

DEGRADABILIDAD RUMINAL  
DE SUBPRODUCTOS  
ALIMENTICIOS EN BORREGOS.  
EFECTO DE LA RELACIÓN  
FORRAJE-CONCENTRADO  
EN LA DIETA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

Ricardo Duarte Jáquez  
*Rector*

David Ramírez Perea  
*Secretario General*

Manuel Loera de la Rosa  
*Secretario Académico*

Daniel Constandse Cortez  
*Director del Instituto de Ciencias Biomédicas*

Luis Enrique Gutiérrez Casas  
*Coordinador General de Investigación y Posgrado*

Ramón Chavira  
*Director General de Difusión Cultural  
y Divulgación Científica*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

DEGRADABILIDAD RUMINAL  
DE SUBPRODUCTOS  
ALIMENTICIOS EN BORREGOS.  
EFECTO DE LA RELACIÓN  
FORRAJE-CONCENTRADO  
EN LA DIETA

GONZÁLEZ GARCÍA, HÉCTOR

LOZANO GARCÍA, GUILLERMO ARTURO

HERNÁNDEZ ZUBÍA, HÉBER GABRIEL

OROZCO ERIVES, ARACELY

HOLGUÍN LICÓN, CELIA

---

NUTRICIÓN DE RUMIANTES

LISBEILY DOMÍNGUEZ RUVALCABA

COORDINADORA DE LA COLECCIÓN

Colección Reportes Técnicos de Investigación ISBN: 978-607-7953-80-7  
Serie ICB, Vol. 16. ISBN: 978-607-520-148-1

D.R. © 2015 González García, Héctor; Lozano García, Guillermo Arturo; Hernández Zubía, Héber  
Gabriel; Orozco Erives, Aracely; Holguín Licón, Celia

La edición, diseño y producción editorial de este documento estuvo  
a cargo de la Dirección General de Difusión Cultural y Divulgación Científica,  
a través de la Subdirección de Publicaciones

*Cuidado de la edición y diagramación:* Subdirección de Publicaciones

Primera edición, 2015  
© 2015 Universidad Autónoma de Ciudad Juárez  
Av. Plutarco Elías Calles 1210  
Fovissste Chamizal, C.P. 32310  
Ciudad Juárez, Chihuahua, México  
Tel. +52 (656) 688 2260

<http://www.uacj.mx/DGDCDC/SP/Paginas/RTI.aspx>

# ÍNDICE

<b>Resumen</b>	<b>7</b>
<b>Palabras clave</b>	<b>7</b>
<b>Usuarios potenciales</b>	<b>8</b>
<b>Reconocimientos</b>	<b>8</b>

## I. INTRODUCCIÓN 9

## II. PLANTEAMIENTO

<b>Antecedentes</b>	<b>10</b>
---------------------	-----------

## III. METODOLOGÍA 18

## IV. RESULTADOS 21

## V. CONCLUSIONES 24



## RESUMEN

Con el propósito de evaluar la degradabilidad ruminal de diversos ingredientes concentrados en borregos alimentados con dietas con variación en la relación forraje:concentrado (70:30, 60:40, 50:50 y 40:60%) y bajo un consumo de 1.5 veces el nivel de mantenimiento ( $67 \text{ g/kg PV}^{0.75}$ ), se llevó a cabo una prueba con ocho borregos castrados con un peso promedio inicial de 35 kg y una edad de 12 meses, con cánula ruminal (7.5 cm). Los ingredientes evaluados fueron harinas de carne, de pescado, de semilla de algodón (harinolina), de soya, de soya integral y de carne de cerdo, así como gluten de maíz y salvado de trigo. La digestibilidad *in situ* se determinó utilizando la técnica de la bolsa de nailon. Las bolsas se incubaron a las 0, 6, 12, 24 y 48 h. El análisis de la información se llevó a cabo mediante un modelo para un diseño experimental de cuadro latino 4 x 4 doble, y la comparación entre medias fue mediante la prueba de Tukey. Al considerar solamente el efecto del tipo de ingrediente, se detectó para la hora 0 del muestreo un rango de 1.9 a 23.6% ( $P < 0.01$ ). Para las horas 24 y 48 del muestreo, se encontró ( $P < 0.01$ ) que el gluten de maíz y la harina de soya presentan una alta digestión en el rumen (92.4 y 90.3%), una media en el salvado de trigo y la harinolina (77.5 y 63.5%), mientras que en el resto se puede considerar de mediana a baja degradabilidad ruminal. La degradabilidad de la fracción b presentó diferencias ( $P < 0.01$ ), encontrándose valores de 35.5, 35.85 y 38.75% para las harinas de carne, de cerdo y de pescado, respectivamente, en tanto que los mejores valores fueron para el gluten de maíz (81.16%) y la harina de soya (80.35%). La harina de soya integral presentó la tasa de digestión más baja (0.01% / h), mientras que en el salvado de trigo se detectó el mayor valor (0.13% / h), en tanto que en el resto de los alimentos el promedio fue de 0.7% / h. En cuanto a la proporción de forraje:concentrado en la dieta (70:30, 60:40, 50:50 y 40:60%), al parecer no afecta la digestión de la materia seca a nivel de rumen en general, presentándose tendencias muy similares. Se concluye que las características físicas y químicas de cada ingrediente influyen directamente en su tasa de digestión en el rumen, y que ésta, al parecer, no es afectada por el nivel de concentrado en la dieta, al menos bajo un nivel de consumo restringido.

Palabras clave: borregos, relación forraje:concentrado, grupo racial, degradabilidad ruminal.

## ABSTRACT

To evaluate the ruminal degradability of different concentrate ingredients in sheep fed with diets varying in forage:concentrate ratio (70:30, 60:40, 50:50, and 40:60%) and a low intake of 1.5 times maintenance level (67 g/kg PV<sup>0.75</sup>) was made a test with eight castrated sheep with an initial average weight of 35 kg and an age of 12 months with ruminal cannula (7.5 cm). The evaluated ingredients were meat meal, fish meal, cottonseed meal, soybean meal, whole soybean, pork meat meal, corn gluten, and wheat bran. Digestibility *in situ* was determined using the nylon bag technique. The bags were incubated at 0, 6, 12, 24, and 48 hours. The statistical analysis took place using a model for experimental design of double 4 x 4 Latin square, and the comparison between means was made by using the Tukey test. Considering only the effect of the type of ingredient was detected for the 0 hour of sampling, a range of 1.9 to 23.6% ( $P < 0.01$ ). The corn gluten and soybean meal have a high ruminal digestion (92.4 and 90.3%), a mean in wheat bran and the cottonseed meal (77.5 and 63.5%), respectively, while the rest of ingredients can be considered as medium to low ruminal degradability. The degradability of fraction b showed differences ( $P < 0.01$ ), finding values of 35.5, 35.85, and 38.75% for meat meal, pork meat meal and fish meal, respectively, while the best values were for corn gluten (82.16%) and soybean meal (80.35%). The whole soybean meal showed the lowest rate of digestion (0.01% / h), while in wheat bran was detected the highest value (0.13% / h), and on the rest of the foods the average was 0.7% / h. For the forage:concentrate ratio (70:30, 60:40, 50:50, and 40:60%) apparently does not affect the ruminal digestion of dry matter generally showing very similar trends. We concluded that the physical and chemical characteristics of each ingredient influenced directly on the rate of digestion in the rumen, and it is not affected by the level of concentrate in the diet, at least for a restricted intake level.

Keywords: sheep, forage:concentrate ratio, racial group, ruminal degradability.

## USUARIOS POTENCIALES:

Productores de borregos y asociaciones o agrupaciones de ovinocultores.

