

Determinación de la Degradabilidad Protéica y del Nitrogeno no  
Protéico en el Rumen, Mediante la Técnica in situ

Pablo Martín Rojas Celestino

T e s i s

12677

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista



BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBONAT  
BANCO DE TESIS  
U.A.A.A.N.



Universidad Autónoma Agraria  
"Antonio Narro"

División de Ciencia Animal  
Buenavista, Saltillo, Coahuila  
Noviembre de 1987

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISION CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE NUTRICION

DETERMINACION DE LA DEGRADABILIDAD PROTEICA Y DEL NITROGENO  
NO PROTEICO EN EL RUMEN, MEDIANTE LA TECNICA IN SITU

P o r

PABLO MARTIN ROJAS CELESTINO

12677

T E S I S

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador  
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

A p r o b a d a

El Presidente del Jurado

Ing. M.Sc. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez

V o c a l

V o c a l

Ing. M.C. Jaime Salinas Chavira

Ing. M.C. Luis Lauro de León González

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"

El Coordinador de la División de Ciencia Animal

  
Ing. M.C. Héctor Garza Cantú

COORDINACION DE  
CIENCIA ANIMAL

## AGRADECIMIENTO

Deseo hacer patente mi más sincero agradecimiento al Ing. M.Sc. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez e Ing. M.Sc. Jaime Salinas Chavira, por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo y por su valiosa aportación técnico-científica, - la cual se refleja en el contenido.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. M.C. Luis Lauro de León, González por su valiosa colaboración y aportación en la revisión de esta tesis.

Al Ing. Jaime Moisés Rodríguez del Angel, por su valiosa ayuda en el asesoramiento estadístico de este experimento.

Al Arquitecto Gerardo Cedillo Ríos, por su colaboración en la elaboración de las figuras.

Al Ing. Héctor Franco por su desinteresada ayuda para la redacción de este trabajo.

A mis amigos Juan Gerardo y Salvador por su ayuda para la realización del presente trabajo.

A Leticia Ayala López por el trabajo mecanográfico

Mi agradecimiento a todas aquellas personas que colaboraron en la realización del presente trabajo.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. M.C. Luis Lauro de León, González por su valiosa colaboración y aportación en la revisión de esta tesis.

Al Ing. Jaime Moisés Rodríguez del Angel, por su valiosa ayuda en el asesoramiento estadístico de este experimento.

Al Arquitecto Gerardo Cedillo Ríos, por su colaboración en la elaboración de las figuras.

Al Ing. Héctor Franco por su desinteresada ayuda para la redacción de este trabajo.

A mis amigos Juan Gerardo y Salvador por su ayuda para la realización del presente trabajo.

A Leticia Ayala López por el trabajo mecanográfico

Mi agradecimiento a todas aquellas personas que colaboraron en la realización del presente trabajo.

## DEDICATORIA

A mi madre:

Esperanza

Por el valor incalculable que representa en mi vida, por su infinito amor y cariño que supo inspirarme, a ella, que no escatimó esfuerzos para hacer de mi un profesionista.

A mis hermanos:

Juan Ignacio y Ana María  
por su paciencia y cariño.

A mi "Alma Mater"

# INDICE GENERAL

	Página
Agradecimiento . . . . .	iii
Dedicatoria . . . . .	v
Indice de Cuadros . . . . .	vii
Indice de Figuras . . . . .	ix
Resumen . . . . .	x
Introducción . . . . .	1
Revisión de Literatura . . . . .	3
Compuestos nitrogenados en el rumen . . . . .	3
Catabolismo de la proteína ingerida . . . . .	5
Actividad proteolítica . . . . .	5
Degradación proteica en el rumen . . . . .	8
Determinación de la degradabilidad proteica en el rumen . . . . .	12
Alteración de la degradabilidad proteica en el rumen y sus limitaciones . . . . .	24
Compuestos nitrogenados no proteicos . . . . .	33
Materiales y Métodos . . . . .	36
Resultados . . . . .	40
Discusión . . . . .	46
Conclusiones . . . . .	48
Literatura Citada . . . . .	49
Apéndice . . . . .	57

# INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1	Efecto de la variación de proteína degradable en el rumen (RDP) y proteína indegradable (UDP) en un concentrado para vacas lecheras . . . . .	11
2	Variación en los valores de degradación proteica de harina de soya y harina de pescado <i>in vivo</i> . . . . .	14
3	Evolución de la desaparición en porcentaje de la materia seca y de la proteína cruda de suplementos depositados en el rumen de ovinos consumiendo pulpa de henequén . . . . .	20
4	Contenido de proteína cruda, proteína degradable en el rumen, proteína sobrepasante del rumen y proteína insoluble de los diferentes suplementos proteicos estudiados . . . . .	21
5	Efecto de la degradabilidad proteica en el consumo de alimento y en la conversión alimenticia	26
6	Comportamiento de corderos alimentados con harinas procesadas con calor . . . . .	28
7	Tratamiento de la torta de soya con formaldehído . . . . .	29
8	Composición de las raciones 1, 2 y 3 . . . . .	37

## INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Representación esquemática de la utilización del nitrógeno en el rumen. . . . .	9
2	Efecto de edad y producción sobre la retención potencial de nitrógeno en relación a la energía metabolizable consumida. . . . .	13
3	Técnica <i>in situ</i> para la determinación de la degradabilidad proteica en el rumen . . . . .	17
4	Efecto de varias fuentes de nitrógeno sobre la concentración de amoniaco en el rumen . . . . .	34
5	Relación entre la degradación proteica y el tiempo de las raciones 1,2 y 3 . . . . .	44
6	Relación entre la degradación del nitrógeno no proteico y el tiempo de las raciones 1, 2 y 3. . . . .	45

## RESUMEN

El presente estudio fue realizado para determinar la degradabilidad proteica y del nitrógeno no proteico (NNP) en el rumen, mediante la técnica *in situ*, de tres raciones para ovinos, calculadas con diferente degradabilidad proteica (ración 1, 40 por ciento; ración 2, 50 por ciento; y ración 3, 60 por ciento) que contenían como suplemento proteico harina de pescado, harina de pescado más urea y harina de soya más urea respectivamente. Los períodos de incubación en el rumen fueron de 8, 12, 24 y 48 horas.

La degradación proteica de las tres raciones a las 8, 12, 24 y 48 horas de incubación siguió una tendencia lineal siendo la ración con harina de soya más urea la que obtuvo la mayor degradación a las 48 horas (27.65 por ciento) y la ración con harina de pescado la que sufrió la menor degradación (16.98 por ciento), mientras que la ración con harina de pescado más urea sufrió una degradación proteica intermedia (24.98 por ciento) entre las anteriores.

La degradación del NNP de las mismas raciones a las 8, 12, 24 y 48 horas de incubación, siguió una tendencia -

lineal, siendo la degradación a las 48 horas casi igual para las tres raciones (ración 1, 75.93 por ciento; ración 2, 85.25 por ciento; y ración 3, 93.25 por ciento).

Al correlacionar los datos de degradación proteica y de NNP, se encontró una relación positiva ( $r = 0.7426$ ), pero no lo suficiente para adecuarse a una respuesta lineal, por lo que no se logró hacer un intervalo de confianza.

Se concluyó que desde el punto de vista de la degradabilidad proteica, el harina de pescado es superior a las otras dos, por lo que se pueden obtener buenos resultados al incluir ésta en las dietas de rumiantes.

A pesar de que se encontró diferencia numérica entre los datos obtenidos de degradación proteica y los reportados por otros autores, se observó la misma tendencia en cuanto a que alimentos de baja degradabilidad son menos degradados y alimentos de alta degradabilidad son más degradados, por lo que se recomienda seguir haciendo este tipo de trabajos para proporcionar datos más confiables acerca de la degradabilidad proteica de los alimentos más comunes en México y para poder hacer uso de nuevos sistemas de alimentación que efficienten la utilización proteica en los rumiantes.

, siendo la degradación a las 48 horas casi igual para las raciones (ración 1, 75.93 por ciento; ración 2, - por ciento; y ración 3, 93.25 por ciento).

Al correlacionar los datos de degradación proteica y se encontró una relación positiva ( $r = 0.7426$ ), pero ~~insuficiente para adecuarse a una respuesta lineal~~, por lo que no se logró hacer un intervalo de confianza.

Se concluyó que desde el punto de vista de la degradabilidad proteica, el harina de pescado es superior a las otras dos, por lo que se pueden obtener buenos resultados al incluir ésta en las dietas de rumiantes.

A pesar de que se encontró diferencia numérica entre los datos obtenidos de degradación proteica y los reportados por otros autores, se observó la misma tendencia en cuanto a que alimentos de baja degradabilidad son menos degradados y alimentos de alta degradabilidad son más degradados, por lo que se recomienda seguir haciendo este tipo de trabajos para proporcionar datos más confiables acerca de la degradabilidad proteica de los alimentos más comunes en México y para poder hacer uso de nuevos sistemas de alimentación que efficienten la utilización proteica en los rumiantes.

lineal, siendo la degradación a las 48 horas casi igual para las tres raciones (ración 1, 75.93 por ciento; ración 2, 85.25 por ciento; y ración 3, 93.25 por ciento).

Al correlacionar los datos de degradación proteica y de NNP, se encontró una relación positiva ( $r = 0.7426$ ), pero no lo suficiente para adecuarse a una respuesta lineal, por lo que no se logró hacer un intervalo de confianza.

Se concluyó que desde el punto de vista de la degradabilidad proteica, el harina de pescado es superior a las otras dos, por lo que se pueden obtener buenos resultados al incluir ésta en las dietas de rumiantes.

A pesar de que se encontró diferencia numérica entre los datos obtenidos de degradación proteica y los reportados por otros autores, se observó la misma tendencia en cuanto a que alimentos de baja degradabilidad son menos degradados y alimentos de alta degradabilidad son más degradados, por lo que se recomienda seguir haciendo este tipo de trabajos para proporcionar datos más confiables acerca de la degradabilidad proteica de los alimentos más comunes en México y para poder hacer uso de nuevos sistemas de alimentación que efficienten la utilización proteica en los rumiantes.

## INTRODUCCION

En el mundo actual, donde las necesidades de alimentos se incrementan día a día por el constante crecimiento de la población y la baja producción de alimentos, se requiere elevar la eficiencia en el uso de éstos, tanto en la alimentación humana como animal.

En las explotaciones animales la alimentación ocupa el mayor porcentaje de los gastos, siendo los ingredientes proteicos los más costosos, por lo que se recalca la necesidad de hacer un uso más eficiente de éstos.

Investigaciones de los últimos años nos revelan que una parte de la proteína del alimento consumido por los ruminantes se desperdicia debido a que sufre una degradación innecesaria por los microorganismos ruminales, ya que éstos convierten parte de la proteína en metabolitos como amoníaco, para que luego sirvan como materia prima para la formación de proteína microbiana. Por otra parte, se puede proporcionar amoníaco con fuentes más económicas de nitrógeno, como urea y otras fuentes de nitrógeno no proteico para no inhibir la producción de proteína microbiana, pero además, prote

inas que escapen a la degradación ruminal, permitiendo que haya más aminoácidos absorbibles a nivel intestinal para que animales con altos requerimientos proteicos los cubran.

Uno de los problemas para realizar lo anterior es la falta de datos acerca de la degradación que sufre cada alimento en el rumen. Sobre esta base, el objetivo de este trabajo es el de evaluar la degradabilidad ruminal de proteínas y nitrógeno no proteico mediante la técnica *in situ* de tres raciones isoproteicas e isoenergéticas con diferentes proporciones de proteína degradable/no degradable, además, encontrar una posible relación entre la degradación proteica y la del nitrógeno no proteico.

## REVISION DE LITERATURA

### Compuestos Nitrogenados en el Rumen

Existe gran variedad de compuestos nitrogenados presentes en el rumen, los cuales pueden ser clasificados como de origen exógeno y endógeno; los primeros provienen del alimento consumido por el animal y los segundos por vía interna (saliva y sangre).

Los compuestos nitrogenados presentes en el rumen se clasifican en tres tipos diferentes: proteínas, nucleoproteínas y compuestos nitrogenados no proteicos (NNP) (Church, 1980).

Las proteínas se definen como compuestos que en su estructura contienen aminoácidos unidos por enlaces peptídicos; son sustancias complejas de naturaleza coloidal y alto peso molecular, las cuales difieren marcadamente en solubilidad y contenido de aminoácidos, siendo el principal componente estructural del tejido vivo de los animales: En el rumen se diferencian dos tipos de proteínas según su origen: proteína dietética, la cual proviene del alimento ingerido y, proteína microbiana, la cual es sintetizada por los microorganismos ruminales a base de amoníaco principalmente.

Las nucleoproteínas son bases nitrogenadas que existen en algunos compuestos claves del metabolismo energético y de la perpetuación de la información genética (ácido desoxiribonucleico y ácido ribonucleico). Entre las principales, podemos mencionar: adenina, guanina, citocina, uracilo y timina. Estos compuestos están en bajo porcentaje en relación a las proteínas y NNP.

Los compuestos nitrogenados no proteicos son compuestos que contienen nitrógeno, los que por definición no son proteínas, es decir, no son aminoácidos unidos por enlaces peptídicos y se clasifican como compuestos nitrogenados no proteicos (NNP), que es lo único en común que tienen. Su estructura y función es muy variada, para poder ser clasificados en forma más específica, entre los principales podemos mencionar: amidas, aminoácidos, glucósidos y grasas nitrogenadas, alcaloides, sales de amonio y nitratos. De ellos, las amidas y los aminoácidos son los que tienen mayor importancia nutricional (Maynard *et al.*, 1981).

