los carbohidratos fermentables (CF) en la melaza pueden aumentar la digestibilidad. Por lo tanto los rumiantes, que son suplementados con 2 – 6 g CF/kg/PV/d puede mejorar la digestibilidad. Se han reportado resultados similares con la adición de un suplemento para los subproductos de los cítricos.

El maíz y el pulido de arroz aportan los hidratos de carbono solubles y fermentables que son muy valiosos cuando se ofertan dietas de forrajes fibrosos con baja cantidad de proteína (Galyean, 1996; Poppi y McLennan, 1995).

Mientras el crecimiento es sostenido por la fermentación bacteriana ruminal en el grupo alimentado con RM/HA/SLCN, el desarrollo del grupo HA/CB fue sostenido principalmente por la proteína y energía contenida en los alimentos (Silva *et al.*, 1989).

También se mejoró la eficiencia del crecimiento microbial en los borregos alimentados con RM/HA/SLCN, al suministrarles aminoácidos indispensables como arginina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, fenilalanina, triptofano y valina y particularmente los azufrados como la metonina y cistina los cuales los obtienen a partir de la pollinaza (Zinn *et al.*, 1996).

La ganancia diaria de peso se debe probablemente a una mayor digestibilidad que se observó de la MS y la MO, y también al alto contenido de acetato en el rumen así como la tasa constante de NH_3 y un pH mayor en los borregos con RM/HA/SLCN (Cuadro 3, 4 Figura 2, 3).

La mejoría de la fermentación se debió probablemente al suministro continuo de amoníaco. La digestibilidad de la materia seca *in vivo* (Cuadro 5) para la dieta de RM (79.12%) fue más alta a lo reportado por Kevelenge *et al.* (1983) para las puntas de caña (55%) y para RM (52%). El consumo voluntario de materia seca en la dieta de RM/HA/SLCN (1288 g/d) fue más alto que lo reportado por Kevelenge *et al.* (1983) y fue similar a lo obtenido en los alimentados con HA/CB. La alta digestibilidad en la dieta experimental se debió probablemente a la mejor actividad de fermentación en el rumen, lo cual es evidente en la desaparición *in situ* de la fibra. (Figura 1).

El consumo del SLCN fue aproximadamente en un promedio de 8 horas en comparación con el CB que se consumió en un promedio de 30 minutos. Este suplemento puede ser suministrado continuamente ya que aporta suficiente amoníaco para el crecimiento microbial (Figura 3) en el cual el mínimo superior es de 5 – 8mg NH_3 – N/100ml de líquido ruminal (Leng, 1991). Posiblemente el pico más corto de tiempo de alimentación no proporcionó amoníaco suficiente a las bacterias en los borregos con HA/CB (Figura 3). El nivel de amoníaco necesario también depende de el pH ruminal (Smith, 1984). Sucana y Leng (1986) mostraron que los suplementos deben mantener niveles continuos y adecuados de amoníaco para que persista el crecimiento de los microorganismos fibrolíticos así como sacarolíticos. Por lo tanto es posible que las altas concentraciones de sal-urea y urea-melaza tuvieron un efecto que evitó el consumo rápido del SLCN (Galina *et al.*, 2002a).

El menor pH y distribución de amoníaco en tiempo en el rumen de los borregos con HA/CB que se observa en la Figuras 2, 3; probablemente se debió a la influencia de un consumo rápido del concentrado que acidifica por un lado el pH ruminal además de producir un pico rápido de amoníaco (Puga *et al.*, 2001a, 2001b). Mientras que en los alimentados con RM/HA/SLCN hubo un pH ruminal mayor acompañado de una tasa constante de amoníaco ruminal. Esto pudo ser debido a una oferta continua de NNP ya que la dieta se consume en un periodo de 8 horas y los efectos del hidróxido de calcio que aumentó el pH manteniendo probablemente por los efectos buffer del cemento. (Galina *et al.*, 2002a; Meang *et al.*, 1989; Madrid *et al.*, 1989).

El pH ruminal es regulado por la adición de cal y cemento y juega un papel importante en la homeostasis bacteriana en los animales experimentales (Wheeler *et al.*, 1981b) El bajo pH ruminal fue producido por el alto consumo de almidones en el alimento. En el medio ambiente ruminal la actividad microbiana mostró una gran acidificación (pH) en los borregos con HA/CB (Figura 2) que en los alimentados con RM/HA/SLCN ($P < 0.05$).

