

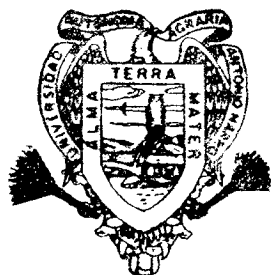
COMPORTAMIENTO DE CABRAS CRIOLLAS EN  
 CRECIMIENTO ALIMENTADAS CON DIETAS A BASE  
 DE HARINOLINA/SORGO O HARINOLINA/CEBADA  
 SUPLEMENTADAS CON VITAMINAS DEL  
 COMPLEJO B



JOSE EDUARDO GARCIA MARTINEZ

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
 PARA OBTENER EL GRADO DE  
 MAESTRO EN CIENCIAS  
 EN NUTRICION ANIMAL



**Universidad Autónoma Agraria  
 Antonio Narro**

**PROGRAMA DE GRADUADOS**

**Buenavista, Saltillo, Coah.**

**ENERO DE 1994**

Tesis elaborada bajo la supervision del comite particular de asesoria y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN NUTRICION ANIMAL



COMITE PARTICULAR EGIDIO G. REBON BANCO DE TES U.A.A.A.N.

Asesor principal: Dr. David Rodriguez Maltos

Asesor: M. C. Ramon Garcia Castillo

Asesor: M. C. Regino Morones Reza

Dr. Jose Manuel Fernandez Brondo  
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Enero de 1994

## C O M P E N D I O

COMPORTAMIENTO DE CABRAS CRIOLLAS EN CRECIMIENTO  
ALIMENTADAS CON DIETAS A BASE DE HARINOLINA/SORGO O  
HARINOLINA/CEBADA SUPLEMENTADAS CON VITAMINAS DEL  
COMPLEJO B

POR

JOSE EDUARDO GARCIA MARTINEZ

MAESTRIA

NUTRICION ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. Enero de 1994

Dr. David Rodriguez Maltos - Asesor -

Palabras clave: Cabras en crecimiento, degradación, sorgo,  
cebada, harinolina y vitaminas-B.

Durante 84 días se alimentó a 24 cabras criollas en  
crecimiento con dietas a base de harinolina/sorgo (H/S) o  
harinolina/cebada (H/C), suplementadas con vitaminas del

complejo B (0, 2 y 4 g/kg MS). Los resultados se analizaron mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 X 3, encontrándose un mayor consumo de alimento e incremento de peso ( $P < .01$ ) y similar conversión alimenticia ( $P > .05$ ) (de 5.3 a 6.0). Los animales suplementados con 4 g/kg MS de vitaminas (H/S) consumieron mayor cantidad de alimento (0.681 kg MS/d) que los animales no suplementados (0.514 kg MS/d) y que los suplementados (H/C) con 2 y 4 g/kg MS ( $\bar{x}$  0.489 kg MS/d). El mayor incremento de peso (129 g/d) lo obtuvieron los animales que consumieron la combinación H/S suplementados con 4 g/kg MS de vitaminas del complejo B, no encontrándose diferencia ( $P > .05$ ) con los animales (H/S) suplementados con 2 g/kg MS (98 g/d) y los animales (H/C) sin suplementar (107 g/d). La combinación H/S suplementada con 4 g/kg MS de vitaminas del complejo B incrementó en mayor grado el peso de las cabras a un menor costo (N\$ 2.27/kg incrementado).

## A B S T R A C T

GROWTH EVALUATION OF CRIOLLO GOATS FED COTTON MEAL/SORGUM OR  
COTTON MEAL/BARLEY SUPPLEMENTED WITH B-VITAMINS

By

JOSE EDUARDO GARCIA MARTINEZ

MASTER OF SCIENCE

ANIMAL NUTRITION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JANUARY 1994

Dr. David Rodriguez Maltos. - Advisor -

Key Words: Growing goat, degradation, sorgum, barley, cotton  
meal and B-vitamins.

Twenty four growing criollo goats were fed (84 days) with cotton meal/sorgum (CM/S) or cotton meal barley (CM/B) supplemented with vitamin B complex (0, 2, and 4 g/kg DM). Data were analyzed by a complete randomly factorial (2 X 3) design. Feed intake and weight gain were statistically significant ( $P < .01$ ) in animals fed CM/S supplemented with 4 g/kg DM of B vitamins (0.681 kg DM/d and 129 g/d). Feed consumption was lower in non supplemented

animals (0.514 kg DM/d) and animals fed CM/B supplemented with 2 and 4 g/kg DM ( $\bar{x}$  0.489 kg DM/d) of B vitamins. No difference in weight gain ( $P > .05$ ) was found in animals fed CM/S supplemented with 2 and 4 g/kg DM (98 and 129 g/d) and animals fed CM/B without B vitamins supplement (107 g/d). The combination diet CM/S supplemented with 4 g/kg DM of B vitamins had higher weight gain in growing goats at the lowest cost (N\$ 2.27/kg body weight gain).

## INDICE DE CONTENIDO

	pag.
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
1. INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	3
2. REVISION DE LITERATURA.....	5
CLASIFICACION DE LOS ALIMENTOS DE ACUERDO CON SU SOLUBILIDAD.....	5
FACTORES QUE AFECTAN LA DEGRADACION DE LOS ALIMENTOS.....	6
SOLUBILIDAD DE LOS ALIMENTOS.....	6
DEGRADACION DE LAS PROTEINAS EN RELACION A LA SOLUBILIDAD DE LOS CARBOHIDRATOS.....	7
DEGRADACION DE LAS PROTEINAS.....	8
MICROBIOLOGIA RUMINAL.....	8
FISIOLOGIA DEL RUMEN.....	10
AMBIENTE RUMINAL.....	11
CLASIFICACION DE LOS MICROORGANISMOS DEL RUMEN.....	12
BACTERIAS DEL RUMEN.....	13
BACTERIAS CELULOLITICAS.....	15
BACTERIAS AMIOLITICAS.....	15
BACTERIAS PROTEOLITICAS.....	16
PROTOZOARIOS DEL RUMEN.....	16
HONGOS ANAEROBICOS DEL RUMEN.....	17
SOLUBILIDAD DE LAS PROTEINAS EN RELACION A LAS PROTEINAS DE SOBREPASO.....	19
DEGRADACION DE LOS ALIMENTOS EN RELACION A LA MICROFLORA RUMINAL.....	20
MANIPULACION DEL RUMEN.....	22
VITAMINAS HIDROSOLUBLES EN LA ALIMENTACION DE RUMIANTES.....	24
HIPOTESIS.....	28
3. MATERIALES Y METODOS.....	29
ANALISIS BROMATOLOGICO DE LOS INGREDIENTES.....	29
PRUEBA DE ALIMENTACION CON CABRAS EN CRECIMIENTO.....	30
DIGESTIBILIDAD <i>IN SITU</i> DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....	32

4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	34
5. CONCLUSIONES.....	43
6. RESUMEN.....	44
7. LITERATURA CITADA.....	46
8. APENDICES.....	53
APENDICE A.....	54



## INDICE DE CUADROS

	pag.
Cuadro 3. 1 Composición bromatológica y energía metabolizable de los ingredientes utilizados en la formulación de las dietas experimentales.....	30
Cuadro 3. 2 Composición de las dietas utilizadas en la prueba de alimentación de cabras criollas en crecimiento .....	31
Cuadro 4. 1 Comportamiento productivo de cabras criollas en crecimiento alimentadas con dietas de diferente tipo de degradación ruminal (proteínica/energética) suplementadas con tres niveles de vitaminas del complejo B....	35
Cuadro 4. 2 Porcentaje de Digestibilidad <i>in situ</i> de la MS las dietas experimentales a diferentes tiempos de incubación ruminal.....	40

## INDICE DE FIGURAS

	pag.
Figura 4. 1 Comportamiento del consumo de alimento con respecto al nivel de vitaminas del complejo B en la dieta para cabras en crecimiento....	37
Figura 4. 2 Comportamiento del incremento de peso con respecto al nivel de vitaminas del complejo B en la dieta para cabras en crecimiento....	38

## 1. INTRODUCCION

La solubilidad de los alimentos hace que éstos sean aprovechados por el animal en mayor o menor grado. Al ser menos soluble un alimento, su digestibilidad disminuirá debido a que presenta menor superficie de contacto a la acción de los microorganismos ruminales y/o de los jugos gástricos y enzimas en el abomaso e intestino delgado, por lo que gran cantidad de este alimento es excretado, causando con ello pérdidas considerables a los productores.

Por lo anterior, sería lógico pensar que se requiere proporcionar a los animales alimentos que sean altamente solubles para que sean mejor aprovechados. Sin embargo, esta práctica no es del todo correcta, debido a que también ocurren pérdidas (principalmente de proteína) al ser fermentados los alimentos por los microorganismos del rumen.

Al considerar a los carbohidratos, se requiere que los de tipo estructural (poco solubles) tengan una mayor degradación ruminal, ya que a partir de éstos, los microorganismos producirán proteína microbiana, la cual será

utilizada por el hospedero. Sin embargo, los de tipo no estructural (más solubles) es deseable que no sean totalmente degradados en el rumen para que una parte sea utilizada directamente por el animal a nivel intestinal. Esta misma situación se requiere respecto a la utilización de la proteína, sobre todo aquella que presenta alta concentración de aminoácidos esenciales.

Otros nutrientes esenciales en el organismo y que poca importancia se les ha dado en el rumiante, son las vitaminas y minerales, los cuales participan como cofactores y activadores en los procesos enzimáticos ayudando así a hacer más solubles a los alimentos, además de que son requeridos por los microorganismos del rumen con el fin de efectuar una mejor fermentación de los sustratos.

Normalmente, cuando hablamos de nutrición de rumiantes, ponemos atención en forma general a la utilización de fuente proteínica y fuente energética tratando de cubrir matemáticamente y económicamente el requerimiento animal en determinada etapa y al mínimo costo; sin embargo, poca atención se le dedica a la interacción proteína / energía / vitaminas y minerales, ya que se considera que el rumiante *per se*, es capaz de sintetizar sus propios requerimientos de vitaminas del complejo.

El conocimiento del ecosistema ruminal, sus poblaciones y su funcionamiento, es en la actualidad indispensable para todo nutricionista, ya que tal conocimiento le permitirá tomar decisiones para aumentar la eficiencia de la fermentación y degradación microbiana, lo cual deberá resultar en un mejor aprovechamiento de los nutrientes por parte del animal y por ende se eficientizará la producción y la productividad animal. Lo anterior resultará, siempre y cuando se considere que en el rumiante existen dos entidades que son diferentes, pero no independientes: los microorganismos y el animal *per se*.

## Objetivos

### General

Evaluar la utilización de la combinación de una fuente proteínica (harinolina) y dos fuentes de carbohidratos solubles (sorgo y cebada) con la adición de vitaminas del complejo B, en dietas para cabras en crecimiento.

### Particulares

1. Determinar cual combinación de la fuente proteínica / energética (harinolina / sorgo o harinolina / cebada) ofrece mejor respuesta animal.

2. Evaluar la respuesta animal respecto a la adición a la dieta de tres niveles de vitaminas del complejo B (0, 2 y 4 g / kg MS) y,

3. Determinar costos de producción.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### Clasificación de los Alimentos de Acuerdo con su Solubilidad

Una solución es una mezcla en que dos o más sustancias se han unido en una dispersión molecular homogénea y la solubilidad se refiere a la concentración de la solución con respecto al punto de saturación (Choppin, 1970). En este caso a mayor solubilidad del alimento disuelto en el líquido ruminal y saliva, mayor será la superficie de contacto con los microorganismos y mayor será su degradación. De esta forma, los carbohidratos pueden clasificarse en altamente solubles (azúcares), medianamente solubles (almidones) y poco solubles (celulosa y hemicelulosa). Los compuestos nitrogenados se dividen en altamente solubles (urea y sales de amonía), medianamente solubles (pastas de oleaginosas) y poco solubles (subproductos de origen animal y marino ) (Shimada, 1983).