## RECONOCIMIENTOS:

se agradece el apoyo financiero otorgado por la Fundación Produce Chihuahua, A. C. para la implementación de esta prueba experimental, así como a la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

*Degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos.  
Efecto de la relación forraje-concentrado en la dieta*

# 1. INTRODUCCIÓN

Los ingredientes alimenticios denominados concentrados (subproductos) son comúnmente usados en los sistemas de alimentación de los rumiantes para proporcionar tanto energía como proteína al animal. La mayoría de los subproductos alimenticios resulta del procesamiento de las cosechas comerciales, de la industria de alimentos procesados y de la industria de la fibra. Algunos son descartados e incorporados al terreno cuando no se ofrecen a los rumiantes; cuando son incorporados en la dieta de éstos soportan el crecimiento y la lactancia, resultando en la producción de alimentos para el ser humano. Debido a ello está aumentando su importancia en la industria del alimento (Moore-Colyer *et al.*, 2000) por su disponibilidad para emplearlos como alimentos para los animales, a precios competitivos, respecto a otros ingredientes (Grasser *et al.*, 1995).

La contribución de los subproductos a las dietas del ganado es significativa y la utilización de éstos aumenta cuando el suministro de granos es reducido y sus precios son altos, como en la actualidad. Bath *et al.* (1993) identificaron 355 subproductos usados como alimentos; mientras que Lundquist (1995) reportó que éstos pueden representar casi la totalidad de la porción no fibrosa de la dieta del ganado lechero en los estados del sur y oeste de Estados Unidos.

Los subproductos alimenticios son importantes en los sistemas de alimentos y de fibras, pero para muchos subproductos alimenticios existe insuficiente información disponible respecto al efecto de la muestra de alimento empleada sobre los valores de la degradabilidad en el rumen y poca investigación se ha implementado para caracterizarlos individualmente (DePeters, Fadel y Arosemena, 1997). Además, hay muy poca información disponible respecto a la relación entre el suministro de materia orgánica (MO) y proteína hacia el rumen (Arieli *et al.*, 1996) para muchos subproductos.

La variabilidad en la composición química de algunos subproductos, se ha mostrado que es significativa (Arosemena, DePeters y Fadel, 1995) y los métodos para incorporar la variabilidad en la formulación de la dieta para una evaluación económica están desarrollándose (Johnson, Fadel y Howitt, 1994). El uso de las tasas de digestión y de pasaje para calcular los valores de la energía neta en los alimentos para rumiantes (Van Soest y Fox, 1992) requiere de estimadores precisos de estos parámetros de cinética y el conocimiento de factores que pueden afectar a estos estimadores.

La técnica de la bolsa de nailon, también llamada *in sacco* o *in situ* (Ørskov, DeB. Hovell y Mould, 1980), en el rumen, ha sido adoptada como un método estándar para determinar el grado y la tasa de degradación ruminal de la materia seca (MS) y de la proteína de los alimentos para rumiantes. Dicha técnica involucra la incubación del sustrato en bolsas de nailon dentro del rumen de animales fistulados, obteniéndose a intervalos de tiempo la información del rango de fermentación, midiéndose la pérdida

- 10 de MS y de proteína de la bolsa. Esta técnica puede también predecir relativamente bien el consumo voluntario y la digestibilidad de un alimento (Ørskov, 2000), y ha contribuido extensivamente a mejorar el entendimiento del aporte de nitrógeno (N) al rumiante y sus microbios.

En los últimos años en el estado de Chihuahua se ha promovido la explotación de ganado ovino, a través de programas de fomento y de apoyos diversos; no obstante, se ha generado poca información en relación con la engorda de este tipo de animales bajo dietas completas y, sobre todo, con altas proporciones de concentrado en las mismas. Asimismo, existe poca información de la evaluación de diversos subproductos disponibles en la región en cuanto al grado y la tasa de degradabilidad ruminal de la MS, cuando los animales se encuentran sujetos a dietas con altas proporciones de concentrado. Por ello, el propósito del presente trabajo fue evaluar la degradabilidad ruminal de diversos ingredientes concentrados en borregos alimentados con dietas completas, con variación en la relación forraje:concentrado (70:30, 60:40, 50:50 y 40:60%) y bajo un consumo de 1.5 veces el nivel de mantenimiento.

## 2. PLANTEAMIENTO

### 2.1 Antecedentes

La evaluación de los alimentos le proporciona a los nutricionistas gran parte de la información necesaria para formular, desde el punto de vista fisiológico y económico, una dieta. La necesidad para precisar las características nutritivas de los alimentos para ruminantes debe aumentar en el futuro, debido a: i) Los avances en biología molecular, particularmente en el desarrollo de plantas transgénicas; ii) Los programas de mejoras de cosechas; iii) Las limitaciones ecológicas y económicas relacionadas con el uso y/o vertimiento de los residuos y subproductos de las cosechas (Theodorou *et al.*, 1994); lo cual se relaciona íntimamente con la seguridad que se le brinda al consumidor de alimentos de origen animal.

Inicialmente, las técnicas fueron diseñadas para caracterizar el valor nutritivo más que para predecir la producción de los animales. La mejoría de los métodos de evaluación de alimentos tiene que seguir los nuevos conceptos de la química y la fisiología animal, así como los nuevos conocimientos de la microbiología del rumen y otros campos afines del saber (Flatt, 1988).

La evaluación de los alimentos debe definir las características de los forrajes que determinan la producción animal, por ejemplo, la ganancia de peso, la producción de leche, el crecimiento de la lana, etcétera (Blümmel *et al.*, 1997). De particular relevancia es la predicción del consumo, el cual es un importante aspecto relacionado

*Degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos.  
Efecto de la relación forraje-concentrado en la dieta*

con el uso de los forrajes. En la práctica, la predicción del consumo de forrajes aún presenta dificultades (Blümmel y Becker, 1997).

11

El desarrollo futuro de los sistemas de evaluación debe incorporar nueva información de la relación entre los productos finales de la digestión y la producción de los animales, así como información del metabolismo animal y microbiano, la composición de los alimentos y el efecto de los factores del empleo de alimentos (Flatt, 1988). Un adecuado análisis dietético de cualquier tipo necesita que los métodos utilizados identifiquen los componentes químicos con la clasificación nutritiva (Van Soest y Robertson, 1985).

En la actualidad, la técnica de la bolsa en rumen o *in sacco* es, posiblemente, el método más utilizado, a pesar de que se le han señalado algunos inconvenientes (Michalet-Doreau y Ould-Bah, 1992). No obstante, otros procedimientos son empleados también: el análisis proximal y el fraccionamiento de la fibra bruta, así como modernos métodos instrumentales (absorción atómica con inducción de plasma, espectroscopia cercana al infrarrojo, electroforesis, microscopia electrónica); la solubilidad de la proteína, la digestibilidad *in vitro*, el método enzimático, la simulación del rumen, Ruisitec, así como la producción de gas *in vitro* (Vanzant, Cochran y Titgemeyer, 1998).

Asimismo, diversas técnicas para la identificación de derivados del metabolismo animal como el caso de las purinas o el uso de los alcanos como marcadores, además de algunas técnicas *in vitro* para valorar la digestibilidad intestinal de los alimentos (Vanzant, Cochran y Titgemeyer, 1998).

Muchas de estas técnicas se encuentran aún en desarrollo y perfeccionamiento y están igualmente sujetas al reto de representar, lo más fielmente posible, en el laboratorio, aquellos procesos que involucran a los animales en su interacción con los alimentos.

## 2.2 Técnica *in sacco* para evaluar la degradabilidad ruminal

El método *in sacco*, también denominado bolsa de nailon o *in situ*, tiene como objetivo fundamental medir la desaparición de la MS y MO, el N u otro nutriente de los alimentos sometidos al efecto del ambiente ruminal; para ello, los alimentos son colocados en bolsas que se incuban en el rumen, a través de una cánula permanente en el saco dorsal de este órgano. En los primeros experimentos se emplearon bolsas de seda, que fueron reemplazadas posteriormente por otros tejidos como el nailon, el poliéster y el dacrón. Inicialmente, el método se utilizó exitosamente para evaluar diferentes alimentos y para determinar la efectividad del tratamiento con formalde-

- 12 hído en los suplementos proteicos. Los resultados de dichos estudios eran obtenidos a partir de un solo tiempo de incubación, lo cual presentó algunos puntos débiles. Mehrez y Ørskov (1977) propusieron la utilización de este método como rutina para evaluar el rango de degradabilidad ruminal de las proteínas, incubando varias bolsas con el propósito de obtener una evaluación cinética de la degradación.