Podemos afirmar que el alimento consumido por el rumiante es la principal fuente de nitrógeno en el rumen, pero hay mucha variación en el contenido total de nitrógeno en los alimentos (Church, 1980), ya que según Waldo (1968) esta variación oscila desde un cuatro a un cinco por ciento en algunas semillas y un sesenta y seis o setenta y cinco por ciento de nitrógeno en silo forrajero.

Entre los factores que influyen en la cantidad de -

nitrógeno en el alimento, se puede mencionar la fertilización, ya que afecta la cantidad de nitrógeno soluble en pastos y ocasiona cambios en los compuestos nitrogenados de las plantas. A consecuencia de lo mencionado anteriormente, el metabolismo del nitrógeno en el rumen varía considerablemente según el tipo de alimento consumido por el animal y bajo qué condiciones se produjo ese alimento (Church, 1980).

### Catabolismo de la Proteína Ingerida

Todo compuesto proteico, al entrar al rumen, tiende a sufrir una degradación a aminoácidos, amoníaco y amidas por acción de los microorganismos ruminales. Estos compuestos resultantes de la degradación sirven de materia prima a los microorganismos ruminales para la síntesis de proteína microbiana. Sin embargo, no todas las proteínas sufren la misma degradación debido a sus propiedades físicas y químicas. Entre éstas podemos mencionar: su peso específico, tamaño de la partícula, nivel de consumo y solubilidad, entre otras, reflejándose en la cantidad de proteína que puede ser metabolizada en el rumen (Church, 1980).

### Actividad Proteolítica

En el rumen existe una gran cantidad de microorganismos que ejercen una acción proteolítica sobre el alimento consumido, entre estos microorganismos podemos citar bacterias y protozoarios, por lo tanto, no existe una actividad proteolítica propia del rumen, sino de los microorganismos (Church, 1980).

La acción ejercida sobre la proteína dietética se puede dividir en dos pasos. Inicialmente las cadenas de proteínas son rotas por hidrólisis de los enlaces peptídicos (proteólisis) dando como resultado péptidos y aminoácidos, y el segundo paso considera la catabolización de aminoácidos a amoníaco y fuentes de carbón (amonificación).

Tanto la proteólisis como la amonificación se ven afectados por el origen de la dieta y el valor del pH. Este último se ha reportado como óptimo para ambos procesos (proteólisis y amonificación) entre los valores de 6 y 7 (Blackburn, 1965; Henderickx y Martin, 1963; Lewis y Emery, 1962).

Bacterias como las especies *Butyrivibrio* sp. y *Selenomonas* sp. aparecen como las poseedoras más potentes en acción proteolítica en el rumen. En estas, la cadena proteica es desdoblada en pequeñas partes por hidrólisis de alguna o de todas sus cadenas peptídicas, este proceso se lleva a cabo en el exterior de la célula bacteriana; los péptidos y aminoácidos resultantes son transportados al interior de la célula bacteriana para ser metabolizados, las proteasas bacterianas se localizan en el exterior de la célula bacteriana para dar un libre acceso al sustrato (Chalupa, 1975).

Las proteasas bacterianas están constituidas por enzimas, las cuales no aparecen sujetas a un control metabólico, por lo tanto, la maquinaria enzimática necesaria para la degradación ruminal puede anticiparse para muchas condiciones dietéticas del animal. Por ejemplo, adicionar urea en la

dieta no tiene efecto en la degradación de la proteína dietética (Orskov *et al.*, 1974).

Las cadenas de proteínas son rotas a más pequeñas - para la hidrolización de los enlaces peptídicos. Este proceso tiene lugar en la superficie de las células bacteriales, resultando péptidos y aminoácidos, siendo éstos transportados al interior de las células; los péptidos son hidrolizados a aminoácidos, los cuales van siendo incorporados a la bacteria o degradados a ácidos grasos volátiles, dióxido de carbono, metano y algunos otros productos de fermentación. Los productos finales de esta degradación son excretados al exterior de la célula (Chalupa, 1975).

Los protozoarios ruminales con mayor acción proteolítica son especies como: *Endotodínina*, *Ysotriobia*, *Endiplo**dina* y *Opheyo**scdex*. El papel de estos protozoarios en el rumen no es muy bien conocido, pero se sabe que estos engolfan y digieren bacterias, partículas de alimento, algunos aminoácidos y bases púricas, siendo la digesta de bacterias la mayor fuente de aminoácidos para el crecimiento de éstos.

La proteólisis toma lugar en la célula del protozoario, si el resultante aminoácido no es incorporado en la proteína protozoaria, éstos son frecuentemente excretados al medio, favoreciendo su degradación (Coleman, 1968).

La mayor actividad amonificadora aparece en las bacterias *Selenomonas rumiantinu*, *Bacteroides ruminocota*, *Megasphaera elsidenii* y *Butyrivrio fibrosolvens*. Existe evidencia

de la acción amonificadora de los protozoarios pero la información es muy limitada. Se puede suponer que la amonificación de los aminoácidos en el rumen es debido a que el amoniaco es la principal fuente nitrogenada para el crecimiento bacteriano, y éste puede ser suministrado por fuentes más económicas de nitrógeno. La primera función de la amonificación tal vez es la producción de ácidos grasos volátiles los cuales se requieren para el crecimiento bacteriano y proporcionar fuentes de nitrógeno a microorganismos (Chalupa, 1975).

#### Degradación Proteica en el rumen

Como se mencionó anteriormente, los compuestos proteicos, al pasar por el rumen, sufren una degradación que convierte parte de ésta a otros metabolitos como amoniaco, ácidos grasos volátiles, dióxido de carbono y otros. Esta degradación es complicada debido a varios factores como la secreción de urea al rumen vía saliva, el amoniaco proveniente de la fracción de la proteína degradada, la absorción de amoniaco y otros compuestos nitrogenados por las paredes del rumen, aunado al reciclamiento de la proteína microbiana (Church, 1980).

Se ha establecido (Satter y Roffler, 1975) como promedio que del 100 por ciento de la proteína ingerida, el 60 por ciento es degradada en el rumen y el 40 restante pasa a ser digerida a la parte posterior del tracto gastrointestinal (Figura 1).

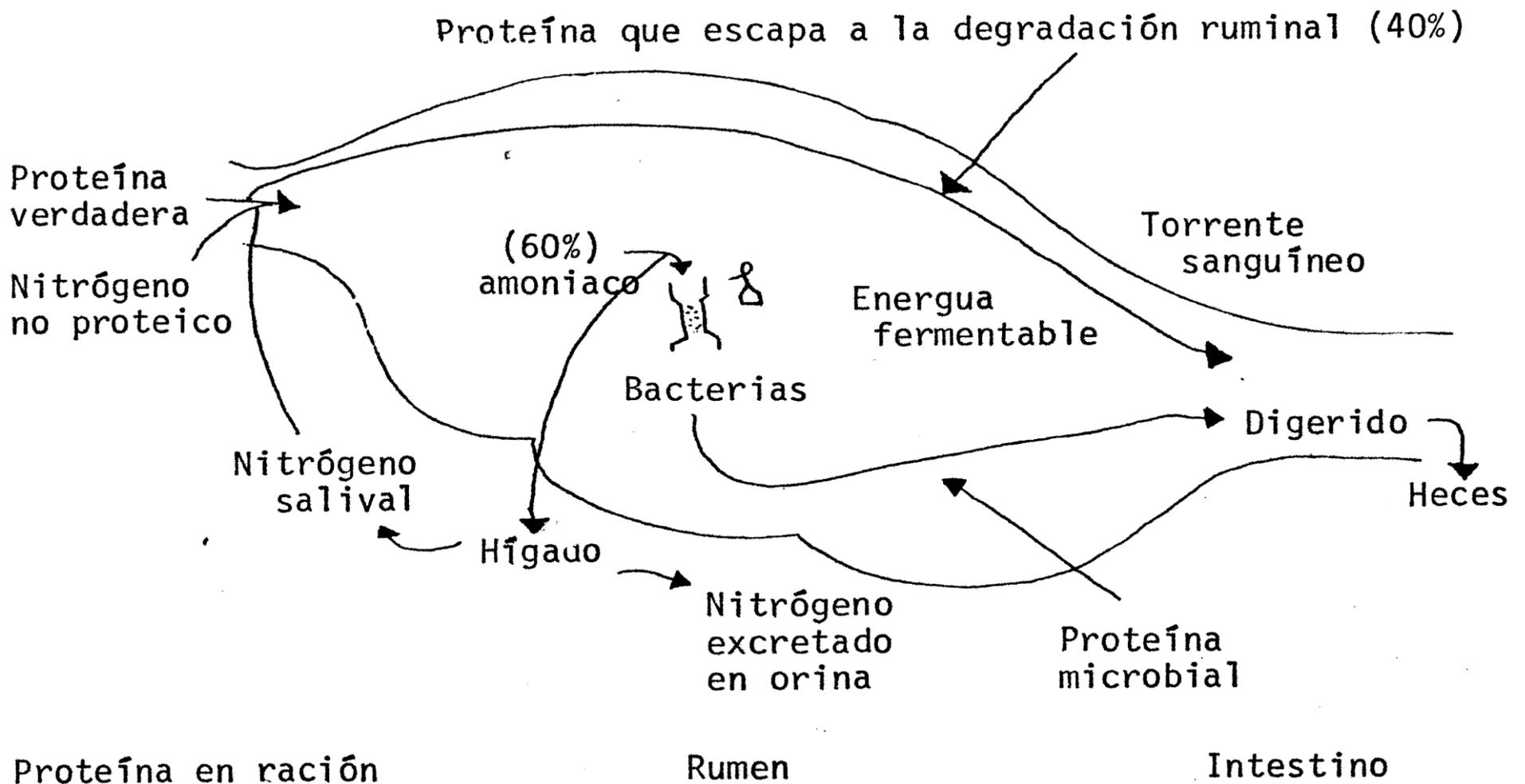


Figura 1. Representación esquemática de la utilización del nitrógeno en el rumen. (Satter y Roffler, 1975).

Cada proteína tiene diferente degradabilidad en el rumen o sea que según el tipo de proteína será su degradación en el rumen. Aprovechando estas características, se han hecho comparaciones entre fuentes proteicas en pruebas de alimentación.

Cañes *et al.* (1984) suplementaron vaquillas en pastoreo utilizando dos fuentes proteicas: harinolina y harina de pescado. Los resultados más satisfactorios en ganancia en peso fue el tratamiento de harina de pescado, relacionándose este resultado a la baja degradabilidad proteica de la harina de pescado.

En otro estudio (Cajal y Gómez, 1985) donde querían determinar el nivel óptimo de inclusión de harina de pescado alimentando vaquillas y novillos, se utilizaron tres niveles: 0.0, 3.0 y 5.0 por ciento, siendo las raciones isoproteicas e isoenergéticas. Se encontró que las ganancias diarias de peso fueron 1.090, 1.186 y 1.270 kg respectivamente, encontrándose un efecto lineal a medida que se incrementaba la cantidad de harina de pescado en la ración, relacionándose estos resultados con la mayor disponibilidad de proteína a nivel intestinal.

Estos trabajos nos dan una idea de la importancia de la degradabilidad proteica en la alimentación de rumiantes, por lo que el sistema convencional de requerimientos, expresado en términos de proteína cruda (P.C.) y proteína cruda digestible (P.C.D.) que han sido usados por muchos años, es inadecuado para satisfacer los requerimientos proteicos en rumiantes. De ahí el interés de nuevos sistemas de alimentación tomando en cuenta la degradación que sufren los alimentos en el rumen. Burroughs *et al.* (1975) proponen los términos de proteína metabolizable (P.M.), aminoácidos metabolizables (AAM) y urea potencialmente fermentable (UPF). Por otro lado, Vérite *et al.* (1979) desarrollaron el sistema de proteína digestible a nivel intestinal (PDI). Asimismo, el Consejo de Investigación Agrícola de Gran Bretaña (ARC, 1980), propone un sistema con términos como proteína degradable en el rumen (RDP) y proteína no degradable, y utiliza el sistema de energía metabolizable (E.M.) en

energía. A cada alimento se le asigna un valor de R.D.P. y U.P.D. estimados en la cantidad de aminoácidos y nitrógeno absorbido en el intestino delgado, ya sea en forma de proteína dietética no degradable, proteína microbiana o secreciones endógenas (Wilson y Strachan, 1982). El problema que presenta este sistema es el de proveer un banco de datos confiable de la degradabilidad de los alimentos.

Wilson y Strachan (1982) ilustran el efecto de un cambio de degradabilidad en un concentrado expresado en términos de RDP y UPD (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de la variación de proteína degradable en el rumen (RDP) y proteína indegradable (UDP) en un concentrado para vacas lecheras.

	R.D.P. (g/d)	U.D.P. (g/d)
Requerimientos	1644	680
Ración 1: 37 kg ensilaje	1114	230
2 kg cebada	158	24
5 kg granos ensilados de cervecería	158	68
6.5 kg de concentrado con 16% de proteína con un 65% de degradabilidad	<u>665</u>	<u>358</u>
	1095	680
Déficit	+ 451	0
Ración 2: 37 kg ensilaje	1114	230
2 kg cebada	158	24
5 kg granos ensilados de cervecería	158	68
6.5 kg de concentrado con 16% de proteína con un 75% de degradabilidad	<u>767</u>	<u>256</u>
	2197	578
Déficit	+ 553	- 102

Wilson y Strachan (1982)

El Cuadro 1 ilustra la importancia de la degradabilidad en alimentos típicos de una ración. Un 10 por ciento que se incremente la degradabilidad de un alimento de 65 a 75 por ciento representa un cambio en la degradación total de un 3 por ciento, decreciendo la proteína sobrepasante (UPD) en 100 g/d.