En el presente trabajo se observó que al adicionar SLCN en la dieta de RM mejora el equilibrio de nutrientes para las bacterias ruminales, por el incremento y disponibilidad de energía que se obtiene de los carbohidratos contenidos en la melaza, (Elliot *et al.*, 1978), además de la adición de minerales deficientes como fósforo y azufre (Oltjen *et al.*, 1968). La oferta continua de harinolina, pollinaza y maíz que contienen aminoácidos importantes para la dieta, es de gran importancia para la formación de proteína bacteriana, así como la adición de cal y cemento para la estabilización del pH ruminal (Wheeler and Soller, 1981; Wheeler *et al.*, 1981a; 1981b).

Mejorando la fermentación ruminal se puede explicar las diferencias en el presente trabajo. El 1% de desaparición de la MS no tuvo diferencia significativa estadísticamente en ambas dietas. La prioridad más importante en la alimentación de los rumiantes es asegurar que no existan deficiencias de nutrientes en la dieta para tener un buen crecimiento de los microorganismos ruminales, sobre proporcionando alimentos de fácil digestibilidad y de alta energía. Las diferencias observadas probablemente fueron debidas a una mejora de la actividad microbiana, cuando el SLCN desarrollo una mejor fermentación ruminal reduciendo el material indigestible de las dietas (Russell y Wilson, 1996; Weimer, 1996).

La tasa de digestión (Cuadro 8) fue más alto ($P < 0.05$) en la dieta RM/HA/SLCN, y la tasa de pasaje tuvo una diferencia ($P < 0.05$) entre HA/CB (0.061/hr) y RM/HA/SLCU (0.082/hr). La digestibilidad verdadera fue mayor ($P < 0.05$) en RM/HA/SLCU (48.26%) comparado con HA/CB (34.11%). Allen y Mertens (1988) declararon que cuando la tasa de pasaje se incrementa, la digestibilidad disminuye.

El efecto de la competición entre la tasa de digestión y la tasa de pasaje es presentada en el (Cuadro 8) así como la digestibilidad de la fracción potencialmente digestible, que fue de 48.11% para HA/CB y aumentó a 63.74% para RM/HA/SLCU, resultados similares fueron reportados por San Martín *et al.* (1983), Allen y Mertens (1988), Wilson (1994) Singh *et al.* (1992). San Martín *et al.* (1983), encontró una tasa de digestión de 0.020/hr para paredes celulares de punta de caña, cuando se suplementó con 22% de plátano verde, el cual fue similar en HA/CB 0.021/h y inferior para RM/HA SLCN 0.039/h.

El crecimiento más bajo de los corderos pudo ser debido a la baja formación de proteína bacteriana cuando el pH del rumen está por debajo de 6.2, que fue mostrado por Istasse *et al.* (1986), la disminución progresiva de la celulólisis y del pH ruminal a 5.9 (Russell *et al.*, 1979; Orskov, 1994; Russell and Wilson, 1996; Weimer, 1996) El azufre y el fósforo son elementos esenciales para el crecimiento bacteriano (Leng, 1990) y estos se aportaron en las dietas experimentales.

El ácido acético no parece aportar las necesidades energéticas del rumiante porque el semoviente reacciona al exceso excretado en la orina (Orskov, 1991). Los ácidos grasos de cadena larga que aporta la grasa animal son una posible fuente para la generación de fosfato de dinucleótido de nicotinámico y adenina (NADPH) (Houtert, 1993). El cual es un receptor del acetato que es el AGV más importante en la fermentación del forraje en el rumen. Esta alta concentración de energía en el SLCN tiene como ventaja una mayor ganancia de peso con menos cantidad de alimento y costo comparado con la dieta HA/CB (Cuadro 3). El estudio de melaza como fuente barata de carbohidratos fermentables y su efecto buffer de la cal y el cemento nos hacen comprender las relaciones complejas que hay al adicionar el SLCN y la manipulación de la digestibilidad de fibra en el rumen (Orskov, 1991). Los resultados obtenidos en la alimentación de los corderos sugieren, que con una adecuada suplementación con pequeñas cantidades de nutrientes esenciales, pueden transformar aceptablemente los forrajes fibrosos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

Las dietas fibrosas para los rumiantes pueden ser manipuladas de varias formas. La digestibilidad y consumo de los alimentos fue mejorado en los corderos al adicionarles el SLCN.

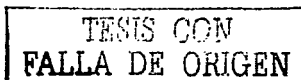
Los animales experimentales alimentados con la dieta RM/HA/SLCN mostraron una mayor ganancia de peso 351g/d (± 46) comparado con 315g/d (± 58) en los corderos alimentados con HA/CB. Esto probablemente se debió a un pH ruminal más favorable para la actividad bacteriana, además de la adición de elementos específicos para el metabolismo bacteriano como aminoácidos esenciales, NNP, azufre y fósforo a los microorganismos ruminales.