Ørskov, Reid y Kay (1988) han sugerido el uso de los datos de la cinética de degradación para mejorar la estimación del valor nutritivo de los alimentos cuando se utilizan tanto métodos *in vitro* como *in sacco*. Este enfoque dinámico mejoró marcadamente el potencial de esta técnica, como fue demostrado por Ørskov, DeB. Hovell y Mould (1980) en la evaluación de forrajes.

## 2.3 Factores que afectan la digestibilidad *in situ*

El método *in situ* se asemeja al método *in vivo* en todo, excepto en la falta de masticación, la rumia y el paso del alimento a través del tracto posterior. Este método también tiene su variabilidad en cuanto al tamaño del poro en las bolsas, el tamaño de la muestra por unidad de área superficial de la bolsa y el tamaño de las partículas de la muestra referente a su efecto sobre la digestibilidad resultante. La parte del alimento que desaparece más rápidamente durante las primeras horas de incubación *in situ* corresponde a la parte soluble y a partículas más finas de dicho alimento. Esta parte soluble puede representar una proporción considerable de nutrimentos, en particular de N en el caso de forrajes fermentados (Nocek y Grant, 1987). Por ello, varios investigadores han optado por lavar las bolsas con la muestra, previa fermentación, para eliminar la fracción soluble y, además, simular la salivación.

### 2.3.1 Características de la bolsa y de la muestra.

La muestra incubada debe ser capaz de moverse libremente dentro de la bolsa, con el objetivo de evitar microambientes que afecten la repetibilidad del análisis. La relación ideal entre la muestra y el tamaño de la bolsa es de 15 mg de MS/cm<sup>2</sup> (Michalet-Doreau y Ould-Bah, 1992; Ørskov, 1992). Otro aspecto a considerar en el tamaño de la muestra es la cantidad requerida para su posterior análisis; asimismo, el número de bolsas a emplear en un mismo tiempo dependerá de la especie de animal canulado. Es por ello que Nocek (1988) sugiere, aunque varía con el tipo de alimento, un tamaño de muestra de 10 a 20 mg/cm<sup>2</sup> de superficie de bolsa, debido a que, por lo general, provee suficiente residuo al finalizar la incubación en el rumen para poder llevar a cabo análisis químicos posteriores.

Varel y Kreikemeier (1995) indican que conforme el tamaño de la muestra aumenta en relación con la superficie de la bolsa, el alimento tiende a compactarse debido al microambiente dentro de ésta y, por tanto, restringe el flujo de líquido ruminal y

*Degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos.  
Efecto de la relación forraje-concentrado en la dieta*

el contacto de éste con las partículas, reduciendo así la tasa de digestión, específicamente al inicio de la incubación.

13

Los poros de la bolsa deben permitir la entrada del líquido ruminal y los microorganismos, pero deberán ser lo suficientemente pequeños para minimizar las pérdidas de material sin degradar, a la vez que permitan una adecuada actividad microbiana y así se eviten obstrucciones. La elección de la porosidad de la bolsa repercute en la relación entre la pérdida de partículas de alimento no degradadas y el movimiento de los microorganismos a través de la bolsa. Un tamaño de poro entre 40-60  $\mu\text{m}$  es adoptado como estándar (Ørskov, 1992; Michalet-Doreau y Ould-Bah, 1992).

La importancia de la relación cantidad de muestra:superficie de la bolsa, ha sido demostrada por Mehrez y Ørskov (1977), quienes incubaron 4.3 g de MS en bolsas de diversos tamaños (5 x 8, 17 x 9, 25 x 15 cm); observando que la desaparición de la MS de la bolsa más chica fue de 37.5% y en las otras dos, de 85%, lo cual sugiere que en la bolsa de 5 x 8 cm no hubo una superficie suficiente que permitiera la mezcla completa del alimento con el líquido y microorganismos ruminales, ni la eliminación de productos finales del metabolismo de éstos. Por otra parte, el que la digestibilidad fuera similar en las bolsas más grandes (17 x 9 y 25 x 15 cm) indica que para tener una repetibilidad adecuada de los resultados, el tamaño de la bolsa debe ser de 17 x 9 cm para 5 g de muestra en base húmeda.

Se ha observado (Weakley, Stern y Satter, 1983) que el tamaño del poro afecta la entrada y salida de la MS a través de la bolsa, lo cual puede representar una pequeña fuente de error si entra MS exógena y se toma como parte del alimento evaluado.

Mehrez y Ørskov (1977) encontraron que las bolsas pueden retener MS exógena, aumentando 0.03 g el peso de las bolsas vacías. Weakley, Stern y Satter (1983) también observaron un aumento promedio de 0.01 g en bolsas vacías y lavadas, que fueron incubadas por 24 h, con lo cual se puede subestimar la pérdida de MS.

La pérdida de muestra, ya sea debido a la solubilización de partículas o mecánicamente por el tamaño de los poros, contribuye a la sobreestimación de la digestibilidad. Por el contrario, ocurre una disminución del estimado de la digestibilidad de la MS cuando se emplean bolsas con poros menores de 35  $\mu\text{m}$ . Dado que en el método *in situ* las bolsas no son masticadas, ni pasan por el proceso de rumia, la única forma por la cual ocurre una reducción del tamaño de las partículas es mediante la fermentación microbiana. La muestra debe, hasta donde sea posible, aparecer en el rumen tal y como se le ofrece a los animales; como esto no es siempre posible, se sugiere secar y moler la muestra en su lugar. La muestra seca se debe moler a través de una criba entre 2.5-3.0 mm de diámetro. El moler el alimento por evaluar modifica la tasa a la cual la MS y el N no proteico son digeridos (Nocek, 1988).

Generalmente partículas más grandes y enteras se asocian con una digestión más lenta, presentando los resultados una mayor variación; las partículas más finas están sujetas a mayores pérdidas al incubarlas en las bolsas, lo que da por resultado tasas de digestión más rápidas que, en ocasiones, pueden no ser reales. Sin embargo, la variación en los resultados es menor (Nocek, 1988). La trituración, sobre todo en el caso de los forrajes, aumenta el área superficial por unidad de peso de la muestra y, por tanto, hay más área accesible para que los microbios se adhieran.

Al moler el alimento (5 mm) aumenta la desaparición del N y de la MS en comparación con el alimento, tal como lo consume el animal (Nocek, 1985). Solaiman *et al.* (1982) observaron una mayor digestibilidad de las paredes celulares de la alfalfa (*Medicago sativa*) y del pasto *orchard grass* (*Dactylis glomerata*), al moler estos forrajes a un tamaño de 1 mm, que en partículas de 8 mm.

Mehrez y Ørskov (1977) y Nocek (1985) recomiendan remojar las bolsas con las muestras, aunque se reconoce que existe poca información al respecto (Michalet-Do-reau y Ould-Bah, 1992).

La acumulación de gas puede afectar la digestibilidad *in situ* del alimento, ya que puede causar que las bolsas floten, lo que impide su libre movimiento dentro del rumen y limita cualquier acción mecánica causada por los movimientos ruminales. También puede reducir el flujo de líquido ruminal en la bolsa y la entrada de sustancias y microorganismos para digerir el alimento.

Por otra parte, se ha reportado que bolsas con tamaños de poro grande tienden a favorecer la acumulación de gas. Nocek, Cummins y Polan (1979) encontraron acumulación de gas en bolsas con tamaño de poro entre 20 y 30  $\mu\text{m}$ .