## Factores que Afectan la Degradación de los Alimentos

Maynard *et al.* (1981) encontraron que los factores que afectan la degradación de los alimentos son la degradabilidad ruminal, la solubilidad del ingrediente y el tiempo de permanencia de la ingesta en el rumen. En cuanto al tiempo y solubilidad, Shimada (1983) señala importante proporcionar ingesta con una solubilidad semejante de los carbohidratos y las fuentes nitrogenadas, ya que así el tiempo en que éstos se hacen disponibles para los microorganismos ruminales será muy similar. Por otro lado, Orskov (1988) menciona que existe otro factor que afecta la degradación y es la proporción de los componentes de la dieta.

### Solubilidad de los Alimentos

La solubilidad de los carbohidratos y las proteínas depende de sus características físicas y químicas (Nocek, 1988). La solubilidad de los carbohidratos esta dada principalmente por el tamaño de las partículas y por el tipo (estructural y no estructural) (Larson, 1985). La solubilidad de las proteínas depende principalmente de su punto isoeléctrico, dado que son compuestos anfóteros que contienen grupos libres aminos y carboxílicos, lo que les



permite precipitarse con mayor facilidad a diferente pH (Maynard *et al.* , 1981). Igualmente influye el tipo de proteína en su solubilidad (albúminas, globulinas, prolaminas , glutelinas, colageno y queratinas) (Blethen *et al.* , 1990).

#### **Degradación de las Proteínas en Relación a la Solubilidad de los Carbohidratos**

Herrera y Huber (1989) encontraron que la velocidad de degradación de los carbohidratos en el rumen afectaba la eficiencia en la utilización de las proteínas. Estos mismos autores obtuvieron en vacas lecheras una mayor producción (37.4 kg/d) cuando éstas fueron alimentadas con una mezcla de cebada / harinolina (degradación rápida / rápida) en comparación con las alimentadas con cebada / granos de cervecería (rápida / lenta), sorgo / harinolina (lenta / rápida) y sorgo / granos de cervecería (lenta / lenta) (34.5 kg) , no encontrándose diferencias en el consumo de materia seca entre las diferentes dietas.

condiciones ambientales del rumen que son controladas autónomamente por el animal, permitiendo así la simbiosis (Van Soest, 1982). Las condiciones del rumen son anaeróbicas y por lo tanto sólo algunos microorganismos pueden habitarlo (Morrison, 1965).

Existen en el rumen gran cantidad de bacterias, protozoarios, hongos, micoplasmas y virus, los cuales obtienen su energía a partir de los procesos de óxido-reducción de los alimentos bajo condiciones anaeróbicas. De éstos, el grupo dominante lo constituyen las bacterias con aproximadamente 22 géneros y 63 especies y posteriormente los protozoarios y los hongos (Herrera, 1990).

En el pasado, se consideraba al rumiante como una unidad metabólica individual, y se formulaban las dietas para satisfacer sólo los requerimientos de éstos, sin considerar las necesidades nutricionales específicas de los microorganismos (Boenker, 1989). En la actualidad se considera al rumiante como dos entidades, y se ha dado énfasis al estudio amplio de los microorganismos. Esto ha dado como resultado la obtención de grandes conocimientos sobre microbiología ruminal, lo cual trae como consecuencia enormes avances en la nutrición de ruminantes (Orskov, 1988; Boenker, 1989).

## Fisiología del Rumen

El rumen es una cámara de fermentación en donde se inicia la transformación de compuestos lignocelulósicos, nitrogenados y energéticos (Herrera, 1990). Este órgano realiza una digestión pregástrica extensiva a través de la actividad microbiana, dando como resultado la formación de nutrientes esenciales durante el proceso de fermentación que finalmente serán utilizados por el rumiante para satisfacer las necesidades básicas de sus tejidos (Boenker, 1989).

La degradación química de los alimentos en el rumen se realiza por las enzimas segregadas por los microorganismos y no por el propio animal, de lo cual entre el 70 y 85 por ciento de la materia seca digestible es degradada por los microorganismos (Bondi, 1989), dando como resultado la producción de ácidos grasos volátiles, dióxido de carbono, metano, amoníaco y células microbianas (Orskov, 1988; Bondi, 1989; Hungate, 1966). Los microorganismos además, son capaces de sintetizar proteínas, vitaminas del complejo B y vitamina K, por lo que se considera posible no agregar a las dietas estas vitaminas, ni aminoácidos esenciales (Rounds y Herd, 1985).

### Ambiente Ruminal

Las condiciones del rumen son anaerobias y más o menos constantes (Collier, 1985), aunque por algunos momentos (ingestión de agua y alimentos) se pueden observar cambios bruscos, los cuales son corregidos rápidamente para evitar alteraciones en el funcionamiento del ecosistema (Herrera, 1990).

Existe en el rumen, una mezcla de gases compuesta de aproximadamente 30 a 40 por ciento de metano, 20 a 65 por ciento de dióxido de carbono, 5 por ciento de hidrógeno y pequeñas cantidades de nitrógeno y oxígeno (Bondi, 1989). El dióxido de carbono se produce por fermentación de los azúcares, por la degradación de aminoácidos y por neutralización de los ácidos grasos volátiles con el bicarbonato presente en la saliva (Hungate, 1988; Orzkov, 1988; Bondi, 1989). El metano se produce por reducción microbiana del dióxido de carbono (Bondi, 1989). Los gases formados en el rumen se eliminan constantemente por eructación, por absorción a través de la pared ruminal, por exhalación vía pulmonar y por pasaje al tracto digestivo postruminal (Bondi, 1989; Rounds y Herd, 1985).

Con el fin de mantener las condiciones adecuadas para el desarrollo de las poblaciones microbianas se requiere de un pH entre 5.5 y 7.0 (Orskov, 1988; Rounds y Herd, 1985; Bondi, 1989), el cual es regulado por la saliva y eliminación de productos de fermentación (ácidos grasos volátiles y aminoácidos) por absorción ruminal (Bondi, 1989), requiriéndose una temperatura entre 37 y 42° C, la cual es controlada por los mecanismos termoreguladores del animal (Bondi, 1989; Rounds y Herd, 1985).

#### Clasificación de los Microorganismos del Rumen

El tipo de microorganismos y su concentración depende del alimento que se consume, aunque generalmente las poblaciones más comunes son celulolíticas, debido a la alimentación natural de los rumiantes (Herrera, 1990). Sin embargo, debido a los avances en los sistemas de alimentación y al uso de mayores cantidades de granos, las poblaciones amilolíticas se desarrollan rápidamente.

Van Soest (1982) clasifica nutricionalmente a los microorganismos del rumen en: a) fermentadores primarios, los que degradan compuestos nutritivos de los alimentos (proteína, almidón, celulosa, etc.) y b) fermentadores secundarios, los que degradan compuestos producidos por los

fermentadores primarios (succinato, formato, dióxido de carbono, hidrógeno, etc.). Este grupo es de gran importancia, ya que remueve los productos finales y recicla factores nutricionales esenciales para los fermentadores primarios (complejo B, ácidos grasos de cadena ramificada, radicales heme, etc.) (Herrera, 1990).

Orskov (1988) clasifica los microorganismos ruminales de acuerdo a su función en: a) celulolíticos, los que degradan carbohidratos estructurales; b) amilolíticos, los que degradan carbohidratos no estructurales y c) proteolíticos, los que degradan compuestos nitrogenados, sin embargo estos no poseen especificidad degradativa, ya que también pueden degradar otros nutrientes (Herrera, 1990).

### Bacterias del Rumen

La actividad microbiana en el rumen se lleva a cabo principalmente por las bacterias. El contenido ruminal de los animales bajo condiciones normales de alimentación (con forrajes) presenta aproximadamente  $10^{11}$  bacterias/ml (Stewart y Bryant, 1988; Bondi, 1989).

La celulosa y hemicelulosa de los forrajes, y el almidón de los granos son las principales fuentes de energía para el rumiante. Estos carbohidratos son fermentados principalmente por las bacterias hasta ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico), los cuales serán metabolizados por el rumiante como principal fuente de energía (Boenker, 1989).

Existe un grupo de bacterias que utiliza como sustrato la celulosa, almidón o glucosa, y un segundo grupo que fermenta los productos metabólicos del primer grupo, hasta ácido láctico (Bondi, 1989).

El rumen contiene una gran cantidad de tipos de bacterias, de las cuales la mayoría se adhieren a la superficie de las partículas del alimento o sobre el epitelio ruminal, lo cual es benéfico para el animal, ya que de ésta forma no serán arrastradas a través del tracto gastrointestinal sin antes cumplir con su ciclo (Stewart y Bryant, 1988; Bondi, 1989).

Las bacterias ruminales son el grupo de microorganismos más frecuentemente encontrados. Estas han sido divididas para su estudio de acuerdo con el sustrato principal sobre el que actúan en:

### **Bacterias Celulolíticas**

Este grupo ha jugado un papel importante en la evolución de los rumiantes como consumidores eficientes de alimentos que la mayoría de los no-rumiantes no puede consumir (Orskov, 1988). Aunque estos microorganismos se especializan en degradar celulosa también tienen la capacidad para degradar diversas fuentes de nitrógeno y utilizar otros nutrientes que requieren para su buen desarrollo (Herrera, 1990). Este grupo de bacterias es muy sensible a cambios en el pH ruminal, disminuyendo su crecimiento a un pH menor de 6.2 (Orskov, 1988). La disminución del pH está generalmente asociada con el mayor desarrollo de las bacterias amilolíticas, debido principalmente a la suplementación con granos o concentrados ricos en almidón (Orskov, 1988; Herrera, 1990). Estos microorganismos son estrictamente anaerobios y requieren de amoníaco como fuente de nitrógeno y de ácidos grasos de cadena ramificada (isobutírico e isovalérico) para mantener su ritmo de crecimiento (Orskov, 1988; Stewart y Bryant, 1988).

### **Bacterias amilolíticas**

Estas bacterias fermentan almidón y generalmente aumentan su población cuando se ofrecen dietas con alta



proporción de granos. Son menos sensibles a cambios de pH ruminal, el cual se reduce por la fermentación del almidón, donde se produce mayor cantidad de ácidos grasos volátiles; siendo el tiempo de rumia menor con éste tipo de dietas, debido a que la secreción salival disminuye y así mismo, su poder tamponador (Orskov, 1988; Bondi, 1989). Al cambiar bruscamente de dietas celulósicas a ricas en almidón, el tiempo de adaptación suele ser insuficiente, dando lugar a una acidosis debida a la acumulación de ácido láctico, por lo que sólo los lactobacilos pueden sobrevivir (Orskov, 1988).

### **Bacterias Proteolíticas**

Se consideran proteolíticas a las bacterias que degradan proteínas, aunque éstas en su mayoría no tienen una función exclusiva, siendo al mismo tiempo escasas en su numero (Hungate, 1966).

### **Protozoarios del Rumen**

Los protozoarios del rumen son de mayor tamaño que las bacterias, siendo su numero menor (Rounds y Herd, 1985). Normalmente se observan cantidades aproximadas a  $10^6$ /ml protozoarios (Bondi, 1989). Este grupo es comunmente

clasificado de acuerdo con la morfología de sus células (Rounds y Herd, 1985). La mayoría de éstos microorganismos son ciliados y pertenecen a dos familias: *Isotrichadae* (holotricos) y *Ophryoscolecidae* (oligotricos) (Collier, 1985; Williams y Coleman, 1988; Bondi, 1989).

