

11662

1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

EVALUACION DE LA INCLUSION DE INGREDIENTES
PROTEICOS CON DIFERENTE SOLUBILIDAD (PASTA
DE SOYA, HARINA DE SUBPRODUCTOS DE POLLO Y
Y UREA) EN LA DIGESTIBILIDAD *IN SITU* Y
APARENTE Y EN LA DINAMICA Y FERMENTACION
RUMINAL DE CABRAS GRANADINAS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRIA EN CIENCIAS

P R E S E N T A :

M.V.Z. LORENA ALICIA DE GUADALUPE LAGUILA REYES

ASESOR: PH. D. JOSE LUIS ROMANO MUÑOZ.
COMITE:

DR. ING. ARTURO F. CASTELLANOS RUELAS.

PH. D. JUAN DE DIOS GARZA FLORES.

PH. D. ARMANDO S. SHIMADA MIYASAKA.

PH. D. FELIPE DE JESUS RUIZ LOPEZ.



Y N A M

300325

AJUCHITLAN, QRO.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A DIOS.

A LA MEMORIA DE MIS PADRES:

C.P. Blanca Rosa Reyes Bello y C.P. Raúl Aguila Pérez.

Con profunda gratitud por su apoyo incondicional, su legado de enseñanzas y por todo lo que me brindaron durante su vida.....Los extraño.

A MIS HIJOS:

Andrés y Eduardo.

Porque ahora son la razón de mi existencia y mi motivación para mirar hacia adelante.....Los adoro y siempre estaré con ustedes.

A EDUARDO:

Porque a pesar de todas las inclemencias nos mantenemos juntos, integrando una familia..... Gracias por tu amor y por ser un buen padre.

A MIS HERMANOS:

Raúl, Rosy, Javier, Sonia, Karla y Liliana.

Porque juntos hemos superado los malos momentos y hemos aprendido a valorar la "unión familiar".....Los quiero mucho.

A MI SUEGRA:

Profra. Celia Santos Guarneros.

Porque sin su apoyo no habría sido posible la culminación de mis estudios.....Gracias por el cariño y el tiempo dedicado a mis hijos.

AL DR. JOSE LUIS ROMANO:

Con gran admiración y respeto por su vocación de enseñanza y por su integridad moral.....Mil gracias por la confianza depositada en mi persona y por su valiosa amistad.

A LAS FAMILIAS :

Sánchez Aguila, Aguila Linarte, Aguila Técuatl y Pérez Oceja.

Por todo el cariño que me han brindado.

A MIS QUERIDOS AMIGOS:

Fanny, Mariana, Sabrina, Chelo, Claudia, Armando, Emmanuel, Héctor, Paco, René, Ramón, Rodolfo y Walfren.

Por todos lo que hemos compartido.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la U.N.A.M., que hace posible los estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por su apoyo económico para la realización de mi maestría.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, por el espacio brindado para la realización de mis estudios de maestría y por el apoyo de su personal científico y administrativo.

Al Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A.C., por su apoyo para la realización del proyecto de investigación.

Al Dr. José Luis Romano Muñoz, por su asesoramiento y colaboración en la realización del presente trabajo.

Al Dr. Marcelino Méndez Trejo, quién me brindó la oportunidad de realizar mis estudios de maestría en la Unidad de Posgrado Ajuchitlán.

A los Laboratorio de Nutrición Animal del CENID-Fisiología y CENID-Microbiología, en especial a la Q.A. Erick Ramírez y a la M.Sc. Irma Tejada, por su apoyo en la realización de los diferentes análisis.

Al Centro de Estudios Académicos sobre Contaminación Ambiental de la U.A.Q., por su apoyo para la realización de los análisis de absorción atómica.

A los miembros del H. Jurado: Dr. Armando Shimada Miyasaka, Dr. Felipe de Jesús Ruiz López, Dr. Juan de Dios Garza Flores, Dr. José Luis Romano Muñoz y Dr. Arturo F. Castellanos Ruelas, por sus observaciones para mejorar la presente tesis.

A Juan Antonio Chávez, a Ofelia Mora y a mis compañeros de generación Pilar, Salvador y Silvestre, por su amistad y colaboración.

A Lety, por su trabajo y dedicación.

RESUMEN.

Aguila Reyes Lorena Alicia. 2001. Evaluacion de la inclusion de ingredientes proteicos con diferente solubilidad (pasta de soya, harina de subproductos de pollo y urea) en la digestibilidad *in situ* y aparente y en la dinámica y fermentación ruminal de cabras Granadinas.

Con el fin de evaluar el efecto de la utilización de ingredientes con diferente degradabilidad proteica en la digestibilidad y en la cinética y fermentación ruminal, se formularon 3 dietas experimentales isoenergéticas e isoproteicas, empleando cebada (C) como fuente energética, rastrojo de sorgo (RS) como forraje y pasta de soya (PS), harina de subproductos de pollo (HSP) y la combinación HSP-urea (HSP-U) como fuentes proteicas. Se utilizaron 18 hembras Granadinas secas (peso promedio 25 kg), no gestantes, con fístula ruminal. Las dietas experimentales se ofrecieron una vez al día al 3.3 % del peso vivo (base húmeda). Variables de respuesta: digestibilidad aparente de materia seca (DMS), proteína cruda (DPC) y fibra detergente neutro (DFDN), tasa de digestión *in situ* (TD), tasa de pasaje de sólidos (TP) y de dilución (TDil.), volumen ruminal (VR), pH ruminal, nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) en el rumen. Para medir la digestibilidad aparente se realizó la colección total de heces. Para TD *in situ* se incubaron los ingredientes por separado (C, PS, HSP, HSP-U, RS) en bolsas de *nylon*. Para TP se marcaron los diferentes ingredientes con yterbio o cromo y para la TDil. se dosificó Cobalto-EDTA directamente en rumen. Se usó un Diseño de Bloques al Azar para la TD, TP, TDil. y VR. Para pH, N-NH₃ y AGV se utilizó el Diseño de Parcelas Divididas en el Tiempo. La DMS fue mayor ($p < 0.01$) para los animales que consumieron las dietas C-PS y C-HSP-U y la DPC y DFDN no se vieron afectadas por el tipo de dieta ($p > 0.05$). Las TD de la MS de la C y de la MS y FDN del RS fueron similares para las 3 dietas ($p > 0.05$). La TD de la MS y de la PC del ingrediente proteico fue

mayor ($p < 0.01$) para la dieta C-PS. Tanto la TP de los diferentes ingredientes como la TDil. no se vieron afectadas por el tipo de tratamiento ($p > 0.05$). El pH presentó efecto en el tiempo de muestreo, registrándose los pH más bajos ($p < 0.01$) a las 4 y 6 horas posalimentación. Tanto la concentración ruminal de $N-NH_3$ como la de AGV totales, fueron afectadas por la interacción tratamiento*tiempo de muestreo ($p < 0.01$), obteniéndose la mayor concentración de $N-NH_3$ con PS*hora 4 y PS*hora 6; y la mayor concentración de AGV con PS*hora 6, HSP*hora 6 y HSP-U*hora 4. En el porcentaje de acetato y de butirato se registró efecto de tratamiento, siendo ambos mayores ($p < 0.01$) para la dieta C-PS. Estos resultados sugieren que las dietas que incluyeron una fuente proteica de mayor solubilidad (PS, urea) al ser combinadas con una fuente energética de rápida degradación, propician un incremento en la digestibilidad de la MS y una mayor fermentación a nivel ruminal.

CONTENIDO.

	Página.
I. INTRODUCCION.	1
II. REVISION DE LITERATURA.	2
2.1. Carbohidratos y su importancia.	2
2.2. Diferencias entre granos de sorgo, maíz y cebada.	5
2.3. Degradabilidad de los carbohidratos.	7
2.4. Proteínas y su importancia.	9
2.5. Efecto de la estructura proteica en la degradabilidad y solubilidad de las proteínas.	13
2.6. Relación proteína-energía.	15
2.7. Proteína degradable en rumen/Proteína no degradable en rumen.	18
2.8. Subproductos proteicos de origen animal.	20
2.9. Tasas de digestión y tasas de pasaje.	24
2.10. Efecto de la sincronización de energía y proteína.	27
III. OBJETIVO.	31
IV. HIPOTESIS.	31
V. MATERIALES Y METODOS.	32
5.1. Animales experimentales.	32
5.2. Alimento.	32
5.3. Variables de respuesta.	34

5.4. Manejo y toma de datos.	34
5.5. Diseño experimental.	39
VI. RESULTADOS.	41
VII. DISCUSION.	57
VIII. CONCLUSIONES.	66
IX. REFERENCIAS.	67

I. INTRODUCCION.

Dentro del área de la nutrición animal se requieren de datos precisos de necesidades alimenticias, capacidad de ingestión de los animales y del valor nutritivo de los alimentos. La información sobre la digestibilidad se utiliza en forma muy extensa en la nutrición de los animales para evaluar comparativamente los alimentos, o estudiar la utilización de nutrimentos y poder así establecer patrones alimenticios más exactos para los animales (Church y Pond, 1987; Rodríguez y Llamas, 1990).

Las dietas para rumiantes, tradicionalmente se han balanceado de acuerdo a cantidades de componentes específicos del alimento: proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN), y fibra detergente neutro (FDN). Sin embargo, los trabajos actuales indican que la tasa de digestión (TD) de los alimentos en el rumen, tiene un efecto importante en la fermentación y sus productos finales, y por ende sobre la producción animal. Nocek y Russell (1988), considerando las características de degradación ruminal, concluyeron que: 1) Si la TD de la proteína excede la TD de los carbohidratos, pueden perderse grandes cantidades de nitrógeno como amonio; 2) Si la TD de carbohidratos excede la TD de las proteínas, la producción de proteína microbiana puede disminuir; 3) Si los alimentos son degradados muy lentamente, la ocupación del rumen puede disminuir el consumo; 4) Si la TD es lenta y la tasa de pasaje (TP) es rápida, parte del alimento escapará a la fermentación ruminal y pasará directamente al intestino delgado. Por lo anterior, se ha propuesto que el conocimiento de las TD de los ingredientes energéticos y proteicos que conforman una dieta, puede ser utilizado para optimizar la eficiencia y la tasa de crecimiento bacteriana (Sniffen y Robinson, 1987), lo que se reflejará en un aumento en la producción animal.

II. REVISION DE LITERATURA.

2.1. CARBOHIDRATOS Y SU IMPORTANCIA.

La composición química de cada alimento es uno de los factores que más afectan su digestibilidad. La cantidad y calidad de nutrimentos específicos y la relación que entre ellos guardan en un alimento dado, determinan de hecho la digestibilidad (Rodríguez y Llamas, 1990). Entre los nutrimentos más importantes se encuentran los carbohidratos, los cuales representan la principal fuente de energía dentro de la nutrición animal (Nocek y Tamminga, 1991), pues a pesar de que los lípidos también son una importante fuente de energía, éstos constituyen, cuantitativamente, una porción pequeña de nutrimentos en las dietas para rumiantes.

La mayor parte de los carbohidratos en la naturaleza se encuentran en forma de polisacáridos y desempeñan dos funciones biológicas principales:

- 1.- Como almacenadores de energía, también llamados "carbohidratos de reserva" o "carbohidratos no estructurales" y comprenden a los carbohidratos no recuperables en la solución detergente neutro: almidón, azúcares, pectinas y β -glucanos.
- 2.- Como componentes estructurales de la pared celular, por lo que son llamados "carbohidratos estructurales" o "carbohidratos fibrosos" y comprenden a los carbohidratos insolubles en la solución detergente neutro, los cuales para el caso de las plantas son celulosa y hemicelulosa. (Van Soest, 1982; Lehninger, 1989).

El almidón es el principal carbohidrato no estructural (CNE) de la mayoría de los ingredientes utilizados en la alimentación animal, mientras que la celulosa es el

principal carbohidrato estructural (CE) de los mismos (Lehninger, 1989). Los CNE que forman parte de los granos de cereal, constituyen el alimento energético por excelencia (Vanzant et al., 1990; Fredrickson et al., 1991), por lo que varios investigadores han estudiado el efecto de su suplementación. Cuando se incluyen altos niveles de granos de cereal (arriba del 50% de la dieta) para aumentar la densidad de energía, la producción de ácidos provenientes de la fermentación de los CNE supera la capacidad amortiguadora en el rumen, y proporcionalmente reducen el pH del líquido ruminal, la digestión de la fibra, el porcentaje de grasa en leche y quizá el consumo de materia seca (MS). Por el contrario, al disminuir los CNE se aumenta producción de grasa, probablemente porque al aumentar el pH se incrementa la relación acético:propiónico (A:P), y el porcentaje de proteína en leche disminuye aparentemente por un incremento en la proporción de grasa (Sarwar et al., 1992).

En cuanto a los CE, el nivel de FDN en la dieta es considerado un factor muy importante para el consumo voluntario en rumiantes (Van Soest et al., 1988) y consecuentemente influye en el consumo de energía y en la digestibilidad de la dieta. En el ganado lechero se ha establecido que esta fracción del alimento influye en la producción de leche y en su composición (Mertens, 1983). En cabras lecheras se sugiere que la productividad puede estar influenciada por la proporción de forraje:concentrado ofrecida y probablemente por el nivel de FDN en la dieta (Andrade et al., 1996). El uso de la paja de cereales en rumiantes es controlado por su pobre valor nutritivo, debido a su bajo contenido energético y de nitrógeno (N) y a su bajo consumo (Madrid et al., 1998). Muchos trabajos han encontrado que la suplementación de dietas basadas en forrajes de baja digestibilidad con carbohidratos solubles puede tener un efecto negativo sobre el consumo del forraje y digestibilidad de la fibra (Purroy et al., 1993). Una hipótesis del decremento en el consumo incluye una baja en el pH ruminal, a efecto de substitución, la competencia por nutrientes esenciales entre bacterias celulolíticas y no celulolíticas y el posible uso de fuentes alternativas de energía por bacterias celulolíticas (Mould, 1989). Estos problemas pueden reducirse suplementando la proporción adecuada de FDN y CNE

en las dietas (Sarwar et al.,1992). Por ejemplo, se ha visto que en borregos, cuando la suplementación se hace con pequeñas cantidades de alimento que sea rico en celulosa o hemicelulosa digestible, aumenta la digestibilidad del forraje (Joul-Nielsen, 1981). La suplementación de heno fresco de baja calidad con alimento energético alto en fibra, tal como la pulpa cítrica, parece ser menos susceptible a una interacción negativa del alimento, por disminuir posiblemente el efecto negativo de la bacteria digestora del almidón y evitar alteraciones potenciales en la microflora ruminal (Madrid et al., 1998).

En los últimos años se ha tratado de definir la cantidad óptima de CNE en la ración, sugiriéndose un 40% de CNE en la ración como lo óptimo para vacas lecheras (Nocek y Russell, 1988; Miller et al., 1990); y más concretamente para vacas con una producción de 40 kg/día, entre 30 y 36% de CNE (principal CNE) (Batajoo y Shaver, 1994). Poore et al. (1993) encontraron que al aumentar la degradabilidad del almidón del grano de sorgo mediante el hojueleado al vapor, era benéfico para la producción láctea de vacas, mientras se mantuviera una proporción de almidón:FDN cercana a 1.

Actualmente se ha sugerido que no sólo basta el definir las cantidades óptimas de los nutrimentos dentro de una ración, sino que se obtendrían mayores beneficios si se considerara la TD de cada uno de ellos. Con base en esto, Sniffen et al. (1992) han clasificado a los carbohidratos presentes en los ingredientes de acuerdo a su TD:

- 1) Fracción A, aquellos con una TD rápida: azúcares.
- 2) Fracción B₁, TD intermedia: almidones.
- 3) Fracción B₂, TD lenta: celulosa y hemicelulosa.
- 4) Fracción C, corresponde a la pared celular no disponible (= lignina X 2.4), y según Mertens (1973) es el material remanente después de 72 horas de digestión *in vitro*.

2.2. DIFERENCIAS ENTRE GRANOS DE SORGO, MAÍZ Y CEBADA.

Los granos en las dietas suministran una alta proporción del almidón de la ración y representan un gran porcentaje de los costos de alimentación (Oliveira et al., 1993). La selección de granos de cereal y su inclusión en las dietas, comunmente se basa en su concentración de energía metabolizable (EM). Actualmente, los granos de maíz y cebada son utilizados más comúnmente en los Estados Unidos como fuente de almidón; mientras que en México lo más común es utilizar sorgo y maíz.

Ya que los CNE constituyen la fracción energética por excelencia y que su consumo puede ser el factor más limitante para producción de leche (Andrade et al., 1996), es importante conocer las diferencias tanto físicas como químicas entre los granos de cereal más utilizados en la alimentación de rumiantes. Además de dichas características, el valor nutritivo relativo de un grano de cereal dependerá de su proporción en la dieta total, de su grado de procesamiento y de los otros constituyentes de la dieta e incluso del nivel de producción (Moran, 1986), lo cual afectará directamente la TP y la TD de los mismos.

La composición general de los granos de sorgo, maíz y cebada es similar. El sorgo es más alto en energía bruta (Oliveira et al., 1993), sin embargo el sorgo es menos digestible que el maíz, y el maíz menos digestible que la cebada. El maíz tiene cerca de 2% más de EE que la cebada y 1% más que el sorgo. En cuanto al contenido proteico, en promedio, la cebada tiene aproximadamente 13% de PC, el sorgo 12.5% y el maíz 10.1% (NRC, 1989).

Los gránulos de almidón del maíz normal, del sorgo y de la cebada son muy similares en tamaño, forma y composición. La mayor diferencia entre maíz, sorgo y

cebada se relaciona con el tipo y distribución de las proteínas alrededor del almidón en el endospermo. El endospermo de estos granos está formado por tres áreas: periférica (sub-aleurona), córnea y harinosa. El endospermo del sorgo generalmente tiene mucho mayor proporción de área periférica que el maíz y cebada (Rooney y Sullins, 1973; Rooney y Miller, 1982). La región del endospermo periférico es extremadamente densa, dura y resistente a la penetración del agua y a la digestión. Las células periféricas tienen un alto contenido proteico y resisten la degradación física y enzimática; esta región incluso provee alguna protección a las células fundamentales del endospermo, las cuales son ricas en almidón (Norris, 1972).

La dureza en el sorgo, maíz y cebada está relacionada con el contenido de proteína y la continuidad de la matriz proteica (Rooney y Miller, 1982). La matriz puede ser continua o incompleta y consiste de glutelinas en las cuales los gránulos de almidón y los cuerpos de las proteínas ricos en prolamina están embebidos. En el endospermo córneo, los gránulos de almidón son pequeños y la matriz continua. Las células del endospermo harinoso tienden a tener más y mayores gránulos de almidón rodeados por una matriz discontinua con pocos cuerpos de proteína. Wall y Paullis (1978) encontraron uniones intermoleculares en algunas prolaminas del sorgo, llamadas "kafrinas". Estas uniones disminuyen la digestibilidad de la proteína y de los gránulos del almidón enredados en ellos. El almidón y la proteína del endospermo aparecen adheridos más estrechamente en el sorgo que en el maíz o cebada, y es esta forma de distribución de las proteínas alrededor del almidón lo que le confiere al sorgo una TD lenta, al maíz una TD media y a la cebada una TD rápida (Herrera-Saldaña et al., 1990b).

En cuanto al tratamiento mecánico de estos granos, la separación del almidón y proteína por molienda húmeda es más difícil en el sorgo que en el maíz y cebada, y el almidón resultante generalmente contiene más proteína que el almidón de maíz comercial. Algunas formas de cocción (calentamiento seco) fortalecen la interacción almidón-proteína en el sorgo, con lo que reducen la TD del almidón. Las proteínas del

endospermo del maíz no se ha reportado que se comporten igual (Rooney y Pflugfelder, 1986), pero sí las de la cebada (Osman et al., 1970). Por otro lado, se ha reportado que el hojueado al vapor es un medio efectivo para mejorar la digestibilidad del sorgo (Poore et al., 1990; Theurer et al., 1991; Oliveira et al., 1993), y que en cambio, al aplicar este mismo procesamiento a los granos de maíz y cebada, no se reportan mejoras significativas en la digestibilidad (Sniffen et al., 1992), aunque en estudios *in vitro* Osman et al. (1970), sí encontraron mejorías en la digestibilidad de la cebada cuando se sometió a dicho procesamiento.

2.3. DEGRADABILIDAD DE LOS CARBOHIDRATOS.

La mayoría de los carbohidratos consumidos por los rumiantes son polímeros de glucosa en forma de celulosa y almidón, sin embargo grandes cantidades de hemicelulosa (polímero de pentosas, principalmente *D*-xilosa) y pectina (polímero del metil *D*-galacturonato) pueden estar presentes en algunas dietas. Por lo tanto, para que la fermentación ocurra, la mayoría de los carbohidratos deben sufrir hidrólisis en el rumen (Church, 1988).