### 2.3.2 Especie animal y dieta a utilizar.

Existe muy poca o ninguna diferencia en la degradación de muestras incubadas, tanto en ovinos como en bovinos, y el uso de bovinos tiene la ventaja de permitir un mayor número de bolsas y/o bolsas más grandes por periodos (Ørskov, 1992). El método de digestión *in situ* ha sido utilizado en diferentes especies de animales incluyendo vacas, novillos, borregos, caprinos, caballos y conejos (French, Prine y Kroude, 1987), encontrándose que los ovinos tienen una mayor proporción de N en el rumen proveniente del amoníaco y menor contenido de ácidos grasos volátiles, mientras que el pH ruminal y la tasa de dilución de líquidos son similares a la de los bovinos. Prigge, Baker y Varga (1984) observaron valores promedio mayores de retención de sólidos en el rumen de bovinos que en ovinos (26 y 17.4 h, respectivamente). Las diferencias específicas en la digestibilidad entre y dentro de las especies pueden estar relacionadas con el tiempo de retención en el rumen del animal empleado.

Mehrez y Ørskov (1977) observaron que la mayor fuente de variación en esta técni-

*Degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos.  
Efecto de la relación forraje-concentrado en la dieta*

ca son los animales. Se ha sugerido que una muestra debe ser incubada como mínimo en tres animales para ofrecer una estimación precisa en un tiempo de incubación dado. Para ajustar y reducir la variación en la digestibilidad determinada con el método *in situ* entre animales donantes o huéspedes con un mismo estado fisiológico y la dieta y la variación asociada al tiempo de incubación, se han utilizado dos: 1) Emplear un alimento estándar y 2) Seguir una secuencia fija al remover las bolsas del rumen, si es que la incubación se efectúa comparando diferentes tiempos.

Se debe de pretender que la dieta de los animales sea igual al alimento evaluado, pero como eso no siempre es posible, lo correcto es garantizar un ambiente ruminal estable. Es preferible que la dieta basal contenga pequeñas cantidades de una variedad de ingredientes, para así establecer una población microbiana diversa. Los tipos de bacterias presentes en el rumen constituyen un obstáculo inherente y una fuente de variación asociada con la estimación de la digestibilidad verdadera de los nutrientes en la dieta de prueba. Muchos investigadores han demostrado que la población microbiana, específica del rumen de acuerdo a lo que el animal ingiere, aumenta de forma curvilínea con el tiempo de incubación ruminal. Esto sugiere que las bacterias están continuamente adheriéndose a las partículas de alimento hasta un momento en particular durante la exposición ruminal (Nocek, 1988). Meyer y Mackie (1986) encontraron que en el método *in situ* las bacterias entran en las bolsas más rápidamente y en mayor número cuando los animales huéspedes (vacas fistuladas) son alimentados frecuentemente.

La dieta es el principal factor que determina la cantidad y tipo de microorganismos que se encuentran en el rumen y, por lo tanto, el grado de digestión de los nutrientes dietarios; por ejemplo, la alimentación con dietas altas en concentrados con un elevado contenido de carbohidratos fermentables reduce el pH ruminal y causa un cambio en la población microbiana, aumentando los organismos amilolíticos y disminuyendo los celulolíticos (Lindberg, 1981).

Debido a que las muestras de alimento que se someten a pruebas de digestibilidad *in situ* están en íntimo contacto con los microorganismos ruminales, es muy importante que se encuentren en el rumen aquellos capaces de digerir el tipo de alimento evaluado, por lo cual es necesario proporcionar una dieta adecuada para favorecer su crecimiento (Nocek, 1988).

El grado de digestión de la pared celular de diferentes forrajes disminuyó al aumentar el contenido de almidón en la dieta de 0 a 80%. Algunos estudios (Lindberg, 1981; 1983) indican que dietas altas en concentrados disminuyen la digestibilidad de la fibra, por lo que en el caso de forrajes también puede disminuir la digestibilidad del N; sin embargo, los residuos bacterianos también pueden afectar esta interpretación (Nocek y Grant, 1987).

### 16 2.3.3 Condiciones y tiempo de incubación; lavado de las bolsas.

Las bolsas se deben mover libremente dentro del rumen, tanto en la fase líquida como en la sólida (Ørskov, 1992). La inclusión de un peso adicional en las bolsas, a manera de contrapeso, no parece tener mayor importancia (Michalet-Doreau y Ould-Bah, 1992). El tiempo de incubación dependerá de las características del alimento a evaluar; es importante que la parte más sensible de la curva esté bien apoyada con observaciones (Ørskov, 1992).

Las bolsas, una vez extraídas del rumen, se deben lavar, a mano o en máquinas lavadoras domésticas, para eliminar las partículas y microorganismos (Michalet-Doreau y Ould-Bah, 1992). Al menos dos bolsas con la muestra a analizar deben ser lavadas para determinar las pérdidas en material altamente soluble y finas partículas que escapan de las mismas. El lavado en máquinas disminuye las variaciones dentro de cada laboratorio, si se compara con el lavado manual.

### 2.3.4 Posición de las bolsas dentro del rumen.

Se ha observado que la variabilidad entre duplicados en novillos, se reduce cuando las muestras son incubadas en bolsas sujetas a un cordón de 50 cm de largo atado a la fístula ruminal, en comparación con las mismas muestras incubadas en bolsas atadas a cordones de 30 cm de largo, debido a que el cordón más largo permite mayor movimiento de las bolsas en el rumen. Mehrez y Ørskov (1977) presentan conclusiones similares y recomiendan que en borregos las bolsas deben estar sujetas a un cordón de 25 cm de largo. Es importante que las bolsas queden completamente sumergidas en el contenido ruminal, para reducir la variabilidad en los resultados obtenidos.

## 2.4 Interpretación de los resultados

La curva debe mostrar la degradación de la muestra contra el tiempo; se asume que desaparición es sinónimo de degradación. A pesar de que esto generalmente es cierto, hay casos en que esta asunción no es válida; por ejemplo, los sustratos muy solubles en agua (Ørskov, 1992). Aunque se han informado algunas ecuaciones para describir la curva de degradación ruminal, la primera y más utilizada es la planteada por Ørskov y McDonald (1979):

$$P = a + b (1 - e^{-ct}) \quad (1)$$

Donde  $P$  es el porcentaje de degradación al tiempo ( $t$ );  $a$  es la fracción soluble o degradable al tiempo 0 (intercepto de la curva con el eje  $y$ );  $b$  es la fracción insoluble pero potencialmente degradable si el tiempo no es limitante (diferencia entre  $a$  y la asíntota de la curva); el valor  $a + b$  es el potencial de degradabilidad del material (to-

*Degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos.  
Efecto de la relación forraje-concentrado en la dieta*

dos se expresan en porcentaje); mientras que  $c$  es la velocidad o tasa de degradación y se expresa en % por hora.

McDonald (1981) modificó ligeramente esta ecuación para poder ser utilizada en la evaluación de aquellos alimentos cuya degradación ruminal no fuese inmediata y tuviesen una fase “lag” o de colonización; su ecuación incluye el término *lag*, que se expresa en horas. La ecuación es la siguiente:

$$P = a + b (1 - e^{-c(t-lag)}) \quad (2)$$

La magnitud de degradación de la proteína dependerá del tiempo que permanezca en el rumen, por lo que Ørskov y McDonald (1979) definen la degradabilidad efectiva de la proteína,  $P$ , como:

$$P = a + [bc/(c+r)] [1 - e^{-(c+r)t}] \quad (3)$$

En donde  $r$  es la velocidad de pasaje del rumen al omaso; como el tiempo de incubación se incrementa, la fracción de proteína que permanece en el rumen cae a cero, conjuntamente con la velocidad de degradación y  $P$  puede, entonces, definirse como:

$$P = a + bc/(c + r) \quad (4)$$

En esta ecuación  $a$  es la proteína inmediatamente degradada y  $bc/(c + r)$  es la fracción lentamente degradable. El valor de  $r$  puede ser determinado por tratamiento con dicromato a la proteína. Además, se puede calcular la degradabilidad efectiva (DE) del N utilizando los parámetros de degradabilidad en combinación con la tasa de flujo ruminal de pequeñas partículas ( $k$ ). La ecuación es la siguiente:

$$DE = a + ((bc)/(c+k)) \quad (5)$$

Los valores de  $a$ ,  $b$  y  $c$  son la base para determinar el potencial alimenticio de los forrajes, así como para recomendar las estrategias de alimentación. El potencial alimenticio indica el consumo de energía digestible relativo al mantenimiento de un bovino de carne de razas europeas (Ørskov, 1993; IFRU, 1997). Este potencial puede equipararse a un índice, valor que indica el consumo relativo o productividad posible de los alimentos; no obstante, se requiere de mayor información para dar validez a este enfoque; sin embargo, parece ser prometedor al analizar información de diferentes lugares con grandes diferencias de recursos alimenticios y tipos de animales (Ørskov, 1998).