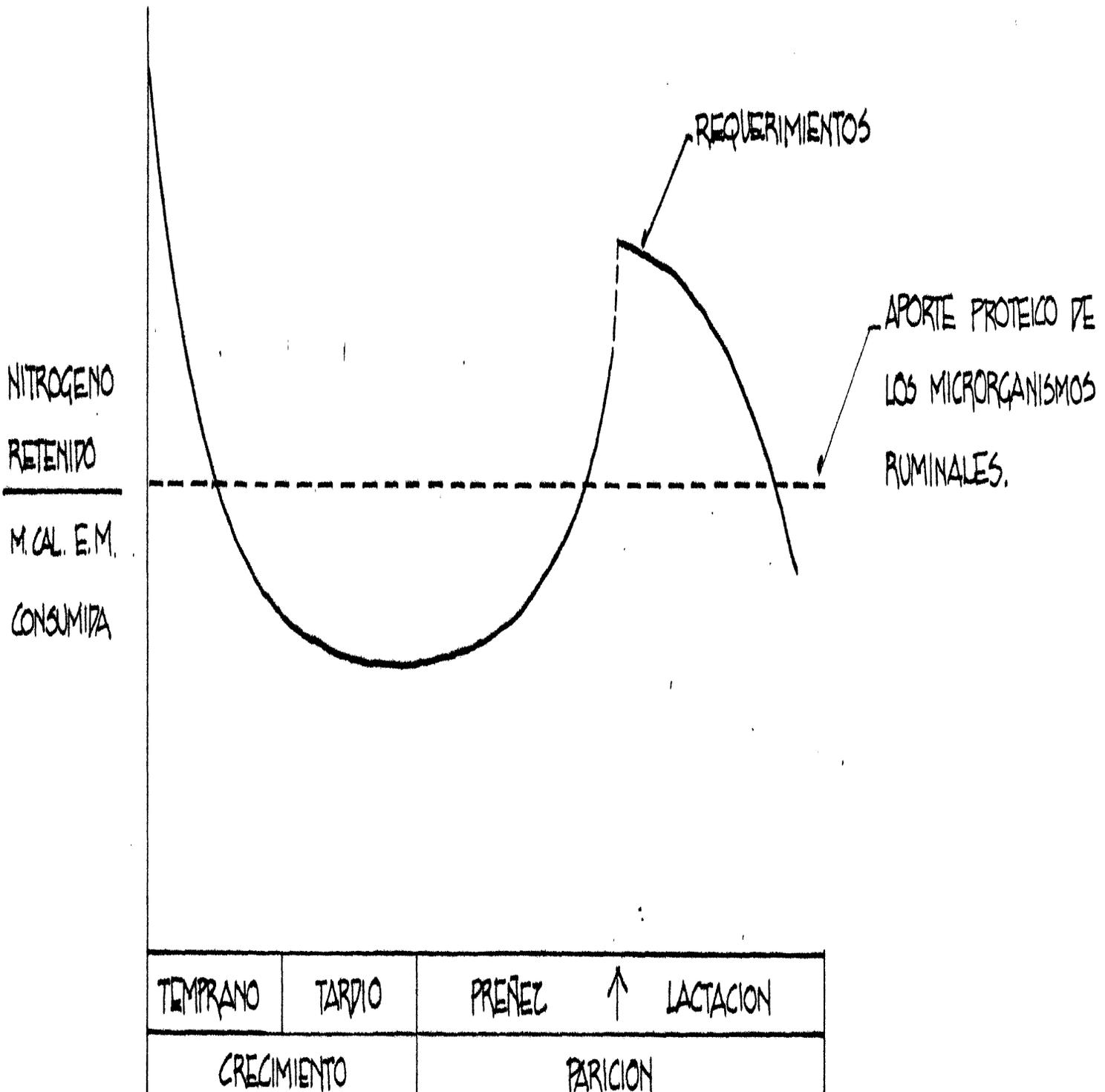
Tamminga (1979) concluye que las fuentes proteicas - relativamente resistentes a la degradación ruminal tienen un valor especial para vacas en lactancia y rumiantes jóvenes - en crecimiento, donde los requerimientos proteicos son altos. (Figura 2).

Orskov *et al.* (1979) determinaron la contribución - máxima de la proteína microbial y la relacionaron con los requerimientos de nitrógeno, el cual, en los animales jóvenes - en crecimiento rápido y vacas altas productoras, no alcanzan a cubrir sus requerimientos con lo proporcionado por la proteína microbial. Dado lo anterior, se recalca la importancia de conocer la degradabilidad que presenta la proteína en el rumen de los alimentos más comunes para lograr su mejor aprovechamiento.

#### Determinación de la Degradación Proteica en el Rumen

Mucha atención se ha puesto en los últimos años en - la investigación de métodos para medir la degradación de la proteína en el rumen, dificultades técnicas, inadecuada documentación de los alimentos en cuanto a su procesamiento y - otros han contribuido a discrepancias en los valores de de--gradabilidad reportados. Esta variación en valores para la -

FIGURA 2. EFECTO DE EDAD Y PRODUCCION, SOBRE LA RETENCION POTENCIAL DE NITROGENO EN RELACION A LA E.M. CONSUMIDA. ORSKOV ET AL (1979).



harina de soya y harina de pescado aparecen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Variación en los valores de degradación proteica de harina de soya y harina de pescado *in vivo*.

Suplemento proteico	Proporción de proteína degradable en el rumen	Animal	Autor
Harina de soya	.39	borrego	Hume (1974)
Harina de soya	.43	borrego	Ling y Buttery (1978)
Harina de soya	.55	borrego	Miller (1973)
Harina de soya	.75	bovino	Brett <i>et al.</i> (1979)
Harina de pescado	.29	borrego	Hume (1974)
Harina de pescado blanco	.38	borrego	Ling y Buttery (1978)
Harina de pescado peruano	.31	borrego	Miller (1973)
Harina de pescado	.67	bovino	Hagemeister y Kaufman (1974)
Harina de pescado	a)		
	b)	borrego	Mehrez y Orskov (1980)
	c)		
	d)		
Wilson y Strachan (1982)			

Por lo que según Wilson y Strachan (1982) el método para estimar degradabilidad debe de tomar los siguientes puntos:

- Que los valores sean estimados bajo situaciones prácticas de alimentación.

- Que tenga la suficiente sensibilidad.

- Que tenga suficientes repeticiones bajo cada tiempo que permita una continua comparación entre alimentos.

- Estimación de un gran número de alimentos para formar un registro.

Se pueden agrupar en tres los métodos disponibles - para determinar la degradación proteica: métodos *in vivo*, - *in situ* e *in vitro*.

Los métodos *in vivo* se basan en una determinación - de los contenidos intestinales (abomaso y duodeno), combinados con el uso de marcadores microbianos, que permitan hacer la estimación de la proteína total que entra al abomaso. Haciendo esta determinación se conoce la proteína microbiana estimada por los marcadores endógenos tales como el ácido - diaminopimelico (D.A.P.A.), el cual es componente de la pared celular de las bacterias, el azufre 35 ( $S^{35}$ ) que es tomado por los microorganismos en soluciones inorgánicas salinas, que se vacían al rumen. Con esta técnica se estima la proteína que pasa al rumen sin degradar, después de sustraer la contribución microbiana de nitrógeno y haciendo una corrección para el nitrógeno endógeno. Sin embargo, Siddons - *et al.* (1979) encontraron variación en las estimaciones de proteína microbiana usando diferente marcador. Santos *et al.* (1982) usaron D.A.P.A. como marcador microbiano en vacas lecheras y determinaron la degradación proteica en el rumen de varios suplementos proteicos en la dieta; harina de soya, - 70 por ciento; harina de gluten de maíz, 45 por ciento; granos de cervecera, 52 por ciento y granos secos de destilería, 40 por ciento. Concluyeron que todas las dietas, menos la que contenía harina de soya, proporcionan suficientes - aminoácidos a nivel intestinal, debido a una mayor resistencia a la degradación microbiana.

Stern *et al.* (1983) usando como marcador microbial - ácido cromoetilendiaminotetracético (Cr-EDTA) en vacas leche ras, determinaron la degradación de la harina de gluten de - maíz. Tuvieron que el  $57 \pm 11.1$  por ciento de la harina de - gluten de maíz sin degradar, siendo la lisina el aminoácido que presentó más degradación ruminal  $62 \pm 10.8$  por ciento.

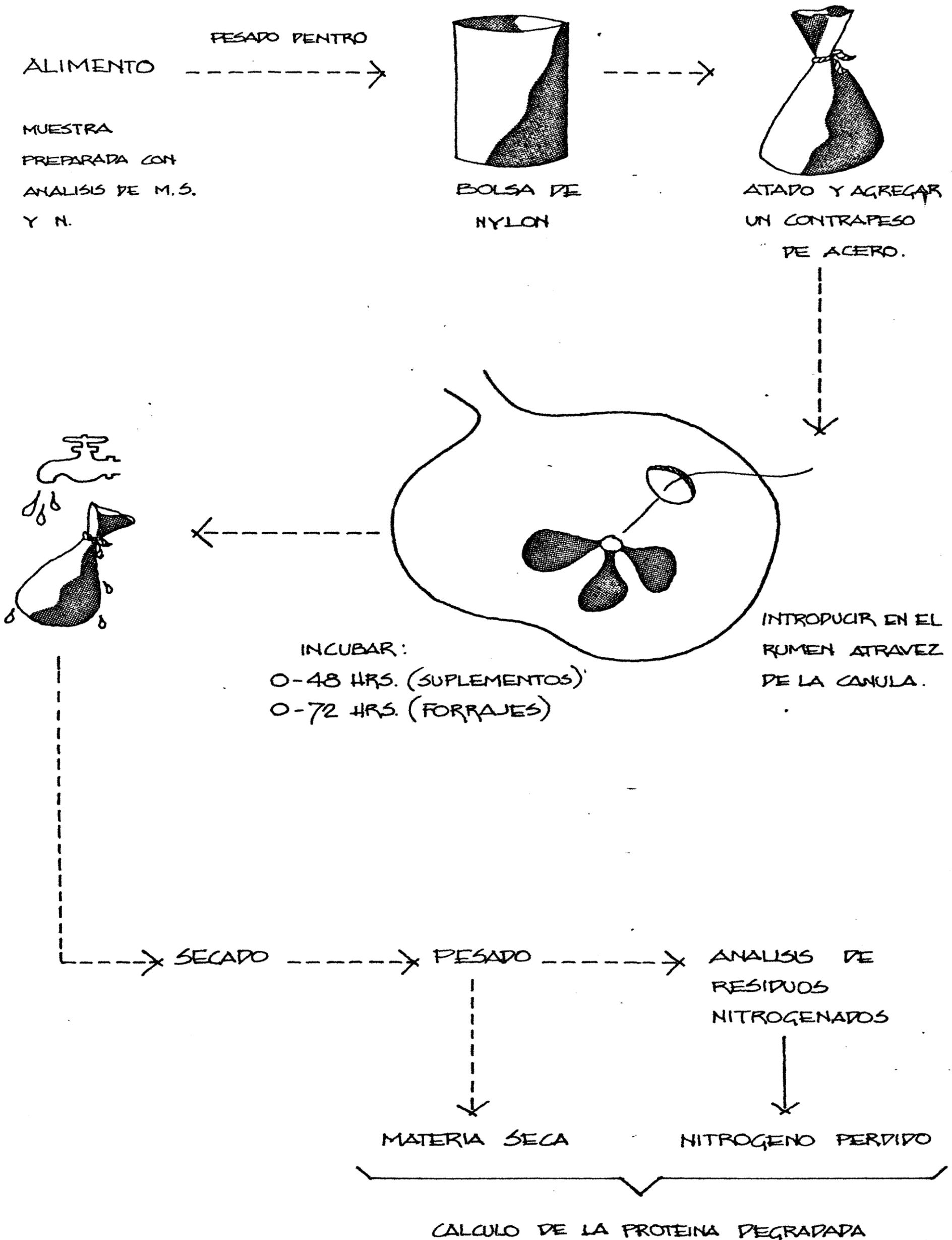
Algunos inconvenientes de utilizar esta técnica son: los valores para la estimación de la proteína obtenida en - una determinación del fluido post ruminal son aplicables sólo en condiciones particulares de alimentación bajo las cuales fueron determinadas. Un cambio en el nivel de alimenta - ción altera el rango de salida del contenido ruminal y de - ahí la efectiva degradación en el rumen. No provee informa - ción de los rangos de degradación y el tiempo de retención - en el rumen, agregando que es muy costoso y difícil de mane - jar (Wilson y Strachan, 1982).

El método *in situ* se basa en el mismo principio que es usado en la digestibilidad. Esta técnica fue desarrollada por Balch (1950) para determinar digestibilidad de forrajes usando bolsas de nylon, pero la posibilidad de aplicarse es - te método a la determinación de la degradabilidad proteica - fue perfeccionado por Orskov y Mehrez (1977) y posteriormen - te usada por varios investigadores (Mathers y Miller, 1977; Mohamed y Smith, 1977)(Figura 3).