La digestión de los CE requiere de una fase inicial (fase "lag") durante la cual las bacterias se adhieren al sustrato insoluble sintetizando las enzimas en concentraciones suficientes (Fahey y Berger, 1988). Para los CNE no es necesario un tiempo lag, ya que su digestión es rápida y se inicia casi inmediatamente después de la alimentación, lo cual sugiere que los azúcares libres, fructosanos y almidones son digeridos más rápidamente (Tamminga, 1982a).

Los polisacáridos de la dieta (celulosa, hemicelulosa y almidón) son hidrolizados a hexosas y pentosas, las cuales son posteriormente fermentadas en forma intracelular por los microorganismos del rumen (Tovar, 1990), resultando en la producción de ácidos grasos volátiles (AGV), CO₂ y metano (CH₄) (Bergen y Owens, 1985). Durante la fermentación de glucosa y otros monosacáridos (principalmente por la ruta de glicolisis), los ATP generados son la fuente primaria de energía para el crecimiento y mantenimiento de las bacterias. El piruvato es el intermediario a través del cual todos los carbohidratos deben pasar antes de ser convertidos en AGV, CO₂ y CH₄. La proporción del producto final depende del tipo de carbohidratos fermentados, especies bacterianas involucradas y del ambiente ruminal durante la fermentación (Church, 1988).

Las bacterias amilolíticas y dextrinolíticas más comunes en el rumen son: *Bacteroides amylophilus*, *Streptococcus bovis*, *Succinomonas amyolytica* y *Succinivibrio dextrinosolvens*. La rapidez con que estas bacterias hidrolizan el almidón a maltosa y a un poco de glucosa está afectada grandemente por la fuente del almidón y el tipo de procesamiento del alimento. Una vez que el almidón es degradado a maltosa, ésta es fermentada rápidamente por los microbios sacarolíticos, entre los cuales los más comunes en el rumen son: *Bacteroides ruminicola*, *Butyrivibrio fibrisolvens* y *Selenomonas ruminantium* (Church, 1988).

La celulosa existe en forma amorfa y cristalina, siendo la cristalina la más difícil de degradar en el rumen. Dentro de las bacterias celulolíticas más comunes en el rumen se encuentran: *Bacteroides succinogenes* (la más común en dietas altas en celulosa cristalina), *Ruminococcus albus* (degradan sólo celulosa amorfa) y *Ruminococcus flavefaciens* (degradan celulosa cristalina). Las mismas especies de bacterias que hidrolizan celulosa son comunes a la degradación de hemicelulosa, sin embargo, algunas bacterias celulolíticas como *B.succinogenes* no fermentan por sí mismas las pentosas liberadas. La velocidad de degradación de la hemicelulosa y celulosa normalmente es muy similar (Church, 1988).

El papel de los protozoarios ruminales en la degradación tanto del almidón como en la degradación de la celulosa no está claro, debido a la dificultad para diferenciar entre almidón o celulosa digerido por protozoarios *per se* y el degradado por el englobamiento de bacterias (Church, 1988).

Las proporciones comunes de AGV (acético:propiónico:butírico) con dietas altas en forraje varían de 70:20:10 a 65:25:10 y cuando el nivel de concentrado es alto varían de 50:40:10 a 45:40:15. En general cuando se usa una dieta fácilmente fermentable (concentrados) aumenta rápidamente la actividad microbiana y la concentración de AGV (Tovar, 1990). El ácido acético es la fuente principal de energía para los rumiantes y es el precursor de la lipogénesis, por lo que es importante para mantener la cantidad adecuada de grasa en leche.

PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS AGV (ACÉTICO, PROPIONICO Y BUTÍRICO):
El ácido propiónico es el precursor de glucosa más importante en la gluconeogénesis; sin embargo también se puede sintetizar glucosa a partir de AA, glicerol y lactato. La glucosa producida es utilizada por los tejidos como fuente de energía. El ácido butírico se convierte a β -hidroxibutírico el cual es oxidado en el músculo cardiaco y esquelético. Además, el ácido butírico es utilizado para la síntesis de ácidos grasos en el tejido adiposo y glándula mamaria (Fahey y Berger, 1988).

2.4. PROTEINAS Y SU IMPORTANCIA.

Los compuestos nitrogenados, y en particular las proteínas, son elementos esenciales para la vida del organismo, ya que son fundamentales tanto en la

estructura de los diferentes órganos y tejidos, como en la función celular (proteínas transportadoras, contráctiles, hormonas, enzimas, etc.) (Lehninger, 1989).

Los alimentos proteicos están compuestos por cuatro tipos principales de proteína: albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas. Las albúminas y globulinas son más solubles y degradables y tienen un mayor valor biológico que las prolaminas y glutelinas (NRC, 1985; Tamminga, 1979). En general, la fracción de proteína soluble contiene niveles altos de lisina, arginina, ácido aspártico y glicina, y niveles bajos de ácido glutámico y prolina; la fracción insoluble contiene en mayor proporción ácido glutámico y prolina (Tamminga, 1979).

El origen del nitrógeno (N) de la dieta es variable, sin embargo los principales aportes son en forma de proteína verdadera (PV) preformada y en forma de nitrógeno no proteico (NNP): urea, sales de amonio o nitritos y nitratos. El medio ruminal es además receptor del nitrógeno salival (urea y mucina), del amonio y de los aminoácidos (AA) provenientes del epitelio; además con la muerte y posterior degradación de bacterias y protozoarios, el medio también se enriquece con proteínas y con ácidos nucleicos de origen microbiano (Shimada, 1987).

Desde el punto de vista nutricional, las proteínas tienen características particulares que afectan su digestibilidad en el aparato digestivo de los rumiantes. Algunos autores (Pichard y Van Soest, 1977; Van Soest et al., 1981; Krishnamoorthy et al., 1983; Roe et al., 1990) las han clasificado de acuerdo a su composición química, características físicas, degradación ruminal o características de digestibilidad postruminal. Sniffen et al. (1992), tomando en cuenta todas las características anteriores, han dividido a las proteínas en 3 fracciones principales:

- 1) Fracción A. Fracción que representa al NNP, el cual es rápidamente degradado a NH_3 en el rumen y es soluble en solución buffer.
- 2) Fracción B. Esta fracción equivale a la PV y de acuerdo a su TD es subdividida en
- 3: B₁, de rápida degradabilidad en rumen y soluble en solución buffer; B₂, una parte

es fermentada en rumen y otra parte escapa a intestino delgado (proteína de sobrepaso), de degradabilidad media e insoluble en solución buffer; y B₃, de degradación lenta en rumen porque está asociada a pared celular y es insoluble en solución detergente neutro y soluble en detergente ácido.

3) Fracción C. Corresponde a la proteína verdadera no disponible (proteína asociada con lignina, complejos proteína-taninos y productos de Maillard) la cual no puede ser degradada por las bacterias ruminales y no provee AA postruminalmente, se recupera cuantitativamente en heces y es insoluble en detergente ácido.

Al intestino delgado de los rumiantes llegan 2 tipos de proteína: proteína microbial y proteína de sobrepaso. La proteína microbial es sintetizada por los microbios ruminales a partir de la proteína de la dieta, del NNP y del nitrógeno reciclado hacia rumen. La proteína de sobrepaso es aquella proteína que escapa a la digestión en el rumen (Church y Pond, 1987). Del 20 al 100% de la proteína total del alimento es degradado a AA y amoníaco (NH₃) en el rumen, mientras que la fracción residual (0-80%) escapa de la digestión ruminal y llega al intestino delgado para ser digerida y absorbida como AA para su utilización en funciones productivas (Tovar, 1990).

En relación a la utilización de fuentes nitrogenadas para síntesis de proteína, se ha estimado que alrededor del 20 al 50% del N microbiano se deriva de AA preformados (Tamminga, 1982b; Tovar, 1990); sin embargo, la mayoría de las bacterias utilizan NH₃ como la única o principal fuente de N (Husseini et al., 1995). Se ha estimado que del 50 al 80% del N microbiano se deriva del NH₃ y en el caso de las vacas productoras de leche, los porcentajes parecen ser mayores (Leng y Nolan, 1984; Tovar, 1990). La cantidad y tipo de AA que llega al intestino delgado está determinado por las cantidades de proteína de la dieta que escapa de la degradación ruminal y la proteína microbiana que deja el rumen. Entre 40 y 80% de la proteína que llega al duodeno es de origen microbiano (Bernard et al., 1988; Tovar, 1990).

La estimación de la concentración de NH_3 requerido para un máximo crecimiento microbiano ha sido variable, sugiriéndose concentraciones entre 0.35 a 29 mg/dl (Owens y Zinn, 1988). Esto parece indicar que los requerimientos para un máximo crecimiento microbiano y máxima digestión de los alimentos son diferentes y que la concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH_3) requerida para una máxima digestión no es constante y está en función de la fermentabilidad de la dieta (Erdman et al., 1986; Tovar, 1990). Los protozoarios no parecen utilizar directamente el NH_3 como fuente de N, pero obtienen aproximadamente el 70% del N requerido de las bacterias consumidas (Owens y Zinn, 1988).

Los rumiantes pueden reciclar una cantidad significativa de urea sanguínea hacia el tracto digestivo. El reciclamiento del N hacia el rumen- retículo puede reducir la necesidad de suministrar en la dieta proteína digestible ruminalmente (PDR) (Brun-Bellut, 1996). Una captura más eficiente de PDR podría reducir el requerimiento de fuentes costosas de proteína no digestible ruminalmente (PND) y también disminuir la excreción de N urinario (Sinclair et al., 1993). Este aspecto del metabolismo del N, puede ser considerado en la estimación de los requerimientos de N por animales rumiantes en muchos sistemas de proteína (NRC, 1985; PDI, Vérité et al., 1987), pero esto se ha dificultado por falta de conocimientos (Brun-Bellut, 1996). En un experimento con cabras lecheras se midió el reciclamiento de la urea en rumen, en diferentes estados fisiológicos: secas, gestantes y en lactación, y alimentadas con dietas a las que se les varió el contenido de PC (10 y 14% MS). El reciclamiento de la urea en rumen varió con el estado fisiológico, registrándose el mayor reciclamiento durante la lactación y el menor durante el período seco. Para las cabras en lactación hubo una correlación significativa entre reciclamiento ruminal de urea y producción de proteína en leche. La composición del alimento, utilización del N, la urea sanguínea y el contenido de amonio ruminal explicaron el 60% de la variación en el reciclamiento ruminal de urea. Para un mismo estado nutricional, el reciclamiento ruminal de urea aumenta al final de la gestación y al principio de la lactación. El promedio del reciclamiento ruminal de urea (6.58g/día) representó el 15% del N consumido,

aunque con variaciones 1-18%. Estos resultados fueron cercanos a los encontrados por Remond et al. (1993) y Remond et al. (1996) en borregos, quienes reportaron valores entre un 5 y 25% del N consumido (Brun-Bellut , 1996).

2.5. EFECTO DE LA ESTRUCTURA PROTEICA EN LA DEGRADABILIDAD Y SOLUBILIDAD DE LAS PROTEINAS.

La degradación proteica (preformada y microbiana) en el medio ruminal, se inicia básicamente con la acción de las enzimas extracelulares de origen bacteriano y la fagocitosis ejercida por los protozoarios (Hoover y Stokes, 1991). Las enzimas de los microorganismos del rumen degradan una gran parte de las proteínas en elementos más simples, produciendo sucesivamente: péptidos, AA y NH_3 como producto final. Los constituyentes no proteicos son degradados y convertidos rápidamente, y casi en su totalidad, en NH_3 . La degradación de los compuestos nitrogenados en el rumen es muy variable, y depende no sólo de su degradabilidad (característica propia de cada alimento), sino también de la intensidad de la actividad microbiana (Tovar, 1990). La digestibilidad aparente de la proteína del alimento está directamente relacionada con el porcentaje de proteína en la dieta (Cheema et al., 1991); así, cuando Sahlu et al. (1993) evaluaron la utilización de la proteína entre diferentes razas caprinas (Nubia, Alpina y Angora), encontraron que la digestibilidad aparente de la MS, PC y FDN aumentaba al incrementar la PC en la dieta (9, 15 y 21% de PC) y no encontraron diferencias aparentes entre razas. Por otro lado, Hatfield et al. (1998) al evaluar, en borregos fistulados, el efecto del nivel de proteína en la dieta (18 vs. 10% PC) sobre la cinética de la digesta, encontraron que los

borregos alimentados con el 18% de PC consumieron más alimento y tuvieron un medio ambiente microbial en rumen más favorable, y por lo mismo una mejor utilización del alimento y mejora del nivel de energía.

La solubilidad de los ingredientes, principalmente aquellos que son proteicos, ha recibido especial atención en la nutrición de rumiantes, debido a que ésta se ha usado como un índice de la proteólisis en el rumen (Owens y Zinn, 1988). Se ha señalado, que la solubilidad de un ingrediente proteico está relacionado estrechamente con la degradabilidad en el rumen (Olivares, 1991); y que generalmente, al incrementar la solubilidad se degrada más N y los componentes solubles en el rumen son atacados más rápida y completamente que los componentes insolubles, debido, en parte, a las diferencias en el acceso microbiano (Chalupa, 1984; Olivares, 1991). Sin embargo, la solubilidad de un alimento proteico dependerá en gran medida de la cantidad de albúminas y globulinas en la porción soluble y de la cantidad de prolaminas y glutelinas en la porción insoluble (Tamminga, 1979).

La solubilidad está influenciada por el tamaño y la densidad de la partícula, tratamiento térmico, tratamiento químico y contenido de paredes celulares en las plantas ya que éstas protegen las proteínas del contenido celular (Satter et al., 1977; Olivares, 1991). El tratamiento de la proteína con calor, disminuye su solubilidad y la TD ruminal. Aunque el calor moderado puede aumentar el paso de la proteína hacia intestino delgado, el calor excesivo puede disminuir la cantidad de algunos AA y bajar la digestibilidad de la proteína en el intestino delgado (Moshtaghi Nia e Ingalls, 1995).

Schingoethe (1985) indica que para los forrajes la porción soluble de la proteína es el NNP, en tanto que para los granos y las pastas de oleaginosas la fracción soluble está constituida por nitrógeno proteico (NP); y que las proteínas de la pasta de soya son menos solubles que las existentes en algunos otros suplementos proteicos (cascanilla de semilla de algodón, pasta de girasol, harina de alfalfa). Las

proteínas del maíz y sorgo son menos solubles que la mayoría de los cereales (avena, trigo, cebada); y las proteínas de los forrajes secos son menos solubles que las de los forrajes ensilados, los que a su vez son menos solubles que las proteínas de los pastos frescos y las leguminosas (Olivares, 1991; Sniffen et al., 1992).

Ya que existen algunos ingredientes que tienen proteínas solubles pero que son resistentes a la degradación (harina de pescado, alfalfa deshidratada y gluten de maíz entre otros), Owens y Bergen (1983) sugieren que la solubilidad sólo se considere como un predictor para alcanzar la degradación ruminal, ya que la solubilidad por sí misma no garantiza que sea degradable (Olivares, 1991).

2.6. RELACION PROTEINA-ENERGIA.

No sólo basta el definir una cantidad óptima de CNE en la ración, sino que también es necesario el establecimiento de una proporción adecuada entre carbohidratos y proteínas, ya que los dos factores nutricionales que probablemente limitan más la producción, son energía y AA. El establecimiento de dicha proporción en el caso de los rumiantes es más complicado, porque hay dos tipos de requerimientos que deben ser llenados: uno para los microorganismos ruminales y otro para el animal (McCarthy et al., 1989).

Debido a que la extensión de la degradación ruminal de la proteína en la dieta puede resultar en una rápida producción de amonio y en la subsecuente pérdida de N, los factores que afectan la eficiencia en la utilización microbiana del N-NH₃ en el rumen para la síntesis proteica, tienen un significado especial en la nutrición de rumiantes. Uno de los principales factores que influyen en la utilización del amonio

ruminal para el crecimiento microbiano es la disponibilidad de carbohidratos en el rumen (Hoover y Stokes, 1991). Es sabido que los CNE, como el almidón, promueven la utilización de $N-NH_3$ en el rumen (Stern et al., 1978), porque el crecimiento microbiano depende de la fuente de carbohidratos disponibles ruminalmente, que aportan el ATP necesario para la biosíntesis del material celular. Se ha mencionado que para alcanzar un óptimo crecimiento, la tasa de producción de ATP (fermentación de carbohidratos) debe igualar su utilización (síntesis proteica) o la fermentación llegará a ser incompleta. Se teoriza que esta necesidad de balancear la producción de ATP y su utilización, implica que la disponibilidad ruminal de carbohidratos y proteínas deben ser sincronizados para maximizar la síntesis de proteína microbial (Aldrich et al., 1993).

Se sabe que al aumentar en forma desproporcionada la cantidad de carbohidratos altamente disponibles en la dieta, se disminuye la digestibilidad de la proteína sensiblemente (Rodríguez y Llamas, 1990). Esto parece deberse a la excreción de una mayor cantidad de N de origen microbiano en las heces. Esto tiene también un efecto marcado en la digestibilidad de las fracciones fibrosas en la dieta. Aparentemente parte de este efecto se debe a una disminución del pH ruminal por debajo de 6, ya que se ha observado que bajo condiciones más ácidas, la celulólisis microbiana se disminuye; así pues, Oldham (1984) concluyó que la forma de suministrar energía afecta la utilización de la proteína. Por su parte, Banskalieva (1996) asegura que la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) depende del contenido de proteína-energía de la dieta, y en menor grado de la composición de ingredientes, o de la edad y condición fisiológica del animal

En cuanto a la relación CNE-proteína, sólo se ha demostrado que una concentración de CNE mayor a 24% (MS) y proteína ruminalmente degradable mayor a 9%, aumenta el paso de la proteína microbiana del rumen al duodeno; pero realmente no se conocen las cantidades exactas de carbohidratos y proteínas de disponibilidad ruminal que maximizan el rendimiento microbial y a su vez mejoren la

producción tanto láctea como de ganancia de peso. Por el contrario, el imbalance en CNE-proteína degradable puede ser responsable del desacoplamiento de la fermentación y consecuentemente de la disminución en el crecimiento bacteriano (Stokes et al., 1991).

Los requerimientos de energía de animales lecheros en la lactación temprana con un alto potencial de producción no pueden ser llenados completamente y los animales compensan ese déficit de energía resultante mediante la movilización de tejidos corporales, principalmente grasa corporal (Chestnutt, 1987). Por otro lado, puede hacerse uso de muy pequeñas cantidades de proteína de reserva corporal, cuando el aporte de la proteína de la dieta es inadecuado (Orskov et al., 1981). El uso eficiente de la grasa movilizada para producción de leche depende probablemente de la disponibilidad de un adecuado aporte de AA esenciales a la glándula mamaria. Orskov et al. (1977) reportaron que vacas a principios de la lactación respondieron con un aumento en la producción láctea cuando se les dió suplementos proteicos que escapaban a la degradación ruminal; borregos también respondieron de la misma forma (Gonzalez et al., 1982) cuando estaban en balance energético negativo. Razas de pequeños rumiantes de doble propósito produjeron cantidades considerables de leche durante el periodo postdestete y ellos pudieron incluso depender de la movilización de las reservas corporales en periodos de disponibilidad limitada de recursos alimenticios (Orskov y Hovell, 1986). En contraste con lo anterior, Hadjipanayiotou y Photiou (1995) utilizando cabras Damasco en las que se cubrieron el 60% de sus requerimientos de energía, valoraron la fuente proteica (pasta de soya protegida vs. no protegida) en 3 niveles diferentes (13, 15 y 18% PC) sobre producción y composición de leche, cambios en el peso corporal y metabolitos ruminales. En este experimento la reducción en el aporte de energía por debajo de sus requerimientos, resultó en una disminución considerable de la producción láctea, y el aporte del suplemento proteico de baja degradabilidad ruminal (protegido) no alivió esta reducción a través de la gran movilización de las reservas corporales y su subsecuente uso para producir leche.

2.7. PROTEINA DEGRADABLE EN RUMEN / PROTEINA NO DEGRADABLE EN RUMEN.

En el caso del ganado lechero, se ha demostrado que el pico y persistencia de la lactación dependen del consumo de proteína y de las reservas de nutrientes en los tejidos. Sin embargo, simplemente aumentando la cantidad de proteína total durante la lactación no siempre resulta en una mayor producción láctea, ya que los microbios ruminales no proveen suficiente proteína para maximizar dicha producción (Rulquin, 1994). Ahora está establecido que un mayor contenido de proteína no degradable ruminalmente en la dieta, mejora el rendimiento del animal, y más concretamente, si el nivel de proteína de sobrepaso es aumentado y la disponibilidad intestinal de AA es incrementada, la producción de leche puede ser estimulada (Romero et al., 1994). Resultados similares se han observado en vacas lecheras (Mc.Guffey et al., 1990; Susmel et al., 1991) y en borregas (Robinson et al., 1979).