La mayor concentración de bacterias ruminales probablemente permitieron una mayor utilización de las paredes celulares. Finalmente un aporte continuo de NNP permitió una mejor celulólisis bacteriana. Adicionalmente se agregó proteína de baja degradabilidad ruminal, carbohidratos glucogénicos y ácidos grasos de cadena larga como elementos claves en la alimentación del hospedero.

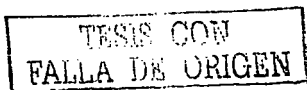
El uso de los promotores de la fermentación ruminal permitió ganancias de peso comparables a dietas de menor cantidad de paredes celulares favoreciendo el uso de forrajes fibrosos.

LITERATURA CITADA

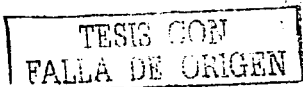
- 1) Aguilera, A., Gutiérrez, H. A., Alcántara, E., Pérez-Gil, F. y Shimada, A. 1991. Tratamiento alcalino del rastrojo de maíz I. Efecto en la digestibilidad *in vivo* e *in vitro* y la desaparición *in situ* en ovinos. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 25(1): 53 – 62.
- 2) Algeo, J. W. 1978. Métodos de valorar subproductos agrícolas para la alimentación de rumiantes. Rev. Méx. Prod. Animal. 10:24 – 33.
- 3) Alonzo, J. I. 1981. Sistemas de cruzamiento moderno para la producción de corderos para abasto. Boletín Informativo. Ciudad de México. D. F. 20:18.
- 4) Alvarez, J., Wilson, A., Sutherland, T. M. and Preston, T. R. 1976. Studies in urea utilization in sugar cane diets. Effect of different methods of incorporating urea in the ration. Tropical Animal Production 1:86 – 192.
- 5) Ailden, W. G. 1981. Energy and protein supplements for grazing livestock In: Molrey F. H. W. Grazing animals. Elsevier Scientific Pub. Co. New York, USA: 289 – 307.
- 6) Allen, M. S. and Mertens, D. R. 1988. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. J. Nutr. 188: 261 – 270.
- 7) Allison, D. W. 1969. Forage lignins and their relationships to nutritive value. Proc. Nat. Conf. For. Qual. Eval. Utilization Nebraska Center for continuing education Lincoln, Nebraska, USA. En: Elias, A. 1983. Digestión de pastos y Forrajes Capítulo IV 187 – 246. En: Los pastos de Cuba. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana Cuba 675 pp.
- 8) AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. Association of official agricultural chemists. 16th ed. Washington, D.C. USA, 600pp.
- 9) Arthur, 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 thesis Doctor of Philosophy in Animal Science, New Mexico state University, Las Cruces, New Mexico USA. 64 pp.
- 10) Bateman, J. V. 1970. Nutrición Animal. Manual de Métodos Analíticos Ed. Herrero Hernandez México. 60pp.
- 11) Berger, L. L., Klopfenstein, T. J. and Britton, R. A. 1979. Effect of harvest date and chemical treatment on the feeding value of corn silage. J. Anim. Sci. 49:1312 – 1315.
- 12) Boniface, A. M., Murray, R. M. and 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 18:151 – 154.
- 13) Brown, W. F., Pitman, W. D. and Mislevy, P. 1988. Intake and digestibility and performance by Cattle grazing cynodon varieties. Nutrition Reports International 38(6):1201 – 1209.
- 14) Bryant, M. P. and Robinson, I. M. 1961. J. of Dairy Sci. 42: 1823. En Elias, A. 1983. Digestión de pastos y forrajes Capítulo IV 187 – 246. En Los pastos en cuba. Ed. Instituto de Ciencias Animal. La Habana Cuba: 675 pp.
- 15) Camping, 1970. Physical regulation of voluntary intake. In Physiology of Digestion and Metabolism in the ruminant. Philipson, A. Oriel press. Newcastle upon Tyle, England.