Los oligotricos, pero no los holotricos, engloban partículas de alimento y utilizan celulosa (Bondi, 1989). Los protozoarios parecen no tener demasiada importancia ruminal por la simple razón de que los animales sobreviven perfectamente sin su presencia (Orskov, 1988; Williams y Coleman, 1988)

#### Hongos Anaeróbicos del Rumen

Recientemente han sido descubiertos hongos anaerobios saprofitando en la digesta ruminal (Orpin, 1975; 1976 Orpin y Joblin, 1988); los cuales en un principio se confundieron con protozoarios flagelados; sin embargo, posteriormente se probó la existencia de estos hongos anaerobios también conocidos como zoosporas.

Uno de los principales géneros encontrados es, *Neocallimastix spp* (Orpin y Joblin, 1988), El cual utiliza

para su nutrición celobiosa en una atmósfera de dióxido de carbono y fuentes de biotina, tiamina o sus precursores, iones de amonio, de azufre reducido y elementos traza (Orpin y Joblin, 1988).

La principal función de los hongos ruminales es celulolítica. Orpin y Joblin (1988) encontraron que *Neocallimastix patriciarum* participa en el metabolismo intermediario, en la principal ruta glicolítica. Estos hongos pueden producir enzimas, capaces de digerir los principales carbohidratos estructurales (Pearce y Bauchop, 1985; Williams y Orpin, 1987; Lowe et al. , 1987).

Los hongos *Neocallimastix frontails* y *N. patriciarum* utilizan celulosa, xilanos, azúcares y hemicelulosa, produciendo lactato, acetato, hidrógeno y dióxido de carbono, y pequeñas cantidades de formato y etanol (Orpin y Joblin, 1988).

Se ha encontrado que los hongos ruminales tienen mayor capacidad celulolítica que algunas bacterias. Orpin y Joblin, 1988 trabajando con paja de cebada encontraron que los hongos *Neocallimastix* o *Piromonas*, solubilizaron del 30 al 40 por ciento de celulosa, mientras que las bacterias celulolíticas *Ruminococcus albus* solamente solubilizaron el

ocho por ciento.

### **Solubilidad de las Proteínas en Relación a las Proteínas de Sobrepaso**

Las proteínas de sobrepaso son aquellas que escapan a la degradación en el rumen y pasan al tracto digestivo posterior (Boenker, 1989). Se ha encontrado que suplementando la dieta con fuentes de proteína y energía de sobrepaso se obtiene mejor fermentación y un mayor flujo de los nutrientes (Stokes *et al.* , 1991b).

Los alimentos naturales contienen proteína de sobrepaso en diferente proporción , siendo los de origen vegetal los que contienen menos (Espinoza y Espinoza, 1990). Se puede obtener proteína de sobrepaso al tratar los alimentos con calor, formaldehídos, etc. disminuyendo así su solubilidad en el rumen. Sin embargo, estos tratamientos pueden dañar y disminuir la disponibilidad de algunos aminoácidos, principalmente, lisina, cisteína y tirosina (Wallace y Cotta, 1988; Rounds y Herd, 1985). Por lo que es preferible utilizar ingredientes que se sabe son menos solubles en el rumen en forma natural (Boenker, 1989), o simplemente agregar harina de sangre completa y deshidratada a otros concentrados proteínicos para protegerlos (Orskov,

1988). Otros investigadores (Burroughs *et al.*, 1975), mencionan la importancia de conocer la solubilidad ruminal de las proteínas de la dieta con el propósito de estimar la cantidad de proteína sobrepasante (aminoácidos) que estará disponible en el intestino para absorberse y satisfacer las necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción.

### **Degradación de los Alimentos en Relación a la Microflora Ruminal**

La microflora ruminal esta constituida por una multitud de microorganismos que no siempre corresponde a la flora habitual, pueden proceder de la dieta o del medio que rodea al animal. Dado que las condiciones del rumen son anaeróbicas, únicamente se desarrollarán en él los microorganismos para los cuales los sustratos, temperatura y pH son óptimos (Herrera, 1990). Cualquier cambio en las condiciones normales de desarrollo de los microorganismos, afectará los procesos de degradación. Las bacterias celulolíticas son las más sensibles a cambios de pH ruminal, ya que a un pH menor de 6.2 se inhibe gravemente su desarrollo disminuyendo en consecuencia la degradación de los carbohidratos estructurales y modificando la degradación de los otros nutrientes. Orskov (1988) al alimentar borregos con heno e incrementando el contenido de granos (almidones y azúcares), observó una disminución de la digestión de la

celulosa, debido al incremento de la acidez ruminal, lo cual afectó la proliferación de bacterias celulolíticas. De Alba (1971) y Morrison (1965) mencionan que mientras mayor sea la proporción de carbohidratos altamente solubles (azúcares y almidones) en el rumen, menor será la solubilidad de los carbohidratos estructurales, debido a que los microorganismos atacan primordialmente a los de mayor solubilidad. Al incrementar la proporción de proteína cruda, más numerosos y de mayor vigor serán los microorganismos, desdoblado así a la fibra cruda con mayor facilidad.

Klopfenstein *et al.* (1980) observaron que los microorganismos del rumen requieren de cierta cantidad de nitrógeno en forma de amoníaco, ya que cuando se utilizan proteínas de baja solubilidad como única fuente de nitrógeno, puede ocurrir una deficiencia en la concentración de amoníaco ruminal, dando como resultado una menor utilización de otros compuestos de la dieta. Igualmente es necesario conocer la interacción entre los carbohidratos y las proteínas de la dieta para lograr un mejor desarrollo microbiano y eficientizar la utilización de los sustratos (Stokes *et al.* , 1991a). Orskov (1988) señala la importancia de administrar suficientes cantidades de minerales en la dieta, ya que los microorganismos ruminales requieren estos elementos para asegurarse un desarrollo normal. Generalmente se presentan problemas de deficiencias minerales y de vitaminas, cuando se utilizan subproductos industriales o alimentos tratados

química o físicamente, debido a que estos procesos eliminan en forma selectiva ciertos nutrientes esenciales.

La solubilidad de la proteína depende de la capacidad del rumen para mantener un pH óptimo y para que la degradación de los carbohidratos menos solubles mantenga su ritmo. Orskov (1988) demostró este fenómeno incubando en el rumen de corderos alimentados con grano de cebada o heno, varios suplementos protéicos, obteniendo una degradación más rápida, cuando la harina de soya se incubó en un medio con mayor actividad celulolítica, en comparación con una degradación lenta, cuando el medio fue menos favorable para la celulolisis.

### **Manipulación del Rumen**

El conocimiento del funcionamiento del ecosistema ruminal, ayuda al nutricionista a tomar decisiones que permitan eficientizar la producción animal. Esto se puede lograr mediante la manipulación del rumen y de sus poblaciones de acuerdo con los objetivos zootécnicos y de los ingredientes disponibles.

La manipulación del rumen es considerada como una herramienta para optimizar los procesos de fermentación acordes con las óptimas condiciones para los microorganismos (Van Nevel y Demeyer, 1988). Para un buen desarrollo de los microorganismos, se requiere de la disposición de fuentes de energía, nitrógeno y otros factores nutricionales en un mismo tiempo y espacio, es decir, de forma sincronizada, donde la factibilidad de tal sincronía será función de las características de los alimentos o ingredientes, de la habilidad enzimática, de los microorganismos y de las condiciones del rumen (Herrera, 1990).

Algunas de las manipulaciones más comunes incluyen la adición de compuestos que modifican la fermentación ruminal. Como el caso de la Niacina y Tiamina que son consideradas como factores de crecimiento, ya que mejoran la producción de ácidos grasos volátiles y ayudan además al crecimiento y eficiencia microbiana (Van Nevel y Demeyer, 1988).

La mayoría de los compuestos utilizados con fines de manipulación ruminal actúan modificando la fermentación bacteriana, sin embargo, algunos de éstos pueden dañar a las poblaciones de hongos, como la monensina, que puede tener un efecto "protein sparing" (Chen y Russell, 1991).



Otra de las manipulaciones comunes en las investigaciones de los últimos años es la defaunación, que consiste en la eliminación o inhibición ruminal de los protozoarios, con el fin de aumentar las poblaciones de bacterias y hongos incrementando con ello el uso de lactato por bacterias (Hsu *et al.* , 1990a), incrementándose el escape ruminal de la proteína de la dieta, aumentándose la eficiencia en el uso de la urea dietética, reduciéndose la concentración de amonio en el rumen (Hsu *et al.* , 1990b) e incrementándose el flujo y digestión de los ácidos linoleico y linolénico en el intestino delgado (Hsu *et al.*, 1990c). Otra de las manipulaciones, es formular dietas de acuerdo con la solubilidad de los ingredientes en una forma sincronizada y de acuerdo a los niveles protéicos y energéticos en cada caso particular (Hussein *et al.* , 1991 Stokes *et al.* , 1991a; 1991b).

#### **Vitaminas Hidrosolubles en la Alimentación de Rumiantes**

Este grupo de vitaminas es de gran importancia en la nutrición animal, sin embargo, su uso en la alimentación de rumiantes no es muy común. Lo anterior se debe principalmente a que éstas de alguna forma son sintetizadas por los microorganismos del rumen, asumiéndose que estas cantidades son suficientes para cubrir los requerimientos de estos animales (Agrawala *et al.* , 1953; Jensen, 1972; Fox, 1985;

NRC, 1987).

Lo anterior puede ser cierto bajo condiciones normales de alimentación. Sin embargo, en algunas situaciones como en el caso de una deficiencia de proteína, la fermentación ruminal se ve afectada de tal forma que la síntesis de estas vitaminas es insuficiente (Fox, 1985).

Se ha encontrado cierta relación entre el tipo de dieta y la síntesis ruminal de vitaminas hidrosolubles. Lardinois *et al.* (1944) observaron que la ausencia de carbohidratos altamente fermentables, minimiza la producción de vitaminas del complejo B por los microorganismos ruminales. Hunt *et al.* (1954) en estudios donde agregaron almidón al inóculo colectado de novillos fistulados alimentados con forraje, observaron un incremento en la producción de este tipo de vitaminas. Al estudiar la relación forraje-concentrado sobre la síntesis vitamínica, Conrad y Hibbs (1954) no encontraron diferencias, sin embargo, mencionan que cuando el forraje se ofrece maduro o demasiado henificado, se requiere la adición de granos para incrementar la cantidad de vitaminas del complejo B en el rumen.

Es importante recordar que durante las primeras semanas de vida el rumen aún no es funcional. Por lo tanto la

síntesis de vitaminas no existe y se tienen que recibir de la dieta o a través de la leche de la madre (Fox, 1985). Zinn *et al.* (1987) no obtuvieron respuesta a la suplementación de complejo B en dietas para becerras en cuanto a incremento de peso o conversión alimenticia, observando una reducción en la morbilidad de estos animales debida a dicha suplementación.

Miller *et al.* (1986) al estudiar la producción de vitaminas hidrosolubles en el rumen de novillos alimentados con dietas en donde la fuente de grano varió, observaron que con maíz, trigo, avena y cebada (excepto sorgo) existió una pérdida neta de Tiamina en el rumen. Tanto la Niacina como la Tiamina son actualmente utilizadas en la manipulación del rumen debido a sus características como mejoradores de la fermentación ruminal (Van Nevel y Demeyer, 1988).

Recientemente se han realizado algunas investigaciones con el fin de verificar el aporte de estas vitaminas a partir de la síntesis ruminal, encontrando deficiencias principalmente de Niacina y Tiamina (Haenlein, 1987). Se ha observado que suplementando Niacina y Tiamina se estimula la actividad ruminal, aumentando así la producción de proteína microbiana (Harmon y Huntington, 1992). El uso de la Niacina es más popular con respecto al resto de las

ganado lechero (Ridell *et al.* , 1981). Se ha demostrado, que el suministro de esta vitamina en borregas afecta positivamente la tasa de pasaje y la producción de proteína de origen microbiano (Schussle *et al.* , 1978). Kung *et al.* (1980) observaron mayor producción de leche y persistencia, como resultado del suministro de Niacina en vacas Holstein. Al parecer, la adición de esta vitamina propicia un incremento en el consumo de materia seca (Fronk y Schultz, 1979; Fronk *et al.* ,1980) incrementándose la glucosa sanguínea con aumento en la cantidad de aminoácidos gluconeogénicos (Jaster *et al.* , 1983).