Los sistemas para formulación de dietas descritas por NRC (1989), ARC (1980) e INRA (1988) requieren de la separación de la proteína de la dieta en fracciones degradables en rumen y fracciones resistentes a la degradación ruminal. Métodos *in vivo*, *in situ* e *in vitro* son usados para separar la proteína de la dieta en PDR y PND. Los valores de las tablas en el NRC (1989) están basados en mediciones *in vivo*, con ganado fistulado con cánulas en abomaso o duodeno. El consumo de alimento en la mayoría de los animales fue alrededor del 2% del peso corporal. Las vacas lecheras altas productoras consumen alimento en un 3 a 4% de su peso corporal. Debido a que la TP de los ingredientes del alimento aumenta conforme aumenta el consumo de alimento, la PND de las dietas proporcionadas a vacas en lactación es probablemente mayor que en el NRC (Chalupa y Sniffen, 1996).

Ha sido aceptado que en general, en los rumiantes, la cantidad de PC microbial sintetizada en rumen es entre 120 y 135g/kg Materia Orgánica Digestible (MOD) (Waldo y Glenn, 1984). Para cabras lecheras, Laurent (1986) mostró que la producción de PC microbial variaba entre 105 y 140g/kg MOD. En los nuevos sistemas de evaluación de proteína, se ha asumido que la eficiencia en la producción de PC microbial a partir de PDR es entre 80 y 100%. Así, los requerimientos promedio de PDR están dados como 135g/kg MOD (N.R.C. 1981).

La relación óptima de PDR/PND en la dieta de rumiantes para obtener respuestas económicas no es clara. NRC (1989) ha recomendado una reducción del 15 al 20% en los requerimientos de PC para ganado lechero cuando el contenido de PND en la dieta es incrementado y el de PDR disminuído. Sin embargo, los requerimientos de N para cabras lecheras no son bien conocidos (Pailan y Kaur, 1996). Cody et al. (1990) observaron que al aumentar el contenido de PDR en la dieta resultaba en un mayor consumo de MS en vacas. Por otro lado, Aharoni et al. (1993) reportaron que una reducción en la degradabilidad ruminal de la PC desde un 70 a 65% en la dieta de vacas lecheras era benéfico para la producción láctea y componentes de la leche.

Al examinar el efecto de varios niveles de PDR en la dieta con un nivel constante de PC, en la digestibilidad y utilización del alimento por cabras en lactación e intentar determinar si los valores usados para vacas lecheras podían ser directamente aplicados a cabras lecheras, se encontró que con un 11.7% de PC (MS) y con 2 diferentes niveles de PDR: 9.7 y 6.7% (MS), no hubo diferencias en el consumo de alimento o en la digestibilidad, ni tampoco en la producción de leche o en el balance de energía. Con el mismo contenido de PC (11.9%) pero con un menor nivel de PDR (5.1% MS) el consumo de alimento disminuyo marcadamente ($P < 0.01$). Esta reducción en el consumo pudo haber sido causada por una digestión ruminal menos eficiente como consecuencia del bajo nivel de PDR. (Brun-Bellut et al., 1990).

Mishra y Rai (1996a) reportaron que en cabras lecheras, diferentes proporciones de PDR/PND en las dietas no influyeron en el consumo de MS, rendimiento de la producción láctea o composición de la leche, durante un periodo experimental de 7 días. Los coeficientes de digestibilidad permanecieron indiferentes al variar las proporciones de PDR/PND, excepto para la digestibilidad de la PC, la cual fue mayor ($P < 0.05$) en la dieta 55:45 (PDR:PND) comparada con la proporción 75:25. Posteriormente estos mismos autores evaluaron en cabras lecheras (Alpinas X Beetal) diferentes proporciones de PDR/PND: 75:25 (A), 55:45 (B) y 55:45 con menos de 20% PC (C), en un experimento prolongado (120 días), y encontraron que la proporción 55:45 de PDR:PND resultó en una mayor producción láctea al compararse con una proporción 75:25, así como más económica (Mishra y Rai, 1996b). De manera similar, en un experimento conducido por Pailan y Kaur (1996) en cabras lactantes, fue evidente que el alimento con una proporción 60:40 de PDR:PND resultó en una producción láctea más económica que con 75:25.

2.8. SUBPRODUCTOS PROTEICOS DE ORIGEN ANIMAL.

La escasez crónica de alimento y forraje ha llevado a la búsqueda de diferentes suplementos tanto energéticos como proteicos para la alimentación del ganado (Anandan et al., 1996). La suplementación con subproductos es una práctica común entre algunos productores de ganado (Llamas, 1989). Sin embargo, las necesidades específicas de los animales junto con la magnitud de la escasez del forraje, deben dictar la cantidad y composición del suplemento a proporcionarse (Romero et al., 1994).

Si el aporte de energía en la dieta es el adecuado, el grado en el cual son cubiertos los requerimientos de AA en rumiantes, dependerá primeramente de la cantidad de la proteína en la dieta, de su fuente y de su extensión en la degradación ruminal (Goetsch y Owens, 1985). Debido a el aumento en los costos de los suplementos proteicos convencionales, se ha generado interés en nuevas fuentes proteicas y menos caras para rumiantes (Cozzi et al., 1995). Las empacadoras de carne y las industrias extractoras de grasas producen grandes cantidades de subproductos proteicos que pueden ser procesados para alimentar rumiantes. Entre las alternativas de subproductos de origen animal se encuentran la harina de pluma (HPL), la harina de sangre (HS), la harina de carne (HC), la harina de hueso (HH), la harina de pescado (HP) y la harina de subproductos de pollo (HSP). En las dietas de cabras lecheras, el uso de la HC, de HH y de HSP pueden dar resultados satisfactorios. Dos suplementos altamente proteicos: la HPL y la HS son resistentes a la degradación por parte de los microorganismos ruminales; por lo tanto su uso más efectivo en la formulación de raciones debe ser como proteína de sobrepaso o como un reemplazo parcial de los suplementos proteicos rápidamente degradables, sin embargo algunos estudios del comportamiento de la HPL han mostrado que debe usarse con precaución debido a que promueven una limitada síntesis microbial y a la pobre calidad de su PND (Andrighetto y Bailoni, 1994). El reemplazo parcial de la proteína rápidamente degradable en rumen con una mezcla de HPL y HS mejora los patrones de fermentación ruminal (mayor concentración de AGV, mayor $N-NH_3$, menor N urinario) mediante menos pérdidas de N (Cozzi et al., 1995).

Urbaniak (1995) realizó un experimento con el propósito de determinar el grado de la degradación ruminal de la proteína proveniente de la HS, HP, pasta de soya (PS) o caseína, y efectos en cambios metabólicos en el rumen y en el flujo de diferentes fracciones de N y AA individuales al duodeno de borregos. El N no degradable en rumen fue 74% HS, 62% HP, 38% PS y 11% caseína. El $N-NH_3$ en rumen fue mayor ($P < 0.05$) en borregos alimentados con caseína y menor con HS y HP. La fuente de proteína no afectó el pH ni la digestibilidad ruminal de la MS o de la

materia orgánica (MO). El N total, el N no amoniacal y el flujo de AA a través del duodeno fue mayor en animales alimentados con HP y menor con caseína.

En otro experimento en cabras lecheras, se evaluó el efecto de diferentes fuentes proteicas de origen animal en los parámetros digestivos y metabólicos y en la producción láctea. Los animales se alimentaron *ad libitum* con 2 diferentes dietas que contenían 50% silo de maíz y 50% concentrado (BS). El 27% del total del N en ambas dietas fue aportado por proteína de origen animal: HC o un hidrolizado de harina de pluma más harina de sangre (HPL+HS). El resto del concentrado contenía como proteína basal (60% del contenido de N): PS, soya extruzada y urea. La HC y la combinación HPL+HS incorporadas en las dietas para cabras lecheras en lactación a un 30% del total del N, fueron eficientemente utilizadas como fuentes proteicas. Los animales alimentados con HPL+HS mostraron parámetros digestivos y metabólicos similares. La producción láctea fue similar para ambos tratamientos, pero el contenido de proteína y caseína fueron significativamente mayores en cabras alimentadas con HPL+HS (2.85 vs. 2.72% y 1.95 vs. 1.84%, respectivamente), por lo que la dieta con HPL+HS produjo una calidad de leche ligeramente mejor (Andrighetto y Bailoni, 1994).

Waltz et al. (1989) mostraron que en vacas lactantes la PDR de la dieta basada en pasta de soya fue menor que las 2 dietas basadas en un hidrolizado de HPL o en un hidrolizado de HPL+HS (50:50). Sin embargo, la disponibilidad de AA en intestino delgado fue mayor cuando se uso la combinación de las 2 fuentes de proteína animal, y la menor en los animales que recibieron hidrolizado de HPL como única fuente de proteína. El mejoramiento en la cantidad y en la calidad de los AA absorbidos a través del intestino delgado de animales alimentados con una combinación HPL+HS fue reportada por Goedeken et al. (1990a,b) en estudios de digestión *in situ* y crecimiento en becerros. Sus resultados indicaron que el efecto complementario de las 2 fuentes proteicas se debió a un aporte de diferentes AA. La HPL tuvo un buen contenido de AA azufrados, especialmente cistina, mientras que la

HS aportó una alta cantidad de lisina (Goedecken et al., 1990a,b). Ambos AA se consideran limitantes en las dietas para animales lecheros altos productores (NRC, 1981).

En cuanto a la HSP, ésta fue comparada contra la PS en la alimentación de cabras Granadinas en producción, empleando sorgo o cebada como ingredientes energéticos y rastrojo de sorgo como forraje. En este experimento realizado por Chávez (1997) se obtuvo un mayor consumo de CNE digestibles en rumen ($p < 0.01$) en los animales que consumieron las dietas basadas en PS (52%) que en los alimentados con HSP (39%); sin embargo, cuando se evaluó la producción de leche, no se registraron diferencias al comparar las dietas que contenían PS contra las de HSP.

La fuente de la proteína y su extensión de la degradación ruminal pueden tener una influencia importante en la cantidad de AA que se extiende a órganos y tejidos de los rumiantes y consecuentemente afectan su desarrollo completo (Stern et al., 1983). Los forrajes, aún aquellos altos en PC, sólo proveen pequeñas cantidades de AA de escape ruminal (Chalupa y Sniffen, 1996). Las proteínas del maíz son deficientes en lisina. Las proteínas de las semillas oleaginosas contienen bajos niveles de metionina. Las proteínas de origen animal y marino, debido a su alto contenido de PC y a su baja degradación ruminal, pueden usarse para ajustar el perfil de AA de la proteína absorbida, especialmente metionina (HP) y lisina (HS). Se sugiere que para que las raciones puedan soportar altos niveles de producción lechera necesitan contener fuentes proteicas con perfiles de AA que sean complementarios (Chalupa y Sniffen, 1996).

2.9. TASAS DE DIGESTION Y TASAS DE PASAJE.

La TD y la TP de un alimento son características importantes que determinan cuánto de un nutrimento será digerido, absorbido y utilizado en el animal; la alteración de cualquiera de estas tasas afectará la eficiencia en la utilización de los nutrimentos (Colucci et al., 1982; Ellis et al., 1984; Silanikove et al., 1993). Los factores que afectan la TD pueden dividirse en 2 categorías: aquellos inherentes al alimento (solubilidad) y aquellos que afectan la población microbiana o la síntesis enzimática. La TP es afectada por 2 factores: tamaño de la partícula y nivel de consumo (Mertens, 1977; Van Soest, 1982).

La TD de los diferentes compuestos en el rumen es muy variable, y depende no sólo de su degradabilidad, que es una característica de cada alimento (según su naturaleza, tratamientos, etc.), sino también de la intensidad de la actividad microbiana, la cual a su vez depende de las condiciones del rumen (pH), del tiempo de retención de los alimentos en el rumen (TRR), naturaleza y densidad de la población microbiana, cantidades de nutrimentos disponibles y sincronización entre los aportes de los mismos, las cuales están determinadas, en último término, por la cantidad, la estructura física y la composición de la ración (NRC, 1985; Tovar, 1990). El aumento del TRR de la digesta a menudo resulta en un incremento en el llenado intestinal y por tanto en una reducción en el consumo voluntario de alimento (Van Soest, 1982).

En cuanto a consumo de alimento, algunos estudios comparativos han demostrado que existen variaciones extremas entre razas, por ejemplo, el ganado tropical puede mantener un alto nivel de consumo de alimentos ricos en fibra comparado con razas templadas, y todavía la digestión es relativamente eficiente. La habilidad para mantener una mayor TD ruminal es la razón principal para aventajar el

ganado tropical (*Bos indicus*) al ganado europeo (*Bos taurus*) con respecto a la digestión del forraje con un alto contenido en fibra (Hunter y Siebert; 1985 Silanikove, et al., 1993). ARC (1980) reconoció el hecho de que la variación en el consumo de alimento, la proporción forraje:concentrado, la concentración iónica de la dieta, el tamaño de las partículas del alimento y la temperatura del medio ambiente, alteran marcadamente la tasa de recambio del líquido ruminal. Consecuentemente el tiempo medio de retención en el rumen (TMRR) de las partículas pequeñas, probablemente varía con los mismos factores y la extensión de la degradación de la dieta puede esperarse que varíe con el TMRR (Hadjipanayiotou, 1995). Se ha demostrado que el aumento de la TP de partículas pequeñas del rumen, resulta en un decremento significativo de la degradabilidad de la MS y PC de suplementos proteicos (Orskov et al., 1983). Tanto en ovinos como en bovinos, la TP de la digesta aumenta conforme aumenta el consumo de alimento (Grovm y Williams, 1973; Colucci et al., 1982) y la TD disminuye. Esto se debe a que al aumentar el nivel de consumo, disminuye el tiempo de residencia en el rumen para evitar el llenado excesivo de éste (Van Soest, 1982; Robinson et al., 1985).

El tamaño de la partícula es importante para explicar su pasaje a través del rumen, por lo que la trituración del alimento mediante la masticación o cualquier procesamiento del alimento que involucre una reducción del tamaño de la partícula (quebrar, moler, etc.) afectará directamente la TP (Russell et al., 1992) y con esto la eficiencia digestiva. Algunas características físicas de las partículas (gravedad específica, capacidad de hidratación, sedimentación reticular) que actúan independientemente de la digestión, son más importantes en la regulación de la TP que en sí el tamaño de la partícula (Owens y Goetsch, 1988; Luginbuhl et al., 1990). Dichas características cambian el sitio de localización de la partícula dentro del rumen, modifican la densidad (captación de agua y minerales) y alteran la flotabilidad de las partículas (Van Soest, 1982), con lo que se ve alterada la TP del alimento y por ende la digestibilidad; por ejemplo, Moe et al. (1973) encontraron que el maíz finamente molido tenía una mayor digestibilidad de la MS (68.3%) que el maíz entero

(59%) en dietas para vacas lecheras con 54.5% de concentrado. En pruebas de digestibilidad *in situ*, se encontró que la digestibilidad de la MS del maíz, aumentaba conforme se molía más finamente el grano (Wilson, 1973; Galyean et al., 1981).

Ya que la cantidad de MS consumida es uno de los factores que determinan la TP de un alimento (Colucci et al., 1982), es de suma importancia el determinar el nivel de consumo adecuado en la alimentación. Un gran número de experimentos muestran que los animales normalmente digieren un mayor porcentaje de los nutrimentos de su dieta cuando son alimentados con una ración escasa, que cuando son alimentados con una ración abundante (Schneider y Flatt, 1975). Ultimamente y más concretamente, se ha observado que cuando el nivel de alimentación es de 1 (mantenimiento), se obtienen valores de digestibilidad más elevados que cuando se realizan las pruebas a niveles 2X a 3X (producción), y por el contrario, a niveles muy bajos de alimentación (subalimentación) las sustancias de origen endógeno arrastradas con las heces proporcionan la obtención de valores muy bajos de digestibilidad. Un gran número de determinaciones de coeficientes de digestibilidad se han realizado a niveles muy bajos de nutrición, lo que en muchos casos tienden a subestimar la calidad nutritiva de algunos productos, lo que ha llevado a la repetición de muchas determinaciones (Rodríguez y Llamas, 1990).

En la actualidad, cada vez es más común determinar la digestibilidad a niveles de alimentación *ad libitum* y a pesar de que esta práctica tiende a aumentar el coeficiente de variación de la prueba, tiene la ventaja que los valores son aplicables directamente a las condiciones en que se alimenta normalmente al ganado (Rodríguez y Llamas, 1990).

En lo referente a la obtención de datos acerca de las TD y TP de las diferentes fracciones proteicas y de carbohidratos que se proporcionan en dietas para ganado, el "Sistema de Proteínas y Carbohidratos Netos de Cornell", cuenta con ecuaciones para su estimación (Sniffen et al., 1992). Dicho sistema es una mezcla de

aproximaciones empíricas y mecánicas que describen el consumo de alimentos, fermentación ruminal de proteínas y carbohidratos, digestión y absorción intestinal, excreción, producción de calor y utilización de nutrientes tanto para mantenimiento como para crecimiento, lactación y preñez. El sistema puede ser aplicado a nivel granja porque las dietas están caracterizadas conforme a las fracciones que son fácilmente medibles en la mayoría de los laboratorios de análisis de alimentos. El sistema es especialmente valioso para estimar la degradabilidad ruminal de las proteínas de la dieta y para determinar si los microbios ruminales están provistos con tipos y cantidades apropiadas de nutrimentos nitrogenados (ejem. amonio, péptidos) (Chalupa y Sniffen, 1996). El sistema incluso ha sido utilizado para proveer información de requerimientos de AA y para identificación de AA limitantes (Fox et al., 1991).

Ya que el conocimiento de los requerimientos de AA es importante para minimizar la pérdida de la proteína de la dieta y optimizar la productividad (Chalupa y Sniffen, 1996), y tomando como base el Sistema de Proteínas y Carbohidratos Netos de Cornell., Rulquin y Verite (1993) desarrollaron el método de la "Proteína Ideal" en vacas, el cual está basado en la respuesta de la proteína de la leche a la metionina y isina expresada como porcentaje de AA absorbidos.

2.10. EFECTO DE LA SINCRONIZACION DE ENERGIA Y PROTEINA.

Tomando como base el hecho de que la intensidad de la fermentación requiere de la presencia simultánea de nitrógeno y de carbono (Shimada, 1987), se

puede entonces pensar en la necesidad de proporcionar el alimento de acuerdo al tiempo que tardan en utilizarse los diferentes nutrimentos (energéticos y proteicos) proporcionados con la dieta; esto es, con base en sus TD.

Herrera-Saldaña y Huber (1989) mostraron que vacas al principio de la lactación alimentadas con dietas sincronizadas para una rápida degradación ruminal (con cebada y harina de semilla de algodón como principales fuentes de almidón y proteína, respectivamente) produjeron más leche que las vacas alimentadas con dietas no sincronizadas (sorgo-grano seco de cervecería, cebada-grano seco de cervecería o sorgo-harina de semilla de algodón); lo cual sugirió que la respuesta al variar la proteína degradable puede verse alterada por la TD ruminal del almidón. Un año más tarde en un experimento subsecuente, Herrera-Saldaña et al. (1990a) mostraron que la síntesis de proteína microbiana era maximizada cuando se administraban fuentes de proteína y almidón (cebada-harina de semilla de algodón) las cuales tenían relativamente una TD similar.

Aldrich et al. (1993), al evaluar vacas en lactación con 4 dietas de alta y baja disponibilidad ruminal de CNE y proteína, encontraron un mayor pasaje de N bacteriano cuando se combinó una fuente de CNE altamente disponible en rumen con una fuente proteica igualmente altamente disponible.

Sinclair et al. (1993), al evaluar los patrones de fermentación ruminal en borregos alimentados con dietas de grano de cebada-canola (TD rápida-TD rápida) y grano de cebada-grano seco de cervecería (TD rápida-TD media), encontraron una mayor concentración de $N-NH_3$ ruminal, proporciones más estables de AGV y un aumento del 27% en la síntesis de N microbiana (g N/kg de MS consumida) con la dieta sincronizada (cebada-canola). También en borregos, Hernández et al. (1992) al evaluar la digestibilidad aparente en Suffolks castrados, alimentados con 4 diferentes raciones (2.5 Mcal ED/kg y 12% PC) en las que se utilizaron HC o PS como proteínas de lenta y rápida degradación, y sorgo o melaza como energéticos de lenta y rápida

degradación; encontraron que la digestibilidad de la MS y de la PC era mayor ($P<0.05$) para la combinación PS-melaza (dieta sincronizada de fermentación rápida), seguida por las raciones HC-sorgo (TD lenta - TD lenta) y PS-sorgo (TD rápida-TD lenta); mientras que la digestibilidad de la FDN fue mayor ($P<0.05$) para la combinación HC-sorgo (dieta sincronizada de fermentación lenta), seguida por las dietas PS-melaza y PS-sorgo.