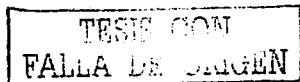
- 16) Carrizales, G. A. 1996. Pastoreo intensivo tecnificado en zonas tropicales. (Intensive technological Grazing in tropical areas) Memorias del XX Congreso nacional de Buiatría, Acapulco, Gro., México 319 – 325.
- 17) Coombe, J. B. and Tribe, D. E. 1963. The effects of urea supplements on the utilization of straw plus molasses diets by sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 14. 70 – 73.
- 18) Cruz, C. 1991. Engorda de los borregos Pelibuey en condiciones tropicales. Memorias de la tercera reunión de Producción animal tropical. CIEEG T- UNAM, Martínez de la Torre, Veracruz, México pp. 29 – 37.
- 19) Chensson, A. and Forberg, C. W. 1988. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. 251 – 284 In: Houson, P. N. The rumen microbial ecosystem, Ed. Elsevier Applied Science, New Cork, USA. 527 pp.
- 20) Delgadillo, P. C. 2001. Efecto de la complementación alimenticia de gramíneas tropicales con un alimento complejo catalítico sobre las variables de fermentación Ruminal en bovinos y ovinos. Tesis de Doctorado. P.I.C.P. Universidad de Colima, México 175pp.
- 21) Dehority, B. A., Johnson, R. R., Bantley, O. C. and Moxon, A. L. 1958. *Arch Biochem Biophys* 78. 15. En: Elias, A. 1983. Digestión de pastos y forrajes. Capítulo IV 187 – 246. En: *Los pastos de Cuba*. Ed. Instituto de Ciencias Animal. La Habana Cuba. 675 pp.
- 22) Dewhurst, R. J., Davies, D. R. and Merry, R. J. 2000. Microbial protein supplies from the rumen. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 85:1 – 21.
- 23) Dyer, I. A., Riquelme, E., Barbo, L. E. and Couch, B. Y. 1975. Waste cellulose as an energy source for animal protein production. *Word Animal Review.* 15:39 – 44.
- 24) Elias, A. 1983. Digestión de pastos y forrajes. Capítulo IV 187 – 246. En: *Los pastos en Cuba*. Ed. Instituto de Ciencias Animales. La Habana Cuba: 675pp.
- 25) Elliot, R., Ferreira, H. M., Priego, A. and Preston, T. R. 1978a. Rice polishings as a supplement in sugar cane diets. The quantities of starch (glucose polymers) entering the proximal Duodenum. *Tropical Animal Production* 3:30 – 35.
- 26) Ellis, W., Matis, J. H. and Lascano, C. 1979. Quantiting Ruminant turnover. *Federation Proceedings* 38:2702 – 2706.
- 27) FAO. 2002. Producción Anuario Estadístico, Roma Italia.
- 28) FAO. 2001. Producción Anuario Estadístico, Roma Italia.
- 29) Fernández, S., Riquelme, E. y González, S. 1981. Utilización del rastrojo de maíz. I. efectos del procesamiento físico y nivel de alimentación. Memorias ALPA, VIII Reunión Brasil, R – 14.
- 30) Fernández – Rivera, S. and Klopfenstein, J. 1989. Yield and quality components of corn crop residues and utilization of these residues by grazing cattle. *J. Anim. Sci.* 67:597 – 605.
- 31) Fernández, J. 1996. Complementación alimenticia en el rancho "Puente quemado" Colima, Col. México. (Nutricional complementation in "Puente quemado" Ranch in Colima, México). Primer foro internacional en pastoreo intensivo en zonas tropicales. FIRA, Banco de México, Veracruz, Ver, México: 2 – 12.



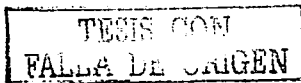
- 32) Flores, M. F. 1983. Utilización del esquilmo y subproductos agroindustriales en la producción animal. Rev. Méx. Prod. Animal. Vol. 15, suplemento 1:63 – 77.
- 33) Fondévila, M. and Dehority, B. A. 1995. Interaction between *Fibrobacter succinogenes*, *Prevotella ruminicola* and *Ruminococcus flavofaciens* in the digestion on cellulose from forages. J. Anim. Sci. 74:678 – 684.
- 34) Galina, M., Orskov, E. R., Perez – Gil, F. and Ortiz, R. M. A. 2002b. Effect of a slow intake urea supplementation on fattening of seers feed sugar cane tops (*Saccharum officinarum*) and maize (*Zea mays*) with or without SLCU: Ruminal fermentation, feed intake and digestibility. Lives Prod. Sci. In press
- 35) Galina M. A., Guerrero, M. and Haenlein, G. F. W. 2002a. Effect of a controlled-released urea supplementation on growing kids feed corn stubble or alfalfa with a balanced concentrate Ruminal Fermentation, feed intake, digestibility and nitrogen balanced. Small Rumin. Res. In press.
- 36) Galina M. A., Morales, R. and Haenlein, G. 2000b. Comparison of supplementing growing goat kids with feed containing non-protein nitrogen or traditional concentrate while grazing shrub range land in Mexico. VII International Conference on Goats. Tours, France. 15 al 18 de Mayo. Proceedings. Tome 1:174 – 177.
- 37) Galina M. A., Guerrero, C. M., serrano G., Morales, R. and Haenlein, G. 2000a. Effect of complex catalytic supplementation with non protein nitrogen on Ruminal ecosystem of growing goats pasturing shrub land in México. Small Rumin. Res. (36) 33 – 42.
- 38) Galina M. A. y M. Guerrero. 2000. Efecto de un alimento de aporte continuo de nitrógeno no proteico en la crianza en las cabras de pastoreo. XII Reunión de Avances de Investigación. Tropic 2000. Cuautitlan, México FES- Cuautitlan UNAM: 115 – 122.
- 39) Galina M. A., Puga, D. C., Hernández A. and Haenlein, G. 1998b. Biodiverse and biosustainable production systems with goats in México. Importance of a forage bank. Small Rumin. Res. 27 (1): 19 – 23.
- 40) Galina M. A., Morales, A. R., Jiménez, S. and Haenlein, G. F. W. 1998a. Performance of dairy goats pasturing shrub land in México supplemented with a urea molasses mineral block. Adv. Agric. Res. 7:15 – 22.
- 41) Galina M. A., Pineda, J., Rosado, J., Aguilar, A., Puga, C., Rubio, C. and 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.
- 42) Galyan, M. L. 1996. Protein level in beef cattle finishing diets: Industry application. University Research. and Systems Results. J. Anim. Sci. 74: 2860 – 2870.
- 43) Gall y Mena. 1972. Producción Ovina y Caprina. Departamento de Zootecnia. Segunda parte del ITESM. Nuevo León, México. Pp 1- 5.
- 44) García- López, R., Elias, A., Ruiz, R., Gómez, E. y Menchuca, M. A. 1987. Algunos indicadores fisiológicos y del ambiente Ruminal suplementadas con concentrado. Rev. Cubana Cienc. Agric 21(3):241 – 245.