La Cianocobalamina (B 12) y la Colina, son las vitaminas del complejo B que tienen mayores posibilidades de ser deficientes, debido a que las dietas de los rumiantes generalmente son deficientes en Cobalto, mineral integrante de la molecula de la B 12 cuya ausencia ocasiona la incapacidad microbiana para su síntesis y en consecuencia, la síntesis *de novo* de Colina se ve afectada, ya que la B 12 es indispensable en este proceso (Jensen, 1972). Se ha demostrado que esta vitamina es requerida en dietas ricas en carbohidratos altamente solubles, ya que está relacionada positivamente con el metabolismo efectivo del propionato, el cual a la vez depende de la actividad de las enzimas propionil-CoA sintetasa, propionil-CoA carboxilasa y netilmalonil-CoA mutasa, las cuales secuencialmente convierten el propionato a succinil-CoA para entrar al ciclo

de Krebs y la ruta gluconeogénica (Daugherty *et al.* , 1986; Kennedy *et al.* , 1991). Así mismo se ha encontrado que una deficiencia de B 12 disminuye la actividad de la metionina sintetasa y de la metilación de fosfolípidos en borregos (Kennedy *et al.* , 1992).

### Hipótesis

Ho = Al ofrecer la dieta con una degradación ruminal similar de la fuente proteínica/energética, se mejora la eficiencia en la utilización de los nutrientes. Dando como resultado una mejor respuesta por parte del animal.

Ho = La adición a la dieta de vitaminas del complejo B incrementa la actividad microbiana del rumen, lo cual propicia una mayor degradación de los alimentos y por lo tanto la respuesta animal es mejor.

### 3. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila; a 22° 22' LN y 101°00' LO, con una altitud de 1742 msnm. La zona presenta un clima BWhw(x')(e); de muy seco a semicálido con invierno fresco, extremo, temperatura media anual de 19.8°C y una precipitación media anual de 298.5 mm (Mendoza, 1983). El experimento consistió de tres etapas:

#### Análisis Bromatológico de los Ingredientes

Se realizaron análisis de la paja de avena, harinolina y granos de sorgo y cebada (Cuadro 3.1) utilizando la metodología de la AOAC (1980) con el propósito de conocer el contenido nutricional y para así formular las dietas experimentales (Cuadro 3. 2).

Cuadro 3. 1 Composición bromatológica y energía metabolizable de los ingredientes utilizados en la formulación de las dietas experimentales.

INGREDIENTE	% (BASE MATERIA SECA)						Mcal/kg EM *
	MS	PC	FC	EE	C	ELN	
AVENA (paja)	96.52	7.38	23.57	2.79	6.63	59.63	2.08
HARINOLINA	93.39	40.43	6.18	8.58	6.92	37.89	2.98
SORGO (grano)	91.79	8.39	1.48	7.42	1.91	80.80	3.46
CEBADA (grano)	95.35	9.58	6.08	7.49	3.14	73.71	3.19

\* Estimada por ecuaciones (NRC, 1976).

#### Prueba de Alimentación con Cabras en Crecimiento

Se usaron 24 hembras criollas (4 / tratamiento) de aproximadamente 100 días de edad y peso promedio de 13 kg P.V. Esta prueba tuvo una duración de 98 días, utilizando un período preinicial de 14 días con el fin de adaptar a los animales al manejo, instalaciones y alimentación. Al inicio de esta etapa, los animales se desparasitaron externa e internamente, se les aplicó una dosis (1 cc) intramuscular de vitaminas A, D y E, y se les ofreció paja de avena, la cual fue progresivamente sustituida por un concentrado conteniendo 9.3 por ciento de PC y 2.7 Mcal EM / kg de MS. Este concentrado fue manufacturado a base de harinolina/sorgo para la mitad de los animales y harinolina/cebada para el resto (dieta de adaptación).

Cuadro 3. 2 Composición de las dietas utilizadas en la prueba de alimentación de cabras criollas en crecimiento.

	DIETA 1	DIETA 2	DIETA 3	DIETA 4	DIETA 5	DIETA 6
INGREDIENTE	kg (EN BASE MS)					
AVENA (PAJA)	39.19	39.19	39.19	34.17	34.17	34.17
SORGO (GRANO)	44.18	44.18	44.18	-----	-----	-----
CEBADA (GRANO)	-----	-----	-----	49.20	49.20	49.20
HARINOLINA	14.71	14.71	14.71	14.71	14.71	14.71
H. DE HUESO	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37
SAL YODATADA	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
MIN. TRAZA	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
VITAMINAS (B) (g/kg MS)*	-----	2.00	4.00	-----	2.00	4.00

\* Formula comercial para cerdos, que contiene: Riboflavina 4 g, Cianocobalamina 10 mg, Niacina 15 g, DL-Pantotenato de Ca 15 g, Cloruro de colina 200 g, Antioxidante 40 g y Excipiente c. b. p. 2000 g.

La prueba de alimentación tuvo una duración de 84 días, durante los cuales los animales fueron alimentados a libre acceso (el alimento se ofreció una vez al día, a las 14:00 h) con agua a libre acceso. Las dietas contenían 13 por ciento de PC y 2.8 Mcal EM / kg de MS. Los animales fueron alojados individualmente en corrales de malla ciclónica, con sombra, bebedero y comedero fijos, en una área de ocho m<sup>2</sup> / animal. Los animales se asignaron aleatoriamente a cada uno de los seis tratamientos (dietas), se pesaron cada 28 días (individualmente) utilizando una báscula con capacidad para 500 kg y aproximación de 500 g, semanalmente se tomaron muestras de alimento ofrecido y rechazado, se estimó el



consumo y se calculó la ganancia de peso, la conversión alimenticia, así como los costos de alimentación.

### **Digestibilidad *in situ* de la Dietas Experimentales**

Se utilizaron cuatro novillos canulados en el rumen, los cuales fueron alimentados con una dieta a base de heno de alfalfa (60 por ciento) más un concentrado de harinolina/sorgo (40 por ciento) por un periodo de siete días previo a la incubación de las muestras. El procedimiento de esta prueba se realizó de acuerdo a la técnica descrita por Orskov *et al.* (1980). Los tiempos de incubación fueron designados arbitrariamente, siendo 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48 y 60 h. Esta prueba se realizó solamente con fines de ampliar el criterio al momento de la discusión de los resultados y no como un objetivo más del trabajo.

### **Análisis Estadístico**

El análisis estadístico de los resultados de la prueba de alimentación se realizó mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 3 ( $r = 4$ ), siendo el factor A la fuente proteínica / energética (harinolina / sorgo o harinolina / cebada) y el factor B el

nivel de vitaminas B (0, 2 y 4 g / kg MS) y para la digestibilidad *in situ* se realizó un análisis de regresión polinomial (Steel y Torrie, 1985), para cada dieta.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

La información obtenida se muestra en el Cuadro 4. 1 encontrando diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < .01$ ) para la interacción (fuente proteínica/energética X nivel de vitaminas B) en relación al consumo de alimento e incremento de peso, y NS ( $P > .05$ ) para la conversión alimenticia.

En cuanto al tipo de degradación ruminal de la fuente proteínica/energética se pudo observar la superioridad de respuesta cuando se utilizó la combinación harinolina/sorgo (rápida/lenta) en contraste con la combinación harinolina/cebada (rápida/rápida). Lo anterior difiere de los resultados obtenidos por Herrera y Huber (1989) , ya que ellos encontraron la mejor respuesta en producción de leche (37.4 kg/d) con dietas a base de harinolina/cebada (degradación rápida/rápida), en comparación con dietas a base de granos de cervecera/cebada (lenta/rápida), harinolina/sorgo (rápida/lenta) y granos de cervecera/sorgo (lenta/lenta), (promedio 34.5 kg). Tales diferencias pudieron deberse tal vez a la inclusión de vitaminas del complejo B en este experimento, acción no realizada por los mencionados

autores y/o a que su trabajo se realizó con vacas lecheras.

Cuadro 4. 1 Comportamiento productivo de cabras criollas en crecimiento alimentadas con dietas de diferente tipo de degradación ruminal (proteínica/energética) suplementadas con tres niveles de vitaminas del complejo B.

P / E	HARINOLINA/SORGO (D R/L)			HARINOLINA/CEBADA (D R/R)		
	0	2	4	0	2	4
VB (g/kg MS)						
Consumo de alimento (kg MS/d)	b 0.514	ab 0.577	a 0.681	ab 0.568	b 0.499	b 0.479
Incremento de peso (g/d)	b 86	ab 98	a 129	ab 107	b 88	b 86
Conversión alimenticia (kg alimento/kg incremento)	a 6.0	a 5.9	a 5.3	a 5.3	a 5.7	a 5.7
Costo/kg alimento (N\$)	0.41	0.42	0.43	0.56	0.57	0.58
Costo/kg incremento (N\$)	2.44	2.45	2.27	2.95	3.24	3.27

P / E = Fuente proteínica/energética

VB = Nivel de vitaminas del complejo B

(D R/L) = Degradación ruminal rápida/lenta

(D R/R) = Degradación ruminal rápida/rápida

a,b = Medias con distinta literal en la misma hilera son diferentes (P<.05).

Por otro lado, al suplementar vitaminas del complejo B, se observó una respuesta positiva significativa en consumo de alimento e incremento de peso cuando se alimentó con las dietas a base de harinolina/sorgo (Figuras 4.1 y 4.2), encontrándose una respuesta negativa en las dietas a base de harinolina/cebada.

La relación ( $r^2=0.99$ ) entre el consumo de materia seca y el nivel de vitaminas B se describe con la ecuación  $\hat{Y} = 0.5143001 + (0.0208 * X) + (0.0052 * X^2)$ , en el caso de las dietas con la combinación harinolina/sorgo y  $\hat{Y} = 0.5677001 + (-0.0467 * X) + (0.0061 * X^2)$  para las dietas con la combinación harinolina/cebada. Donde Y = consumo de alimento (kg MS/d) y X = nivel de vitaminas B (g/kg MS).

La relación ( $r^2= 1.00$ ) entre el incremento diario de peso y el nivel de vitaminas B se describe con la ecuación  $\hat{Y} = 86.30921 + (1.1163 * X) + (2.4181 * X^2)$  en el caso de las dietas con la combinación harinolina/sorgo y  $\hat{Y} = 107.1427 + (-14.1367 * X) + (2.2321 * X^2)$  para las dietas con la combinación harinolina/cebada. Donde Y = incremento de peso (g/d) y X = nivel de vitaminas B (g/kg MS).