En cuanto a cabras, la información es escasa. Romero et al. (1994) evaluaron el efecto de la suplementación proteica sobre la producción láctea en cabras (encastadas de Nubia) bajo un sistema restringido de pastoreo (5h/d, agostadero semiárido-templado). Se les ofreció uno de 2 suplementos isocalóricos e isoproteicos (1kg/d), uno basado en PS (60.8% PDR, TD rápida) y el otro en harina de gluten de maíz (HGM) (39.6% PDR, TD lenta), y utilizando en ambos suplementos sorgo como ingrediente energético (TD lenta). Durante el primer tercio de la lactación se obtuvo una mayor ($P<0.05$) producción láctea y ganancia de peso de las crías con el suplemento HGM- S (647 g/d y 13.6 kg vs. 507 g/d y 12.5 kg, respectivamente). En los 2 últimos tercios de la lactación no hubo diferencias significativas entre tratamientos. En general hubo una respuesta productiva positiva a la suplementación con proteína de sobrepaso (y a la sincronización de ingredientes de fermentación lenta vs. ingredientes asincrónicos).

En otro experimento, Lu et al. (1990), con el objeto de determinar el valor nutricional de la harina de carne y hueso (HCyH) para producción de leche y el de investigar la posibilidad de la integración de la HCyH con urea en raciones para lactación, utilizaron 18 cabras Alpinas en una prueba durante 15 semanas de lactación. Se alimentaron con dietas isoproteicas (15% PC) e isoenergéticas (2.3 Mcal/kg EM), las cuales tuvieron como ingredientes proteicos principales PS (TD rápida), HCyH (TD de lenta a media) y HCyH + Urea (TD media), y como ingrediente energético maíz molido (TD media). No se observaron diferencias significativas ($P>0.05$) ni en la producción láctea ni en la composición de la leche, sin

embargo, estas variables tendieron a ser mayores en las cabras alimentadas con maíz - H₂CyH + Urea (dieta sincronizada para una velocidad de fermentación media) o con maíz - H₂CyH. Es importante señalar que el objetivo perseguido en estos 2 experimentos mencionados en cabras, no era el de valorar una posible sincronización entre los ingredientes utilizados.

Otros autores (Casper y Shingoethe, 1989; McCarthy et al., 1989) han reportado que no hay respuesta en la producción láctea al sincronizar la degradación de carbohidratos y proteínas.

Por todo lo referido anteriormente y debido a que en cabras no existen estudios en los que se evalúe la utilización de diferentes combinaciones de ingredientes considerando sus características de degradación ruminal y su posible sincronización entre ellos, es necesario realizar valoraciones de este tipo.

III. OBJETIVO.

Evaluar combinaciones de ingredientes energéticos y proteicos cuyas tasas de degradación ruminal sean similares (cebada-pasta de soya y cebada-harina de subproductos de pollo + urea) y combinaciones de ingredientes con tasas de degradación diferentes (cebada-harina de subproductos de pollo) en la digestibilidad, en los parámetros ruminales y en la cinética ruminal, bajo una alimentación fija en cabras.

IV. HIPOTESIS.

La digestibilidad, la fermentación y la cinética ruminal serán mayores con la inclusión de ingredientes con tasa de digestión similar, que con la inclusión de ingredientes con tasas de degradación diferentes.

III. OBJETIVO.

Evaluar combinaciones de ingredientes energéticos y proteicos cuyas tasas de degradación ruminal sean similares (cebada-pasta de soya y cebada-harina de subproductos de pollo + urea) y combinaciones de ingredientes con tasas de degradación diferentes (cebada-harina de subproductos de pollo) en la digestibilidad, en los parámetros ruminales y en la cinética ruminal, bajo una alimentación fija en cabras.

IV. HIPOTESIS.

La digestibilidad, la fermentación y la cinética ruminal serán mayores con la inclusión de ingredientes con tasa de digestión similar, que con la inclusión de ingredientes con tasas de degradación diferentes.

V. MATERIAL Y METODOS.

Este estudio llevó a cabo en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP-SAGAR, en Ajuchitlán, municipio de Colón, Edo. de Querétaro, localizado a 1990 msnm, clima semiseco con lluvias en verano, temperatura media anual de 15 C y p.p.a. de 450 a 630 mm (Soria et al., 1987).

5.1. ANIMALES EXPERIMENTALES.

Se utilizaron 18 hembras Granadinas, secas, no gestantes, con un peso promedio de 25.0 Kg (\pm 3.2) y fistuladas ruminalmente con cánulas permanentes (Komarek, 1981).

5.2. ALIMENTO.

Se formularon 3 dietas experimentales isoenergéticas e isoproteicas (Cuadro 1) en las que se utilizó como ingrediente energético principal cebada (C), como ingrediente proteico pasta de soya (PS), harina de subproductos de pollo (HSP) o la combinación harina de subproductos de pollo + urea (HSP+U), y como fuente de forraje el rastrojo de sorgo (RS). Las diferentes raciones se ofrecieron a las 0930 (una porción diaria) como una ración completamente mezclada. Durante los primeros

14 días de adaptación se permitió el consumo a libertad (con un 10% de rechazos), posteriormente y con base en los consumos promedio registrados durante el periodo de adaptación, se ajustó el consumo a un 3.3% del peso vivo (base húmeda).

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales (% Base Seca).

INGREDIENTE	DIETAS (% de inclusión) 1		
	C-PS	C-HSP	C-HSP-U
Cebada.	40.08	42.93	44.85
Rastrojo de Sorgo.	39.02	40.98	41.01
Pasta de Soya.	14.92	-	-
Harina de Subproductos Pollo.	-	10.46	7.37
Urea.	-	-	0.68
Melaza.	2.45	2.43	2.43
Sebo.	1.56	1.56	1.56
Sales Minerales.	0.78	0.88	1.17
Sal.	0.45	0.45	0.45
Carbonato de Calcio.	0.74	0.31	0.48
		COMPOSICIÓN	
Materia Seca (%)	75.31	75.60	75.61
Proteína Cruda (%)	14.73	14.80	14.89
Fibra Detergente Neutro (%)	37.02	36.84	37.23
Energía Metabolizable (Mcal/Kg)	2.93	2.89	2.87
Grasa (%).	3.84	5.06	4.55
Cenizas (%)	5.75	6.83	6.64
PDR (%) 2.	10.74	9.99	10.81
PND (%) 3.	3.99	4.81	4.08
PDR/PND.	2.69	2.08	2.65
Calcio:Fósforo.	1.37	1.36	1.36

1) C=cebada, PS=pasta de soya, HSP=harina de subproductos de pollo, U=urea.

2) PDR=Proteína degradable en rumen, como % del total de la dieta.

3) PND=Proteína no degradable en rumen, como % del total de la dieta.

Los ingredientes se seleccionaron considerando las características de TD de las diferentes fracciones proteicas y de carbohidratos de acuerdo a Sniffen et al. (1992), de tal manera que se consideró a la C y a la PS como ingredientes de rápida degradabilidad y a la HSP como ingrediente de lenta degradabilidad. Las dietas

fueron elaboradas previo análisis de los ingredientes para determinar: MS, MO, PC, FDN. El consumo de alimento fue registrado diariamente.

5.3. VARIABLES DE RESPUESTA.

1. Consumo MS, PC, y FDN.
2. Tasa de digestión *in situ* de los ingredientes de las dietas (proteico, energético y fibra).
3. Tasa de pasaje de sólidos de los ingredientes de las dietas (proteico, energético y fibra).
4. Digestibilidad aparente de MS, PC y FDN.
5. pH ruminal.
6. N-NH₃ ruminal.
7. Concentración de AGV.
8. Tasa de dilución.
9. Volumen ruminal.

5.4. MANEJO Y TOMA DE DATOS.

Se realizaron 2 periodos experimentales con una duración de 40 días cada uno, los primeros 14 días fueron utilizados para adaptar a los animales a las dietas. En cada período se emplearon 9 animales. El programa de actividades se presenta en el Cuadro 2.

Durante el experimento las cabras fueron alojadas en corraletas individuales, techadas, con piso de cemento y rejilla de madera; excepto durante las pruebas de tasa de pasaje y digestibilidad aparente, donde se mantuvieron en jaulas de digestión.

Cuadro 2. Programa de actividades realizadas por período.

DIA	ACTIVIDAD
1-14	Adaptación a la dieta.
15-18	Tasa de digestión <i>in situ</i> de la cebada.
18-21	Tasa de digestión <i>in situ</i> de ingredientes proteicos.
21-25	Tasa de digestión <i>in situ</i> del rastrojo de sorgo.
28-32	Tasa de pasaje del rastrojo de sorgo.
29-35	Digestibilidad aparente.
36-39	Tasa de pasaje de la cebada e ingredientes proteicos.
40	Tasa de dilución y fermentación ruminal.

*** CONSUMO DE MS, PC y FDN.**

Para determinar el consumo se llevó un registro diario del alimento ofrecido y del rechazado por animal. Tanto el alimento ofrecido como el rechazado fueron muestreados diariamente para obtener una muestra compuesta. Las muestras fueron almacenadas a -25 C para su posterior análisis. Para el análisis químico, las muestras fueron secadas a 55 C por 72 horas en una estufa de aire forzado y molidas con criba de 1mm en un molino Wiley. Se practicaron los análisis correspondientes para determinación de MS, MO, PC, EE (AOAC, 1980) y FDN (Van Soest et al., 1991).

* TASA DE DIGESTION.

Para calcular la TD se realizaron pruebas de digestibilidad *in situ*, para lo cual se usaron bolsas de nylon (11 X 5cm., con poro de 50 μ m). Cada uno de los ingredientes se incubó por separado (C, RS, PS, HSP, HSP+U) en los diferentes animales, según la dieta respectiva. Las muestras fueron molidas en un molino Wiley con criba de 1mm y secadas en estufa de aire forzado a 55 C por 24 horas. Las bolsas se lavaron con agua corriente y se secaron de igual forma que las muestras, después fueron enfriadas dentro de un desecador y pesadas. En cada bolsa se colocaron 3.9g de muestra de la cebada o del ingrediente proteico (24 mg/cm²) ó 2.9g del rastrojo de sorgo (18 mg/cm²). Las bolsas fueron amarradas con hilo de nylon (35 cm), e incubadas por triplicado, en secuencia inversa, a las 0, 2, 4, 8, 12, 20, 30, 48 y 64 horas en el caso de muestras de cebada y de ingredientes proteicos, y a las 0, 3, 6, 9, 12, 24, 38, 72 y 96 para muestras de rastrojo de sorgo.

Una vez removidas las bolsas, estas se enjuagaron con agua corriente hasta que ésta salió clara (el tiempo 0 se obtuvo lavando las bolsas sin incubar); después fueron secadas en estufa de aire forzado a 55 C por 48 horas, enfriadas en un desecador y pesadas para determinación de MS. Las muestras de las repeticiones fueron mezcladas y molidas en mortero. A las muestras de los ingredientes proteicos se les determinó PC (AOAC, 1980) y a las del rastrojo de sorgo FDN (Van Soest et al., 1991). Los porcentajes de desaparición de MS, PC y FDN se calcularon con base en la proporción remanente en la bolsa después de su incubación ruminal. Los valores de degradabilidad ruminal de la MS de la cebada y de la MS y PC de los ingredientes proteicos fueron ajustados al modelo de cinética de primer orden de Orskov y McDonald (1979); y los valores de degradabilidad de la MS y FDN del rastrojo de sorgo se ajustaron a un modelo de cinética de primer orden de Mertens y Loftens (1980).

* TASA DE PASAJE.

Para medir la tasa de pasaje de sólidos del rastrojo de sorgo se preparó Cr amordantado a FDN según la técnica de Udén et al. (1980). La cebada fue marcada con yterbio (Yb) (Goetsch y Galyean, 1983) y los ingredientes proteicos con cromo (Cr) (Udén et al., 1980). Se ofrecieron 8g de la cebada y de los ingredientes proteicos y 10g de la fibra amordantada a cada animal. Los ingredientes marcados se proporcionaron en el comedero una hora antes de la alimentación (el rastrojo de sorgo el día 28 y la cebada e ingredientes proteicos simultáneamente el día 36). Para la determinación de los marcadores se obtuvieron muestras fecales directamente del recto a las 0, 6, 12, 18, 24, 30, 34, 38, 43, 48, 60, 72, 84 y 96 horas después de la dosificación con marcador en el caso de la TP del rastrojo de sorgo; y a las 0, 4, 8, 12, 16, 21, 26, 31, 36, 47, 56 y 69 para la TP de la cebada y de los ingredientes proteicos. Las muestras de heces fueron secadas a 55 C por 72 horas y almacenadas en bolsas de plástico para su posterior análisis. Para la extracción del marcador se siguió el procedimiento sugerido por Moore et al. (1992). La concentración de los marcadores se determinó por espectrofotometría de absorción atómica (Perkin-Elmer 2380), con aire como oxidante para el Cr y óxido nítrico como oxidante para el Yb. Los datos de concentración del marcador en heces fueron ajustados a modelos de 2 compartimientos gama dependientes (Pond et al., 1988), utilizando el procedimiento no lineal de SAS (PROC NLIN, método iterativo Marquardt, 1988), resultando el modelo G4G1 el modelo más adecuado.

* DIGESTIBILIDAD.

Para medir digestibilidad aparente se utilizó la técnica de colección total de heces, para lo cual se pesó el total de heces colectadas por animal, cada 24 horas

durante 7 días (Rodríguez y Llamas, 1990). Las heces fueron colectadas diariamente a las 9:00 A.M., pesadas y mezcladas, y se separó una alícuota del 5% para determinar MS, PC y FDN (previo secado a 55 C por 72 horas y molido a 1mm). Los coeficientes de digestión aparente (DA) de las dietas para MS, PC y FDN se calcularon utilizando la fórmula:

$$DA = [(g \text{ nutrimento consumido} - g \text{ nutrimento excretado}) / g \text{ nutrimento consumido}] * 100.$$

* FERMENTACION RUMINAL.

Para determinar N-NH₃, pH y AGV, se colectó líquido ruminal del saco ventral (50 mL) el día 40, antes de la alimentación matutina (9:30 A.M.) y a las 2, 4, 6, 8 y 12 horas posteriores (también se colectó líquido ruminal a la hora 10 posprandio en el caso de la determinación de AGV). La muestra de líquido ruminal se filtró a través de 8 capas de gasa e inmediatamente después se le determinó pH utilizando un potenciómetro (Conductronic PH20, Puebla, Méx.). Las muestras de líquido ruminal, se mantuvieron en congelación (-25C) hasta el momento de su análisis. Para su análisis dichas muestras se descongelaron y centrifugaron a 4200 rpm por 20 minutos para determinar en el sobrenadante el N-NH₃ por medio de un electrodo específico "ión-nitrógeno amoniacal" (Modelo 95-12, Orion Research, Cambridge, MA, EUA). Para la detección de AGV se tomó una alícuota del sobrenadante (5 mL) y en un tubo de centrifuga se le adicionó 0.5 mL de una solución 2:1 v/v de ácido ortofosfórico (85%) y ácido fórmico (25%), se agitó y después de 30 minutos se centrifugó a 4500 rpm durante 45 minutos (Tejada y Carrasco, 1990). La lectura se realizó en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard Mod. 5840-A con detector de flama, con una columna Free Fatty Acid Phase de 6 ft y el N₂ como acarreador (Tejada, 1992).

* TASA DE DILUCION Y VOLUMEN RUMINAL.

Se suministró intraruminalmente una dosis de 50 mL de una solución de cobalto-etilendiamintetraacetato (Co-EDTA): 0.16g de Co (Uden et al., 1980). Se colectaron 50 mL de líquido ruminal a las 0, 2, 4, 6, 8, 10 y 12 horas posdosificación. Las muestras fueron centrifugadas a 3000 g por 20 minutos y se almacenaron a -25 C, para su posterior análisis por espectrofotometría de absorción atómica (Perkin-Elmer Norwalk, CT, modelo 4000) (Moore et al., 1990). La tasa de dilución se calculó como la pendiente de la regresión lineal del logaritmo natural de la concentración del marcador en el líquido ruminal, graficada contra el tiempo de muestreo (gráfica semilogarítmica). El volumen ruminal se determinó dividiendo la dosis de Co administrado entre el antilogaritmo de la concentración del marcador en el tiempo 0 (intercepto) (Hungate, 1966).

5.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.

Los datos obtenidos de la tasa de digestión *in situ*, tasa de pasaje de sólidos, digestibilidad aparente, tasa de dilución y volumen ruminal fueron analizados con un Diseño de Bloques al Azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento, por periodo (se realizó la transformación de datos mediante la función arco seno).

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + d_{(j)} + D_j + Pd_{ij} + e_{(ijk)}$$

$i = 1,2; \quad j = 1...3; \quad k = 1...3$

Donde:

Y_{ijk} = Parámetro de la k-ésima cabra en la j-ésima dieta dentro de i-ésimo periodo.

μ = Media general.

P_i = Efecto del i-ésimo periodo.

$d_{(i)}$ = Error de restricción asociado con el i-ésimo periodo.

D_j = Efecto del j-ésima dieta.

PD_{ij} = Efecto de la interacción del i-ésimo periodo y la j-ésima dieta.

$e_{(ijk)}$ = Error asociado del i-ésimo periodo, de la j-ésima dieta, con la k-ésima cabra.

Los datos de pH ruminal, N-NH₃ y AGV, se analizaron con un modelo de parcelas divididas en el tiempo:

$Y_{ijkl} = \mu + P_i + d_{(i)} + D_j + A_{(ijk)} + H_l + Dh_{jl} + AH_{(ijkl)}$

$i = 1,2; \quad j = 1...3; \quad k = 1...3 \quad l = 1...6$

Donde:

Y_{ijkl} = Parámetro del l-ésimo tiempo de muestreo de la k-ésima cabra en la j-ésima dieta dentro del i-ésimo periodo..

μ = Media general.

P_i = Efecto del i-ésimo periodo.

$d_{(i)}$ = Error de restricción asociado con el i-ésimo periodo.

D_j = Efecto del j-ésima dieta.

$A_{(ijk)}$ = Efecto de la k-ésima cabra dentro del i-ésimo periodo de la j-ésima dieta (término de error para la parcela grande).

H_l = Efecto del l-ésimo tiempo de muestreo.

DH_{jl} = Efecto de la interacción de la j-ésima dieta y el l-ésimo tiempo de muestreo.

$AH_{(ijkl)}$ = Efecto de la k-ésima cabra, del l-ésimo tiempo de muestreo dentro del i-ésimo periodo de la j-ésima dieta (término de error para la subparcela).

VI. RESULTADOS.

* DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE LOS INGREDIENTES.

En las Figuras 1 a 5 se presentan las tendencias de desaparición *in situ* de la MS de la cebada, de los ingredientes proteicos (PS, HSP, HSP-U) y del rastrojo de sorgo; así como de la desaparición *in situ* de la PC de los ingredientes proteicos y de la FDN del rastrojo de sorgo. Estos datos se utilizaron para determinar diferentes parámetros en los modelos de Orskov y McDonald (1979) y de Mertens y Loftens (1980).

En los Cuadros 3, 4 y 5 se muestran los resultados para la tasa de digestión *in situ* de la MS de la cebada, de la MS y PC de los ingredientes proteicos (valores ajustados de acuerdo al modelo de Orskov y Mc Donald) y de la MS y FDN del rastrojo de sorgo (valores ajustados de acuerdo al modelo de Mertens y Loftens).

CEBADA. En el porcentaje de desaparición *in situ* de la MS de la cebada (Figura 1), se observa una tendencia similar entre tratamientos, alcanzándose (en promedio) a la hora 64 de incubación el 86.58 % de desaparición y obteniéndose durante las primeras 8 horas de incubación la mayor parte de la desaparición (78.9 %). No se encontraron diferencias entre tratamientos ($p>0,05$) en los parámetros obtenidos para la evaluación de dicha desaparición (Cuadro 3): fracción soluble (a), fracción insoluble potencialmente degradable (b), fracción potencialmente degradable (Pd), tasa de digestión (c), y fase de retardo (Lag); obteniéndose en promedio una tasa de digestión de $21.3 \% h^{-1}$ para la MS de la cebada.