- 45) Garcia, E. 1973. Modificaciones del sistema de clasificación climática de Köppen (Modifications of Köppen climatic classification system). Instituto de Geografía, UNAM, México, City, México, 33pp.
- 46) Goering, H. K. and 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.
- 47) Gusnet, P. and Demarce, Y. 1987. La regulation de l'ña lipolyse et la lipogenese chez les mammiferes. INRA. Paris. France, 197 pp.
- 48) Hennessy, D. W. and Williamson, P. J. 1983. The role and the energy or protein-rich supplements in the subtropics for young cattle consuming basal diets low in digestible energy and protein. J. Agr. Sci. 100: 657.
- 49) Herrera, R. S. 1983. La calidad de los pastos. Capitulo III 60 – 109 En: Los pastos de Cuba. Ed. Instituto de Ciencias Animal. La Habana Cuba 675 pp.
- 50) Hill, W. H. Seals, J. and Mentegel, E. 1958. Destruction of animal and vegetable tissue by combustion in the Parr oxygen bomb. AM. Ind. Hyg. Assoc. J. 19, 378.
- 51) Houtert, M. F. J. 1993. The production and metabolism of volatile fatty acids by ruminants fed roughages. A Review. Anim. Feed Sci. Tech. 43: 189 – 225.
- 52) Hungate, R. E. 1960. The rumen microbial ecosystem. Ed. Elsevier Applied Science, New York, USA. 527 pp.
- 53) INRA. 1988. Alimentation des Bovins, ovins et caprins. INRA, Paris, Francia. Pp. 126 – 137.
- 54) Istasse, L., Reid, G. W., Tait, C. A. G. and Orskov, E. R. 1986. Concentrates for dairy cows: Effects of feeding method proportion in diet and type. Anim. Sci. technol. 15:167 – 182.
- 55) Juergenson, E. M. 1979. Practicas aprobadas en la explotación del Ganado lanar. C. E. C. S. A., México 377 pp.
- 56) Kempton, T. J., Nolan, J. V. and Leng, R. A. 1977. Principles for the use of nonprotein nitrogen and by-pass protein in diets for ruminants. Wold. Animal Rev. 22: 2 – 9.
- 57) Kevelenge, J. E., Said, A. N. y Kiflewahid, N. 1983. Valor nutritivo de cuatro subproductos de cultivo comúnmente utilizados para la alimentación de ganado lechero por los productores de pequeña escala en Kenya. (Nutritive value of four by products in crops generally used for cattle nutrition in small farmers in Kenya) Prod. Animal Tropical, 8: 175 – 184.
- 58) Kiofenstein, J., Roth, L., Fernandez – Rivera, S. and Lewis, M. 1987. Corn residues in beef production systems. J. Anim. Sci. 65:1139 – 1143.
- 59) Krouse, D. O. and Russell, J. B. 1996. How many ruminal bacteria are there?. Symposium Ruminant Microbiology. Journal Dairy Sci. 79: 1467 – 1475.
- 60) Langlands, J. P. 1969. The feed intake of sheep supplemented with varying quantities of wheat while grazing pastures differing in herbage availability. Aust. J. Agric. Res. 20:919 – 924.