Orskov y Mehrez (1977) proponen para estandarizar -

FIGURA 3.

TECNICA IN SITU PARA LA DETERMINACION DE LA DEGRADABILIDAD PROTEICA EN EL RUMEN. WILSON Y STRACHAN (1982).



Los resultados con este método, tener en cuenta lo siguiente: una área de bolsa menor a 50 cm<sup>2</sup>, adecuada longitud de la cuerda que va de la cánula a la bolsa (25 cm en borregos y 50 cm en bovinos), poro de la fibra sintética dentro del rango de 30-100 μ para prevenir la acumulación de gas que causa que la bolsa flote sobre el líquido ruminal y se inhiba la degradación, las condiciones ruminales deben ser estables para que no limiten la degradación.

Orskov *et al.* (1979) relacionan esta técnica con la velocidad de paso del alimento por el tracto gastrointestinal concluyendo en la fórmula siguiente:

$$p = a + b(1 - c^{-ct})$$

donde: p es el porcentaje de desaparición de nitrógeno; t, tiempo de incubación, y a, b y c son rangos particulares de velocidad de paso de cada tipo de proteína y dieta (a es interpretada como fracción altamente soluble, y b y c, como fracciones sujetas a la degradación) proporcionando una determinación de la degradación más exacta.

Otro estudio (Zinn *et al.*, 1981) en el que se determinó la degradabilidad proteica de 6 raciones con diferente fuente proteica y dos niveles de consumo utilizando esta técnica, se obtuvieron los siguientes resultados: cuando la caseína, la pasta de soya, la harinolina y la harina de gluten de maíz fueron suplementados en la dieta de vacas lecheras con un consumo de 3000 g/día, la estimación de la degradación ruminal fue 103, 85, 76 y 54 por ciento respectiva -

mente.

Cuando la harina de soya, harinolina, harina de lino, harina de gluten de maíz y harina de hueso fueron suplementadas en la dieta con un consumo de 4000 g/día, la estimación de la degradabilidad ruminal fue de 82, 39, 56 y 30 por ciento respectivamente, habiéndose encontrado cambios en la degradación de suplementos proteicos debido al efecto del nivel de consumo.

Utilizando esta técnica, Bores y Castellanos (1983) determinaron la degradación proteica de varios suplementos proteicos utilizando borregos que consumían pulpa de henequén, y concluyen que los suplementos más apropiados para rumiantes que consumen pulpa de henequén son harina de pescado, pasta de soya y eventualmente harinolina (Cuadro 3).

Las proteínas más degradadas en el rumen fueron las de pasta de cártamo, de girasol y la gallinaza. La harinolina guardó una distancia media entre los suplementos rápidamente degradados y los más lentamente degradados, siendo la pasta de soya y la harina de pescado los menos degradados.

Gómez *et al.* (1983) al utilizar esta misma técnica, y la ecuación propuesta por Orskov *et al.* (1979), determinaron la degradación proteica en el rumen de varios suplementos proteicos comunes en México, reportándolos en el Cuadro 4. Los valores se presentan en términos de proteína degradable en el rumen (P.D.R.) y proteína sobrepasante del rumen (P.S.P.). Los productos que mayor cantidad de P.S.P.-

mente.

Cuando la harina de soya, harinolina, harina de lino, harina de gluten de maíz y harina de hueso fueron suplementadas en la dieta con un consumo de 4000 g/día, la estimación de la degradabilidad ruminal fue de 82, 39, 56 y 30 por ciento respectivamente, habiéndose encontrado cambios en la degradación de suplementos proteicos debido al efecto del nivel de consumo.

Utilizando esta técnica, Bores y Castellanos (1983) determinaron la degradación proteica de varios suplementos proteicos utilizando borregos que consumían pulpa de henequén, y concluyen que los suplementos más apropiados para rumiantes que consumen pulpa de henequén son harina de pescado, pasta de soya y eventualmente harinolina (Cuadro 3).

Las proteínas más degradadas en el rumen fueron las de pasta de cártamo, de girasol y la gallinaza. La harinolina guardó una distancia media entre los suplementos rápidamente degradados y los más lentamente degradados, siendo la pasta de soya y la harina de pescado los menos degradados.

Gómez *et al.* (1983) al utilizar esta misma técnica, y la ecuación propuesta por Orskov *et al.* (1979), determinaron la degradación proteica en el rumen de varios suplementos proteicos comunes en México, reportándolos en el Cuadro 4. Los valores se presentan en términos de proteína degradable en el rumen (P.D.R.) y proteína sobrepasante del rumen (P.S.P.). Los productos que mayor cantidad de P.S.P.-

Cuadro 3. Evolución de la desaparición en porcentaje de la materia seca (a) y de la proteína cruda (b) de suplementos depositados en el rumen de ovinos consumiendo pulpa de henequén

Proteína cruda (% bs)	h. pescado		p. soya		harinolina		gallinaza		p. cártamo		p. girasol	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
% Pérdida tiempo cero	8.9	23.8	13.9	9.9	6.0	12.5	7.8	2.8	8.5	8.5	4.7	16.8
3 bs	36.2	47.5	35.4	35.4	38.7	52.1	43.1	56.4	24.8	61.2	37.2	58.7
6 "	37.7	49.5	46.5	46.4	46.6	57.4	50.2	61.5	30.3	11.5	45.9	70.7
9 "	38.1	51.3	56.5	56.5	51.3	61.7	50.8	63.6	32.7	78.6	53.8	88.2
12 "	39.0	52.5	60.5	60.5	62.6	68.7	58.4	69.9	33.9	80.2	55.7	90.0
24 "	40.9	54.0	79.9	90.3	65.3	85.2	62.3	74.6	36.2	82.8	59.0	92.2
48 "	42.6	54.1	82.2	93.1	66.2	88.2	65.2	75.3	38.8	81.8	59.0	93.4

bs = base seca

Bores y Castellanos (1983)

Cuadro 4. Contenido de proteína cruda (P.C.), proteína degradable en el rumen (P.D.R.), proteína sobrepasante del rumen (P.S.P.) y proteína insoluble (P.I) de los diferentes suplementos proteicos estudiados.

Suplemento	P.C.	P.D.R. <sup>2</sup> %	P.S.P. <sup>2</sup>	P.I.
Harinolina	44.3	48.8	47.1	4.1
Pasta de soya I	50.9	63.2	35.7	1.1
Pasta de soya II	52.0	70.2	29.0	.8
Pasta de cártamo	29.8	60.5	33.7	5.8
Pasta de nabo	42.2	69.0	28.7	2.4
Pasta de girasol	30.4	63.1	31.9	5.0
Harina de pescado	68.2	25.3	73.4	1.3
Harina de sangre	88.1	10.7	84.8	4.5
Harina de carne	53.2	62.0	34.1	3.9
Alfalfa henificada	16.0	60.8	33.2	6.0
Pulido de arroz	14.5	47.5	44.3	8.2
Salvado de trigo	18.0	69.4	27.3	3.3

Los valores se expresan como equivalente de proteína cruda (r 6.25) como porcentaje del total de la proteína cruda

<sup>2</sup> Obtenidos en base a un tiempo medio de retención de 8 hr.

pueden aportar son las harinas de sangre y las de pescado, - mientras que el salvado de trigo es el que menos P.S.P. ofrece, siendo intermedios todos los demás suplementos.

Errores en la determinación de la degradabilidad proteica son debido a varios factores como el tamaño de la bolsa, el tamaño de la partícula del alimento, el nivel de consumo y la proporción de evacuación, aunando los problemas con el lavado, haciendo difícil establecer una comparación entre los datos obtenidos en diferentes experimentos (Wilson y Strachan, 1982). Se proponen varias estandarizaciones; Horton y Miller (1977) sugieren como tiempo de incubación de 6 - 4 hr, Orskov y Mehrez (1977) sugieren determinar como degradaciones total cuando el 90 por ciento de la M.S. digestible desaparece de la bolsa; una tercera posible calcula una constante de desaparición con logaritmos de la proporción de nitrógeno que queda como residuo en la bolsa (Mohammed y Smith, 1977).

(Experiencias ganadas con varias metodologías indican que el método *in situ* es lo más viable para determinar degradación de las proteínas en el rumen (A.R.C., 1980).

Las técnicas *in vitro* tienen como principio similar las condiciones ruminales en las que ocurren la degradación proteica haciendo uso del laboratorio. Métodos tales como la medición de moniaco y la liberación del alfa amino nitrógeno en incubación con inóculos de rumen (Cerkawski, 1978) apa -

recen muy atractivos por las facilidades que presentan, sin embargo tienen inconvenientes, como rangos de degradación no muy confiables, la variación en la asimilación microbial del amoníaco resultante de diferentes contenidos de energía contenida en los alimentos, no pudiéndose correlacionar con las observaciones *in vivo*. Otro tipo de estas técnicas es basada en la evaluación de la solubilidad de proteína, ya que por lo general las proteínas deben ser solubilizadas para la proteólisis por los microorganismos del rumen.

En los forrajes, la proteína soluble es prácticamente N.N.P. en tanto que en los granos y pastas de oleaginosas tienen importantes proteínas verdaderas en la fracción soluble (Van Soest, 1982).

Tanto la albúmina como la globulina son solubles en agua y soluciones salinas mientras que las proteínas y glutelinas son solubles en soluciones ácidas y alcohol (Van Soest, 1982).

La solubilidad en el agua es la técnica más simple, pero solamente pueden extraerse componentes del nitrógeno no proteico. Las solubilidades en los amortiguadores tales como el amortiguador diluido de Burrough, el fluido del rumen esterilizado en autoclave, la saliva artificial de MacDouglas y el NaCl .15N, están más estrechamente relacionados con la degradación proteica ruminal como se ha determinado a través de la técnica *in situ* de la bolsa de dacrón (Crawford *et al.*, 1978; Crooker, *et al.*, 1978). Las correlaciones

entre la solubilidad y la capacidad de degradabilidad ruminal van de  $r = 0.54$  a  $0.84$ .

Recientemente, los investigadores han intentado combinar la solubilidad y la degradabilidad proteica *in vitro* utilizando enzimas proteolíticas comercialmente obtenibles para estimar la degradabilidad ruminal de las proteínas. Las preparaciones de proteasa de *Streptomyces griseus* (Nocek *et al.*, 1983), *Aspergillus oryzae* (Poos *et al.*, 1980), *Bacteroides amylophylona* (Mahadevan *et al.*, 1980) y *Ficus glabrata* - (ficin) (Rock *et al.*, 1981) son ejemplos de productos de enzimas utilizados para evaluar la degradabilidad proteica *in vitro*. La degradabilidad con ficin mostró la mejor correlación ( $r = 0.87$ ) con los valores conocidos de escape ruminal para varios alimentos (Rock *et al.*, 1981). El coeficiente de correlación más alto ( $r = 0.90$ ) fue para la pasta de soya, el gluten de maíz, la harina de sangre, la alfalfa seca deshidratada y los granos de destilería.

Este método puede sustituir a los anteriores en un futuro, cuando se perfeccione, ya que se puede aplicar a muchas fuentes alimenticias, más económico y más rápido, aunque no precisamente más fiel que la técnica *in situ* - (Schingoethe, 1984).

#### Alteración de la Degradabilidad Proteica en el Rumen y sus Limitaciones

Estudios sobre la digestión realizados con rumiantes, han confirmado los resultados *in vitro* en el sentido -

de que la degradabilidad proteica de un ingrediente puede modificarse, modificando la solubilidad de las proteínas (Smith, 1980). La degradación proteica se puede disminuir por diferentes métodos; seleccionando un ingrediente de baja degradabilidad, tratamiento con calor y tratamiento químico.

### Selección de un Ingrediente de Baja Degradabilidad

Es sencillo, consiste en alimentar animales con dietas que contengan proteínas menos solubles o más lentamente degradables en el rumen, con lo que a través de selección de ingredientes, las características de la degradabilidad de las raciones pueden alterarse.

Wohlt *et al.* (1978) formularon dietas que contenían diferente degradabilidad utilizando alimentos comunes y métodos de programación lineal. Las dietas con degradabilidad baja contenían granos de cervecería, germen de maíz y subproductos de sémola de maíz. Los resultados de este estudio indicaron que los corderos alimentados con dietas más altas en proteínas degradables tenían valores más altos de consumo de agua, volumen de orina, excreción de nitrógeno úrico, amoníaco ruminal y concentración de urea en el plasma (Cuadro 5).

No se observaron diferencias en aumentos diarios entre los tratamientos. Esto puede ser debido al hecho de que los corderos fueron alimentados *ad libitum* y en exceso de sus necesidades proteicas.

Otros investigadores han evaluado la producción le -

chera, cuando las vacas fueron alimentadas con dietas que diferían en degradabilidad proteica. La producción se incrementó en algunos experimentos (Aitcheson *et al.*, 1976; Braund *et al.*, 1978; Foster *et al.*, 1983; Herrington *et al.*, 1983). En algunos casos no hubo respuesta, los requerimientos proteicos no pudieron ser lo suficientemente altos como para no haber sido cubiertos por la proteína aportada por la síntesis microbiana.

Cuadro 5. Efecto de la degradabilidad proteica en el consumo de alimento y en la conversión alimenticia.