Se puede concluir que para determinar la digestibilidad *in situ* de alimentos en el rumen, se deben de utilizar bolsas con tamaño de poro de 40 a 60  $\mu\text{m}$ , que el tamaño de partícula de la muestra se encuentre entre 1 y 2 mm antes de ser incubada y que la relación entre la superficie de la bolsa y el tamaño de la muestra sea de 10 a 20  $\text{mg}/\text{cm}^2$ . Los animales empleados de preferencia deben ser homogéneos en cuanto a

- 18 peso, edad y sexo. Si no es posible proporcionar la dieta evaluada, se debe ofrecer una con 50% de forrajes y 50% de concentrados. Además, las bolsas se deben colocar a una distancia adecuada dentro del rumen, de acuerdo a la especie empleada y permanecer el tiempo necesario para permitir su degradación ruminal. En cereales y suplementos proteínicos, se considera conveniente incubarlos hasta por 24 a 48 h y en forrajes hasta por 72 a 96 h, si se quiere determinar la máxima degradación del alimento a nivel ruminal.

### 3. METODOLOGÍA

La prueba experimental se desarrolló en la Unidad de Digestión y Metabolismo del Departamento de Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Ésta se encuentra a una altitud de 1135 msnm con una precipitación media anual de 230 mm, una temperatura media anual de 16.5 °C y una oscilación térmica de 14.5 °C (Municipio de Juárez, 2010).

Se usaron ocho borregos castrados con un peso promedio inicial de 35 kg y una edad de 12 meses, equipados con una cánula ruminal permanente de 7.5 cm de diámetro.

Los animales estuvieron sujetos al consumo de cuatro dietas con variación en la relación forraje:concentrado: a) 70:30, b) 60:40, c) 50:50 y d) 40:60 g/100 g MS, respectivamente. Los subproductos alimenticios (ingredientes) a ser evaluados fueron harina de carne, harina de pescado, gluten de maíz, harina de semilla de algodón (harinolina), harina de soya, harina de soya integral, harina de carne de cerdo y salvado de trigo. Las dietas se ofrecieron en un nivel de consumo restringido (1.5 veces el nivel de mantenimiento: 67 g/kg PV<sup>0.75</sup>).

Cada periodo experimental consistió en 10 días de adaptación y 12 días de muestreo. Antes del inicio de la fase de adaptación del primer periodo de muestreo, los animales se dosificaron con vitaminas A, D y E, y se desparasitaron interna y externamente. Los borregos se alojaron en corraletas metabólicas individuales con piso de concreto y una superficie de 1.8 m<sup>2</sup>. La dieta se ofreció diariamente en dos tomas (08:00 y 17:00 h).

El forraje utilizado fue heno de alfalfa, el cual fue molido en un molino de martillos<sup>1</sup> con una criba de 10 cm. El concentrado fue especialmente formulado por una empresa comercial (12% de proteína cruda). Los animales tuvieron libre acceso a un bloque mineral y el agua estuvo disponible a toda hora del día.

---

<sup>1</sup> Marca Azteca.

En todos los periodos se llevó un registro del peso de los animales al inicio y al final de cada tiempo de muestreo para poder determinar el peso metabólico, el cual se utilizó como una unidad de expresión del consumo. El pesaje se efectuó con animales dietados por 24 h. Los borregos se pesaron en una báscula con capacidad de 180 kg y una variación mínima de 225 g.

La digestibilidad in situ de los ingredientes evaluados, se determinó utilizando la técnica de la bolsa de nailon (Ørskov, DeB. Hovell y Mould, 1980). Las bolsas empleadas para esta prueba fueron de poliéster de monofilamento blanco, selladas con calor y libres de N, con un tamaño de poro de 53 ( $\pm 10$ ) micrones.<sup>2</sup> Las bolsas utilizadas midieron 5 x 10 cm y contenían 2 g de muestra cribada a 2 mm, las cuales se incubaron por duplicado en cada tiempo de muestreo en el rumen de cada borrego, siendo extraídas a las 0, 6, 12, 24 y 48 h. Una vez que las bolsas se extrajeron del rumen, se lavaron con agua común y se secaron en estufa a 60 °C durante 24 h. Posteriormente, el remanente de la bolsa se molió en una criba de 1 mm para determinaciones posteriores (aoac, 2000).

Para la degradabilidad ruminal, los valores observados en la técnica in situ de ms se ajustaron al modelo no lineal propuesto por Ørskov y McDonald (1979):

$$P1 = a + b (1 - e^{-ct}) \quad (6)$$

Donde:

P1 = Degradación real en función del tiempo (t);

a = Intersección de la curva de degradación a tiempo cero y representa el componente que se degrada rápidamente;

b = Degradabilidad potencial del componente;

e = Base de los logaritmos naturales (2.71828);

c = Tasa constante de degradación; y

a + b = Degradabilidad total del componente.

La tasa de degradabilidad y demás parámetros relacionados, se calcularon por medio del paquete estadístico sas (1985).

Las muestras representativas obtenidas del alimento ofrecido, se molieron en un aparato de molienda Wiley con malla de 1 mm, y se determinó el contenido de hu-

<sup>2</sup> Bar Diamond, Inc; Parma, Idaho.

- 20 medad y ms (aoac, 2000), en tanto que el contenido de fdn, celulosa, hemicelulosa y fda se obtuvo con el método descrito por Goering y Van Soest (1970) en un aparato extractor de fibra.

Las variables por evaluar fueron el consumo de forraje y concentrado y el consumo de la ms total, los cambios en peso vivo para expresar las unidades de consumo, la desaparición de la ms de la bolsa (in situ) y con estos datos, la degradabilidad ruminal (fracción soluble, fracción insoluble pero digestible y la tasa de digestión) de los ingredientes evaluados a través del modelo no lineal, así como el análisis de los alimentos.

El análisis de la información se llevó a cabo mediante un modelo para un diseño experimental de cuadro latino 4 x 4 doble, consistente en cuatro tratamientos, cuatro periodos y cuatro animales por tratamiento:

$$Y_{ijkL} = m + a_i + T_j + b_k + E_{ijk} \quad (7)$$

Donde

$Y_{ijkL}$  = Observación experimental;

$m$  = Media general;

$a_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo periodo ( $i = 1, \dots, 4$ );

$T_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo tratamiento ( $j = 1, \dots, 4$ );

$b_k$  = Efecto de la  $k$ -ésimo animal ( $k = 1, \dots, 8$ ); y

$E_{ijk}$  = Error experimental.

La comparación entre medias de tratamientos, se efectuó mediante la prueba de Tukey (Montgomery, 1991). Para realizar la mayoría de los análisis estadísticos, se utilizó el programa sas (1985).

*Degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos.  
Efecto de la relación forraje-concentrado en la dieta*

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Efecto del tipo de ingrediente concentrado sobre su digestión en el rumen

En el cuadro 1 se observa el comportamiento a través del tiempo de la desaparición de la MS de diversos ingredientes concentrados, que fueron incubados en bolsas de nailon en el rumen de borregos. La hora 0 del muestreo es un dato generado en el laboratorio mediante una incubación de las bolsas en agua contenida en baño María y sujeta a una temperatura de 39 °C, similar a la del rumen, y después de 15 minutos de incubación las bolsas son lavadas y secadas. Para esta hora en particular, se detectó una diferencia ( $P < 0.01$ ) muy notoria entre los ingredientes, mostrándose una baja desaparición de la MS en las bolsas que contenían harinas de soya integral, de carne y de pescado; una desaparición media para la harina de cerdo y la harinolina, así como ingredientes con alto contenido de partículas solubles, como el caso del salvado de trigo, gluten de maíz y harina de soya, respectivamente, encontrándose un rango de 1.9 a 23.6%.