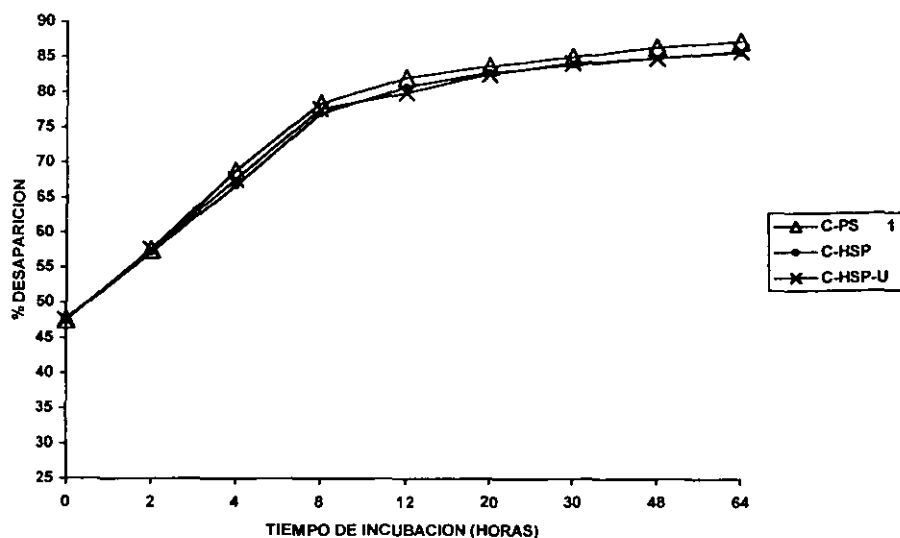


Figura 1. Desaparición *in situ* de la materia seca de la cebada.

1) C-PS= Cebada-Pasta de soja; C-HSP= Cebada-Harina de subproductos de pollo; C-HSP-U= Cebada-Harina de subproductos de pollo-urea.

Cuadro 3. Parámetros obtenidos aplicando el modelo de Orskov y McDonald (1979) para la determinación de la tasa de digestión *in situ* de la materia seca de la cebada.

PARAMETRO ¹	DIETAS ²			EEM	(p<)
	C-PS	C-HSP	C-HSP-U		
a (%)	42.47	43.44	43.30	0.72	0.59
b (%)	43.55	41.39	41.58	0.68	0.07
Pd (%)	86.02	84.83	84.87	0.34	0.08
c (% h ⁻¹)	22.05	20.40	21.34	0.74	0.29
Lag (h)	0.57	0.50	0.48	0.08	0.76

1) a = fracción soluble; b = fracción insoluble potencialmente degradable; Pd = fracción potencialmente degradable (a + b); c = tasa de digestión; Lag = fase de retardo.

2) C = cebada; PS = pasta de soja; HSP = harina de subproductos de pollo; U = urea.; EEM = error estandar de la media.

INGREDIENTES PROTEICOS. En la desaparición *in situ* de la MS y de la PC de la PS existe una clara tendencia a favor de este ingrediente al compararlo con la desaparición de la HSP y de la combinación HSP con urea. En el caso de la curva de desaparición tanto de la MS como de la PC de la PS, se observa, que durante las primeras 20 horas de incubación ocurre la mayor parte de la desaparición (85.0 %), y en cambio para la HSP y para la HSP-U, esta desaparición es gradual a lo largo de las 64 horas de incubación.

Es importante señalar que durante el lavado inicial con agua de las bolsitas con los diferentes ingredientes (para la obtención del tiempo cero de incubación), en el caso de las que contenían la combinación HSP-U, se perdió la urea debido a su alta solubilidad; por lo que en realidad tanto para el tratamiento 2 (HSP) como para el tratamiento 3 (HSP-U), aparentemente, sólo se incubó HSP, pero en diferentes cantidades. Dicho efecto se observa en las Figuras 2 y 3, donde la curva de desaparición *in situ* de la MS y de la PC del ingrediente HSP y el de la combinación HSP-U son iguales, pero partiendo de un tiempo cero diferente, lo cual se registró debido a la diferencias de peso entre las dos muestras.

En los parámetros evaluados de la degradación ruminal (Cuadro 4), las 3 fuentes proteicas evaluadas presentaron diferencias. La fracción a y la fracción Pd de la MS fueron mayores ($p < 0.01$) para la PS, seguida por la HSP-U y por último la HSP. La fracción b fue mayor ($p < 0.01$) para la PS, después la HSP, y la menor fue la de la HSP-U.

De igual manera que para la MS, las fracción a y Pd de la PC fueron mayores ($p < 0.01$) para la PS, seguida por la HSP-U y por último la HSP. La fracción b fue mayor ($p < 0.01$) para la PS, pero en este caso la HSP y la HSP-U fueron similares.

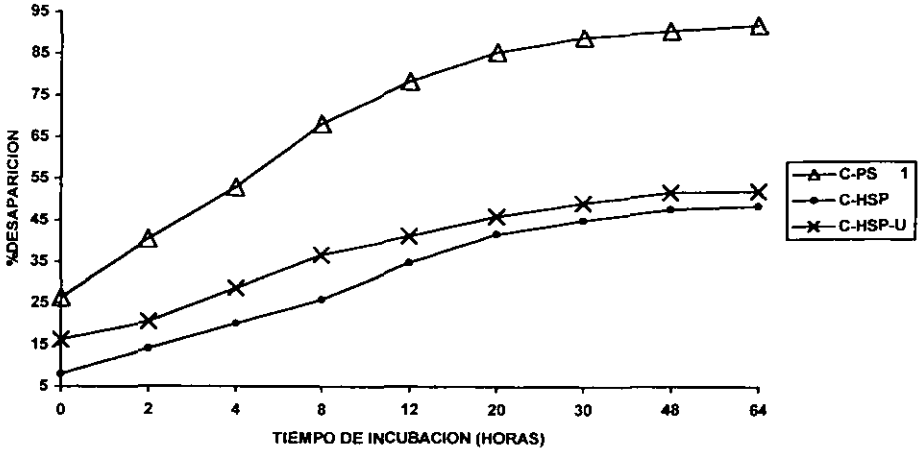


Figura 2. Desaparición *in situ* de la materia seca de los ingredientes proteicos.

1) C-PS = Cebada-Pasta de soja; C-HSP= Cebada-Harina de subproductos de pollo; C-HSP-U = Cebada Harina de subproductos de pollo-urea.

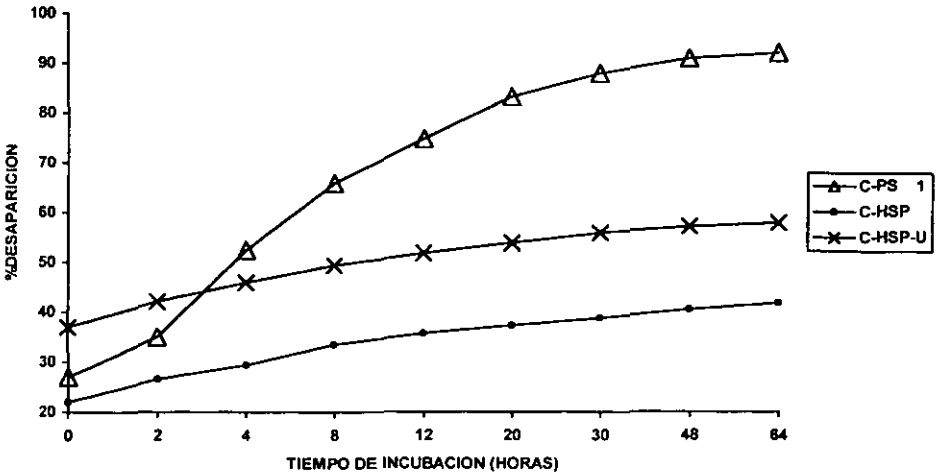


Figura 3. Desaparición *in situ* de la proteína cruda de los ingredientes proteicos.

1= C-PS = Cebada-Pasta de soja; C-HSP = Cebada-Harina de subproductos de pollo; C-HSP-U = Cebada Harina de subproductos de pollo-urea.

Las tasas de digestión tanto de la MS como de la PC fueron más altas ($p < 0.01$) para la PS y similares para la HSP y para la HSP-U. En la fase Lag no hubo diferencias ($p > 0.05$).

Cuadro 4. Parámetros obtenidos aplicando el modelo de Orskov y McDonald (1979) para la determinación de la tasa de digestión *in situ* de la materia seca y proteína cruda de ingredientes proteicos.

PARAMETRO ¹		DIETAS ²				(p<)
		C-PS	C-HSP	C-HSP-U	EEM	
a (%)	MS	25.17 a	7.73 c	15.74 b	5.26	0.01
	PC	22.07 a	14.47 c	19.83 b	2.45	0.01
b (%)	MS	65.91 a	40.92 b	35.72 c	7.51	0.01
	PC	68.60 a	30.52 b	29.42 b	9.60	0.01
Pd (%)	MS	91.08 a	48.65 c	51.46 b	9.39	0.01
	PC	90.67 a	44.99 c	49.25 b	6.53	0.01
c (%/h)	MS	13.41 a	8.47 b	9.55 b	1.38	0.01
	PC	12.57 a	8.81 b	9.39 b	0.86	0.01
Lag (h)	MS	0.8	0.8	1.4	0.25	0.62
	PC	0.0	0.0	0.0	-	-

1) a = fracción soluble; b = fracción insoluble potencialmente degradable; Pd = fracción potencialmente degradable (a + b); c = tasa de digestión; Lag = fase de retardo; MS = materia seca; PC = proteína cruda.
2) C = cebada; PS = pasta de soya; HSP = harina de subproductos de pollo; U = urea; EEM = error estandar de la media.
a,b, c. Valores en el mismo renglón con distinta literal son diferentes ($p < 0.05$).

RASTROJO DE SORGO. El porcentaje de desaparición *in situ* de la MS y FDN del rastrojo de sorgo tendieron a ser similares entre los diferentes tratamientos, obteniéndose en promedio a la hora 96 de incubación el 52.98 % de desaparición de la MS del rastrojo de sorgo y el 52.02 % de la FDN. Se puede observar que para

dicho ingrediente, tanto la desaparición de la MS como la de la FDN fue relativamente baja durante las primeras 9 horas de incubación.

En la tasa de digestión (k) de la MS y en la tasa de digestión de la FDN no hubo diferencias entre tratamientos ($p > 0.05$). La fracción P_d de la MS y de la FDN fue mayor ($p < 0.01$) en los animales que consumieron la dieta C-PS que en los animales que consumieron las dietas C-HSP y C-HSP-U. De la misma forma, la fase **Lag** para la MS también fue mayor ($p < 0.01$) en el caso de la dieta C-PS que en las dietas C-HSP y C-HSP-U. La fase **Lag** de la FDN fue similar ($p > 0.05$) para los 3 tratamientos.

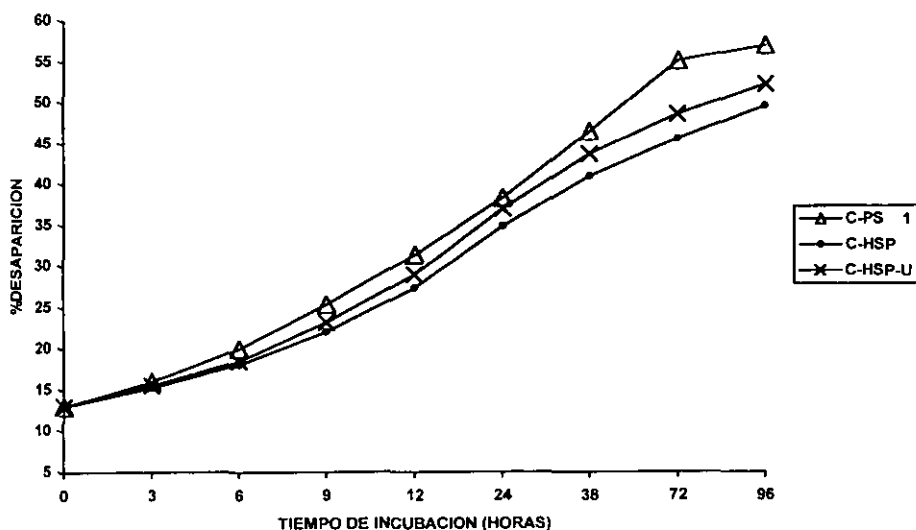


Figura 4. Desaparición *in situ* de la materia seca del rastrojo de sorgo.

1) C-PS = Cebada-Pasta de soya; C-HSP= Cebada-Harina de subproductos de pollo; C-HSP-U = Cebada-Harina de subproductos de pollo-urea.

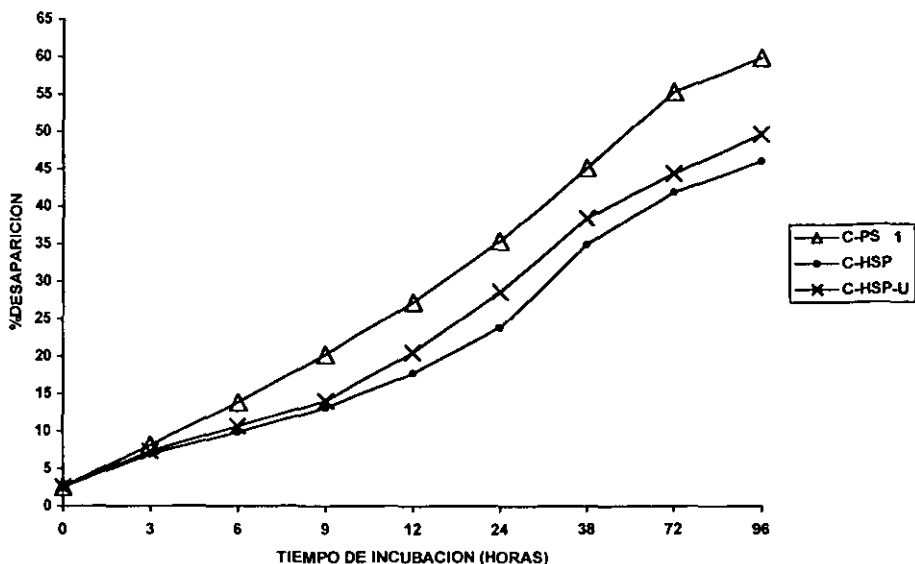


Figura 5. Desaparición *in situ* de la fibra detergente neutro del rastrojo de sorgo.

1) C-PS = Cebada-Pasta de soja; C-HSP= Cebada-Harina de subproductos de pollo; C-HSP-U = Cebada-Harina de subproductos de pollo-urea.

Cuadro 5. Parámetros obtenidos aplicando el modelo de Mertens y Loftens (1980) para la determinación de de la tasa de digestión *in situ* de la materia seca y fibra detergente neutro del rastrojo de sorgo.

PARAMETRO 1		DIETAS 2			(p<)	
		C-PS	C-HSP	C-HSP-U	EEM	
k (%/h)	MS	3.40	3.21	3.29	0.13	0.60
	FDN	3.66	3.26	3.31	0.30	0.49
Pd (%)	MS	57.01 a	49.67 b	52.32 b	1.08	0.01
	FDN	60.08 a	46.18 b	50.04 b	1.52	0.01
Lag (h)	MS	3.34 a	0.01 b	0.03 b	0.74	0.01
	FDN	0.50	0.30	0.05	0.21	0.52

1) k = tasa de digestión; Pd = fracción potencialmente degradable; Lag = fase de retardo; MS = materia seca; FDN = fibra detergente neutro.

2) C = cebada; PS = pasta de soja; HSP = harina de subproductos de pollo; U = urea; EEM = error estandar de la media.

a, b. Valores en la misma hilera con distinta literal son diferentes (p<0.05).

* CINETICA RUMINAL.

Los parámetros obtenidos de la tasa de pasaje de sólidos de los diferentes ingredientes (C, PS, HSP, RS), la tasa de dilución (TDil.) y el volumen ruminal (VR) se muestran en el Cuadro 6.

La tasa de pasaje del retículo rumen (k_1), la tasa de pasaje del ciego colon (k_2), el tiempo de aparición del marcador en heces (TT), el tiempo medio de retención en retículo-rumen (T1), el tiempo medio de retención en ciego-colon (T2) y el tiempo medio de retención total (TMT), tanto de la cebada como de los ingredientes proteicos y del rastrojo de sorgo no fueron afectados ($p > 0.05$) por ninguno de los tratamientos. De la misma forma, la TDil. en retículo rumen y el VR, tampoco se vieron afectados (9.0%/h y 2.9 kg promedio, respectivamente).

* DIGESTIBILIDAD APARENTE.

En el Cuadro 7 se presenta el consumo de MS (expresado como porcentaje del peso vivo) y la digestibilidad de diferentes fracciones de alimento.

No se observaron diferencias ($p > 0.05$) entre los consumos de MS, ya que los consumos fueron establecidos a un valor fijo (3.3 % PV promedio, en base húmeda).

La digestibilidad aparente de la MS (DMS) fue mayor ($p < 0.01$) para las dietas C-PS y C-HSP-U, y menor para la dieta C-HSP. La digestibilidad aparente de la PC (DPC) y de la FDN (DFDN) no se vieron afectadas por el tipo de dieta ($p > 0.05$).

Cuadro 6. Parámetros obtenidos de la tasa de pasaje y tiempos de retención de los diferentes ingredientes, tasa de dilución y volumen ruminal.

PARAMETRO 1		DIETAS 2				(p<)
K1 (%/h)	C	C-PS	C-HSP	C-HSP-U	EEM	
	P	7.66	6.92	6.98	0.51	0.27
	RS	8.04	8.80	8.86	0.32	0.22
K2 (%/h)	C	4.19	3.83	3.63	0.22	0.24
	P	9.95	11.50	10.75	0.39	0.26
	RS	29.51	22.84	21.98	0.38	0.29
TT (h)	C	7.37	6.30	6.68	0.24	0.23
	P	10.25	9.10	9.70	1.44	0.32
	RS	7.28	8.67	8.60	1.90	0.24
T1 (h) *	C	12.56	11.43	11.02	1.88	0.30
	P	13.05	14.45	14.33	1.21	0.27
	RS	12.44	11.37	11.31	0.02	0.22
T2 (h) *	C	23.87	26.11	27.55	0.02	0.24
	P	10.05	8.70	9.30	0.09	0.26
	RS	3.39	4.38	4.55	0.08	0.29
TMT (h) *	C	13.57	15.87	14.97	0.04	0.23
	P	33.35	32.35	33.33	0.91	0.28
	RS	23.11	24.42	24.46	0.67	0.25
TDil. (%/h)	C	50.00	53.41	53.54	0.65	0.26
	P	9.12	9.08	8.89	0.81	0.49
	RS	3.13	2.81	2.74	0.75	0.87
VR (kg)						

1) K1 = tasa de pasaje del retículo-rumen; K2 = tasa de pasaje del ciego-colon; TT = tiempo de aparición del marcador en heces; T1 = tiempo medio de retención en retículo-rumen; T2 = tiempo medio de retención en ciego-colon; TMT = tiempo medio de retención total; TDil = tasa de dilución en retículo-rumen; VR = volumen ruminal; C = cebada; P = ingrediente proteico; RS = rastrojo de sorgo.
2) C = cebada; PS = pasta de soya; HSP = harina de subproductos de pollo; U = urea; EEM = error estandar de la media.
* Valores obtenidos a partir de ecuaciones de Colucci et al., 1982: T1=1/K1; T2=1/K2; TMT=T1+T2+TT

Cuadro 7. Consumo de materia seca y digestibilidad aparente de fracciones de alimento.

PARAMETRO ¹	DIETAS ²			EEM	(p<)
	C-PS	C-HSP	C-HSP-U		
CMS (%PV)	2.75	2.73	2.87	0.09	0.56
DMS (%)	64.98 a	60.52 b	63.28 a	0.83	0.01
DPC (%)	71.83	70.40	73.12	1.42	0.43
DFDN (%)	56.52	57.15	57.39	1.42	0.90

1) CMS = consumo de materia seca; DMS = digestibilidad de la materia seca; DPC = digestibilidad de la proteína cruda; DFDN = digestibilidad de la fibra detergente neutro.
 2) C = cebada; PS = pasta de soya; HSP = harina de subproductos de pollo; U = urea; EEM = error estandar de la media.
 a, b. Valores en el mismo renglón con distinta literal son diferentes (p<0.01).

* FERMENTACION RUMINAL.

En las Figuras de la 6 a la 12 se muestran los resultados obtenidos de las diferentes variables evaluadas para fermentación ruminal; y en el Cuadro 8 se presentan los promedios de dichas variables.

Para pH (Figura 6) se presentó efecto en el tiempo de muestreo (p<0.01), observándose en las 3 dietas los pH más altos en el tiempo 0 de muestreo (6.92 promedio). Los pH más bajos se obtuvieron 4 horas después de la alimentación con la combinación HSP-U (6.01) y a la hora 6 posprandio en el caso de las dietas con PS (6.08) y de HSP (5.97). En cuanto al efecto de tratamiento, no hubo diferencias entre tratamientos (p>0.05).