Degradabilidad proteica de la ración	Baja	Alta
Consumo alimenticio g/kg	62.8	70.8
Energía total kcal/kg	284.7	314.6
Nitrógeno g/kg	1.6	1.7
Agua ml/kg	72.7	137.5
Volumen de orina, ml/kg	46.3	85.4
Aumento diario, g	102.4	101.8

Wohlt *et al.*, 1978

#### Tratamiento con calor

El calor es comunmente utilizado en la extracción y preparación de alimentos para los rumiantes y esto tiene ventajas nutricionalmente hablando. Este método ofrece la posibilidad de reducir la degradabilidad proteica sin disminuir substancialmente la calidad de la proteína, sin correr el riesgo de que existan residuos químicos en crema o leche, ya que la proteína se hace más insoluble porque coagula las

proteínas; las fracciones proteicas más solubles de albúmina y globulina se coagulan con calentamiento, mientras que el calentamiento tiene menos efecto en las fracciones de prolamina y gluteína. Como las fracciones de albúmina y globulina son generalmente de calidad más alta, el calentamiento mejora la utilización proteica en el rumiante, reduciendo las pérdidas proteicas del rumen, mejorando la calidad de la proteína que pasa al rumen (Smith, 1980).

Se han utilizado varios métodos de aplicación de calor adicional a los suplementos proteicos. En varios estudios realizados por Huber y Kung (1981), Kung *et al.* (1983) y Thomas *et al.* (1979) se usó el calor en horno de ventilación forzada, aunque este método podría no ser práctico a gran escala. Mientras que con las estufas que se usan generalmente para procesar con alto contenido de grasa como la soya, se obtuvieron resultados favorables cuando se suministra pasta de soya utilizando vacas lactantes (Sahlu *et al.*, 1984).

Los incrementos en la producción fueron mayores durante los primeros meses de lactación y en vacas altas productoras.

Otros estudios sobre el crecimiento de borregos alimentados con dietas tratadas con calor (Thomas *et al.*, 1979) demuestran que aumentos y eficiencias altas con dietas semipurificadas que contenían pastas de oleaginosas extraídas por hexano frío, mejoraron con calentamiento en autoclave de la fuente proteica por 45 minutos.

Cuadro 6. Comportamiento de corderos alimentados con harinas procesadas con calor.

	Harina de soya		Harina de algodón	
	Sin calor	Procesada* con calor	Sin calor	Procesada* con calor
Aumento diario, kg	0.03	0.09	0.05	0.07
Consumo, kg	0.77	0.77	0.77	0.73
Alimento/aumento	25.70	8.60	15.40	10.40

\* calentada en autoclave por 45 minutos

Thomas *et al.* 1979.

Aunque el calentamiento puede tener un efecto benéfico en la utilización proteica, el calentamiento en exceso puede causar la formación de complejos no digestibles de azúcar-proteína. Estos productos no se digieren y se excretan en las heces. Por lo tanto, es necesario tener un control adecuado de la temperatura, humedad y del desecamiento, ya que el calentamiento de proteínas con humedad disminuye la degradabilidad, mientras que al mismo tiempo reduce al grado mínimo la posibilidad de daño por calor (Smith, 1980).

### Tratamiento Químico

Muchos que se dedican a la producción de leche y carne no pueden darse el lujo de seleccionar un ingrediente de baja degradabilidad ruminal. Algunos ingredientes como granos y forrajes que se utilizan, se limitan a lo que está disponible en la región, y la selección entre suplementos puede ser muy limitada. La degradabilidad de la proteína se puede disminuir tratando los suplementos con algo que reduzca ésta y permita que sea digerida en la parte baja del intestino, -

Los productos químicos como aldehidos, alcoholes o taninos son métodos disponibles para reducir la degradación proteica ruminalmente.

El tratamiento con formaldehido a un concentrado proteico de suero de leche (Minson, 1981) que es de las proteínas disponibles de más alta calidad, dio como resultado un incremento en la producción lechera de un 14 por ciento.

La alimentación con caseína tratada con formaldehido dio resultados pequeños en el incremento en la producción, de 2 a 10 por ciento, pero consistentes en la producción (Broderick y Lane, 1978).

Otros estudios (Schmidt *et al.*, 1973) demuestran que alimentando corderos con pasta de soya tratada con formaldehido, mejoró los aumentos de peso vivo del 19 al 31 por ciento y las conversiones alimenticias del 16 al 20 por ciento en comparación con los animales que recibieron torta de soya sin tratar (Cuadro 7).

Cuadro 7. Tratamiento de la torta de soya con formaldehido

	Tratamientos		
	Torta de soya no tratada	Tratamiento con 0.4% formaldehído	Tratamiento con 0.6% formaldehído
Alimento diario, kg	6.7	6.8	7.0
Aumento diario, kg	.74	.88	.98
Alimento/aumento	9.0	7.6	7.2
Costo del alimento/kg de aumento	81.00	68.00	66.00

Schmidt *et al.*, 1973

El tratamiento de forraje ensilado con ácido fórmico generalmente mejora el valor alimenticio del ensilado (Huber y Kung 1981; Waldo, 1977); la proteólisis se reduce durante el ensilado, disminuyendo pérdidas de nitrógeno por fermentación y conservando más las proteínas del forraje para el consumo del animal.

Existen otros tipos de tratamientos químicos como el uso de taninos, éstos contienen grupos hidroxifenólicos capaces de formar eslabones en cruz entre las proteínas y otras moléculas (Smith, 1980). Los taninos existen en forma natural y se presentan en organelos dentro del citoplasma de las plantas, estas reaccionan con las proteínas extracelulares en la ruptura de la célula (Ferguson, 1975), así, el contenido de los taninos en algunos forrajes, cuando menos puede dar cuenta parcial de las diferencias de la capacidad de degradación ruminal de la proteína.

Driedger y Hatfield (1972) observaron que al añadir 10 por ciento de tanino a la pasta de soya, disminuía un 20 por ciento la desaminación *in vitro* e incrementaba el peso, la eficiencia alimenticia y la retención de nitrógeno en borregos.

También se pueden utilizar tratamientos de alcohol para incrementar la cantidad de proteína que escapa a la degradación ruminal, cuando esos se administran a dietas proteicas (Van der Aar *et al.* 1982).

El isopropanol y el propanol tienden a ser más efi-

caces que el etanol para reducir la desaparición de nitrógeno de las bolsas de nylon durante la digestión *in situ* (Smith, 1980).

Todos los métodos mencionados nos sirven para disminuir la degradabilidad proteica en el rumen, pero hasta un cierto punto, dependiendo del método utilizado y el tipo de suplemento proteico (Schingoethe, 1984).

### Limitaciones de la Proteína de Escape

Se deben tener en consideración varios puntos importantes al utilizar los beneficios potenciales del incremento de la no degradación (proteínas de escape):

- Requerimientos proteicos del animal.
- Cantidad de proteína cruda degradable en el rumen, disponible para los microorganismos ruminales.
- Calidad de la proteína no degradable en el rumen o de escape.

Probablemente sólo se beneficien con el incremento de proteína de escape, los animales que requieren más proteínas que la que puede proporcionar la síntesis de proteína microbiana ruminal y la cantidad de proteínas alimenticias naturales que normalmente se escapan del rumen. Es así que solamente vacas de gran producción, especialmente a principios de lactancia, el ganado ovino y bovino de rápido crecimiento, se beneficiarían con un incremento de la proteína -

de escape.

Cuando se incrementa la proporción de proteínas resistentes a la degradación ruminal, se debe proporcionar suficiente proteína cruda y energía para asegurarse de que continúe la síntesis óptima de la proteína microbiana ruminal. De no hacerse así, la proteína de escape incrementada puede equilibrarse con una disminución similar en la proteína microbiana que se presente en la parte baja del tracto digestivo, sin que haya incremento neto de la proteína utilizada por el animal (Schingoethe, 1984).

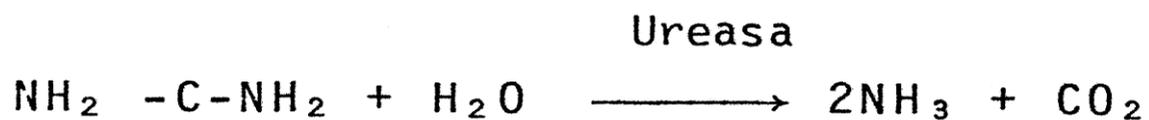
Sin embargo, si se incrementa la cantidad de proteína que escapa a la degradación ruminal, pero esta proteína de escape es todavía más deficiente en los aminoácidos más limitantes, no se logra un aumento en la producción animal. El contenido de aminoácidos de algunas proteínas de escape potenciales puede llegar a ser suficientemente deficiente en aminoácidos esenciales como para lograr tener un valor mínimo (Smith, 1980). Sin embargo, la composición aminoácida total de la fuente de proteínas alimenticias no es necesariamente representativa de la composición aminoácida de la fracción potencial de escape de esa fuente alimenticia (Mac Gregor *et al.*, 1978; Sahlú *et al.*, 1984; Schingoethe, 1984), por lo que hay que tomar en cuenta estos aspectos, ya que la composición aminoácida de los microbios del rumen permanece relativamente constante.

## Compuestos Nitrogenados no Proteicos

Como se mencionó anteriormente, el nitrógeno no proteico (N.N.P.) son compuestos que no son proteínas, pero que en su estructura contienen nitrógeno. En la dieta del rumiante podemos encontrar urea, biruet y dianocianinas comúnmente, pero dentro del rumen, según Leng y Nolan (1984), péptidos, aminoácidos, materiales misceláneos de nitrógeno soluble, nitrógeno gaseoso y protozoarios, siendo éstos convertidos hasta amoniaco (Van Soest, 1982).

Por lo anterior, el amoniaco es el principal compuesto nitrogenado en el rumen, además de ser la principal materia prima para el crecimiento bacteriano.

Una característica del N.N.P. es su gran degradabilidad y como resultado de ello, su fácil conversión en amoniaco. La presencia de ureasa bacteriana degrada rápidamente a la urea en CO<sub>2</sub> y amoniaco.

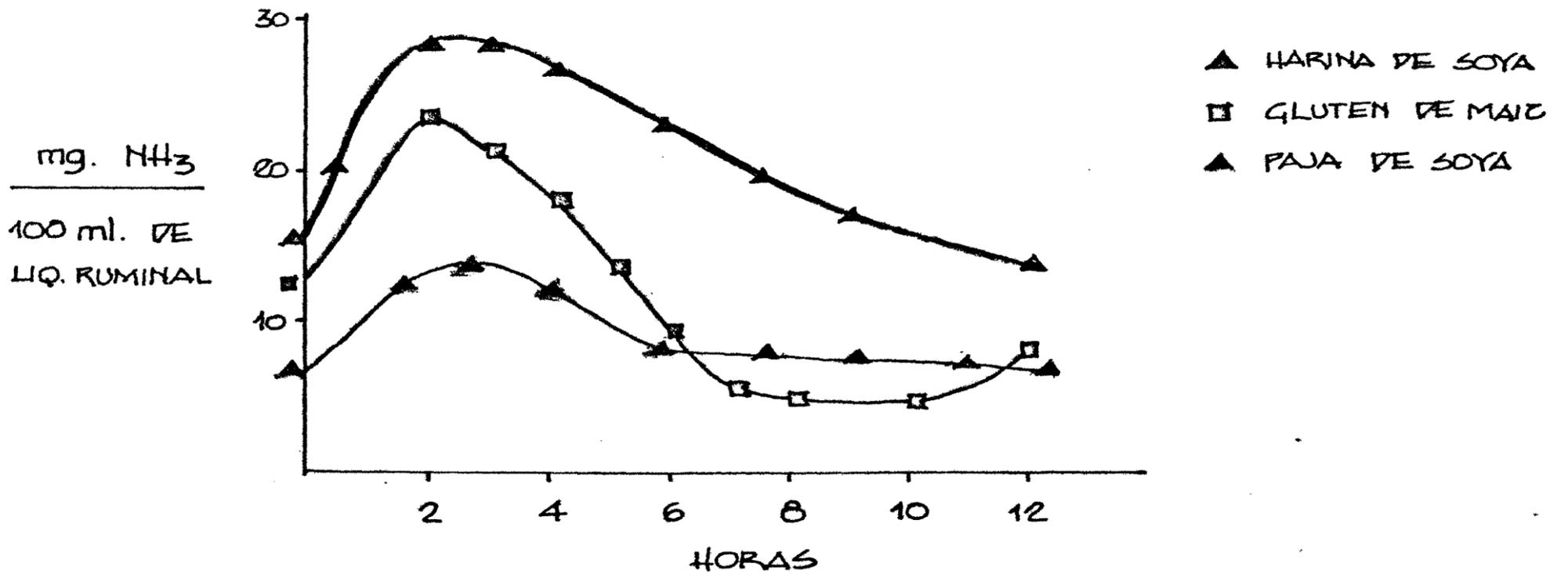


El suministro de amoniaco en las raciones normales es el factor determinante en lo que se refiere a los requerimientos de nitrógeno de las bacterias (Kaufman, 1983).