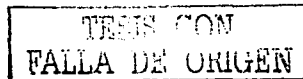
- 61) Leng, R. A., Choo, B. S and Arreaza, C. 1991. Practical technology to optimize feed utilization by ruminants. In: Legumes trees and others fodder as protein source for livestock. FAO Animal Production and Health Paper 102, Roma, Italia 75 - 94 pp.
- 62) Leng, R. A. 1991. Applications of biotechnology to nutrition of animals in developing countries. FAO Animal Production and Health Paper 90, Roma, Italia 146 pp.
- 63) Leng, 1990. Factors affecting the utilization of "poor quality" forages by ruminant animals particularly under tropical conditions. Nutritional Res. Rev. 3: 277 - 303.
- 64) Madrid, J., Hernandez, F., Pulgar, M. A. and Cid, J. M. 1989. Effect of citrus by-product supplementation on the intake and digestibility of urea + sodium hydroxide-treated barley straw in goats. Small Rumin Res. 26: 241 - 248.
- 65) Martín, P. C. y Palma, J. M. 1999. Manual para fincas y ranchos ganaderos. Indicadores útiles para su manejo. Tablas tropicales de composición de alimento. Ed. Agrosystem, Colima, México. 120pp.
- 66) Martín, P. C. y Brito, M. 1997. Cantidad y tipo de proteína en dietas de forrajes de caña de azúcar para toros. Rev. Cubana Cienc. Agric. 31:265 - 269.
- 67) Martín, P. C. y Brito, M. 1996. Efecto del nivel y tipo de nitrógeno en el consumo de forraje de toros de engorda. Rev. Cubana Cienc. Agric. 30:271 - 276.
- 68) Meang, W. J., Chanag, M. B., Yun, H. S., and Chi, I. 1989. Dilution rates on the efficiency of rumen microbial growth in continuous culture. Asian - Australian J. Anim. Sci. 2: 477 - 480.
- 69) Mehrez, A. Z. and Orskov, A. R. 1977. An study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. J. Agric. Sci. Cambridge. 8: 645 - 650.
- 70) Moir, R. J. and Williams, V. J. 1950. Ruminant flora in the sheep. II The effect of the level of Res. 2:381 - 395.
- 71) Morales, A. R., Galina, M. A. and Haenlein, G. 2000b. Nutritional and economic effects of using complex catalytic feed supplementation to dry dairy goats on low quality forage. VII International Conference on Goats, Tours, France, 15 - 18 Mayo Proceedings, Tome 1: 145 - 149.
- 72) Morales, A. R., Galina, M. A., Jiménez, S. and Haenlein, G. 2000a. Improvement of biosustainability of a goat feeding system with key supplementation. Small Rumin. Res. (35):97 - 105.
- 73) Morrison, M. 1996. Do ruminant bacteria exchange genetic material. Journal of Dairy Science. 79: 1476 - 1486.
- 74) Mould, F. L., Orskov, E. R. and Mann, S. O. 1983. Associative effects of mixed influence of rumen fluid pH on Cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages. Anim. Feed Sci. Technol. 10:31 - 47.
- 75) Noller, C. H., White, J. L. and Wheeler, W. E. 1980. Characterization of cement kiln dusts and Animal response. J. Dairy Sci. 63: 1947 - 1952.
- 76) Oh, J. H., Weir, W. C. and Longhurst, W. M. 1971. Feed values for sheep of cornstalks, rice straw and barley straw as compared with alfalfa. J. Anim. Sci. 32:343 - 346.