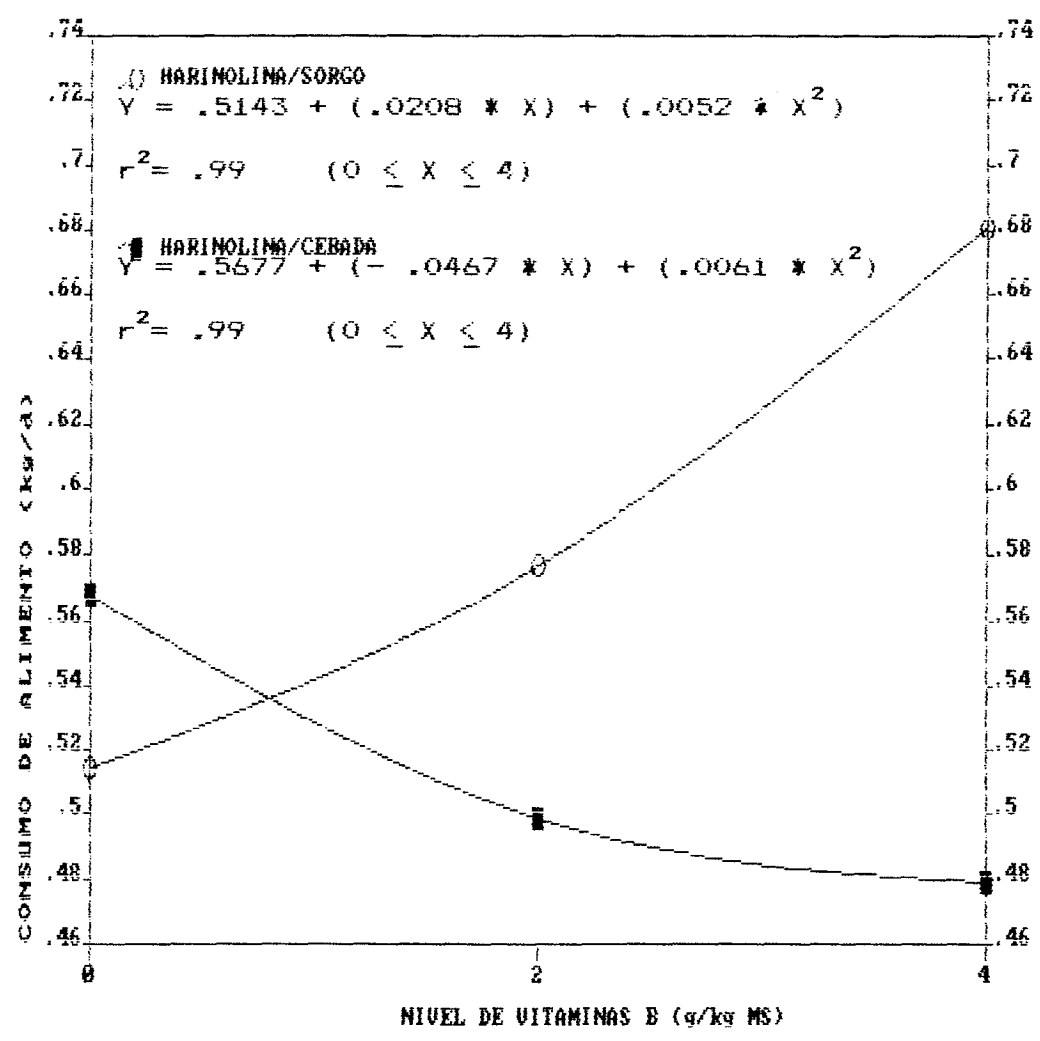


Figura 4. 1 Comportamiento del consumo de alimento con respecto al nivel de vitaminas del complejo B en la dieta para cabras en crecimiento.

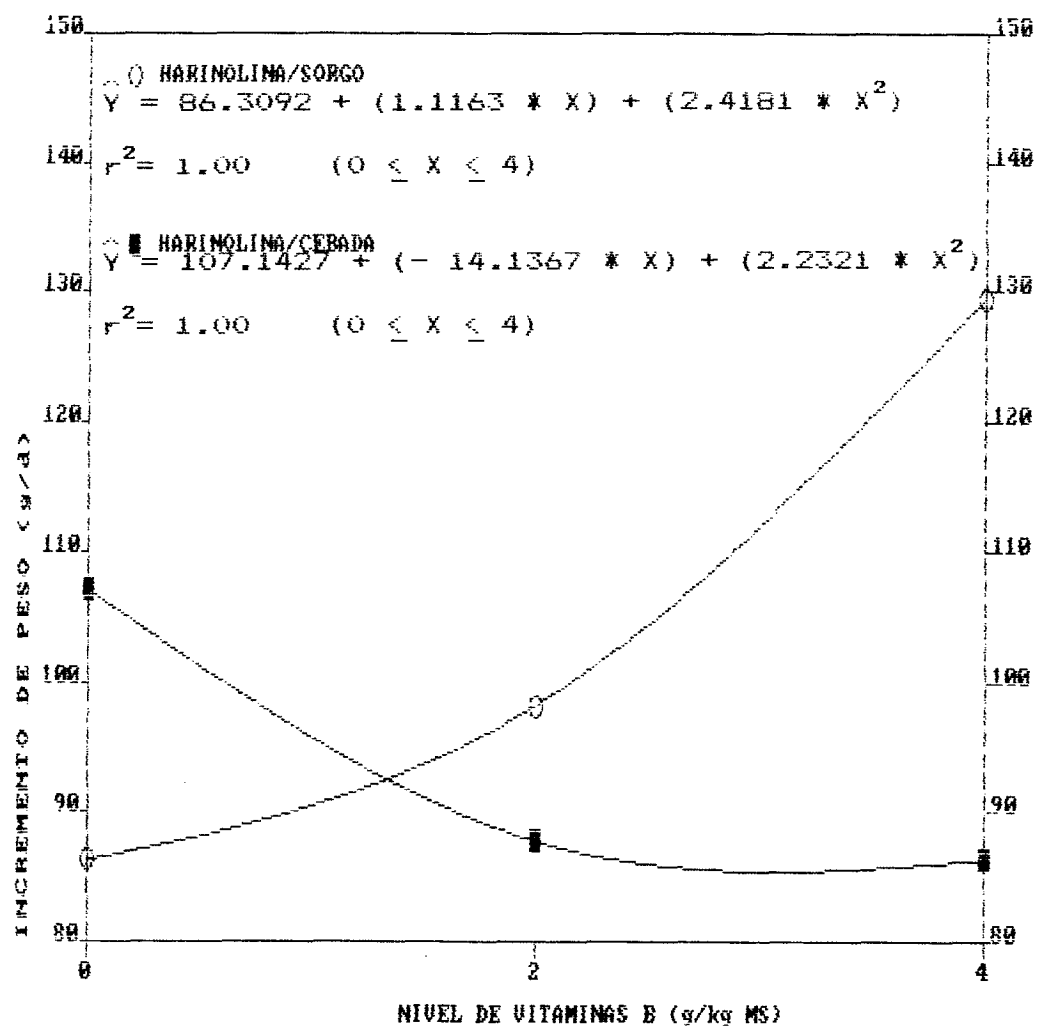


Figura 4. 2 Comportamiento del incremento de peso con respecto al nivel de vitaminas del complejo B en la dieta para cabras en crecimiento.

Se puede observar una relación cuadrática, positiva y significativa ( $P < .05$ ) entre el nivel de suplementación de vitaminas del complejo B y el consumo de materia seca e incremento de peso con la combinación harinolina/sorgo y una relación cuadrática, negativa y significativa ( $P < .05$ ) entre las mismas variables, con la combinación harinolina/cebada.

Tanto para el consumo de alimento como para el incremento de peso en la combinación harinolina/sorgo, se observó la mejor respuesta con la suplementación de vitaminas del complejo B (g/kg MS)  $4 > 2 > 0$ , y en la combinación harinolina/cebada  $0 > 2 = 4$ .

Los resultados de la digestibilidad *in situ* de la materia seca de las dietas experimentales se muestran en el cuadro 4. 2 observándose que el comportamiento es semejante.

Tomando en cuenta lo anterior y al observar las figuras 4. 1 y 4. 2 donde se muestra el consumo de MS e incremento de peso respectivamente, se nota que el comportamiento en ambos casos es muy similar, y considerando que la conversión alimenticia en todos los tratamientos no fue estadísticamente significativa ( $P > 0.05$ ), se puede asumir que los mayores incrementos de peso fueron debidos a un mayor consumo de alimento. En el trabajo de Herrera y Huber (1989)



o se encontraron diferencias de consumo de materia seca entre las dietas. Como ellos no suplementaron vitaminas del complejo B, se asume que el aumento en el consumo de MS observado en este trabajo pudo deberse al efecto de las vitaminas del complejo B sobre la fermentación ruminal, ya que se ha encontrado que éstas tienen la propiedad de

cuadro 4. 2 Porcentaje de Digestibilidad *in situ* de la MS de las dietas experimentales a diferentes tiempos de incubación ruminal.

/ E	HARINOLINA/SORGO (D R/L)			HARINOLINA/CEBADA (D R/R)		
	0	2	4	0	2	4
B(g/kg MS)						
tiempo de incubación ruminal (h)						
				D I S M S (%)		
	23.90	21.06	24.06	19.10	20.34	20.25
	24.86	24.30	24.80	22.79	26.23	23.17
	27.51	30.44	27.68	25.99	32.44	25.93
2	30.93	32.38	32.18	29.06	34.34	30.61
4	43.68	43.93	39.91	40.26	50.54	43.82
5	52.34	45.07	44.95	50.75	51.86	46.07
3	57.04	48.72	53.37	55.73	55.94	50.10
0	61.24	56.04	58.15	61.78	61.63	58.41

/ E = Fuente proteínica/energética  
 3 = Nivel de vitaminas del complejo B  
 ) R/L) = Degradación ruminal rápida/lenta  
 ) R/R) = Degradación ruminal rápida/rápida  
 [SMS = Digestibilidad *in situ* de la materia seca

mejorarla (Fronk y Schultz, 1979; Fronk *et al.*, 1980; Siddell *et al.*, 1981; Jaster *et al.*, 1983; Van Nevel y Smeyers, 1988).

Zinn *et al.* (1987) en vaquillas no encontraron respuesta en ganancia de peso al alimentarlas con una dieta a base de maíz y suplementada con vitaminas del complejo B. Esto hace pensar que existe una respuesta diferente en relación a la adición de estas vitaminas y el tipo de grano utilizado en la dieta. Tal es el caso de los resultados encontrados en el presente trabajo, donde se obtuvo respuesta de diferentes magnitudes. Al utilizar sorgo, la respuesta fue positiva, ocurriendo lo contrario con la cebada, quizá esto se debió a que la cebada tuvo una tasa de pasaje menor que el sorgo, o a una posible deficiencia en la síntesis de estas vitaminas, ya que la cebada es mucho más rica en ellas en comparación con el sorgo (Miller *et al.* , 1986). Al igual que en el presente estudio, estos mismos autores encontraron que el consumo de materia seca fue menor cuando alimentaron los animales con cebada en comparación cuando utilizaron sorgo.

Al realizar el análisis económico de este trabajo (Cuadro 3. 1), se encontró que fue más costeable (N\$ 2.27/kg incrementado) utilizar la combinación harinolina/sorgo con el mayor nivel de vitaminas del complejo B (4 g/kg MS), en la alimentación de cabras criollas en crecimiento. En este caso, la respuesta biológica (129 g/d) correspondió con la respuesta económica (N\$ 2.27). Sin embargo, esto no sucedió con la combinación harinolina/cebada suplementada con 2 g/kg MS de vitaminas (107 g/d) vs (N\$ 2.95), dado que resulta más

costeable utilizar la combinación harinolina/sorgo sin suplementación de vitaminas, ya que aún cuando ésta presentó el menor rendimiento biológico (86 g/d) la respuesta económica es bastante aceptable (N\$ 2.44).

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye que:

La combinación harinolina/sorgo suplementada con 4 g/kg de MS de vitaminas del complejo B incrementó en mayor grado el peso de las cabras criollas en crecimiento (129 g/d) a un menor costo (N\$ 2.27) por kg de peso aumentado.

## 6. RESUMEN

24 cabras criollas en crecimiento (100 días de edad) pesando 13 kg fueron alimentadas durante 84 días con dietas a base de una combinación de harinolina/sorgo (H/S) y harinolina/cebada (H/C) suplementadas con 0, 2 y 4 g/kg MS de vitaminas del complejo B (4/tratamiento), con el fin de determinar la mejor respuesta animal a un menor costo.