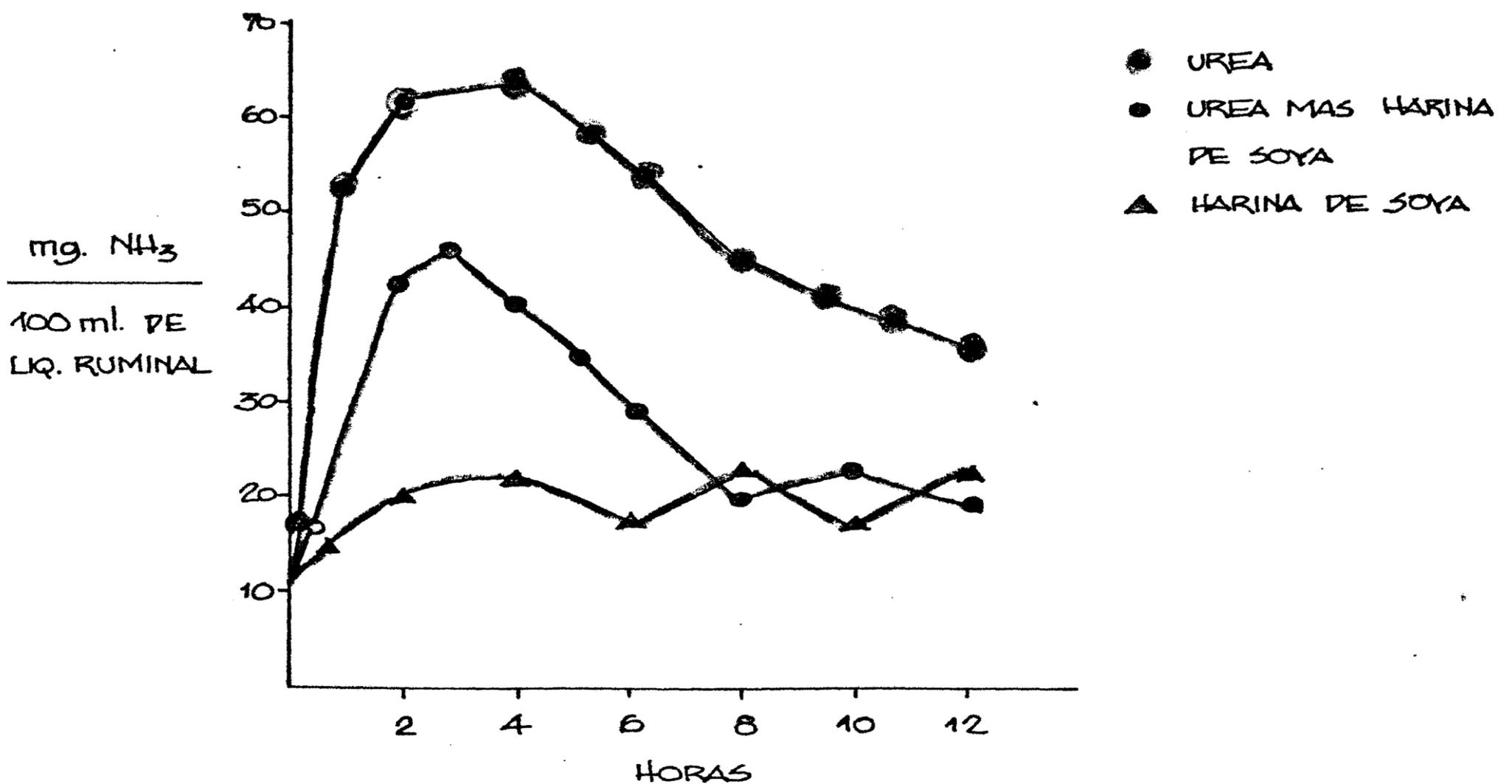
La cantidad de amoniaco presente en el rumen varía con la cantidad y degradabilidad de la proteína en la dieta y lo extenso de la entrada del nitrógeno endógeno. En la Figura 4 se observan las diferencias en la concentración de amoniaco en el líquido ruminal con diferentes fuentes pro -

FIGURA 4. EFECTO DE VARIAS FUENTES DE NITROGENO SOBRE LA CONCENTRACION DE  $\text{NH}_3$  EN EL RUMEN. DAVIS Y STALLCUP (1967).

A) CONCENTRACION DE  $\text{NH}_3$  DE HARINA DE SOYA, GLUTEN DE MAIZ Y PAJA DE SOYA EN EL RUMEN DE NOVILLOS.



B) CONCENTRACION DE  $\text{NH}_3$  DE UREA, UREA MAS HARINA DE SOYA Y HARINA DE SOYA EN EL RUMEN DE NOVILLOS.



teicas.

Al comparar la pasta de soya, gluten de maíz y paja de soya, se puede observar como la pasta de soya produce las más altas concentraciones de amoniaco, luego, al comparar la urea, urea más pasta de soya y pasta de soya, se observa que el amoniaco producido durante la degradación de las proteínas no representa una pérdida para el animal siendo éste utilizado por los microorganismos ruminales para sintetizar aminoácidos, sin embargo, éstos tienen una capacidad limitada para utilizar el amoniaco. Según Gergen (1979), gran parte de la energía metabólica disponible para los microorganismos ruminales, está en función directa de la fermentación de los carbohidratos por los microorganismos. El amoniaco producido por fuentes de NNP en el alimento, es utilizado similarmente, sin embargo, existen límites superiores a la síntesis de proteína microbial. Este límite según Satter y Roffler (1975), es cuando la concentración de amoniaco en líquido ruminal es de 5 mg/100 ml de líquido ruminal, a partir de esta concentración no hay efecto en la producción de proteína microbial, esta concentración se alcanza cuando la ración tiene más del 13 por ciento de proteína cruda, por lo que agregar NNP a estas raciones no es recomendable.

## MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se desarrolló en la unidad metabólica y laboratorio del Departamento de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en Buena vista, Saltillo, Coahuila. Sus coordenadas geográficas son de  $25^{\circ}22'$  de latitud norte y  $101^{\circ}01'$  de longitud oeste, con una altitud de 1742 msnm, su temperatura media anual es de  $19.8^{\circ}\text{C}$ , con una precipitación promedio de 293 mm y un clima seco estepario (Bw) (Mendoza, 1979).

Se emplearon tres raciones, mismas que fueron balanceadas isoproteicamente e isoenergéticamente según NRC (1975) para ovinos, las cuales se calcularon para diferentes proporciones de proteína degradable/no degradable, en base a datos de degradación reportados por Chapula (1975), las cuales se presentan en el Cuadro 8.

Se utilizó un torete criollo fistulado ruminalmente, de aproximadamente 300 kg de peso, el cual fue alojado en una corraleta individual donde se le proporcionó agua y alimento (8 kg/MS al día) por una semana, como período de adaptación a las raciones 1 y 3 (no se utilizó la ración 2 por -

Cuadro 8. Composición de las raciones 1, 2 y 3

Ingredientes	R a c i o n e s		
	1 60/40a	2 50/50 <sup>a</sup> (%)	3 40/60 <sup>a</sup>
Sorgo molido	55	66	62
Harina de pescado	7	3.25	-
Rastrojo de maíz	37	29.25	34
Harina de soya	-	-	2
Urea	-	.5	1
Minerales	1	1	1
Total	100 <sup>b</sup>	100 <sup>b</sup>	100 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Proporción de proteína indegradable/degradable

<sup>b</sup> Porcentajes en base a materia seca

tener un nivel intermedio de degradabilidad entre las raciones).

La degradabilidad se estimó por el método de la bolsa de nylon (Orskov y Mehrez, 1977) (Figura 3). Se usaron bolsas de 5 x 10 cm de tela nylon de 32 x 34 hilos por cm<sup>2</sup>. Cada bolsa contenía 10 gr de muestra previamente molida en criba de 1 mm, las cuales estuvieron en estufa por 24 horas antes de introducirlas al rumen. Las bolsas se amarraron con hilo de nylon de 50 cm de largo y se introdujeron al rumen por la fístula, haciendo tres repeticiones por muestra en cada intervalo de tiempo, los períodos de incubación por tratamiento fueron de 8, 12, 24 y 48 hr.

Al término de los períodos de incubación, las bolsas se llevaron a lavar con agua y se introdujeron a la estufa por 24 horas; al término de éstas se pesaron para determinar la degradación de la materia seca (MS) por diferencia de peso. A las muestras obtenidas se les determinó nitrógeno por el método Kjeldahl y NNP en base a la metodología de Tejada (1985).

La estimación de la degradación de la proteína y NNP fue por diferencia con la siguiente fórmula (Wilson y Strachan, 1982):

$$\% \text{ degradación} = \frac{\text{Peso final de la muestra}}{\text{Peso inicial de la muestra}} \times 100$$

Para el experimento se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial, con dos factores y diferente número de repeticiones por tratamiento.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, 3$$

$$j = 1, 2, 3, 4$$

$$k = 1, 2, \dots, r_j$$

$$\epsilon_{ijk} \sim N(\mu, \sigma_\epsilon)^2$$

donde:

$Y_{ijk}$  = observación bajo la  $i$ -ésima ración,  $j$ -ésimo tiempo en la  $k$ -ésima repetición

$\mu$  = media general

$\alpha_i$  = efecto de ración

$\beta_j$  = efecto de tiempo

$\alpha\beta_{ij}$  = interacción tiempo ración

$\epsilon_{ijk}$  = error experimental de la variable aleatoria

además, se realizaron pruebas de comparación de medias, así como correlaciones entre los datos obtenidos según Cochran y Cox (1977).

## RESULTADOS

La degradación proteica encontrada a las 8 horas de incubación fue la siguiente: para la ración 1, que contenía como suplemento proteico harina de pescado, 11.36 por ciento; para la ración 2, que contenía harina de pescado más urea, 12.03 por ciento; para la ración 3, que contenía harina de soya más urea, 20.71 por ciento, no se encontró diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre las raciones 1 y 2, pero sí de éstas con la tercera (Cuadro 9, Figura 5).

Por lo que respecta a la degradación del nitrógeno no proteico (NNP) para las raciones 1, 2 y 3, fue de 28.29, 33.66 y 60.24 por ciento respectivamente, no se encontró diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre las raciones 1 y 2, pero sí de éstas con respecto a la ración 3, (Cuadro 9, Figura 6).

La degradación proteica a las 12 horas para las raciones 1, 2 y 3 fue de 14.43, 13.04 y 18.92 por ciento respectivamente, no encontrándose diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre las tres raciones. La degradación del NNP fue, para la ración 1, 56.82; ración 2, 59.54 y ración 3, 56.16 no encontrándose diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre éstas.

tas (Cuadro 10, Figura 5 y 6).

2677

A las 24 horas los resultados de la degradación proteica fueron, para la ración 1, 15.00; ración 2, 15.34 y ración 3, 23.71 por ciento, siendo diferente ( $P < 0.05$ ) sólo la ración 3. La degradación del NNP para las mismas raciones fue 61.4, 77.97 y 84.1 respectivamente, no encontrando diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre la ración 1 y 2, pero sí de la ración 3 con respecto a la ración 1 (Cuadro 11, Figuras 5 y 6).

Los resultados de la degradación proteica a las 48 horas para las raciones 1, 2 y 3 fue de 16.98, 24.98 y 27.65 por ciento respectivamente, siendo diferente estadísticamente ( $P < 0.05$ ) sólo la ración 1. Por lo que respecta a la degradación del NNP para las mismas raciones fue de 75.93, 80.25 y 93.35, no encontrándose diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre las tres raciones (Cuadro 12, Figuras 5 y 6).

La correlación entre los resultados de degradación proteica y del NNP fue positiva con un valor de relación de .7426, pero no adecuándose a una respuesta lineal por lo que no se pudo hacer un intervalo de confianza.

**BANCO DE TESIS**

**U.A.A.A.N.**

12073

Cuadro 9. Degradación proteica y del nitrógeno no proteico (N.N.P.) de 3 raciones con diferente suplemento proteico a las 8 horas de incubación en el rumen.

Suplemento proteico en la ración	Ración	Degradación (%)	
		Proteica	N.N.P.
harina de pescado	1	11,36 <sup>a</sup>	28.29 <sup>a</sup>
harina de pescado + urea	2	12.03 <sup>a</sup>	33.66 <sup>a</sup>
harina de soya + urea	3	20.71 <sup>b</sup>	60.24 <sup>b</sup>

Las literales a y b en columnas representan significancia estadística (P < 0.05)

Valores en base a M.S.

Cuadro 10. Degradación proteica y del nitrógeno no proteico (N.N.P.) de 3 raciones con diferente suplemento proteico, a las 12 horas de incubación en el rumen.

Suplemento proteico en la ración	Ración	Degradación (%)	
		Proteica	N.N.P.
harina de pescado	1	14.43 <sup>a</sup>	56.82 <sup>a</sup>
harina de pescado + urea	2	13.04 <sup>a</sup>	54.54 <sup>a</sup>
harina de soya + urea	3	18.92 <sup>b</sup>	56.16 <sup>a</sup>

Las literales a y b en columnas representan significancia estadística (P < 0.05)

Valores en base a M.S.

Cuadro 11. Degradación proteica y de nitrógeno no proteico - (N.N.P.) de 3 raciones con diferente suplemento proteico a las 24 horas de incubación en el rumen

Suplemento proteico en la ración	Ración	Degradación (%)	
		Proteica	N.N.P.
harina de pescado	1	15.00 <sup>a</sup>	61.4 <sup>a</sup>
harina de pescado + urea	2	15.34 <sup>a</sup>	77.97 <sup>a</sup>
harina de soya + urea	3	23.71 <sup>b</sup>	84.10 <sup>b</sup>

Las literales a y b en columnas representan significancia estadística (P < 0.05)

Valores en base a M.S.