- 77) Oltjen, R. R., Slyter, L., Kozak, A. S. and Williams, E. 1968. Evaluation of urea, biuret, urea phosphate and uric acid as NNP source for cattle. *J. of Nutr.* 94: 193 – 202.
- 78) Ortiz, R. M. A., Galina, M. A. and Carmona, M. M. A. 2002. Effect of a show non-protein nitrogen Ruminant supplementation on improvement of *Cynodon nlemfuensis* or *Brachiaria brizantha* utilization by Zebu steers. *Livestock Production Science.* 78(2): 125 – 131.
- 79) Ortiz, R. M. A., Haenlein, G. F. W. and Galina, M. 2001. 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. of Animal Sci.* 16(2):239 – 245.
- 80) Ortiz, R. M. A. 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). Master Thesis. Postgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, Colima, México 95pp.
- 81) Orskov, E. R., Meehan, D. E., Macleod, N. A. and Kyle, D. J. 1999. Effect of glucose supply on fasting nitrogen excretion and effect of level and type of volatile acid on response to protein infusion in cattle. *Br. J. Nutr.* 81:369 – 393.
- 82) Orskov, E. R. 1999. Supplemented strategies for ruminants and management of feeding to maximize utilization of roughages. *Preventive Veterinary Medicine.* 38:179 – 185.
- 83) Orskov, E. R. and Ryle, M. 1998. Energy nutrition in ruminants. Elsevier Science Publisher. LTD. London, U.K. 149pp.
- 84) Orskov, E. R. 1998. Feed evaluation with emphasis on fibrous roughages and fluctuation supply of nutrients. *Small Rum. Res.* 28:1 – 8.
- 85) Orskov, E. R. 1994. Recent advances in understanding of microbial transformation in ruminants. *Livestock Prod. Sci.* 39:53 – 60.
- 86) Orskov, E. R. 1992. Protein nutrition in ruminants. Second Edition. Academic press. London. San Diego. New York. Boston. Sydney. Tokyo. Toronto. 171pp.
- 87) Orskov, E. R. 1991. Manipulation of fiber digestion in the rumen. *Proc. Nutr. Soc.* 50: 187 – 196.
- 88) Orskov, E. R. 1982. Protein Nutrition on Ruminants. Academic Press New York, USA: 160 pp.
- 89) Orskov, E. R., Hovell, F. and 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.
- 90) Orskov, E. R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. Camb.* 96: 499 – 503.
- 91) Palma J. M., Rosado, J., Galina, M. y Espinoza, R. 1995. Algunas observaciones sobre la producción de carne de ovino en el trópico. *Memorias del curso Producción Animal en el trópico.* Colima Col. México. pp 29 – 36.

TRABAJOS CON
FALLA DE ORIGEN

- 92) Preston, T. R. 1995. Tropical animal Feeding. A manual for research workers. FAO. Animal Production and Health Paper 126. Rome, Italy:305 pp.
- 93) Preston, T. R. and Leng. 1987. Matching Ruminant Production System with Available Resources in the Tropics and Subtropics. PENAMBUL Books Ltd. Armidales NSW, Australia.
- 94) Preston, T. R. and Leng, R. 1984. Supplementation of diets based on fibrous residues and by products In: Strow and other fibrous Byproducts as Feed (Sundstol and Owen, editors).
- 95) Preston, T. R., Carcaño, C., Alvarez, J. F. and Gutierrez G. D. 1976. Rice polishing as a of Supplement in a sugar cane diet effect of level of rice polishing and of processing. The sugar cane by deriving or chopping. Trop Anim. Prod. 1:150 – 162.
- 96) Poppi, D. and McLennan, S. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. J. Anim. Sci. 73: 278 – 290.
- 97) Puga, D. C., Galina, M., Pérez-Gil, R. F., Sanguinés, G. L., Aguilera, B. A., Haenlein, G. F. W., Barajas, C. R. and Herrera, H. J. 2001b. Effect of a controlled – release urea supplementation on feed intake, digestibility, nitrogen balanced and Ruminant Kinetics of sheep fed low quality tropical forage. Small Rumin. Res. 41(1):9 – 18.
- 98) Puga, C., Galina, M. A., Pérez-Gil, F., Sanguinés, G. L., Aguilera, B. A. and Haenlein, G. 2001a. Effect of a controlled – release urea supplement on rumen fermentation in sheep fed a diet of sugar cane tops (*Saccharum officinarum*) corn (*Zea mays*) and King grass (*Pennisetum purpureum*). Ruminant Fermentation. Small Rumin. Res. 39: 269 – 276.
- 99) Puga, C., Galina M. A. 1999. Efecto de un alimento complejo catalítico en la recría de cabras de pastoreo XII Reunión de Avances de Investigación, Trópico 99, Colima, Colima U de Colima 50 – 57.
- 100) Riquelme, E. 1984. Efectos asociativos en dietas basadas en subproductos agrícolas. Rev. Mex. Prod Anim. 16:13 – 24.
- 101) Russell and Wilson, D. B. 1996. Why are Ruminant cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? J. Dairy Sci. 79: 1503 – 1509.
- 102) Russell, J. R., Young, A. W. and Jorgensen, N. A. 1979. Effect of sodium bicarbonate and limestone addition to high grain diets on feedlot performance and Ruminant fecal parameters in finishing steers. J. of Anim. Sci. 51(4):996 – 1002.
- 103) Ryu, D. D. 1989. Enhancement of nutritive value of cellulosic feed resources by pretreatment and bioconversion. Biotechnology for livestock production. FAO, New York and London 223 – 243.
- 104) San Martín, F., Pezo D., Ruiz, E. M., Vohnout, K. y Pun Li, H. H. 1983. Suplementación en bovinos con banano verde. I. Efecto sobre parámetros de digestión de la fibra en punta de caña. (Supplementation of cattle with green bananas I. Effect on digestion of sugar cane tops) Prod. Animal Tropical, 8: 232 – 239.
- 105) SAS 1996. Statistical Analysis System. User's Guide: Statistics, Version 6th. Edition. SAS Institute Inc Cary, North Carolina, USA.
- 106) Shimada, M. A. 1983. Fundamentos de nutrición animal comparada. Copigraf. S. A. México, D. F. 373 pp.