Para analizar el presente estudio, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 X 3, encontrando diferencias altamente significativas ( $P < .01$ ) en consumo de alimento en la interacción fuente proteínica/energética X nivel de vitaminas del complejo B. Los animales suplementados con 4 g/kg MS de vitaminas (H/S) consumieron más alimento (0.681 kg MS/d) que los animales no suplementados (0.514 kg MS/d) y que los animales suplementados (H/C) con 2 y 4 g/kg MS de vitaminas. Diferencias altamente significativas ( $P < .01$ ) de incremento de peso fueron encontradas en la interacción fuente proteínica/energética X nivel de vitaminas del complejo B, teniendo el mayor incremento de peso (129 g/d) los animales que consumieron la combinación H/S suplementados con 4 g/kg MS de

vitaminas, no encontrando diferencia significativa ( $P > .05$ ) en los animales H/S suplementados con 2 g/kg MS (98 g/d) y el grupo sin suplementar H/C (107 g/d). La conversión alimenticia (kg de alimento/kg de incremento de peso) fue NS ( $P > .05$ ) en todos los tratamientos variando ligeramente de 5.3 a 6.0 .

El costo/kg de alimento varió de N\$ 0.41 en la combinación H/S sin suplementar vitaminas hasta N\$ 0.58 en la combinación H/C suplementada con 4 g/kg MS de vitaminas. El menor costo/kg de incremento de peso (N\$ 2.27) fue para la combinación H/S suplementada con 4 g/kg MS de vitaminas, y el mayor costo para H/C suplementada con 4 g/kg MS.

La combinación H/S suplementada con 4 g/kg MS de vitaminas del complejo B incrementó en mayor grado el peso de las cabras a un menor costo.

## 7. LITERATURA CITADA

- Agrawala, I. P. ; C. F. Huffman ; R. W. Luecke y C. W. Duncan 1953. A quantitative study of rumen synthesis in the bovine and natural and purified diets. III. Riboflavin, pantothenic acid and niacin. J. Nutr. 49: 631.
- AOAC 1980. Official Methods of Analysis. Association of official analytical chemists. 13a ed. Washington, D. C. , U. S. A.
- Blethen, D. B. ; J. E. Wolht; D. K. Jasaitis and J. L. Evans. 1990. Feed protein relationship to nitrogen solubility and degradability. J. Dairy Sci. 73: 1544.
- Boenker, D. E. 1989. Fermentación ruminal: su importancia e influencia sobre el comportamiento productivo del rumiante. SOYA. No. 28. Asociación Americana de Soya. México.
- Bondi, A. 1989. Nutrición Animal. Acribia. Zaragoza, España.
- Burroughs, W. ; D. K. Nelson and D. R. Mertens. 1975. Evaluation of protein nutrition by metabolizable protein and urea fermentation potential. J. Dairy Sci. 58: 611.
- Chen, G. y J. B. Russell. 1991. Effect of monensin and protonophore on protein degradation, peptide accumulation, and deamination by mixed ruminal microorganisms *in vitro*. J. Anim. Sci. 69: 2196.
- Choppin, G. R. 1970. Química. Publicaciones Cultural. México.

- Collier, R. J. 1985. Nutritional metabolic, and environmental aspects of lactation. In: Larson, B. L. (editor). Lactation. The Iowa State University Press. Iowa, U. S. A.
- Conrad, H. R. y J. W. Hibbs. 1954. A high roughage system for raising calves based on early rumen development. IV. Synthesis of thiamine and riboflavin in the rumen as influenced by the ratio of hay to grain fed and initiation of dry feed consumption. J. Dairy Sci. 37: 512.
- Daugherty, M. S. ; M. L. Galyean ; D. M. Hallford y J. H. Hageman. 1986. Vitamin B<sub>12</sub> and monensin effects on performance, liver and serum vitamin B<sub>12</sub> concentration and activity of propionate metabolizing hepatic enzymes in feedlot lambs. J. Anim. Sci. 62: 452.
- De Alba, J. 1971. Alimentación del Ganado en America Latina. 2a ed. Prensa Medica Mexicana. México.
- Espinoza, J. J. y R. Espinoza. 1990. Algunos factores que afectan la degradabilidad ruminal de la proteína. Tercera Reunión de Nutrición Animal U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México.
- Fox, D. G. 1985. Vitamin requirements of beef cattle. Bulletin CC-46. Texas Agricultural Extension Service. The Texas A & M University System. College Station, Tx. , U. S. A.
- Fronk, T. J. y L. H. Schultz. 1979. Oral nicotinic acid as treatment of bovine ketosis. J. Dairy Sci. 62: 1804.
- Fronk, T. J. ; L. H. Schultz y A. R. Hardie. 1980. Effect of dry period overconditioning on subsequent metabolic disorders and performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 63: 1080.
- Haenlein, G. F. W. 1987. Topics for success with dairy goats. A. S. & A. B. Dairy Extension. Bulletin # 105. College of Agricultural Sciences. Cooperative Extension Service and Agricultural Experiment Station of the University of Delaware. U. S. A.



- Harmon, D. y G. Huntington. 1992. Digestión y metabolism de proteínas en rumiantes. Memorias del Curs Intensivo Internacional. Centro de Ganaderia Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.
- Herrera, R. and J. T. Huber. 1989. Influence of varyin protein and starch degradations on performance o lactating cows. J. Dairy Sci. 72: 1477.
- Herrera, R. 1990. La importancia de la sincronización en l degradación de fuentes de nitrógeno y energía en l alimentación de rumiantes. Tercera Reunión d Nutrición Animal. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila México.
- Hsu, J. T. ; G. C. Fahey ; N. R. Merchen y R. I. Mackie 1990a. Effects of defaunation and various nitroge supplementation regimens on microbial numbers an activity in the rumen of sheep. J. Anim. Sci. 69 1279.
- Hsu, J. T. ; G. C. Fahey ; L. L. Berger ; R. I. Mackie y N R. Merchen. 1990b. Manipulation of nitrogen digestio by sheep using defaunation and various nitroge supplementation regiments J. Anim. Sci. 69:1290.
- Hsu, J. T. ; G. C. Fahey ; J. H. Clark ; L. L. Berger y N R Merchen. 1990c. Effects of urea and sodiu bicarbonate supplementation of a high-fiber diet o nutrient digestion an ruminal characteristics o defaunated sheep. J. Anim. Sci. 69: 1300.
- Hungate, R. E. 1966. The rumen and its microbes. Academi Press. New York, U. S. A.
- Hungate, R. E. 1988. Introduction: The ruminant and th rumen. In: Hobson, P. N. (editor). The rume microbial ecosystem. Elsevier Science Publishing Co , Inc. New York, U. S. A.
- Hunt, C. H. ; O. G. Bentley ; T. V. Hershberger y J. H Cline. 1954. The effect of carbohidrate and sulfu on B-vitamin synthesis, cellulose digestion, and ure utilization by rumen microorganism in vitro. J. Anim Sci. 13: 570.

- Hussein, H. S. ; M. D. Stern y R. M. Jordan. 1991. Influence of dietary protein and carbohydrate sources on nitrogen metabolism and carbohydrate fermentation by ruminal microbes in continuous culture. J. Anim. Sci. 69: 2123.
- Jaster, E. H. ; D. F. Bell y T A. Mc Phernon. 1983. Nicotinic acid and serum metabolic concentrate of lactating dairy fed supplemental niacin. J. Dairy Sci. 66: 1039.
- Jensen, L. S. 1972. Necesidades de vitaminas. En: Hafez E.S (editor). Desarrollo y nutrición animal. Acribia España.
- Kennedy, D. G. ; P. B. Young; W. J. Mccaughey; S. Kennedy ; W. J. Blanchflower. 1991. Rumen succinate production may ameliorate the effects of cobalt-vitamin B<sub>12</sub> deficiency on methylmalonyl CoA mutasa in sheep. J. Nutr. 121: 1236.
- Kennedy, D. G. ; W. J. Blanchflower; j. M. Scott; D. G. Weir A. M. Molly; S. Kennedy y P. B. Young. 1992. Cobalt-vitamin B<sub>12</sub> deficiency decreases methionine synthase activity and phospholipid methylation in sheep. J. Nutr. 122: 1384.
- Klopfenstein, T. J. ; R. Britton and R. Stock. 1980. Protein requirements for cattle. Nebraska Growth System Protein Symposium. Oklahoma State University. p 310-322.
- Kung, L. A. ; K. Gubert y J. T. Huber. 1980. Supplemental niacin for lactating cows fed diets of natural protein or non protein nitrogen. J. Dairy Sci. 63: 2020.
- Lardinois, C. C. ; R. C. Mills ; C. A. Elvehjem y E. B. Hart. 1944. Rumen synthesis of the vitamin B complex as influenced by ration composition. J. Dairy Sci. 27: 579.
- Larson, B. L. 1985. Lactation. The Iowa State University Press. Ames. U.S.A.

- Lowe, S. E. ; M. K. Theodorou y A.P. Trinici. 1987. Cellulases and xylanase of an anaerobic rumen fungus grown on wheat straw holocellulose, cellulose and xylan. *Appl. Environ. Microbiol.* 53: 1216.
- Maynard, L. A. ; J. K. Loosli ; H. F. Hintz y R. G. Warner. 1981. *Nutrición Animal Aplicada*. 4a. ed. Ed. McGraw-Hill. México.
- Mendoza, H. J. M. 1983. Boletín Meteorológico para la Zona de influencia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Miller, B. L. ; J. C. Meiske y R. D. Goodrich. 1986. Effects of grain source and concentrate level on B-vitamin production and absorption in steers. *J. Anim. Sci.* 62: 473.
- Morrison, F. B. 1965. *Alimentos y Alimentación del Ganado*. UTEHA. México.
- Nocek, J. E. 1988. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *J. Dairy Sci.* 71: 2051.
- N. R. C. 1976. Nutrient requirements of beef cattle. National Research Council. National Academy Press. Washington, D. C. , U. S. A.
- N. R. C. 1987. Vitamin tolerance of animals. Subcommittee on Vitamin Tolerance. Committee on Animal Nutrition. Board on Agriculture. National Research Council. National Academy Press. Washington, D. C. , U.S. A.
- Orpin, C. G. 1975. Studies on the rumen flagellate *Neocallimastix frontalis*. *J. Gen. Microbiol.* 91: 246.
- Orpin, C. G. 1976. Studies on the rumen flagellate *Sphaeromonas communis*. *J. Gen. Microbiol.* 94: 270.
- Orpin, C. G. y K. N. Joblin. 1988. The rumen anaerobic Fungi. In: Hobson, P. N. (editor). *The rumen microbial ecosystem*. Elsevier Science Publishing Co. , Inc. New York, U. S. A.

- Orskov, E. R. ; F. D. DeB Howell y F. Mould. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la valuación de los alimentos. *Producción Animal Tropical*.5: 214.
- Orskov, E. R. 1988. Protein Nutrition in Ruminants. Academic Press. London, England.
- Pearce, P. D. y T. Bauchop. 1985. Glycosidases of the anaerobic fungus *Neocallimastix frontalis* grown on cellulosic substrates. *Appl. Environ. Microbiol.* 50: 144.
- Ridell, D. O. ; E. E. Bartley y A. D. Dayton. 1981. Effect of nicotinic acid on microbial protein synthesis *in vitro* and on dairy cattle growth and milk production. *J. Dairy Sci.* 64: 782.
- Rounds, W. and D. B. Herd. 1985. The cow's digestive system. Bulletin B-1575. Texas Agricultural Extension Service. Texas A&M University System. College Station, Tx. , U. S. A.
- Schussle, S. L. ; G. L. Fahey ; J. B. Robinson ; S. S. Lorch y J.W. Spears. 1978. The effects of supplemental niacin on *in vitro* cellulose digestion and protein synthesis. *J. Vet. Nut. Res.* 48: 359.
- Shimada, S. A. 1983. Fundamentos de Nutrición Comparativa. Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México. México.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1985. Principios y procedimientos de estadística. McGraw-Hill. México.
- Stewart, C. S. y M. P. Bryant. 1988. The rumen bacteria. In: Hobson, P.N. (editor). The rumen microbial ecosystem. Elsevier Science Publishing Co. , Inc. New York, U. S. A.
- Stokes, S. R. ; W. H. Hoover ; T. K. Miller y R. P. Manski. 1991a. Impact of carbohydrate and protein levels on bacterial metabolism in continuous culture. *J. Dairy Sci.* 74: 860.