Lo anteriormente expresado demuestra que la composición química de cada uno de los ingredientes varía tanto en la porción de partículas muy finas y finas (solubles), que pueden salir de las bolsas de nailon y que se consideran como una porción digestible para el animal; asimismo, por la forma en que se aglutinan las partículas de algunos ingredientes en las bolsas y que evitan su salida de ellas, resultando en valores bajos de fracciones solubles (harina de soya integral).

Para el caso de la hora 6 del muestreo, en la cual la incubación se lleva a cabo en el animal, se pueden apreciar diferencias ( $P < 0.01$ ) entre los ingredientes, presentándose nuevamente los valores menores para el caso de la harina de soya integral (6%); sin embargo, los valores detectados en las harina de carne y de pescado son tres veces superiores a la primera (20.3 y 21.6%), respectivamente. Los valores intermedios se presentan nuevamente en la harina de cerdo y la harinolina, mientras que el valor máximo se detectó en el salvado de trigo (51.5%).

En la hora 12 del muestreo, las tendencias fueron similares ( $P < 0.01$ ), presentándose valores altos en el salvado de trigo, gluten de maíz y harina de soya (63.4, 55.9 y 55.5%), respectivamente; intermedios en la harinolina y harina de soya; y muy bajos en la harina de soya integral (12.3%). Para las horas 24 y 48 del muestreo, se aprecian diferencias similares ( $P < 0.01$ ) entre ingredientes, notándose que el gluten de maíz y la harina de soya presentan una muy alta digestión en el rumen (92.4 y 90.3%) en el tiempo máximo de incubación, respectivamente; en tanto que el salvado de trigo

y la harinolina (77.5 y 63.5%) serían considerados como sustratos de buena degradación ruminal. Por otra parte, los demás ingredientes evaluados se pueden asociar como un grupo de mediana a baja degradabilidad ruminal, que contiene una porción sustancial de sobrepaso, que se aprovechará en el intestino delgado (primordialmente la fracción proteica).

En el cuadro 2 se presentan los valores observados de la digestibilidad *in situ* de cada ingrediente en las diversas horas de muestreo y se comparan con los valores estimados obtenidos con el modelo no lineal descrito anteriormente. Se puede observar la bondad del modelo al generar valores muy similares entre los dos.

En el cuadro 3 se muestran los valores de degradabilidad generados con los datos de la digestibilidad *in situ*. De las fracciones degradables estimadas, se encuentra la “fracción a”, que representa la porción soluble del ingrediente que es altamente digestible (partículas finas y muy finas) y se expresa en %; la “fracción b” identifica la porción insoluble de la muestra incubada en el rumen pero que esgradable y se expresa en %; mientras que la “fracción c” proporciona la tasa de digestión y/o de degradabilidad que se presenta en el rumen y se puede expresar en %/h.

En lo que respecta a la “fracción a”, se presentaron diferencias ( $P < 0.01$ ) muy notorias entre los ingredientes evaluados, detectándose valores mínimos en la harina de soya integral (0.83%), así como valores máximos en la harina de soya, gluten de maíz y salvado de trigo (22.06, 21.34 y 20.77%), respectivamente. Lo anterior indica que las características de cada ingrediente influyen directamente en la porción soluble que fluye fuera de la bolsa o que es rápidamente digerida. En cuanto a la “fracción b” también se detectaron diferencias ( $P < 0.01$ ) entre los ingredientes, encontrándose valores de 35.5, 35.85 y 38.75% para las harinas de carne, de cerdo y de pescado, respectivamente, lo cual sugiere que este tipo de ingredientes presentan cierta protección contra el ataque microbial en el rumen, favoreciendo esto a que sean digeridos mayormente en el intestino delgado. En los ingredientes en que se observó una mayor degradabilidad de esta porción del alimento fue en el gluten de maíz (81.16%) y en la harina de soya (80.35%), mientras que en el resto de los ingredientes el rango fue de 55 a 64%.

Uno de los indicadores más importantes relacionados con la degradación de los alimentos en el rumen, es la tasa de digestión en dicho compartimento. En el cuadro 3 se observan diferencias ( $P < 0.01$ ) entre los ingredientes para esta variable, encontrándose que la harina de soya integral presenta la tasa de digestión más baja (0.01%/h), mientras que en el salvado de trigo se detectó el mayor valor (0.13%/h), en tanto que el resto de los alimentos promedió 0.7%/h. Lo anteriormente referido indica que aun y cuando en el salvado de trigo no se detectó el valor máximo de desaparición de la MS de la bolsa incubada en el rumen, que correspondió a la harina de soya (71.1 vs. 77%, respectivamente) a las 48 h de muestreo, en éste la digestión presentó una pendiente más pronunciada y constante respecto a la harina de soya (0.13 vs. 0.06%/h), respectivamente.

## 4.2 Efecto del tipo de dieta (relación forraje:concentrado) sobre la digestibilidad ruminal de ingredientes concentrados

La figura 1 presenta el comportamiento de la hora 0 del muestreo, que, como ya se comentó, se lleva a cabo en el laboratorio; por tal motivo, no se comentará el efecto del tipo de dieta, puesto que en teoría no influye.

En la figura 2 se puede apreciar que el salvado de trigo, el gluten de maíz y la harina de soya presentan los mejores valores de digestión ruminal, respectivamente, encontrándose que el salvado de trigo aumenta ligeramente su degradabilidad en las dietas con proporción 50:50 y 40:60, mientras que el gluten de maíz se comporta antagónicamente a éste; en tanto que la harina de soya presenta una tendencia leve de disminución en la degradabilidad ruminal conforme el nivel de concentrado en la dieta aumenta. El resto de los ingredientes presentan una tendencia similar en las cuatro dietas ofrecidas, resaltando que la harina de soya integral continúa presentando la menor digestión.

En la figura 3 se puede observar más claramente el comportamiento de cada ingrediente, conformándose tres grupos: los de mayor digestión (salvado de trigo, gluten de maíz y harina de soya), los de digestión intermedia (harinolina y harinas de cerdo, de pescado y de carne) y los de muy baja digestión (harina de soya integral), respectivamente. Asimismo, se observa la misma tendencia referida en el párrafo anterior en los tres primeros ingredientes por efecto de la dieta.

Por otra parte, en las figuras 4 y 5 el comportamiento es muy parecido, notándose que un grupo de ingredientes (harinas de cerdo, de carne, de pescado y de soya integral) presenta una baja degradabilidad y, al parecer, el tipo de dieta no tiene efecto alguno. Sin embargo, en la harina de soya y el gluten de maíz se observa el mejor comportamiento, seguidos del salvado de trigo y, posteriormente, de la harinolina, presumiéndose que no habría efecto de la dieta ofrecida a los animales, tal y como se presentó en otras horas del muestreo. Esto últimamente mencionado indica que dichos ingredientes pueden ser empleados para proporcionar nutrientes a los microorganismos ruminales, al ser usados como suplementos, puesto que su digestión en el rumen es muy efectiva.

Woods, O'Mara y Moloney (2002) utilizaron novillos alimentados con ensilaje de zacate y concentrado (50:50) con un consumo restringido y reportaron para la harinolina, harina de soya y gluten de maíz las fracciones a (32.7, 31.5 y 42.5%), b (64.8, 48.1 y 55%) y c (0.15, 0.12 y 0.04%/h), respectivamente; concluyendo que no encontraron diferencias en la degradabilidad *in situ* de los ingredientes entre dietas que diferían en la proporción de forraje:concentrado.