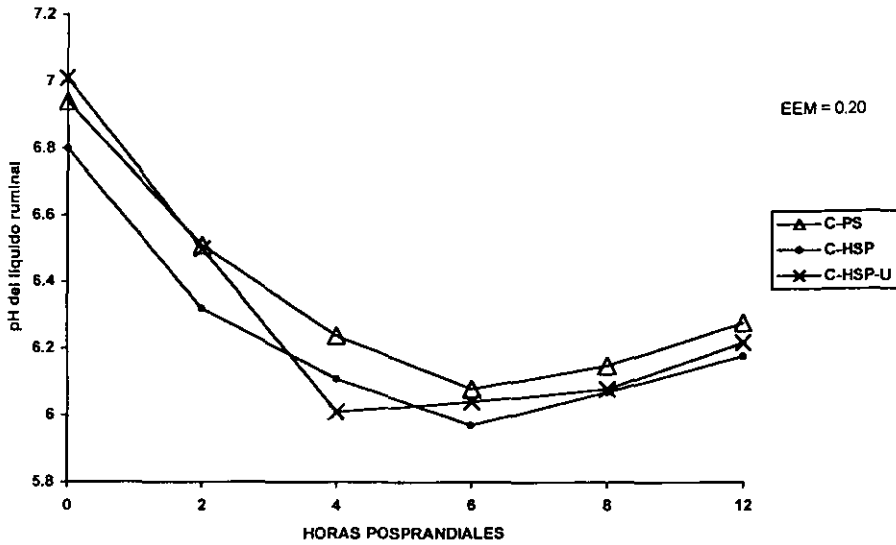


Figura 6. pH ruminal de cabras alimentadas con 3 fuentes proteicas.
 C-PS = Cebada-Pasta de soya; C-HSP= Cebada-Harina de subproductos de pollo; C-HSP-U = Cebada-Harina de subproductos de pollo-urea.

La concentración de N-NH₃ en rumen (Figura 7) fue afectada por la interacción tratamiento*tiempo de muestreo ($p < 0.01$), los animales alimentados con PS y HSP-U tuvieron valores similares y superiores a los animales alimentados con HSP a las 2 horas postalimentación; los animales con PS presentaron valores de N-NH₃ mayores ($p < 0.01$) en los muestreos subsecuentes.

En la concentración ruminal de AGV total (Figura 8) la interacción tratamiento*tiempo de muestreo fue significativa ($p < 0.01$), registrándose los picos de dichas concentraciones en las interacciones PS*hora 6 (144.02 mM), HSP*hora 6 (132.46 mM) y HSP-U*hora 4 (119.97 mM).

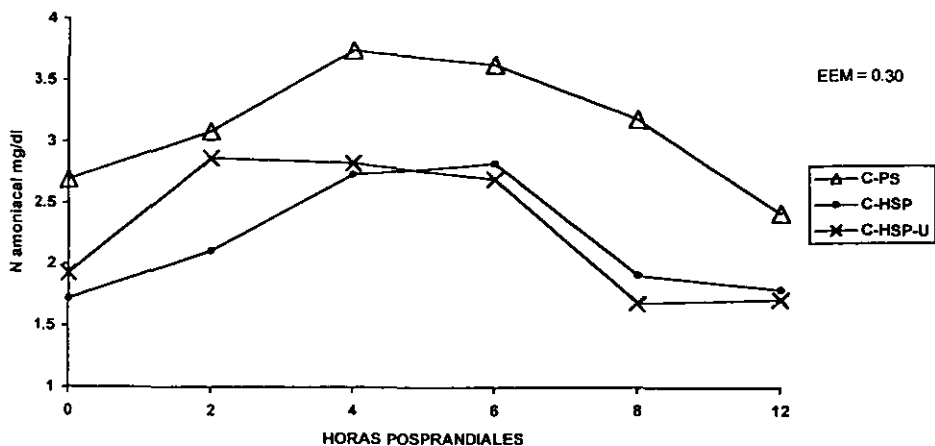


Figura 7. N-amoniaco de cabras alimentadas con 3 fuentes proteicas.
 C-PS = Cebada-Pasta de soya; C-HSP= Cebada-Harina de subproductos de pollo; C-HSP-U = Cebada-Harina de subproductos de pollo-urea.

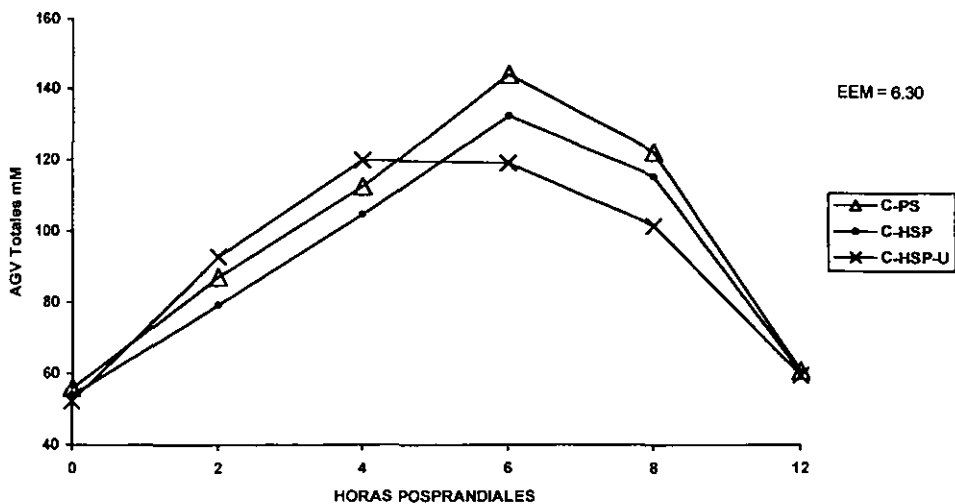


Figura 8. Concentración de ácidos grasos volátiles (mM) en el rumen de cabras alimentadas con 3 fuentes proteicas.
 C-PS = Cebada-Pasta de soya; C-HSP= Cebada-Harina de subproductos de pollo; C-HSP-U = Cebada-Harina de subproductos de pollo-urea.

En el porcentaje de acetato (Figura 9) se observa un efecto de tratamiento y de hora de muestreo ($p < 0.01$). Este porcentaje fue superior en el caso de los tratamientos que contenían HSP y la combinación HSP-U y menor para el tratamiento con PS. El máximo porcentaje de acetato se observó a las 0 horas en el caso de las 3 dietas (69.09 % promedio) y el mínimo a las 6 horas (61.92 % promedio).

El porcentaje de propionato (Figura 10), fue significativo solamente para el tiempo de muestreo ($p < 0.01$), registrándose el mayor porcentaje promedio de propionato 4 horas después de la alimentación (23.24 %).

En el porcentaje de butirato (Figura 11), se observaron efectos de tratamiento ($p < 0.05$) y de hora de muestreo ($p < 0.01$). Dicho porcentaje fue superior para los animales alimentados con PS y menor para los alimentados con HSP-U y HSP. En cuanto al máximo porcentaje de butirato, éste se presentó en las 3 dietas a la hora 8 posprandio (16.78 % promedio) y el mínimo a la hora 0 (13.02 % promedio).

En cuanto a la relación acetato:propionato (Figura 12), ésta presentó efecto sólo en el tiempo de muestreo ($p < 0.01$), donde la menor relación se obtuvo a las 2, 4 y 6 horas después de la alimentación (2.89, 2.70 y 2.77, promedio respectivamente). Cabe mencionar que durante los tiempos de muestreo 0, 2 y 4 la relación acetato:propionato tendió a ser menor para el tratamiento con PS.

En general, a medida que el pH disminuyó, la concentración de $N-NH_3$, la concentración de AGV total, el porcentaje de propionato y el porcentaje de butirato aumentaron; y cuando los porcentajes de propionato y butirato aumentaron, el porcentaje de acetato disminuyó.

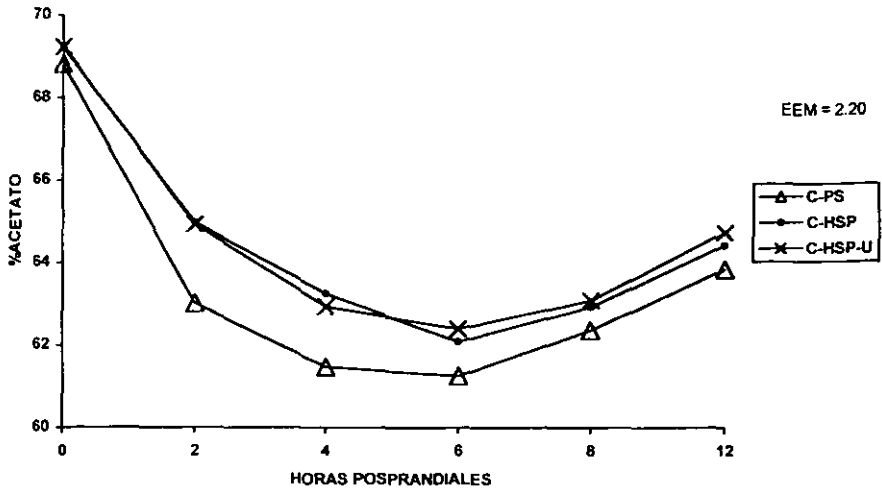


Figura 9. Porcentaje de acetato en el rumen de cabras alimentadas con 3 fuentes proteicas.

C-PS = Cebada-Pasta de soya; C-HSP= Cebada-Harina de subproductos de pollo; C-HSP-U = Cebada-Harina de subproductos de pollo-urea.

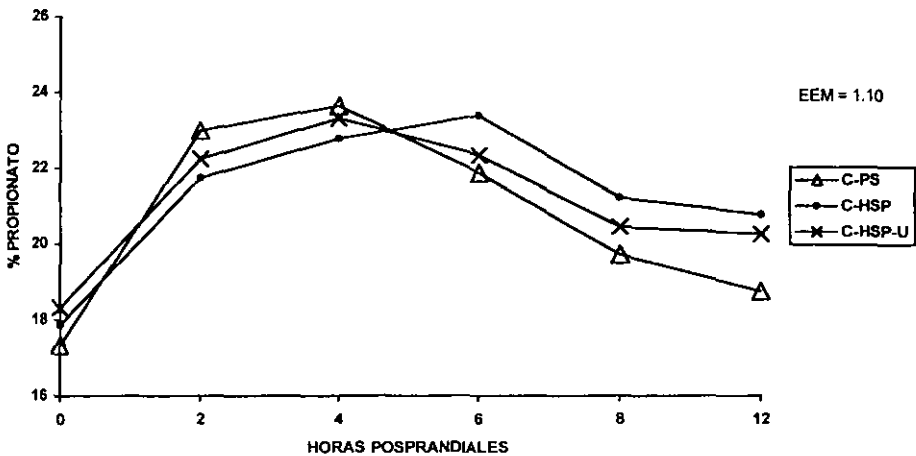


Figura 10. Porcentaje de propionato en el rumen de cabras alimentadas con 3 fuentes proteicas.

C-PS = Cebada-Pasta de soya; C-HSP = Cebada-Harina de subproductos de pollo; C-HSP-U = Cebada-Harina de subproductos de pollo-urea.

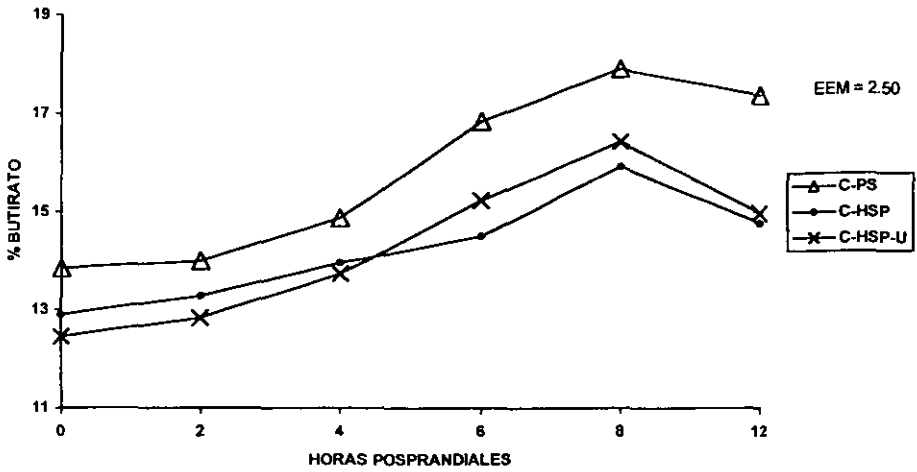


Figura 11. Porcentaje de butirato en el rumen de cabras alimentadas con 3 fuentes proteicas.

C-PS = Cebada-Pasta de soya; C-HSP = Cebada-Harina de subproductos de pollo; C-HSP-U = Cebada-Harina de subproductos de pollo-urea.

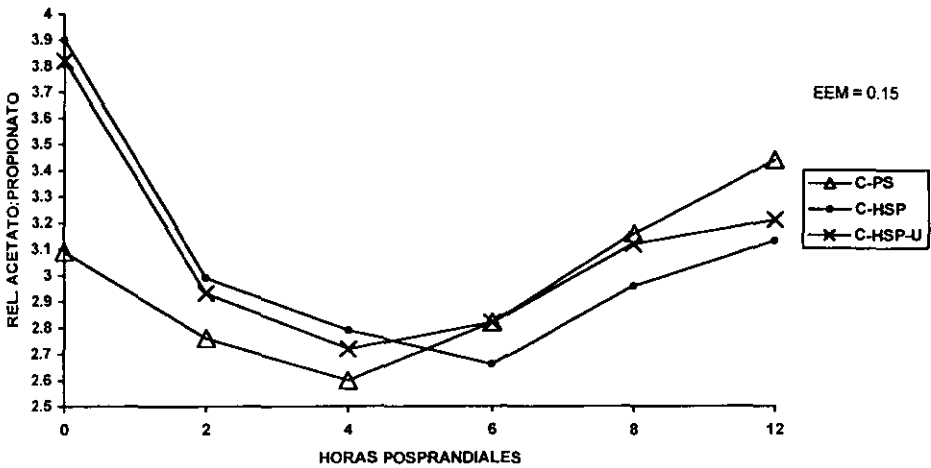


Figura 12. Relación acetato:propionato en el rumen de cabras alimentadas con 3 fuentes proteicas.

C-PS = Cebada-Pasta de soya; C-HSP = Cebada-Harina de subproductos de pollo; C-HSP-U = Cebada-Harina de subproductos de pollo-urea.

Al comparar los promedios de las variables evaluadas en fermentación ruminal (Cuadro 8), encontramos que las cabras que consumieron la dieta que contenía PS presentaron mayores concentraciones de N-NH₃ ($p < 0.01$) y de AGV totales en rumen ($p < 0.05$), contra las que consumieron la dieta con HSP-U o con HSP. El porcentaje de acetato fue menor ($p < 0.05$) para la dieta con PS y el de butirato fue mayor ($p < 0.05$) para esta misma dieta, en relación a las dietas HSP y HSP-U. En el caso del pH ruminal, se observó una tendencia ($p < 0.07$) por parte de los animales alimentados con la dieta a base de PS a presentar un mayor pH.

Cuadro 8. Promedios de pH, nitrógeno amoniacal y ácidos grasos volátiles.

PARAMETRO ¹	DIETAS ²			(p<)	
	C-PS	C-HSP	C-HSP-U	EEM	
pH	6.37	6.24	6.31	0.14	0.07
N-NH ₃ (mg/dl)	3.13a	2.19b	2.29b	0.19	0.01
AGVT (mM)	96.08a	90.26b	88.93b	4.92	0.02
A (%)	63.45a	64.47b	64.55b	0.32	0.02
P (%)	20.57	21.17	20.98	0.13	0.37
B (%)	16.00a	14.38b	14.49b	0.41	0.02
A/P	3.04	3.09	3.12	0.02	0.55

1) N-NH₃ = nitrógeno amoniacal en rumen; AGVT = concentración ruminal total de ácidos grasos volátiles; A = acetato; P = propionato; B = butirato; A/P = relación acetato:propionato.
2) C = cebada; PS = pasta de soya; HSP = harina de subproductos de pollo; U = urea.
a, b. Valores en el mismo renglón con distinta literal son diferentes ($p < 0.05$).

VII. DISCUSION.

* DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE LOS INGREDIENTES.

CEBADA. En cuanto al porcentaje de desaparición *in situ* de la MS de la cebada, los valores encontrados en este estudio (85.6% a la hora 48 de incubación) son similares a los obtenidos por Tovar (1990) en vacas aplicando el mismo modelo (Orskov y McDonald, 1981). Dicho autor reporta que después de 48 horas de incubación, el 85% de la MO de la cebada desapareció; mientras que Yang et al. (1997) reportaron este mismo porcentaje de desaparición de la MS de la cebada (85%) después de 24 horas de incubación. Este alto porcentaje de desaparición se debe a que el grano de cebada (en comparación con otros cereales), tiene una alta proporción de azúcares solubles y carbohidratos disponibles rápidamente; lo cual favorece la actividad microbiana (Church, 1988).

Valores similares a los encontrados en este trabajo de la degradabilidad *in situ* de la cebada (fracción soluble = 43%, fracción insoluble potencialmente degradable = 42% y tasa de digestión = 21%/h), se han reportado en otros experimentos. Sinclair et al. (1993) al trabajar con borregos, mencionan los siguientes valores: fracción soluble = 37%, fracción insoluble potencialmente degradable = 55% y tasa de digestión = 27%/h. En vacas, Yang et al. (1997) obtuvieron una fracción soluble = 40%, fracción insoluble potencialmente degradable = 47% y tasa de digestión = 26.5%/h; y en cabras, en un experimento que antecedió al presente, Chávez (1997) encontró una fracción soluble = 36%, fracción insoluble potencialmente degradable = 46% y tasa de digestión 23%/h. Esto confirma que el grano de la cebada es un

ingrediente energético con una TD ruminal rápida, al ser comparado con el maíz (TD media) o con el sorgo (TD lenta) (Sniffen et al., 1992), lo cual podría deberse a la forma de distribución de las proteínas alrededor del almidón en el endospermo del grano, donde en el caso del sorgo y el maíz dichas fracciones aparecen adheridas más estrechamente que en la cebada (Wall y Paullis, 1978).

Se asume que no hubo diferencias entre tratamientos en el porcentaje de desaparición *in situ* de la MS de la cebada debido a que el tipo de fuente de N utilizada en los 3 tratamientos, aportó la cantidad necesaria de NH_3 para un adecuado crecimiento bacteriano y degradación de los alimentos (Satter y Slyter, 1974; Owens y Zinn, 1988).

INGREDIENTES PROTEICOS. Los valores encontrados de la desaparición *in situ* tanto de la MS como de la PC de la PS no concuerdan con los de Tovar (1990), quien obtuvo una desaparición aproximada del 65 % tanto para la MO como para la PC de la PS (después de 48 horas de incubación). Estas diferencias pudieron deberse al tipo de dieta de los animales o a diferentes factores tales como el tamaño de la muestra, el tamaño de las partículas del alimento (Galyean et al., 1979) o el tipo de material y tamaño del poro de las bolsas (Nocek y English, 1986).

Por su parte, Wadhwa et al. (1993) al experimentar con búfalos fistulados encontraron que para la MS de la PS: $a = .23$, $b = .74$ y $c = .09$; y para la PC de la PS: $a = .67$, $b = .28$ y $c = .05$; y Chávez (1997) registró en cabras, al igual que en el presente trabajo, una mayor TD tanto para la MS de la PS (13.1 %/h) como para la TD de este mismo ingrediente (13.6 %/h) al compararla contra la HSP (10.6 y 9.3 %/h, respectivamente).

Valores en la literatura del escape ruminal del N de la PS fluctúan entre 15 % y 43 % en las diferentes especies de rumiantes domésticos (Zinn y Owens, 1983; Loerch et al., 1983); por ejemplo, Lu et al. (1990) determinaron en cabras lecheras un porcentaje de proteína realmente degradable en rumen de 71 % para la PS, mientras que Chávez (1997) obtuvo un 63.0 % para la PS y 29.0 % para la HSP, lo cual concuerda con los datos generados en este estudio donde dicha proteína fue del 63.9 % para la PS, 29.7 % para la HSP y 35.0 % para HSP-U (Degradabilidad efectiva = $a + (b \cdot c) / (c + K_2)$). Aunque la proporción óptima de PDR:PND en la dieta de cabras no esté establecida, 2 experimentos recientes señalan que una proporción 55:45 de PDR:PND (Mishra y Rai, 1996b) y 60:40 (Pailan y Kaur, 1996) resultaron en una producción láctea más económica que al utilizar una proporción 75:25.

Con relación a los resultados obtenidos de la desaparición *in situ* de la MS y de la PC de la HSP debemos señalar la falta de datos acerca de este suplemento proteico, sin embargo, si suponemos que la HSP es una mezcla de HCyH, HPL y HS, podemos tomar como una guía los valores de degradabilidad obtenidos por Tovar (1990): HCyH (94.6 % MS, 40.2 % PC) desaparición del 25 % de la PC; HPL (93.0 % MS, 95.9 % PC) desaparición del 23 % de la PC; y HS (89.0 % MS, 92.5 % PC) desaparición del 30 % de la PC; con lo que se puede considerar que nuestros valores están dentro de lo normal (47.7 % de desaparición de la MS y 40.5 % de la PC, con 48 horas de incubación).