- Stokes, S. R. ; W. H. Woover ; T. K. Miller and R. Blauweikel. 1991b. Ruminant digestion and microbial utilization of diets varying in type of carbohydrate and protein. *J. Dairy Sci.* 74: 871.
- Van Nevel, C. J. y D. I. Demeyer. 1988. Manipulation of rumen fermentation. In: Hobson, P. N. (editor). *The rumen microbial ecosystem.* Elsevier Science Publishing Co. , Inc. New York, U. S. A.
- Van Soest, P. J. 1982. *Nutrition ecology of the ruminant.* O & B Books. Corvallis, Or. , U. S. A.
- Wallace, R.J. y M. A. Cotta. 1988. Metabolism of nitrogen-containing compounds. In: Hobson, P. N. (editor). *The rumen microbial ecosystem.* Elsevier Applied Science. New York, U. S. A.
- Williams, A. G. y G. S. Coleman. 1988. The rumen protozoa. In: Hobson, P. N. (editor). *The rumen microbial ecosystem.* Elsevier Science Publishing Co. , Inc. New York, U. S. A.
- Williams, A. L. y C. G. Orpin. 1987. Polysaccharide degrading enzymes formed by three species of rumen fungi grown on a range of carbohydrates. *Can. J. Microbiol.* 33: 418.
- Zinn, R. A. ; F. N. Owens; R. L. Stuart; J. R. Dunbar y B. B. Norman. 1987. B-vitamin supplementation of diets for feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 65: 267.

A P E N D I C E

## A P E N D I C E    A

Gráficas de tendencia de la degradación de la materia seca con respecto al tiempo de incubación ruminal, de las dietas experimentales.

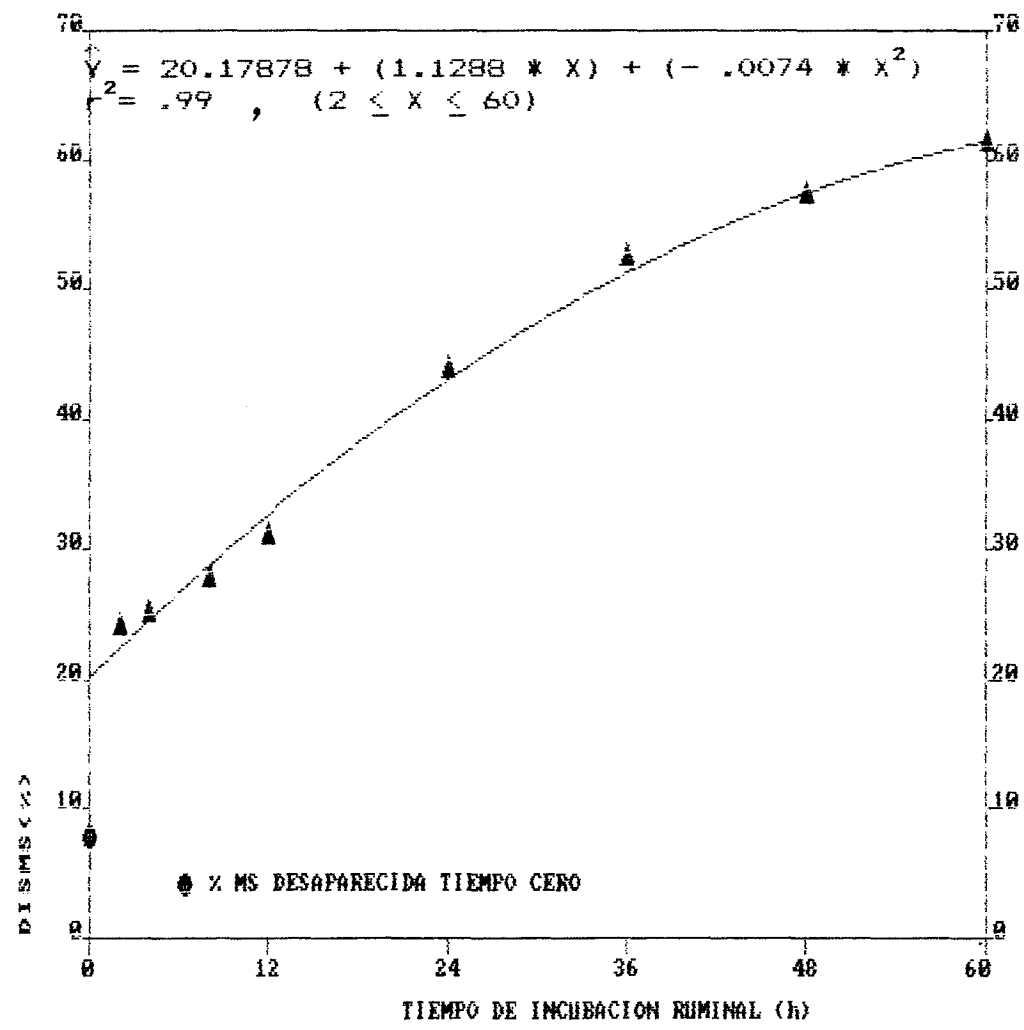


Figura A.1 Tendencia de la degradación de la materia seca con respecto al tiempo de incubación ruminal, de la dieta a base de harinolina/sorgo + 0 g/kg MS de vitaminas del complejo B.



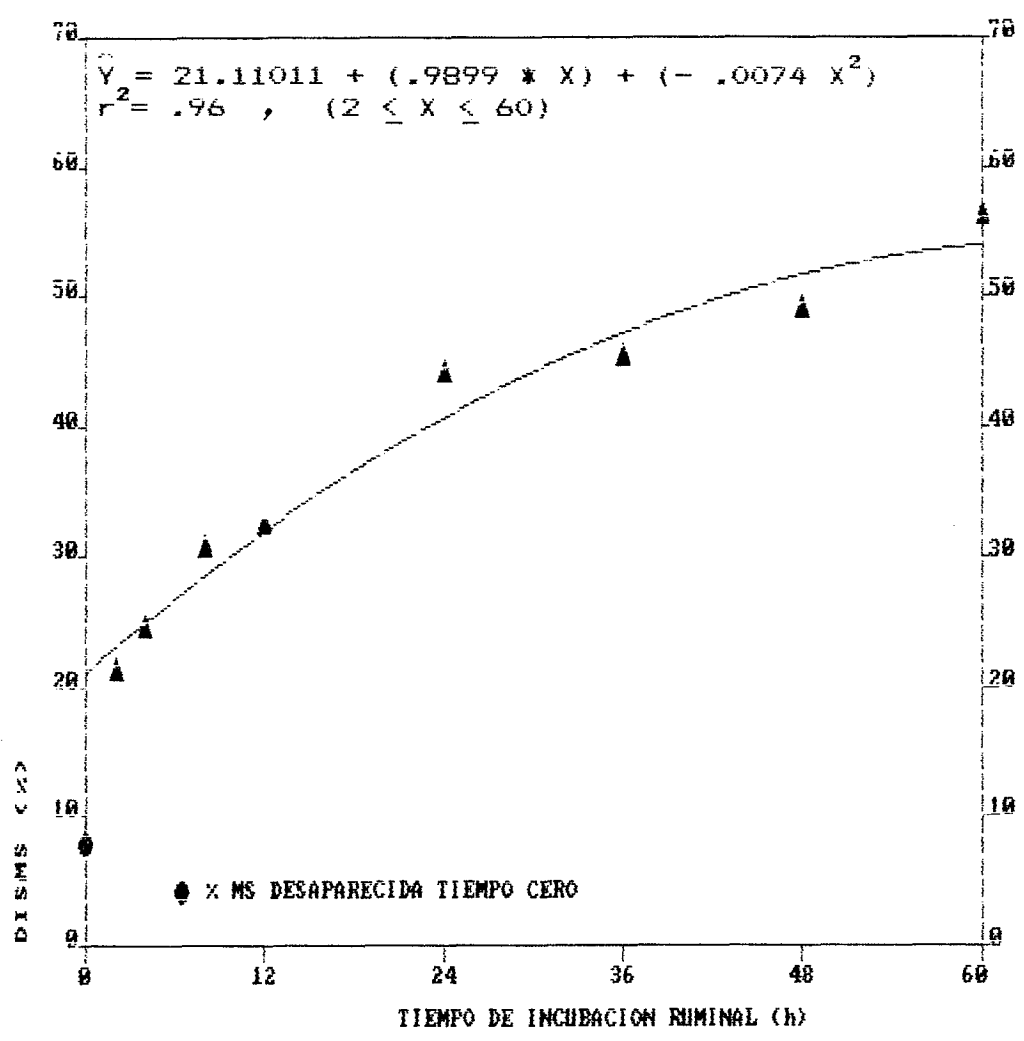


Figura A. 2 Tendencia de la degradación de la materia seca con respecto al tiempo de incubación ruminal, de la dieta a base de harinolina/sorgo + 2 g/kg MS de vitaminas B.

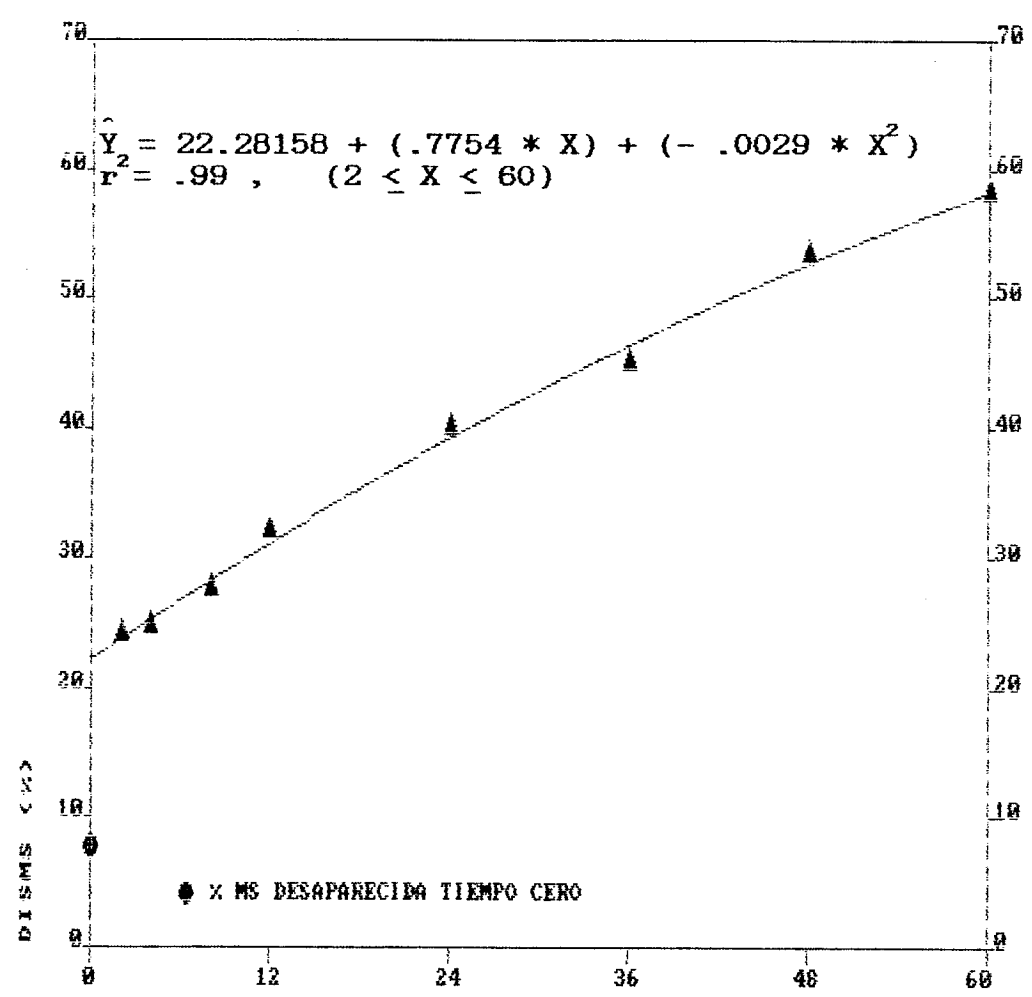


Figura A. 3 Tendencia de la degradación de la materia seca con respecto al tiempo de incubación ruminal, de la dieta a base de harinolina sorgo + 4 g/kg MS de vitaminas del complejo B.