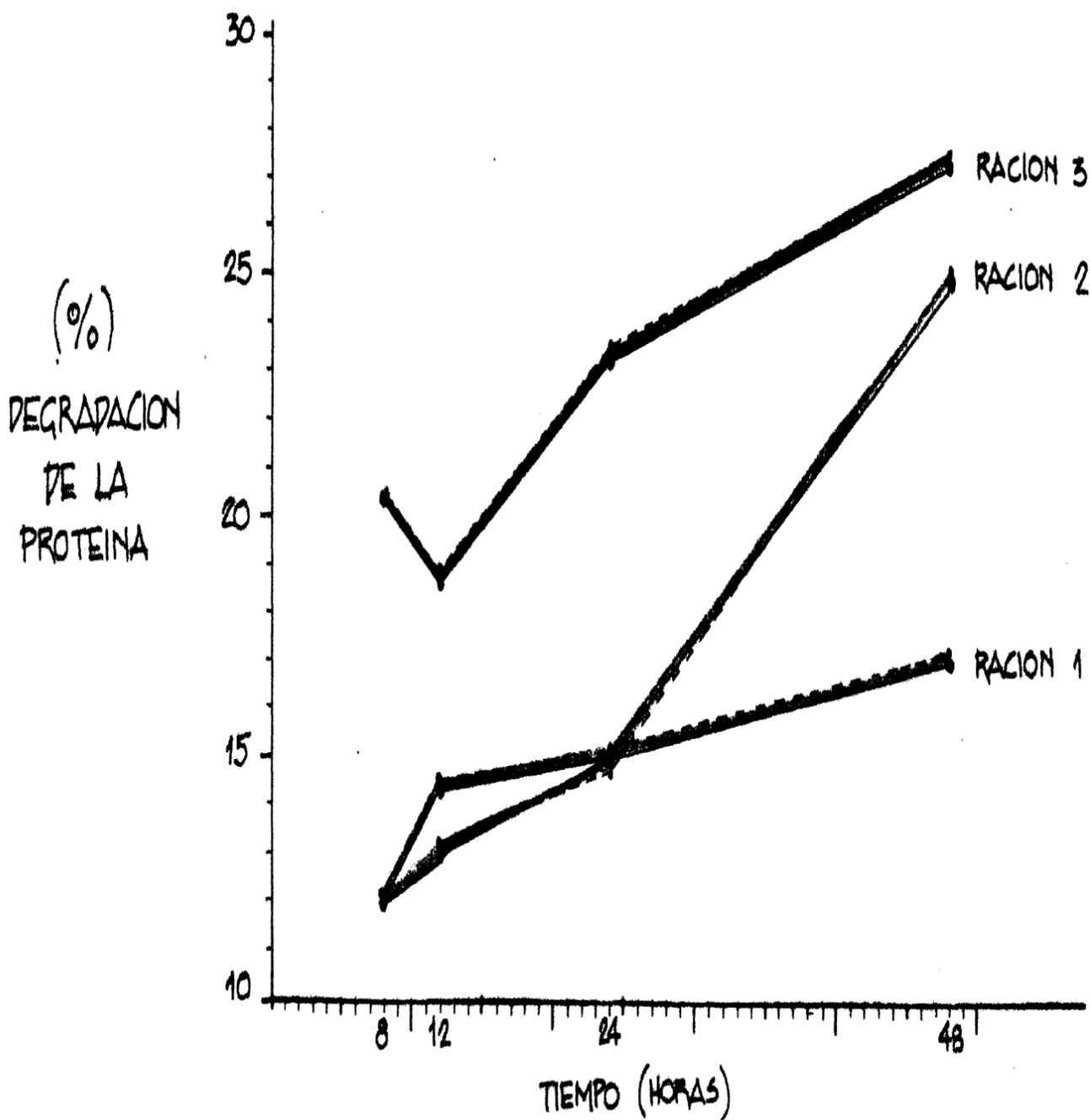
Cuadro 12. Degradación proteica y de nitrógeno no proteico - (N.N.P.) de 3 raciones con diferente suplemento proteico a las 48 horas de incubación en el rumen.

Suplemento proteico en la ración	Ración	Degradación (%)	
		Proteica	N.N.P.
harina de pescado	1	16.98 <sup>a</sup>	75.93 <sup>a</sup>
harina de pescado + urea	2	24.98 <sup>b</sup>	80.25 <sup>a</sup>
harina de soya + urea	3	27.65 <sup>b</sup>	93.35 <sup>a</sup>

Las literales a y b en columnas representan significancia estadística (P < 0.05)

Valores en base a M.S.

FIGURA 5. RELACION ENTRE LA DEGRADACION PROTEICA Y EL TIEMPO DE INCUBACION EN EL RUMEN.



ECUACION:

RACION 1 — VALORES OBSERVADOS  
 — VALORES CALCULADOS

$$\hat{y}_i = -1.7150 + 2.3243x - .09532x^2 + .001146x^3$$

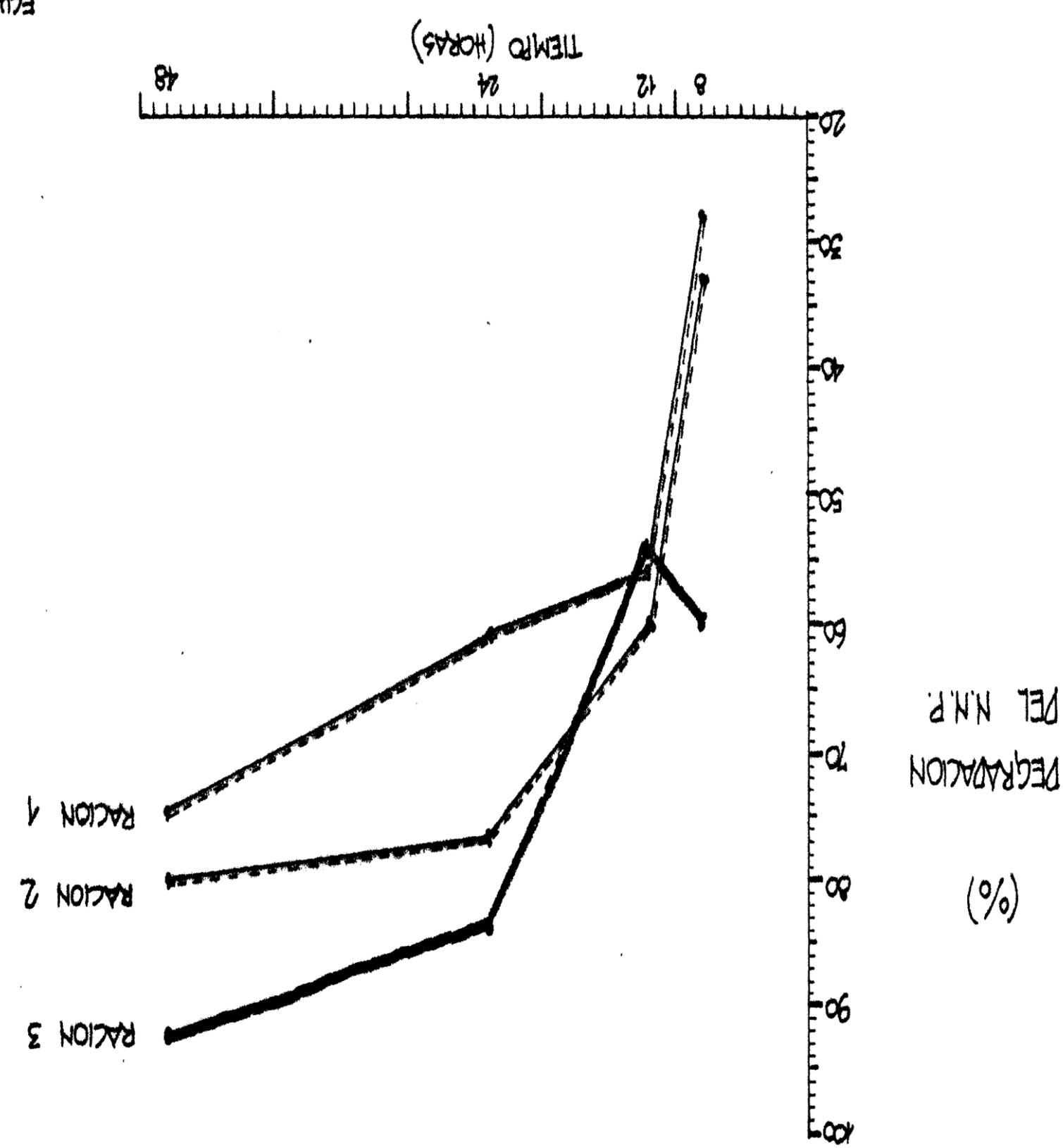
RACION 2 — VALORES OBSERVADOS  
 — VALORES CALCULADOS

$$\hat{y}_i = 9.1169 + .46337x + .01423x^2 + .0002389x^3$$

RACION 3 — VALORES OBSERVADOS  
 — VALORES CALCULADOS

$$\hat{y}_i = 32.792 - 2.3614x + .1182x^2 - .001485x^3$$

FIGURA 6. RELACION ENTRE LA DEGRADACION DEL NITROGENO NO PROTEICO (N.N.P.) Y EL TIEMPO DE INCUBACION EN EL RUMEN.



EQUACION 1

$$\hat{y}_1 = -95.929 + 21.735x - .89283x^2 + .010703x^3$$

$$\hat{y}_2 = -63.232 + 16.516x - .60427x^2 + .0067177x^3$$

$$\hat{y}_3 = 103.64 - 8.9944x + .4987x^2 - .00658x^3$$

RACION 1  
VALORES OBSERVADOS  
VALORES CALCULADOS

RACION 2  
VALORES OBSERVADOS  
VALORES CALCULADOS

RACION 3  
VALORES OBSERVADOS  
VALORES CALCULADOS

## DISCUSION

La degradación proteica y del NNP que sufrió la ración 3, que contenía harina de soya más urea, siempre fue mayor que las otras dos raciones en los diferentes intervalos de tiempo (8, 12, 24 y 48 horas) debido a que, según Davis y Stallcup (1967), la urea y la harina de soya son fácilmente degradables durante las primeras horas de incubación ruminal, ya que la pasta de soya contiene fracciones altamente degradables (Gómez *et al.*, 1983).

Las otras dos raciones que contenían en común harina de pescado sufrieron una degradación similar hasta las 24 horas, a pesar de que una contenía urea, lo que puede confirmar que el adicionar urea no modifica la degradabilidad proteica de un ingrediente (Orskov *et al.*, 1974); esta degradación fue baja en relación a la sufrida por la ración 3, ya que según Bores y Castellanos (1983), Mathers y Miller (1977) - Mohamed y Smith (1977); Gómez *et al.* (1983) y Orskov *et al.* (1979) la harina de pescado tiene valores muy bajos de degradación proteica en el rumen ya que esta contiene fracciones con tasas de degradación muy lentas (Gómez *et al.*, 1983). A las 48 horas se encontraron los valores más altos de degradación para

la ración dos, posiblemente por el efecto de la urea.

La degradación sufrida por el N.N.P. fue similar entre las tres raciones con casi un 100 por ciento de degradación a las 48 horas, lo que nos indica que éste es muy fácilmente degradable en el rumen (Leng y Nolan, 1984).

Los valores que se esperaban de degradación proteica (ración 1, 40 por ciento; ración 2, 50 por ciento y ración 3, 60 por ciento) no coinciden con los resultados obtenidos, debido, posiblemente, a lo mencionado por Wilson y Strachan, (1982), en relación a que la variación en la degradación proteica de un alimento va de acuerdo al origen, modo de procesamiento y método de determinación de la degradabilidad y al tamaño del poro de la bolsa utilizada (Orskov *et al.*, 1979).

La relación encontrada entre la degradabilidad proteica y el N.N.P., posiblemente se debe a su misma naturaleza, ya que contienen en común nitrógeno y a que las proteínas son catabolizadas a N.N.P. por los microorganismos (Chalupa, 1975).

## CONCLUSIONES

Es recomendable incluir harina de pescado como suplemento proteico a raciones para rumiantes, específicamente para vacas en lactancia y animales jóvenes en crecimiento, debido a su baja degradabilidad ruminal.

La harina de soya más urea tiende a ser degradada fácilmente en el rumen, por lo que al hacer uso de ésta en la alimentación de rumiantes, se debe tomar en cuenta su alta degradabilidad proteica.

El N.N.P. es degradado muy fácilmente en el rumen no importando su fuente, existiendo relación entre la degradación de éste y la de proteínas debido, posiblemente, a que estos compuestos tienen en común nitrógeno.

Es necesario que se realicen más estudios tomando en cuenta la degradabilidad proteica, ya que en este trabajo se encontró diferencia con lo reportado anteriormente en cuanto a resultados numéricos, ya que esta información es importante para formar bancos de datos para hacer uso de nuevos estandares de alimentación (ARC, 1980) que proporcionen alternativas más económicas y efectivas de balancear raciones para rumiantes.

## LITERATURA REVISADA

- Aitcheson, T.E., D.R. Mertens, A.D. Mc Gilliard and N.L. Jacobson. 1976. Effect of nitrogen solubility on nitrogen utilization in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 59:2056.
- Agricultural Research Council (ARC). 1980. The nutrient requirement of ruminant livestock. Farnham Royal, Slough; CAB. England.
- Balch, C.A. 1950. Factors affecting the utilization of food by dairy cows. *Br. J. Nutr.* 4:361.
- Bergen, W.G. 1979. Protein degradation in the rumen. *Feed Manage*, February: 20-22. United States of America.
- Blackburn, T.H. 1965. Nitrogen metabolism in the rumen. En: Dougherty, R.N., Allen, R.S., Burroughs, W., Jacobson, N.L., and Mc Gilliar, A.D. (ed.) *Physiology of digestion in the ruminant*. Butterworths, Washington, D.C., p. 322.
- Bores Q.R. y A. Castellanos. 1983. Efecto del uso del bicarbonato de sodio y de diversas fuentes proteicas sobre el consumo voluntario de pulpa de henequén en ovinos. *Memorias de la investigación pecuaria en México 1983*. INIP-SARH. México, D.F. 712 p.