Estos datos de las TD de los ingredientes proteicos cobran importancia al ser relacionados con la TD del ingrediente energético utilizado en este trabajo (cebada), si tomamos en cuenta que Nocek y Russell (1988) indican que si la TD de la proteína excede a la de los carbohidratos, grandes cantidades de N pueden perderse como amonio; y si la TD de los carbohidratos excede a la de las proteínas, la producción de proteína microbiana puede disminuir.

RASTROJO DE SORGO. No se encontraron datos de tasa de desaparición *in situ* en cabras referentes al rastrojo de sorgo para poder compararlos. En cuanto a la TD de la MS y de la FDN del rastrojo de sorgo sólo se cuenta con los datos del estudio preliminar de Chávez (1997) para hacer comparaciones, y en dicho estudio al igual que en este, no se encontró efecto de fuente de proteína y los valores de las TD para el rastrojo de sorgo fueron similares entre ambos experimentos (3.8 % vs. 3.3 % para MS y 4.2 % vs. 3.4 % para FDN, respectivamente); lo cual podría significar que la cantidad de PDR fue suficiente en las 3 dietas para lograr una misma velocidad de degradación del rastrojo de sorgo, ya que las bacterias celulolíticas son las más afectadas por una concentración baja de amoníaco (Hungate, 1966); adicionalmente, los valores de pH nunca fueron menores de 6, que es el valor límite para afectar la actividad de las bacterias celulolíticas.

* CINETICA RUMINAL.

Ya que la TP de los ingredientes es afectada directamente por el nivel de consumo de alimento (Chalupa y Sniffen, 1996) y por el tamaño de las partículas (Russell et al., 1992) o características físicas de éstas (Owens y Goetsch, 1988); y en este caso, el consumo fue el mismo para los 3 tratamientos (fijo) y el tamaño y densidad de las partículas fue similar para las 3 dietas, todos estos factores parecen explicar la similitud entre tratamientos para las TP de los diferentes ingredientes.

Se sabe que en general la TP para partículas de concentrados fluctúa entre 2-7 %/h y para partículas de forrajes es de 1-6 %/h (Church, 1988). Owens y Goetsch (1988) estiman que en bovinos que consumen dietas con 50 % de forraje, a un nivel de consumo del 2 % del PV, las tasas fraccionales son del 3.5 %/h y de 7.2 %/h

para sólidos y líquidos, respectivamente. Sniffen et al. (1992) muestran los valores de las TP de diferentes ingredientes, entre los que se encuentran la cebada con 2.5-3.5 %/h, la PS 3.5-5.0 %/h, la HCyH 3.0-6.0 %/h y la HS 2.5-4.0 %/h. Por su parte, Basurto (1995) en bovinos de carne, determinó una TP promedio para el rastrojo de sorgo de 3.8 %/h. En el presente experimento, los valores de TP registrados tanto para la cebada como para los ingredientes proteicos, no concuerdan con los valores arriba mencionados, ya que dichos valores en este trabajo fueron más elevados (entre 6.9 y 8.8 %/h). No así, en el caso de la TP del RS, la cual es muy similar a la registrada por Basurto (1995). Esto podría deberse a que tanto los ingredientes proteicos como la cebada, para ser marcados (con Cr e Yb, respectivamente) fueron molidos de la misma forma en que se proporcionaban en la ración, con lo que se redujo el tamaño de la partícula y por ende se aumentó la velocidad de paso, además de que las cabras muestran mayores TP que los bovinos (Huston et al., 1986).

Al igual que en las TP, no hubo efecto de tratamiento entre las TDil, debido a que los principales factores que modifican dicha variable son: el nivel de consumo del alimento y el contenido de forraje en la ración, mismos que fueron similares entre las 3 tratamientos. La TDil en ganado de carne puede variar entre 4 y 10 %/h, y en vacas lecheras puede ser mayor al 15 %/h. En el presente caso, se obtuvo una TDil promedio de 9.0 %/h. En dietas constituidas principalmente por forraje, aparentemente, la mayor cantidad de saliva que entra al rumen durante la ingestión y la rumia, incrementa la TDil, lo cual explicaría porqué se observan menores TDil en dietas con base en concentrado (Basurto, 1995). En cuanto al VR, éste fue menor al reportado por Chávez (1997): 2.9 Kg vs. 3.1 Kg, respectivamente, aunque debemos tomar en cuenta que en el presente experimento se utilizaron animales con un peso promedio de 25 Kg y en el experimento de Chávez el peso promedio fue de 28 Kg.

* DIGESTIBILIDAD APARENTE.

En el presente trabajo, se encontró un efecto de tratamiento en la digestibilidad de la MS; los tratamientos C-PS y C-HSP-U presentaron valores mayores de digestibilidad ($p < 0.01$) que la dieta C-HSP; sin embargo, no hubo diferencias entre tratamientos en la digestibilidad de la PC y en la digestibilidad de la FDN, lo que hace suponer que en realidad el almidón fue el componente de la MS afectado por el tipo de dieta; por lo que en el caso de las dietas supuestamente sincrónicas: 1 y 3 (las cuales además guardaban la misma relación PDR/PND = 2.7) se digirió un mayor porcentaje de almidón. Esto pudo deberse a que las bacterias amilolíticas aprovecharan la presencia simultánea de nitrógeno y carbono, con lo cual se vió intensificada la fermentación del almidón (Shimada, 1987).

En borregos castrados (Hernández et al., 1992), al comparar una dieta sincrónica de fermentación rápida (PS-melaza) contra una sincrónica de fermentación lenta (HC-sorgo) y una dieta asincrónica (PS-sorgo), encontraron que la digestibilidad aparente de la MS y de la PC era mayor ($p < 0.05$) para la combinación PS-melaza, seguida por las raciones HC-sorgo y PS-sorgo, mientras que la digestibilidad aparente de la FDN fue mayor para la dieta HC-sorgo, seguida por la dieta PS-melaza y por último la dieta PS-sorgo.

* FERMENTACION RUMINAL.

Sinclair et al. (1993) al evaluar en borregos el efecto de dietas con ingredientes con similar tasa de liberación del N y energía, probando una dieta

sincronizada de fermentación rápida (cebada-canola) contra una no sincronizada (cebada-grano seco de cervecería), encontraron que el promedio de pH en ambas dietas era similar (5.98 y 6.12, respectivamente); y tanto la concentración de N-NH₃ como la concentración de AGV totales fueron mayores con la dieta sincronizada de fermentación rápida.

Por su parte, Lu et al. (1990) al suplementar a cabras lecheras en lactación temprana con 3 diferentes ingredientes proteicos: PS, HCyH o HCyH + urea, observaron que tanto el pH ruminal (6.3 promedio) como la concentración total (80 mM promedio) y distribución de los AGV, no eran diferentes entre tratamientos. En este mismo experimento, la concentración ruminal de N-NH₃ fue mayor en animales alimentados con HCyH + urea (21.4 mg/dl) que en aquellos alimentados con PS (12.9 mg/dl) o con HCyH (12.2 mg/dl); lo que se atribuyó a la degradación de la urea por la ureasa en el rumen. Aldrich et al. (1993) reportaron un pH ruminal significativamente menor en vacas Holstein alimentadas con proteína altamente disponible (canola: 6.29) que en vacas alimentadas con proteína de baja disponibilidad (harina de sangre: 6.40), utilizando maíz como ingrediente energético para las 2 dietas. La dieta canola-maíz estimuló una mayor concentración ruminal de N-NH₃ (12.4 vs. 8.9 mg/dl, respectivamente) y de AGV totales (147.9 vs. 135.6 mM).

En los 3 experimentos arriba mencionados (en 3 diferentes especies de rumiantes), en general, se obtuvieron los mismos resultados que en el presente estudio, cuando se utilizaron dietas con ingredientes de TD rápida: mayor fermentación ruminal, lo cual se cree que se debe al efecto de sincronización de energía-proteína, en donde se supone una intensidad de la fermentación ruminal gracias a la presencia simultánea de nitrógeno y carbono para lograr la maximización en la síntesis de proteína microbiana (Shimada, 1987; Aldrich et al., 1993).

Ya que el pH óptimo para la actividad de las bacterias celulolíticas en rumen es cercano a 6.8 (Church, 1988), y la degradación ruminal de la fibra disminuye

conforme el pH ruminal declina, especialmente cuando baja a menos de 6.0, en el caso de este experimento no se presentó ese inconveniente, pues el promedio de los pH registrados para los 3 tratamientos fue superior a 6.2.

Tovar (1990) menciona que la concentración ruminal de N-NH₃ está en función de la fermentabilidad de la dieta, y Chávez (1997) muestra que los ingredientes proteicos de mayor degradabilidad ruminal registran una mayor concentración de amoníaco; por lo que en el presente estudio, la menor concentración de N-NH₃ para la dieta que contenía HSP, refleja una menor degradabilidad de la proteína a partir de este ingrediente proteico; y en el caso de la combinación HSP-U, a pesar de la alta degradabilidad de la urea, su inclusión en la dieta (0.68 % BS) no fue suficiente para poder igualar la concentración de N-NH₃ del tratamiento con PS. Es importante señalar que posiblemente la concentración de N-NH₃ para la dieta con PS, sí fue superada por la combinación HSP-U durante los primeros minutos posprandiales (debido a la rápida degradabilidad de la urea por la ureasa en rumen) (Church, 1988), pero en el presente estudio dicha concentración no se evaluó sino hasta 2 horas después de haberse ingerido el alimento.

Por otro lado, Satter y Slyter (1974) indican que se requieren de 2 a 5 mg de N-NH₃ por dl de líquido ruminal para mantener una síntesis microbiana eficiente, y aunque la concentración de amonio (NH₃) a partir de la HSP pudo haber sido suficiente (2.19 mg/dl) para cubrir los requerimientos bacterianos, la digestibilidad aparente de la MS (del almidón) fue menor para esta dieta. En cuanto a la máxima concentración de NH₃ en el líquido ruminal, se ha sugerido que en dietas donde la fuente de proteína es de origen vegetal, se encuentra entre las 3 y 5 horas posprandiales (Owens y Zinn, 1988), y en el presente estudio, en la dieta con PS, la mayor concentración ruminal de NH₃ se presentó durante la hora 4 posprandio.

La composición porcentual de AGV está influenciada principalmente por el tipo de dieta (Van Soest, 1982). Usualmente una mayor proporción molar de acetato es

observada en animales que consumen ensilaje, forrajes henificados o pasturas maduras, mientras que en los animales que consumen dietas altas en concentrado, la concentración molar de propionato aumenta, disminuyendo la relación A:P, y la presencia de ácidos grasos de cadena ramificada está relacionada al consumo de dietas con altos niveles de proteína verdadera degradable en el rumen (Church, 1988). También se ha sugerido (Waltz et al., 1989) que suplementos proteicos con una mayor degradabilidad ruminal, en vacas lecheras, producirá una mayor concentración de AGV totales, lo cual va de acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, pues la dieta de mayor degradabilidad (PS) registró la mayor concentración de AGV totales.

En cuanto a la combinación de HSP-U, podemos decir que la cantidad de urea adicionada, no fue la adecuada para que en conjunto con la HSP se lograra una degradabilidad similar a la de la PS, por lo que en este caso, los resultados de la fermentación ruminal fueron numéricamente mayores (pero no diferentes estadísticamente) para la dieta que contenía HSP-U, al compararse con la dieta que contenía HSP sin la adición de urea.

Es importante señalar que en el caso del tratamiento C-HSP-U, los picos de las curvas de pH, N-NH₃ y AGV totales (generadas a partir de los diferentes tiempos de muestreo) se registraron 2 horas antes que las de los tratamientos C-PS y C-HSP. Este efecto se debió a la rápida degradabilidad de la urea, que en un principio provocó que dichos valores se dispararan.

VIII. CONCLUSION.

1. El uso de suplementos nitrogenados de mayor degradación en el rumen al ser combinados con una fuente energética de rápida degradación, en raciones a base de rastrojo de sorgo, resultó en una mayor digestibilidad de la MS.
2. El uso de la combinación de una fuente proteica de rápida degradación con una fuente energética de rápida degradación, no proporcionó una mayor digestibilidad de la FDN del rastrojo de sorgo.
3. El pH ruminal no fue afectado por el tipo de fuente proteica, aunque tendió a aumentar conforme se utilizó el ingrediente proteico de mayor degradabilidad (PS).
4. La concentración ruminal de amonio y de AGV totales se relacionaron directamente con la degradabilidad de la fuente proteica: a mayor degradabilidad proteica, mayor concentración de amonio y de AGV totales.
5. Estos resultados sugieren que las dietas que incluyeron una fuente proteica de mayor degradabilidad (PS, urea) al ser combinadas con una fuente energética de rápida degradación, propiciaron un incremento en la digestibilidad de la MS y una mayor fermentación a nivel ruminal.

IX. REFERENCIAS.

A.O.A.C. 1980. Official methods of analysis. 13th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., U.S.A.

A.R.C., 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Research Council, Bureau, Slough, Great Britain.

Aharoni, Y., A. Arieli, and H. Tagari. 1993. Lactational response of dairy cows to change of degradability of dietary protein and organic matter. J. Dairy Sci. 76: 3514.

Aldrich, J.M., L.D. Muller, G.A. Varga and L.C. Griel Jr. 1993. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 76: 1091.

Anandan, S., Sastry V.R.B., Musalia L.M. and Agrawal D.K. 1996. Growth rate and nutrient efficiency of growing goats fed urea ammoniated neem (*Azadirachta indica*) seed kernel meal as protein supplement. Small Rumin. Res. 22: 205.

Andrade, H., G. Bernal and G. Llamas. 1996. Influence of different alfalfa:sorghum ratios in the diet of dairy goats on productivity and rumen turnover. Small Rumin. Res. 21: 77.

Andrighetto, I. and L. Bailoni. 1994. Effect of different animal protein sources on digestive and metabolic parameters and milk production in dairy goats. Small Rumin. Res. 13: 127.

Banskalieva, V. 1996. Effect of age, physiological state and nutrition on fatty acid composition in depot fat and ruminal volatile fatty acids in sheep. *Small Rumin. Res.* 24: 37.

Basurto, G.R. 1995. Dinámica y digestión ruminal de bovinos de carne alimentados con dietas a base de grano de maíz y pöllinaza. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Batajoo, K.K. and R.D. Shaver. 1994. Impact of nonfiber carbohydrate on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77: 1580.

Bergen, W. and F. Owens. 1985. Manipulation in nitrogen metabolism. *Animal Health & Nutrition.* November.

Bernard, J.K., H.E. Amos, M.A. Froetschel and J.J. Evans. 1988. Influence of supplemental energy and protein on protein synthesis and crude protein reaching the abomasum. *J. Dairy Sci.* 71(10): 2658.

Brun-Bellut, J. 1996. Urea recycling in the rumen in dairy goats: effects of physiological stage and composition of intake. *Small Rumin. Res.* 23: 83.

Brun-Bellut, J., G. Blanchart and B. Vignon. 1990. Effects of rumen-degradable protein concentration in diets on digestion, nitrogen utilization and milk yield by dairy goats. *Small Rumin. Res.* 3: 575.

Casper, D.P., and D.J. Shingoethe. 1989. Lactational response of dairy cows to diets varying in ruminal solubilities of carbohydrate and crude protein. *J. dairy Sci.* 72: 928.

Chalupa, W. 1984. Discussion on protein symposium *J. Dairy Sci.* 67: 1134.

Chalupa, W. and C.J. Sniffen. 1996. Protein and amino acid nutrition of lactating dairy cattle-today and tomorrow. *Anim. Feed Sci. Tech.* 58: 65.

Chávez, D.J.A. 1997. Efecto de la inclusión de ingredientes energéticos y proteicos con diferente degradabilidad ruminal en la digestibilidad *in situ* y aparente, la fermentación ruminal y el comportamiento productivo de cabras Granadinas. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Cheema, A.V., M.L. Galyean, J.S. Caton and A.S. Freeman. 1991. Influence of protein levels and naloxone in intake, nitrogen metabolism and digestion kinetics in lambs fed oat hay or barley straw. *Small Rumin. Res.* 5: 35.

Chestnutt, D.M. 1987. Effect of high-protein supplements on the utilization of body reserves by single-suckling cows. *Anim. Prod.* 45: 15.

Church, D.C. 1988. *The Ruminant Animal. Digestive, Physiological and Nutrition.* Prentice Hall. New Jersey, USA.

Church, D.C., and W.G. Pond. 1987. *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales.* Editorial Limusa. México, D.F.

Cody, R.F., J.J. Murphy and D.J. Morgan. 1990. Effect of supplementary crude protein level and degradability in grass silage based diets on performance of dairy cows and digestibility and abomasal nitrogen flow in sheep. *Anim. Prod.* 51: 235.

Colucci, P.E., L.E. Chase and P.J. Van Soest. 1982. Feed intake, apparent diet digestibility, and rate of particulate passage in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 65: 1445.

Cozzi, G., Y. Andrighetto, P. Berzaghi and D. Andreoli. 1995. Feather and blood meal as partial replacer of soybean meal in protein supplements for sheep. *Small Rumin. Res.* 15: 239.

Ellis, W.C., J.H. Matis, K.R. Pond, C.E. Lascano and J.P. Telford. 1984. In *Hervibore Nutrition in the Subtropics and Tropics*. F.M.C. Gilchrist and R.I. Machie, editors. Johannesburg: The Science Press.

Erdman, R.A., G.H. Proctor and J.H. Vandersall. 1986. Effect of rumen ammonia concentration on *in situ* rate and extent of digestion of feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 69: 2312.

Fahey, G.C. and L.L. Berger. 1988. Carbohydrate nutrition of ruminants. In: *The Ruminant Animal, Digestive Physiology and Nutrition*. D.C. Church, de. Prentice Hall, New Jersey, USA.

Fox, D.G., C.J. Sniffen, J.D. O'Conner and W. Chalupa. 1991. Unpublished data.

Fredrickson, E.L., M.L. Galyean, R. Betty and A.U. Cheeman. 1991. Effects of four cereal grains on intake and ruminal digestion of harvested forages. *J. Anim. Sci.* 69(1): 514 (Abstr.).

Galyean, M.L., D.G. Wagner and F.N. Owens. 1979. Corn particle size and site and extent of digestion by steers. *J. Anim. Sci.* 49: 204.

Galyean, M.L., D.G. Wagner and F.N. Owens. 1981. Dry matter and starch disappearance of corn and sorghum as influenced by particle size and processing. *J. Dairy Sci.* 64: 804.

Goedeken, F.K., T.J. Klopfenstein, R.A. Stock and R.A. Britton. 1990a. Hydrolyzed feather meal as a protein source for growing calves. *J. Anim. Sci.* 68: 2945.

Goedeken, F.K., T.J. Klopfenstein, R.A. Stock, R.A. Britton and M.H. Sindt. 1990b. Protein value of feather meal for ruminants as affected by blood addition. *J. Anim. Sci.* 68: 2936.

Goetsch, A.I. and M.L. Galyean. 1983. Ruthenium phenantroline, Dy and Yb as particulate markers in beef steers fed an all alfalfa hay diet. *Nutr. Rep. Int.* 27: 171.

Goetsch, A.I. and F.N. Owens. 1985. The effects of commercial processing method of cottonseed on site and extent of digestion in cattle. *J. Anim. Sci.* 60: 803.

Gonzales, J.S., J.J. Robinson, Y. McHattie and C. Fraser. 1982. The effect in ewes of source and level of dietary protein on milk yield, and the relationship between the intestinal supply of non ammonia nitrogen and the production of milk protein. *Anim. Prod.* 34: 31.

Grovm W.L. and V.J. Williams. 1973. Rate of passage of digesta in sheep. 4. Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate constants derived from the changes in concentration of marker in the feces. *Br. J. Nutr.* 30: 313.

Hadjipanayiotou, M. 1995. Fractional outflow of soybean meal from de rumen, water intake and ruminal fermentation pattern in sheep and goats at different seasons and age groups. *Small Rumin. Res.* 17: 137.

Hadjipanayiotou, M. and A. Photiou. 1995. Effects of protein source and level on performance of lacting Damascus goats in negative energy balance. *Small Rumin. Res.* 15: 257.

Hatfield, P.G., Hopkins J.A., Ramsey W.S. and Gilmore A. 1998. Effects of level of protein and type of molasses on digesta kinetics and blood metabolites in sheep. *Small Rumin. Res.* 28: 161.

Hernández, H.J., R. Sanginés, C. García, G. Mendoza y R. Ricalde. 1992. Efecto de suplementos energéticos y nitrogenados con distinta degradabilidad ruminal en la digestibilidad *in vivo* de raciones con rastrojo de maíz para borregos. *Agrociencia. Serie Ciencia Animal.* 2: 253.