- 107) Silva, A. T., Greenhalgh, J. F. F., and Orskov, E. R. 1989. Influence of ammonia treatment and supplementation on the intake digestibility, weight gain of sheep and cattle on barley straw diets. *Anim. Prod.* 48: 99 – 108.
- 108) Silva, A. T. and Orskov, E. R. 1988. The effect of five different supplements on the degradation of straw in sheep given untreated barley straw. *Anim. Sci. Tech* 19: 277 – 287.
- 109) Singh, B., Makkar, H. P. S. and Negi, S. S. 1992. The kinetics of digestion in ruminants. A Review. *Indian J. Dairy Sci.* 46(3) 90 – 99.
- 110) Smith, L. W. 1984. Mineral and rumen function references. In: *Nuclear Techniques in Tropical Animal Disease and Nutrition Disorders*. International Atomic Energy Agency, Vienna, Australia, 79 – 96
- 111) Smith, L. W., Goering H. R. and Gordon, C. H. 1972. Relationships of forage composition with rate of cell wall digestion and indigestibility of cell wall. *J. of Dairy Sci.* 55: 1140–1147.
- 112) Sudana, I. B. and 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.
- 113) Udén, P., Colucci, P. E. and Van Soest, P. J. 1990. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta Rate of passage studies. *J. Sci. Food Agric.* 31: 625 – 632
- 114) Valdés, G. y Delgado, A. 1990. Suplementación proteico – energético para la engorda de ganado con pasto y forrajes. En producción de carne en le trópico. EDICA. Instituto de Ciencia Animal, La Habana. Cuba. 318 pp.
- 115) Van der Meer, J. M. and Van Es, A. J. H. 1987. Optimal degradation of lignocelluloses feeds by ruminants and *in vitro* digestibility test. 21 -31 In Van der Meer, J. M., Rijkens, B. A. and Ferrati, M. P. 1987. Degradation of lignocellulosic in ruminants and in industrial processes Ed Elsevier Applend Science. New York, USA:120 pp.
- 116) Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of ruminant. O. B. Books, Inc. Corvallis O. R. 467.
- 117) Ward, G. M., Ald, J. G. A., Greathouse, A. and Coveny, D. D. 1980. Cement lin dust in finishing lab diets. *J. of Anim. Sci.* 49(3) 637 – 640.
- 118) Wells, J. and Russell, J. 1996. Why do many Ruminant bacteria die and lyse so quickly. *J. of Dairy Sci.* 79: 1487 – 1495
- 119) Weimer, P. 1996. Why don't Ruminant bacteria digest cellulose master. *J. of Dairy Sci.* 79: 1496 – 1502.
- 120) Wheeler, W. E., Noller, C. H., and White, J. L. 1981b. Comparison between limestone and cement kiln dusts for beef steers. *J. Anim. Sci.* 52(4): 873 – 881.
- 121) Wheeler, W. E., Noller, C. H. and White, J. L. 1981a. Influence of rate activity of catalytic limestone and level of calcium addition on utilization of high concentrate diets by beef steers. *J. Anim. Sci.* 53(4): 1120 – 1134.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

- 122) Wheeler, W. E. and Oljen, R. R. 1979. Cement klin dust in complete diets for finishing steers and growing lambs. *J. of Anim. Sci.* 48(3):658 – 665.
- 123) Wholt, J. C., Clark, J. H. and Blaisdell, F. S. 1978. Nutritional value of urea versus preformed protein for ruminants. II Nitrogen utilization by dairy cows fed corn based diets containing supplemented nitrogen from urea and/or soybean. *J. Dairy Sci.* 61:916 – 922.
- 124) Wilson, J. R. 1994. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants. *J. of Agri. Sci. Cambridge.* 122 173 – 182.
- 125) Zinn, R. A., Barajas, R. A., Montaño, M. and Sean, Y. 1996. Protein and energy value of Dehydrated poultry excreta in diets for feed lot cattle. *J. Anim. Sci.* 2331 – 2335.