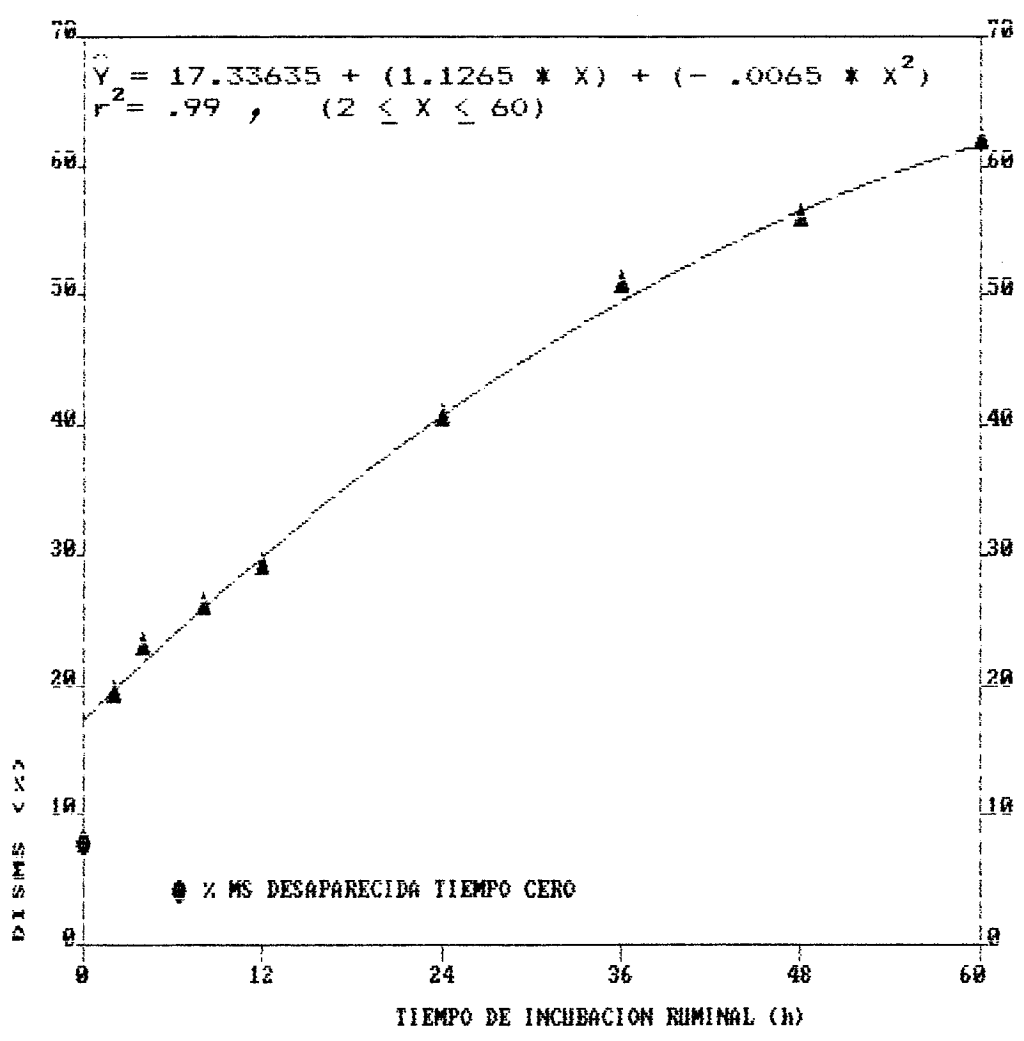


Figura A. 4 Tendencia de la degradación de la materia seca con respecto al tiempo de incubación ruminal, de la dieta a base de harinolina/cebada + 0 g/kg MS de vitaminas del complejo B.

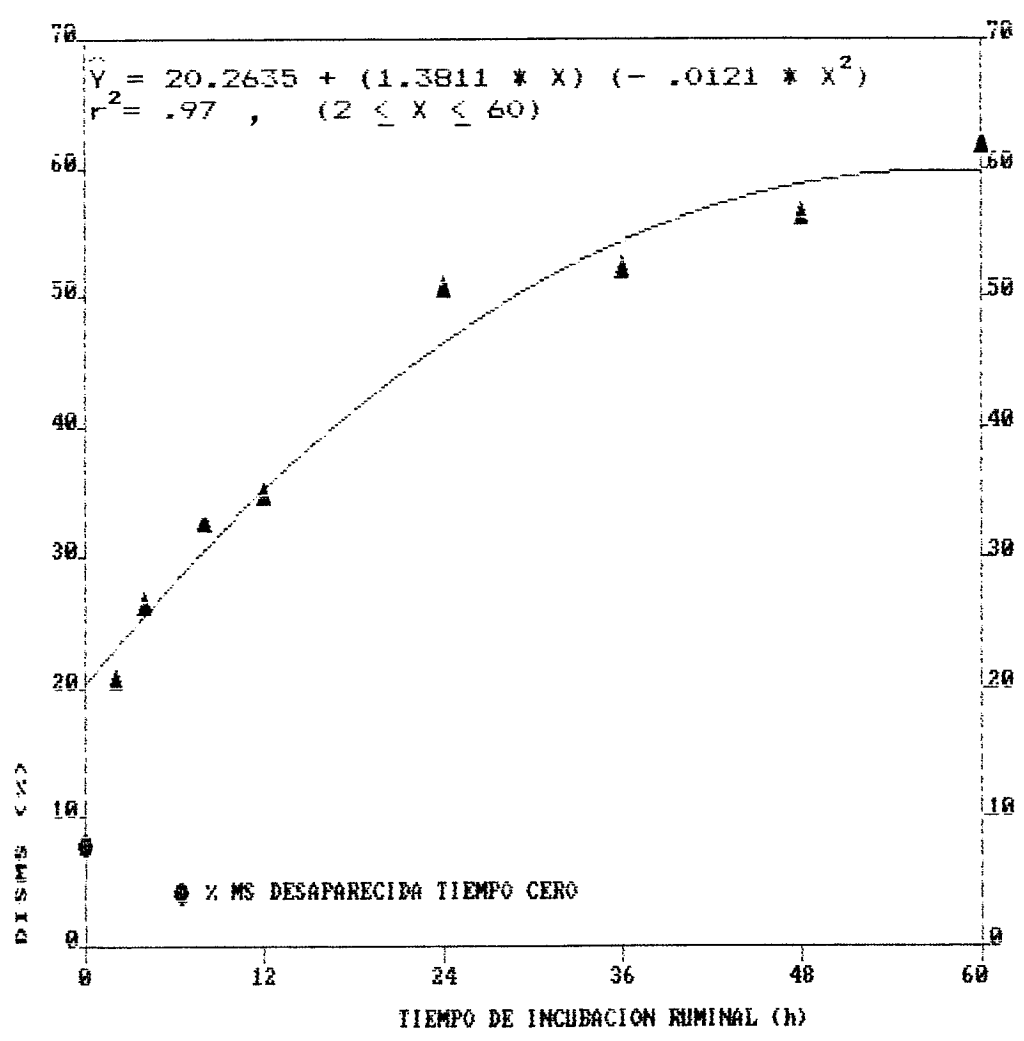


Figura A. 5 Tendencia de la degradación de la materia seca con respecto al tiempo de incubación ruminal, de la dieta a base de harinolina/cebada + 2 g/kg MS de vitaminas del complejo B.

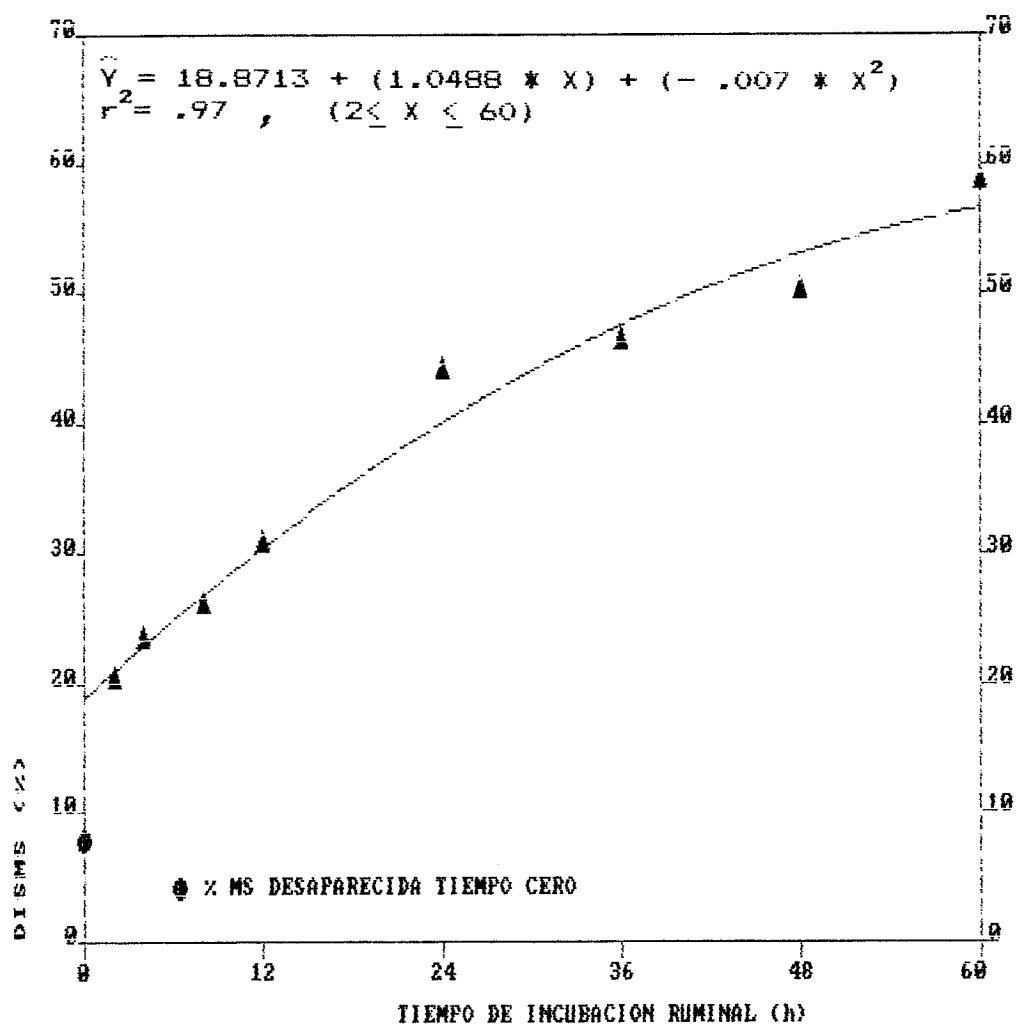


Figura A. 6 Tendencia de la degradación de la materia seca con respecto al tiempo de incubación ruminal, de la dieta a base de harinolina/cebada + 4 g/kg MS de vitaminas del complejo B.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DEL PERU