Herrera-Saldaña, R., and J.T. Huber. 1989. Influence of varying protein and starch degradabilities on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 72: 1477.

Herrera-Saldaña, R., R. Gomez-Alarcon, M. Torabi and J.T. Huber. 1990a. Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. *J. Dairy Sci.* 73:142.

Herrera-Saldaña, R., J.T. Huber and M.H. Poore. 1990b. Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. *J. Dairy Sci.* 73: 2386.

Hoover, W.H. and S.R. Stokes. 1991. Balancing carbohydrates and protein for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.* 74: 3630.

Hunter, R.A. and B.D. Siebert. 1985. Utilization of low-quality diet by *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. 1. Rumen digestion. *Br. J. Nutr.* 53: 637.

Hungate, R.E. 1966. *The rumen and its microbes.* Academic Press, New York, NY.

Hussein, H.S., M.R. Cameron, G.C. Fahey, Jr., N.R. Merchen and J.H. Clark. 1995. Influence of altering ruminal degradation of soybean meal protein on *in situ* ruminal fiber disappearance of forages and fibrous byproducts. *J. Anim. Sci.* 73: 2428.

Huston, J.E., B.S. Rector, W.C. Ellis and M.L. Allen. 1986. Dynamics of digestion in cattle, sheep, goats and deer. *J. Anim. Sci.* 62: 208.

I.N.R.A, 1988. Ruminant Nutrition. Recommended allowances and feed tables. In: J. Jarrige (Ed.), John Libbey Eurotex, London.

Juul-Nielsen, J. 1981. Nutritional principles and productive capacity of the Danish straw-mix system for ruminants. In: Jackson, M.G., Dolberg, F., Haque, M. Saadullah, M. (Eds), Maximum Livestock Production In Minimum Land Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh, pp. 287.

Komarek, R.J. 1981. Rumen and abomasal cannulation of sheep with specially designed cannulas and a cannula insertion instrument. *J. Anim. Sci.* 53: 790.

Krishnamoorthy, U.C., C.J. Sniffen, M.D. Stern and P.J. Van Soest. 1983. Evaluation of a mathematical model of digesta and in-vitro simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen undegraded nitrogen content of feedstuffs. *Br. J. Nutr.* 50: 555.

Laurent, F. 1986. Flux d'acide ribonucleique dans le tube digestif de petits ruminants. (RNA flow in the digestive tract of small ruminants). Thèse Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, France, pp. 164.

Lehninger, A.L., 1989. Bioquímica, las Bases Moleculares de la Estructura y Función Celular. Ediciones Omega. Segunda edición. Barcelona, España.

Leng, R.A. and J.V. Nolan. 1984. Symposium: Protein nutrition of the lacting dairy cow. *J. Dairy Sci.* 67(5): 1072.

Llamas, G. 1989. Limitantes y posibles soluciones en el uso de esquilmos agrícolas y subproductos agroindustriales altos en fibra. Segunda Reunión Científica, Forestal y

Agropecuaria CIFAP-Tabasco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. pp. 133.

Loerch, S.C., L.L. Berger, D. Plegge and G.C. Fathey. 1983. Digestibility and rumen escape of soybean meal, blood meal, meat and bone meal and dehydrated alfalfa nitrogen. *J. Anim. Sci.* 57: 1037.

Lu, C.D., M.J. Potchoiba, T. Sahlu and J.R. Kawas. 1990. Performance of dairy goats fed soybean meal or meat and bonemeal with or without urea during early lactation. *J. Dairy Sci.* 73: 726.

Luginbuhl J.M., K.R. Pond and J.C. Burns. 1990. Changes in ruminal and fecal particle weight distribution of steers fed coastal bermudegrass hay han four levels. *J. Anim. Sci.* 68 (9): 2864.

Madrid, J., F. Hernández, M.A. Pulgar and J.M. Cid. 1998. Effects of citrus by-product supplementation on the intake and digestibility of urea + sodium hydroxide-treated barley straw in goats. *Small Rumin. Res.* 28: 241.

McCarthy, R.D. Jr., T.H. Klusmeyer, J.L. Vicini and J.H. Clark. 1989. Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 72: 2002.

McGuffey, R.K., H.B. Green and R.P. Basson. 1990. Lactational response of dairy cows receiving bovine somatotropin and feed rations varying in crude protein and undegradable intake protein. *J. Dairy Sci.* 73: 2437.

Mertens, D.R. 1973. Application of theoretical mathematical models to cell wall digestion and forage intake in ruminants. Ph.D. Dissertation. Cornell Univ., Ithaca, NY.

Mertens, D.R. 1977. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. *Federation Proc.* 36: 187.

Mertens, D.R. 1983. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations and estimate the net energy content of forages. In: *Proc. Cornell Nutrition Conference*. Syracuse, N.Y., pp. 60-68.

Mertens, D.R, and R. Loften. 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. *J. Dairy Sci.* 63: 1437.

Miller, T.K., W.H. Hoover, W.W. Poland Jr. and R.W. Wood. 1990. Effect of low and high fill diets on intake and milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 73: 2453.

Mishra, S. and Rai S.N. 1996a. Effect of different RDP and UDP ratios on voluntary intake, milk production and feed conversion efficiency in lactating goats. *Small Rumin. Res.* 20: 31.

Mishra, S. and Rai S.N. 1996b. Influence of varying RDP:UDP ratios in diets on digestion, nitrogen utilization and milk production efficiency in goats. *Small Rumin. Res.* 20: 39.

Moe, P.W., H.F. Tyrell and N.W. Hooven Jr. 1973. Physical form and energy value of corn grain. *J. Dairy Sci.* 56: 1298.

Moore, J.A., K. R. Pond, M.H. Poore and T. G. Goodwin. 1992. Influence of model and marker on digesta kinetic estimates for sheep. *J. Anim. Sci.* 70: 3528.

Moore, J.A., M.H. Poore and R.S. Swingle. 1990. Influence of roughage source on kinetics of digestion and passage, and on calculated extents of ruminal digestion in beef steers fed 65% concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 68: 3412.

Moran, J.B. 1986. Cereal grains in complete diets for dairy cows: A comparison of rolled barley, wheat and oats and of three methods of processing oats. *Anim. Prod.* 43: 27.

Moshtaghi Nia, S.A. and J.R. Ingalls. 1995. Influence of moist heat treatment on ruminal and intestinal disappearance of amino acids from canola meal. *J. Dairy Sci.* 78: 1552.

Mould, F.L. 1989. Associative effects of feeds. In: Orskov, E.R. (De), *Feed Science*. Elsevier, Netherlands, pp. 177-229.

N.R.C., 1981. *Nutrient Requirements of Domestic Animals No. 15. Nutrient Requirements of Goats*. National Academy Press, Washington, DC., USA.

N.R.C., 1985. *Ruminant Nitrogen Usage*. National Academy Press, Washington, DC., USA.

N.R.C., 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academy Press, Washington, DC., USA.

Nocek, J.E. and J.E. English. 1986. *In situ* degradation kinetics: evaluation of rate determination procedure. *J. Dairy Sci.* 69: 77.

Nocek, J.E. and J.B. Russell. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 71: 2070.

Nocek, J.E. and S. Tamminga. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 74: 3598.

Norris, J.R. 1972. Chemical, physical and histological characteristics of sorghum grains as related to wet milling properties. Ph.D. Dissertation, Texas A & M Univ., College Station.

Oldaham, J.D. 1984. Protein-energy interrelationship in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67: 1090.

Olivares, R.L. 1991. Efecto de la combinación de distintas fuentes de proteína y almidón en el comportamiento productivo de becerros Holstein. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Centro de ganadería, Chapingo, México.

Oliveira, J.S., J.T. Huber, D. Ben-ghedalia, R.S. Swingle, C.B. Theurer and M. Pessaraki. 1993. Influence of sorghum grain processing on performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76: 575.

Orskov, E.R. and F.D. DeBr. Hovell. 1986. Protein metabolism and utilization during undernutrition in ruminants. In: *Proc. of an Intern. Symp. on the Use of Nuclear Techniques in Studies of Animal Production and Health in Different Environments*, Vienna, 17-21 March, IAEA, Vienna, 1986, pp429-438.

Orskov, E.R., D.A. Grubby and R.N.B. Kay. 1977. Effect of post-ruminal glucose or protein supplementation on milk yield and composition in Friesian cows in early lactation and negative energy balance. *Br. J. Nutr.* 38: 397.

Orskov, E.R., M. Hughes-Jones, M.E. Eliman. 1983. Studies on degradation and out flow rate of protein supplements in the rumen of sheep and cattle. *Livestock Prod. Sci.* 10: 17.

Orskov, E.R and I. McDonald.1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. (Camb.) 92: 49.

Orskov, E.R., G. W. Reid and I. McDonald. 1981. The effects of protein degradability and feed intake on milk yield and composition in cows in early lactation. Br. J. Nutr. 45: 547.

Osman, H.F., B. Theurer, W.H. Hale and S.M. Mehen. 1970. Influence of grain processing on in vitro enzymatic starch digestion of barley and sorghum grain. J. Nutr. 100: 1133.

Owens, F.N. and W. Bergen. 1983. Nitrogen metabolism of ruminant animals: Historical perspective, current understanding, and future implications. J. Anim. Sci. 57(2): 498.

Owens, F.N. and A.L. Goetsch. 1988. Ruminal fermentation. In: Church D.C. (ed). The Ruminant Animal. Digestive Physiology and Nutrition. 1st. Edition. U.S.A. Prentice Hall, pp. 227-249.

Owens, F.N. and R. Zinn. 1988. Protein metabolism of ruminant animals. In: The Ruminant Animal. Digestive, Physiology and Nutrition. Prentice Hall (De.). New Jersey, USA pp. 227.

Pailan, G.H. and H. Kaur. 1996. Influence of dairy protein content and digestibility on milk yield and blood constituents in lacting goats. Small Rumin. Res. 20: 47.

Pichard, D.G. and P.J. Van Soest. 1977. Protein solubility of ruminant feeds. Proc. Cornell Nutr. Conf. p 91. Ithaca, NY.

Pond, K.R., W.C. Ellis, J.H. Matis, H.M. Ferreiro, J.D. Sutton. 1988. Compartment models for estimating attributes of digesta flow in cattle. *Br. J. Nutr.* 60: 571.

Poore, M.H., J.A. Moore and R.S. Swingle. 1990. Differential passage rates and digestion of neutral detergent fiber from grain and forages in 30, 60, and 90% concentrate diets fed to steers. *J. Anim. Sci.* 68: 2965.

Poore, M.H., J.A. Moore, R.S. Swingle, T.P. Eck and W. H. Brown. 1993. Response of lacting Holstein cows to diets varying in fiber source and ruminal starch degradability. *J. Dairy Sci.* 76: 2235.

Purroy, A. C. Jaime, F. Muñoz and T.T. Treacher. 1993. A note on change in body condition in race aragonesa ewes given ammonia-treated barley straw after weaning. *Anim. Prod.* 56: 409.

Remond, D., J.P. Chaise, E. Deval and D. Poncent. 1993. Net transfer of urea and ammonia across the rumen wall of sheep. *J. Anim. Sci.* 71: 2785.

Remond, D., F. Meschy and R. Boivin. 1996. Metabolites, water and mineral exchanges across the rumen wall: mechanism and regulation. *Ann. Zootech.* 45: 97.

Robinson, J.J., I. McHattie, J.F. Calderón Cortés and J.L. Thompson. 1979. Further studies on the response of lacting ewes to dietary protein. *Anim. Prod.* 29: 257.

Robinson, P.H., C.J. Sniffen and P. J. Van Soest. 1985. Influence of level of feed intake on digestion and bacterial yield in the forestomachs of dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 65: 437.

Rodríguez, F. y G. Llamas. 1990. Digestibilidad, balanceo de nutrimentos y patrones de fermentación ruminal. *Manual de Técnicas de Investigación en Rumiología.*

Castellanos, A., G. Llamas y A. Shimada, editores. Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México, A.C.

Roe, M.B., C. J. Sniffen, and L. E. Chase. 1990. Techniques for measuring protein fractions in feedstuffs. Proc. Cornell Nutr. Conf. p 81. Ithaca, NY.

Romero J., E. Santiago, A. Shimada and F. Aguilar. 1994. Effect of protein supplementation on milk yield of goats grazing a semiarid temperate rangeland. Small Rumin. Res. 13: 21.

Rooney, L.W. and F.R. Miller. 1982. Variation in the structure and kernel characteristics of sorghum. Proc. Sorghum Grain Quality Symp. pp 143-161. Int. Crops. Res. Inst. for the Semi-arid Tropics, Hyderabad, India.

Rooney, L.W. and R.L. Pflugfelder. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. J. Anim. Sci. 63: 1607.

Rooney, L.W. and R.D. Sullins. 1973. The feeding value of waxy and nonwaxy sorghum grains as related to endosperm structure. Proc 28th. Corn and Sorghum Res. Conf. pp 15-29. Amer. Seed Trade Assoc., Washington, D.C.

Rulquin, H. and Vérité, R. 1993. Recent Advances in Animal Nutrition. University of Nottingham Press.

Rulquin, H. 1994. Protected lysine and methionine in dairy cow rations. Feed Mix. 2(4): 24.

Russell, J.B., J.D. O'Connor, D.G. Fox, P.J. Van Soest and C.J. Sniffen. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. J. Anim. Sci. 70: 3551.

Sahlu T., Hart S.P. and Fernandez J.M. 1993. Nitrogen metabolism and blood metabolites in three goat breeds fed increasing amounts of protein. *Small rumin. Res.* 10: 281.

Sarwar, M., J.L. Firkins and M.L. Eastridge. 1992. Effects of varying forage and concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75: 1533.

S.A.S. User's Guide: Statistics (Release 6.03). 1988. SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA.

Satter, L.D. and L.L. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. *Br. J. Nutr.* 32: 199.

Satter, L.D., I.W. Whitlow and G.L. Beardsley. 1977. Resistance of protein to rumen degradation and its significance to the dairy cow. *Proc. Distiller's Feed Res. Council.* 32: 23.

Schingoethe, D.J. 1985. Aplicación de las proteínas de escape del rumen, en la alimentación de rumiantes. En: *Asoc. Americana de la Soya. Ed. especial. D.F., México.*

Schneider, B. and W. Flatt. 1975. *The Evaluations of Feeds Through Digestibility Experiments.* University of Georgia. Georgia, U.S.A.

Shimada, A.S. 1987. *Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Sistema de Educación Continua en Producción animal en México A.C.. México, D.F.*

Silanikove N., Tagari H. and Shkolnik A. 1993. Comparison of rate of passage, fermentation rate and efficiency of digestion of high fiber diet in desert Bedouin goats compared to Swiss Saanen goats. *Small Rumin. Res.* 12: 45.

Sinclair L.A., P.C. Garnsworthy, J.R. Newbold and P.J. Buttery. 1993. Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *J. Agric. Sci. (Camb)* 120: 251.

Sniffen, C.J., J.D. O'Connor, P.J. Van Soest, D.G. Fox and B. Russell. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70: 3562.

Sniffen, C.J. and P.H. Robinson. 1987. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. *J. Dairy Sci.* 70: 425.

Soria, R.L., R. Aveldaño y L. Ortiz. 1987. Levantamiento fisiográfico del estado de Querétaro. CIFAP-Guanajuato. INIFAP-SARH. pp. 135.

Stern, M.D., H. Hoover, C.J. Sniffen, B.A. Crooker and P.H. Knowlton. 1978. Effects of nonstructural carbohydrates, urea and soluble protein levels on microbial protein synthesis in continuous culture of rumen contents. *J. Anim. Sci.* 47: 944.

Stern, M.D., M.L. Rode, R.W. Prange, R.H. Stauffer and L.D. Satter. 1983. Ruminal protein degradation of corn gluten meal in lactating dairy cattle fitted with duodenal t-type cannulae. *J. Anim. Sci.* 56: 194.

Stokes, S.R., W.H. Hoover, T.K. Miller and R. Blauweikel. 1991. Ruminal digestion and microbial utilization of diets varying in type of carbohydrate and protein. *J. Dairy Sci.* 74: 871.

Susmel, P., M. Spangler, B. Stefanon and C.R. Mills. 1991. Performance of lactating Simmental cows fed two diets differing in the content of digestible intestinal protein (PDI). *Livestock Prod. Sci.* 27: 157.

Tamminga, S. 1979. Protein degradation in the forestomachs of ruminants. *J. Anim. Sci.* 49: 1615.

Tamminga, S. 1982a. Recent advances in our understanding of the significance of rumen fermentation. In: Protein and energy supply for high production of milk and meat. United Nations. Pergamon Press. p. 15.

Tamminga, S. 1982b. Energy-protein relationships in ruminants feeding: Similarities and differences between rumen fermentation and postruminal utilization. In: Protein Contribution of Feedstuffs for Ruminants: Application to Feed Formulation. E.L. Miller and I.N. Pike (Ed.). Butterworth Scientific pp. 4-17.

Tejada, I. 1992. Control de Calidad y Análisis de Alimentos para Animales. Sistema de Educación Continua en producción Animal, A.C. México.

Tejada, I. Y Carrasco B. 1990. La toma de muestras, su conservación y envío al laboratorio. Manual de Técnicas de Investigación en Ruminología. Castellanos, A., G. Llamas y A. Shimada, editores. Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México, A.C.

Theurer, C.B., J.S. Oliveira, Z. Wu, J.T. Huber, R.S. Swingle, M.H. Poore, R.C. Wanderley, M. Arana, J. Sullivan, M. Denigan, and A. Al-Deneh. 1991. Steam flaking with two dietary grain levels improves digestible starch intake and performance by lacting cows. *J. Dairy Sci.* 74(1): 246(Abstr.).

Tovar, G.M.R. 1990. Sincronización de la degradación ruminal de diferentes fuentes de energía y nitrógeno. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Centro de Ganadería, Chapingo, México.

Uden, P., P.E. Colucci and P. J. Van Soest. 1980. Investigation of Chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. *J. Sci. Food Agric.* 31: 625.

Urbaniak, M. 1995. Effects of blood meal, fish meal, soybean meal or casein on rumen protein metabolism in lambs. *Small Rumin. Res.* 18: 207.

Van Soest, P.J. 1982. *Nutritional ecology of the ruminant.* O & B. Books, Inc.

Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 74: 3583.

Van Soest, P.J., C.J. Sniffen and M.S. Allen. 1988. Rumen dynamics. In: A. Dobson and M.J. Dobson (Ed.), *Aspects of Digestive Physiology of Ruminants.* Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca, NY, pp. 21-30.

Van Soest, P.J., C.J. Sniffen, D.R. Mertens, D.G. Fox, P.H. Robinson and U.C. Krishnamoorthy. 1981. A net protein system for cattle. The rumen submodel for nitrogen. In: F.N. Owens (Ed.), *Protein Requirements for Cattle: Proceedings of an International Symposium.* MP-109. pp 265. Div. of Agric. Oklahoma State Univ. Stillwater.

Vanzant, E.S., R. C. Cochran, K. A. Jacques, A.A. Beharka, T. Delcurto and T.B. Avery. 1990. Influence of level of supplementation and type of grain in supplements on intake and utilization of harvested, early-growing-season, Bluestem-range forage by beef steers. *J. Anim. Sci.* 68 (6): 1457.

Vérité, R., B. Doreau, P. Chapovtot, J.L. Peyraud and C. Poncent. 1987. Révision du système des protéines dans l'intestin (revision of PDI system). *Bull. Tech. CRZV.* 70: 19.

Wadhwa, M., G.S. Makkar and J.S. Ichhponanp. 1993. In-sacco degradability of protein supplements used in ruminant ration. *Indian Journal of Animal Sciences* 63(6): 684.

Waldo, D.R., and B.P. Glenn. 1984. Comparison of new protein systems for lactating dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 67: 1115.

Wall, J.S. and L.W. Paulis. 1978. Corn and sorghum grain proteins. In: Y. Pomeranz (Ed.) *Advances in Cereal Science and Technology II*. pp 135-219. Amer. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN.

Waltz, D.M., M.D. Stern and D.J. Illgi. 1989. Effect of ruminal protein degradation of blood meal and feather meal on the intestinal amino acid supply to lactating cows. *J. Dairy. Sci.* 72: 1509.

Wilson, G.F., N.N. Adeeb and R.C. Campling. 1973. The apparant digestibility of maize grain when given in various physical forms to adult sheep and cattle. *J. Agric. Sci. Camb.* 80: 259.

Yang, W.Z., K.A. Beauchemin, B.I. Farr and L.M. Rode. 1997. Comparison of barley, hull-less barley, and corn in the concentrate of dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 80: 2885.

Zinn, R.A. and F.N. Owens. 1983. Site of protein digestion in steers: Predictability. *J. Anim. Sci.* 56: 707.