- Braund, D.G., K.L. Dolge, R.L. Goins and R.L. Steele. 1978. Method of formulating dairy cattle rations. U.S. Pat. 4, 118, 513.
- Borderick, G.A. and G.T. Lane. 1978. Lactational, *in vitro* - and chemical evaluation of untreated and formaldehyde-treated casein supplements. J. Dairy Sci. 61:932.
- Burroughs, W., D.K. Nelson and D.R. Mertens. 1975. Evaluation of protein nutrition by metabolizable protein - and urea fermentation potential. J. Dairy Sci. 58: 611.
- Cajal M., C. y A.R. Gómez. 1985. Uso de harina de pescado en raciones altas en melaza para bovinos en crecimiento. Memorias de la investigación pecuaria en México. - 1985. INIP-SARH. México, D.F. 118 p.
- Cañez C.H., A.R. Gómez, H.G. Romero y M.C. Caja. 1984. Suplementación de vaquillas en pastoreo con dos tipos de proteína. Memorias de la investigación pecuaria en México, 1984. INIP-SARH. México, D.F. 9 p.
- Cerkawski, J.W. 1978. Reassessment of efficiency of sintesis - microbial in the rumen. J. Dairy Sci. 61:1261.
- Chalupa, W. 1975. Rumen bypass and protection of proteins - and amino acids. J. Dairy Sci. 58:1198.
- Church, D.C. 1980. Digestive physiology and nutrition of ruminants. O & B. Books Inc. Oregon. 227 p. United States of America.
- Cochran, W.G. y G.M. Cox. 1971. Diseños Experimentales. Ed. Trillas. México, D.F. 213 p.
- Coleman, G.C. 1968. In Digestive physiology and nutrition of ruminants. O & B. Books Inc. Oregon. 227 p. United States of America.

- Crawford, R.J., Jr., W.H. Boover, C.J. Sniffer and B.A. Crooker. 1978. Degradation of feedstuff nitrogen in the rumen versus nitrogen solubility in three solvents. J. Anim. Sci. 45:1768.
- Crooker, B.A., C.J. Sniffer, W.H. Hoover and L.L. Johnson. 1978. Solvents for soluble nitrogen measurements in feedstuffs. J. Dairy Sci. 61:437.
- Davis, G.V. and O.T. Stallcup. 1967. Effect of soybean meal, raw soybean, corn gluten feed and urea on the concentration of ruminal fluid components at intervals after feeding. J. Dairy Sci. 50:1638.
- Driedger, A. and E.E. Hatfield. 1972. Influence of tannins - on the nutritive value of soybean meal for ruminants. J. Anim. Sci. 34:465.
- Ferguson, K.A. 1975. The protection of dietary proteins and aminoacids against microbial fermentation in the rumen. Digestion and metabolism in the ruminant. I.W. Mc Donald and A.C.I. Warner, Ed. Univ. New England. Publ. Unit, Armidale, Australia. p. 448.
- Foster, R.J., D.G. Grieve, J.G. Buchanon-Smith and G.K. Macleod. 1983. Effect of dietary protein degradability on cows in early lactation. J. Dairy Sci. 66:1653.
- Gómez A, R., I.M. Santacruz, C.F. Gaxiola y G.L. Llamas. 1983. Análisis comparativo del valor nutritivo de algunas fuentes de proteína para la alimentación de rumiantes. Reunión de Investigación pecuaria en México - 1983. INIP-SARH. México, D.F. 665 p.
- Henderickx, H. and Martin. 1963. *In vitro* study of the nitrogen metabolism in the rumen. Compt. rend. - Recherches Sci. Ind. Agri., Bruxelles. 31:1. England

- Herrington, T.A., L.E. Armentano and C.E. Polan. 1983. Productive response in lactating cows to diets supplemented with dried brewers grains, wet brewers grains, or soybeans meal. *J. Dairy Sci.* 66:170.
- Horton, C.M. and E.L. Miller. 1977. Influence of dietary protein concentration on milk production by dairy cattle during early lactation. *J. Dairy Sci.* 69, 68
- Huber, J.T. and L. Kung, Jr. 1981. Protein and non protein - nitrogen utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 64:1170.
- Kaufmann, W. 1983. Utilización de la proteína. En: Broster, W.H. y H. Swan (Comp.) Estrategia de la alimentación para vacas lecheras de alta producción. A.G.T. México. p. 69-83.
- Kung, L., Jr., J.T. Huber and L.D. Satter. 1983. Influence of nonprotein nitrogen and protein of low degradability on nitrogen flow and utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 66:1863.
- Leng, R.A. and J.V. Nolan. 1984. Symposium: Protein nutrition of the lactating dairy cow. *J. Dairy Sci.* 67:1072.
- Lewis, T.R. and R.S. Emery. 1962. Relative deamination rates of amino acids by rumen microorganisms. *J. Dairy Sci.* 45:765.
- Mac Gregor, C.A., C.J. Sniffen and W.H. Hoover. 1978. Amino acid profiles of total and soluble protein in feed-stuffs commonly fed to ruminants. *J. Dairy Sci.* 51: 566.
- Nagadevabm S., J.D. Erfle and F.D. Sover. 1980. Degradation of soluble and insoluble proteins by *Bacteroides amylophilus* proteasa and by rumen microorganisms. *J. Anim. Sci.* 50:723.

- Marthers, J.C. and Miller, E.L. 1977. The use of lactating ewes in evaluating protein sources in ruminants. Proc. Nutr. Soc. 38, 145.
- Maynard, L.A.; J.K. Loosli; H.F. Hintz; R.G. Warner. 1981. Nutrición animal 2 ed. Mc Graw Hill. México. p. 225.
- Mendoza H., J.M. 1983. Boletín meteorológico para la zona de influencia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. UAAAN. Buenavista, Saltillo, México. p. 43.
- Minson, D.J. 1981. The effects of feeding protected and unprotected casein on milk production of cows grazing ryegrass. J. Agric. Sci. Camb. 96:239.
- Mohamed, O.E. and R.H. Smith. 1977. Measurement of protein degradation in the rumen. Proc. Nutr. Soc. 36, 1524.
- National Reserarch Council (NRC). 1975. Nutrient requirements of sheeps. Washington, D.C. National Academy of Sciences.
- Nocek, J.E., J.H. Herbein and C.E. Polan. 1983. Total amino-acid release rates of soluble and insoluble protein fractions of concentrate feedstuffs by *Streptomyces griseus*. J. Dairy Sci. 66:1663.
- Orskov, E.R., C. Fraser, I. Mc Donald and R.I. Smart. 1974. Digestion of concentrates in sheep. Brit J. Nutr. 31:491.
- Orskov, E.R., M. Hughes-Jones and I. Mc Donald. 1979. Degradability of protein supplements and utilization of undegraded protein by high-producing dairy cows. Rowett Research Institute; Aberdeen. 10:131. England.
- Poos, M., T. Klopfenstein, R.A. Britton and D.G. Olson. 1980. An enzymatic technique to determine ruminal protein degradation. J. Dairy Sci. 63:142.

- Rock, D.W., T.J. Kopfenstein and R.A. Britton. 1981. Estimation of protein degradation with enzymes. J. Anim. Sci. 56:476.
- Sahlu, T., D.J. Schingoethe and A.K. Clark. 1984. Lactational and chemical evaluation of soybean meals heat treated by two methods. J. Dairy Sci. 67:2, 25.
- Santos, K.A., M.D. Stern and L.D. Satter. 1982. Protein degradation in the rumen and amino acid absorption in the small intestine of lactating dairy cattle fed various protein sources. J. Anim. Sci. 58:224.
- Satter, L.D. and R.E. Roffler. 1975. Nitrogen requirements and utilization in dairy cow. J. Dairy Sci. 58:1219.
- Schingoethe, D.J. 1984. Aplicación de las proteínas de escape en la alimentación de rumiantes. ed. especial de la Asociación Americana de la Soya. p. 6.
- Schmidt, S.P., N.A. Jorgensen and N.J. Benevenga. 1973. Comparison of soybean meal, formaldehyde treated soybean meal, urea, and starea. J. Anim. Sci. 37:1233.
- Siddons, R.H., D.E. Beever, J.V. Nolan, A.B. McAllan and J.C. MacRae. 1979. Estimation of microbial protein in duodenal digesta. Ann. Rech. Vet. 10, 286.
- Smith, K.J. 1980. Factores que afectan la utilización de la torta de soya en raciones para rumiantes. Asociación Americana de la Soya. No. 10, p. 2.
- Stern, M.D., L.M. Rode, R.W. Prange, R.H. Stauffacher and L.D. Satter. 1983. Ruminal protein degradation of corn gluten meal in lactating dairy cattle fitted with duodenal T. type annulae. J. Anim. Sci 56:194.
- Tamminga, S. 1979. Protein degradation in the forestomachs of ruminants. J. Anim. Sci 49:1615.

- Tejada, H.I. 1985. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. P. ALPEME. p. 71, 22. México.
- Thomas, E., A. Trenkel and W. Burroughs. 1979. Evaluation of protective agents applied to soybean meal and feed - to cattle. II. Feedlot trials. J. Anim. Sci. 49:1346.
- Van der Aar, P.J., L.L. Berger and G.C. Fahey, Jr. 1982. The effect of alcohol treatments on solubility and *in vitro* and *in situ* digestibilities of soybean meal - protein. J. Anim. Sci. 55:1179.
- Van Soest, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. O & B Books, Inc. Corvallis, Oregon. p. 157. United States of America.
- Vérite, R., M. Journeth and R. Jarrige. 1979. A new system - for the protein feeding of ruminants. The P.D.I. - system. Prod. Sci. 6:349.
- Waldo, D.R. 1968. Nitrogen utilization by the ruminant nitrogen metabolism in the ruminant. J. Dairy Sci. 51:265.
- Waldo, D.R. 1977. Potentical of chemical preservation and - improvement of forages. J. Dairy Sci. 60:306.
- Wilson, P.N. and P.J. Strachan. 1982. The contribution of - undegraded protein to the protein requirements of - dairy cows. Recents advance in animal nutrition. - Butterworths, Washington, D.C. p. 229.
- Wohlt, J.E., J.H. Clark and F.S. Blaisdeli. 1978. Nutritio - nal value of urea versus performed protein for rumi - nants. J. Dairy Sci. 69:902.
- Zinn, R.A., L.S. Bull and R.W. Hemken. 1981. Degradation of supplemental proteins in the rumen. J. Anim. Sci. - 52:857.

A P P E N D I C E S

Cuadro 13. Análisis estadístico de degradación proteica de las tres raciones.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	$F_c$
Ración	2	351.22	175.61	16.82*
Tiempo	3	308.44	108.81	9.84*
Ración/tiempo	6	74.8	12.46	1.194NS
Error experimental	16	167.01	10.43	
Total	27	901.47		

\* Significativos estadísticamente ( $P \leq 0.05$ )

Cuadro 14. Análisis estadístico de degradación del NNP de las tres raciones.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	$F_c$
Ración	2	1450.977	825.488	10.17*
Tiempo	2	7165.289	2388.429	33.50*
Ración/tiempo	6	871.118	145.198	2.036NS
Error experimental	16	1140.64	71.291	
Total	27	20628.093		

\* Significativos estadísticamente ( $P \leq 0.05$ )

Cuadro 15. Correlación entre degradación proteica y nitrógeno no proteico (NNP).

(X) Degradación proteica	(Y) Degradación del (NNP)	
11.71	25.53	
11.02	31.05	
13.02	53.24	
15.84	60.40	
13.11	72.01	
16.90	50.80	
16.80	72.01	
16.80	79.86	$r = 0.7426$
13.90	37.78	
10.17	29.55	$t_c = 5.43^* (P < 0.05)$
13.04	47.15	
13.04	65.34	$t_{.05} = 24 \text{ gl} = 2.064$
16.81	69.88	
15.58	86.07	
25.61	80.68	
25.94	78.82	
25.66	63.38	
16.22	54.32	
20.26	63.02	
16.33	54.68	
25.51	57.04	
25.17	80.42	
22.26	76.98	
29.90	91.66	
28.57	97.22	
24.50	91.11	

\* Significativo estadísticamente ( $P \leq 0.05$ )

Cuadro 16. Resultados de la degradación de las raciones 1, 2 y 3 en los diferentes intervalos de tiempo.

Ración	Horas	D e g r a d a c i ó n		
		De la materia seca	Proteica (%)	Del NNP
1	8	10.22	11.36	28.29
	12	11.13	14.43	56.82
	24	22.01	15.00	61.40
	48	35.33	16.98	75.93
2	8	8.23	12.03	33.66
	12	11.17	13.04	53.54
	24	22.42	15.34	77.97
	48	36.06	24.98	80.25
3	8	10.76	20.71	60.24
	12	12.56	18.92	56.16
	24	21.10	23.71	84.10
	48	38.10	27.65	93.25

Valores en base seca