Rotger *et al.* (2006) concluyen que las diferencias en la proporción de forraje:concentrado entre dietas no alteran el perfil de la fermentación ruminal y, por consecuencia, no tienen efecto en la cinética de degradación del N de suplementos proteicos incubados *in situ*. Mientras que Molero *et al.* (2004) observaron una mayor degradación para ciertos suplementos proteicos en dietas altas en forraje cuando proporciones extremosas de forraje:concentrado en las dietas fueron comparadas, pero estas diferencias desaparecieron cuanto más similar fueron las proporciones de forraje:concentrado.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones y características en que este experimento se efectuó, se puede concluir lo siguiente:

Los ingredientes concentrados empleados en la actualidad con mucha frecuencia, debido a los altos costos de los granos, presentan una variabilidad muy grande respecto a la degradabilidad y/o digestión de la MS en el rumen de los animales rumiantes cuando ésta se evalúa a través de la técnica de la bolsa de nailon (*in sacco*). De los ingredientes que fueron evaluados, tanto el salvado de trigo como el gluten de maíz presentan una mayor digestión ruminal de la MS, seguidos de la harina de soya y la harina de semilla de algodón (harinolina). Se puede considerar a estos cuatro ingredientes como posibles suplementos para rumiantes sujetos a sistemas productivos de alimentación, que presenten deficiencias de nutrientes estacionales para cubrir los requerimientos de los microorganismos que se encuentran en el rumen, como apoyo para degradar los componentes fibrosos de la dieta; tal es el caso de los rumiantes en sistemas extensivos (agostaderos).

Por otra parte, los ingredientes provenientes de una fuente de origen animal, tales como las harinas de carne de cerdo, de pescado y de carne de bovino, presentan características de protección contra el ataque e inoculación microbiana, lo cual resulta en una baja digestión en el rumen; sin embargo, los nutrientes pueden ser aprovechados en el intestino delgado, sobre todo la proteína, ocasionando que estos ingredientes puedan ser utilizados en aquellos sistemas de alimentación en donde se requieren muy buenas ganancias de peso. Cuando se comparan las harinas de soya y de soya integral, se observa un comportamiento totalmente diferente entre ellos en relación con la digestión ruminal (alto y bajo) en ese orden, lo cual, al parecer, indica que las características físicas y químicas de cada ingrediente influyen directamente en su tasa de digestión (0.06 vs. 0.01%/h, respectivamente). No obstante, la utilización tanto de estos ingredientes como de los altamente degradables en el rumen, será determinada primordialmente por el precio que tengan en el mercado.

En cuanto a la proporción de forraje:concentrado en la dieta (70:30, 60:40, 50:50 y 40:60%), al parecer no afectan la digestión de la MS a nivel de rumen en general, pre-

*Degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos.  
Efecto de la relación forraje-concentrado en la dieta*

sentándose tendencias muy similares entre éstas. Lo anteriormente expresado indica que la degradabilidad ruminal de este tipo de ingredientes, al parecer no es afectada por el nivel de concentrado en la dieta, al menos bajo en este nivel de consumo (1.5 veces el nivel de mantenimiento).

## REFERENCIAS

- AOAC (2000). *Official Methods of Analysis*. 17.<sup>a</sup> edición. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- Arieli, A., Z. Shabi, I. Bruckental, H. Tagari, S. Zamwell y H. Voet (1996). "Effect of the Degradation of Organic Matter and Crude Protein on Ruminant Fermentation in Dairy Cows". *J. Dairy Sci.*, núm. 79, pp. 1774-1780.
- Arosemena, A., E. J. DePeters y J. G. Fadel (1995). "Extent of Variability in Nutrient Composition within Selected By-product Feedstuffs". *Anim. Feed Sci. Technol.*, núm. 54, pp. 103-120.
- Bath, D. L., J. Dunbar, J. King, S. Berry y S. Olbrich (1993). "By-products and Unusual Feedstuffs". *Feedstuffs*, núm. 65, pp. 32-37.
- Blümmel, M., H. P. S. Makkar, G. Chisanga, J. Mtimuni y K. Becker (1997). "The Prediction of Dry Matter Intake of Temperate and Tropical Roughages from *In Vitro* Digestibility/Gas Production Data, and the Dry Matter Intake and *In Vitro* Digestibility of African Roughages in Relation to Ruminant Liveweight". *Anim. Feed Sci. Tech.*, núm. 69, pp. 131-141.
- Blümmel, M. y K. Becker (1997). "The Degradability Characteristics of Fifty-four Roughages and Roughage Neutral-detergent Fibre as Described by *In Vitro* Gas Production and their Relationship to Voluntary Feed Intake". *Brit. J. Nutr.*, núm. 77, pp. 757-768.
- DePeters, E. J., J. G. Fadel y A. Arosemena (1997). "Digestion Kinetics of Neutral Detergent Fibre and Chemical Composition within Some Selected By-products Feedstuffs". *Anim. Feed Sci. Technol.*, núm. 67, pp. 127-140.
- Flatt, W. P. (1988). "Feed Evaluation Systems: Historical Background". En: E. R. Ørskov (ed.). *World Animal Science. Disciplinary Approach B4*. Elsevier Science Publishers, pp. 1-22.
- French, E. C., G. M. Prine y L. J. Kroude (1987). "Perennial Peanut: Developments in Animal Research". International Conference on Livestock and Poultry in the Tropics. Florida Extension Service, pp. A6-A13.

- 26 Goering, J. K. y P. J. Van Soest (1970). "Forage Fiber Analysis". *Agr. Handbook*, núm. 379. ARS. USDA.
- Grasser, L. A., J. G. Fadel, I. Garnett y E. J. DePeters (1995). "Quantity and Economic Importance of Nine Selected By-products Used in California Dairy Rations". *J. Dairy Sci.*, núm. 78, pp. 962-971.
- IFRU (International Feed Resources Unit) (1997). *A Report 1991-1997*. Aberdeen, UK: Rowett Research Institute, p. 7.
- Johnson, H. A., J. G. Fadel y R. E. Howitt (1994). "Evaluating the Cost of Nutrient Variance and Risk of Meeting the Animal's Requirements using Linear and Non-linear Programming Techniques". *J. Anim. Sci.*, núm. 45. Proc. Western Sec., pp. 330-333.
- Lindberg, J. E. (1981). "The Effect of Basal Diet on the Ruminant Degradation of Dry Matter, Nitrogenous Compounds and Cell Walls in Nylon Bags". *Swed. J. Agric. Res.*, núm. 11, p. 159.
- (1983). "Factors Affecting Predictions of Rumen Degradability using the Nylon Bag (*In Sacco*) Technique and a Comparison between *In Vivo* and *In Vitro* Degradability Measurements". *Nutr. Abst. Rev. Ser. B*, núm. 53, pp. 715-716.
- Lundquist, R. (1995). "Current Uses of Traditional Co-products". En: M. L. Eastridge (ed.). *Alternative Feeds for Dairy and Beef Cattle*. Proc. 2nd Natl. Alternative Feeds Symp. Ohio State University.
- McDonald, I. (1981). "A Revised Model for the Estimation of Protein Degradability in the Rumen". *J. Agric. Sci.*, núm. 96. Camb., pp. 251-252.
- Mehrez, A. Z. y E. R. Ørskov (1977). "A Study of the Artificial Fibre Bag Technique for Determining the Digestibility of Feeds in the Rumen". *J. Agric. Sci.*, núm. 88. Camb., p. 645.
- Meyer, J. H. F. y R. I. Mackie (1986). "Microbiological Evaluation of the Intraruminal in *Sacculus* Digestion Technique". *Appl. Environ. Microbiol.*, núm. 41, p. 622.
- Michalet-Doreau, B. y M. Y. Ould-Bah (1992). "*In Vitro* and *In Sacco* Methods for the Estimation of Dietary Nitrogen Degradability in the Rumen: a Review". *Anim. Sci. Tech.*, núm. 40, pp. 57-86.
- Molero, R., M. Ibars, S. Calsamiglia, A. Ferret y R. Losa (2004). "Effects of a Specific Blend of Essential Oil Compounds on Dry Matter and Crude Protein Degradability in Heifers Fed Diets with Different Forage to Concentrate Ratios". *Anim. Feed Sci. Technol.*, núm. 114, pp. 91-104.

*Degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos.  
Efecto de la relación forraje-concentrado en la dieta*

Montgomery, D. C. (1991). *Diseño y análisis de experimentos*. México: Grupo Editorial Iberoamericana. 27

Moore-Colyer, M. J. S., J. J. Hyslop, A. C. Longland y D. Cuddeford (2000). "Intra Caecal Fermentation Parameters in Ponies Fed Botanically Diverse Fibre-based Diets". *Anim. Feed Sci. Technol.*, núm. 84, pp. 183-197.

Municipio de Juárez (2010). *Mi ciudad – Características fisiográficas*. Disponible en: <http://www.juarez.gob.mx> (Consulta: 1 de febrero de 2010).

Nocek, J. E. (1985). "Evaluation of Specific Variables Affecting In Situ Estimates of Ruminal Dry Matter and Protein Digestion". *J. Anim. Sci.*, núm. 60, pp. 1347-1358.

----- (1988). "In Situ and Other Methods to Estimate Ruminal Protein and Energy Digestibility: a Review". *J. Dairy Sci.*, núm. 71, pp. 2051-2069.

Nocek, J. E. y A. L. Grant (1987). "Characterization of In Situ Nitrogen and Fiber Digestion and Bacterial Nitrogen Contamination of Hay Crop Forages Preserved at Different Dry Matter Percentages". *J. Anim. Sci.*, núm. 64, pp. 552-564.

Nocek, J. E., K. A. Cummins y C. E. Polan (1979). "Ruminal Disappearance of Crude Protein and Dry Matter in Feeds and Combined Effect in Formulated Rations". *J. Dairy Sci.*, núm. 62, pp. 1587-1598.

Ørskov, E. R. (1992). *Protein Nutrition in Ruminants*. 2.<sup>a</sup> edición. Academic Press, pp. 51-58.

----- (1993). "Appropriate Roughage Evaluation Systems and its Relevance to Upgrading, and Supplementation and Evaluation of Animal Potential". En: *Increasing Livestock Production through Utilization of Local Resources*. Proceedings of the International Conference on Increasing Livestock Production through Utilization of Local Resources. October 18-22. Beijing, China. Bureau of Animal Production and Health. Ministry of Agriculture.

----- (1998). "Feed Evaluation with Emphasis on Fibrous Roughages and Fluctuating Supply of Nutrients: a Review". *Small Ruminant Res.*, núm. 28, pp. 1-8.

----- (2000). "The In Situ Technique for the Estimation of Forage Degradability in Ruminants". En: D. I. Givens, E. Owen, R. F. E. Axford (eds.). *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. CABI Publishing, pp. 175-188.

Ørskov, E. R., F. D. DeB. Hovell y F. Mould (1980). "The Use of the Nylon Bag Technique for the Evaluation of Feedstuffs". *Trop. Anim. Prod.*, núm. 5, pp. 195-213.

- 28 Ørskov, E. R., G. W. Reid y M. R. Kay (1988). "Prediction of Intake of Cattle from Degradation Characteristics of Roughages". *Anim. Prod.*, núm. 46, pp. 29-34.
- Ørskov, E. R. e I. McDonald (1979). "The Estimation of Protein Degradability in the Rumen from Incubation Measurements Weighted According to Rate of Passage". *J. Agric. Sci.*, núm. 92, pp. 499-503.
- Prigge, E. C., M. J. Baker y G. A. Varga (1984). "Comparative Digestion, Rumen Fermentation and Kinetics of Forage Diets by Steers and Wethers". *J. Anim. Sci.*, núm. 59, pp. 237-245.
- Rotger, A., A. Ferret, S. Calsamiglia y X. Manteca (2006). "In Situ Degradability of Seven Plant Protein Supplements in Heifers Fed High Concentrate Diets with Different Forage to Concentrate Ratio". *Anim. Feed Sci. Tech.*, núm. 125, pp. 73-87.
- Solaiman, S. G., F. A. Marty, R. L. Belyea y M. F. Weiss (1982). "Effect of Diet Composition and Forage Particle Size on Cell Wall Digestion Rates of Alfalfa and Orchard grass *In Situ*". *J. Dairy Sci.*, núm. 65, Suppl. 1, p. 144 (Abstr.).
- Statistical Analysis System (SAS) (1985). Statistical Analysis System Institute. Version 5.0. Cary, North Carolina.
- Theodorou, M. K., B. A. Williams, M. S. Dhaona, A. B. Mcailan y J. France (1994). "A Simple Gas Production Method Using a Pressure Transducer to Determine the Fermentation Kinetics of Ruminants Feeds". *Animal Feed Science and Technology*, núm. 48, pp. 185-195.
- Van Soest, P. J. y D. G. Fox (1992). "Discounts for Net Energy and Protein-fifth Review". *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf.* Ithaca, NY: Cornell University, pp. 40-68.
- Van Soest, P. J. y J. B. Robertson (1985). "Analysis of Forages and Fibrous Foods". *A Laboratory Manual for Animal Science 613*. Report of Research of the Cornell University Agricultural Experiment Station, pp. 2-3; 35.
- Vanzant, E. S., R. C. Cochran y E. C. Titgemeyer (1998).** "Standardization of *In Situ* Techniques for Ruminant Feedstuff Evaluation". *J. Anim. Sci.*, núm. 76, pp. 2717-2729.
- Varel, V. H y K. K. Kreikemeier (1995). "Technical Note: Comparison of *In Vitro* and *In Situ* Digestibility Methods". *J. Anim. Sci.*, núm. 73, pp. 578-582.
- Weakley, D. C., M. D. Stern y L. D. Satter (1983). "Factors Affecting Disappearance of Feedstuffs from Bags Suspended in the Rumen". *J. Anim. Sci.*, núm. 56, pp. 493-507.
- Woods, V. B., F. P. O'Mara y A. P. Moloney (2002). "The *In Situ* Ruminal Degradabi-

*Degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos.  
Efecto de la relación forraje-concentrado en la dieta*

lity of Concentrate Feedstuffs in Steers as Affected by Level of Feed Consumption and Ratio of Grass Silage to Concentrate”. *Anim. Feed Sci. Technol.*, núm. 100, pp. 15-30.

Cuadro 1. Comportamiento de la digestibilidad ruminal de la ms (%) de ingredientes concentrados a diversas horas de incubación en borregos.

Ingrediente	Horas				
	0 1	6	12	24	48
Harina de soya integral	1.9 c	6 f	12.3 f	21.9 d	38.6 e
Harina de cerdo	11.1 b	27.3 d	33 cd	41.4 c	47 d
Salvado de trigo	20.5 a	51.5 a	63.4 a	71.1 a	77.5 b
Harinolina	13.7 b	27.5 d	38.4 c	50.6 b	63.5 c
Gluten de maíz	22.3 a	42.8 b	55.9 b	76.8 a	92.4 a
Harina de carne	3.4 c	20.3 e	24.7 e	34.1 c	39.2 e
Harina de pescado	4.8 c	21.6 e	28.4 de	33.7 c	43.9 de
Harina de soya	23.6 a	37.5 c	55.5 b	77 a	90.3 a

<sup>1</sup>/ Media.

<sup>abcdef</sup>/ Las medias de las hileras con diferente literal difieren significativamente ( $P < 0.01$ ).

Cuadro 2. Promedios de los valores observados y estimados de la desaparición ruminal de la MS (%) de ingredientes concentrados en diversas horas de incubación en borregos.

Ingrediente	Incubación en el rumen (h)									
	0 1		6		12		24		48	
	Obs 2	Est 3	Obs 2	Est 3	Obs 2	Est 3	Obs 2	Est 3	Obs 2	Est 3
Harina de soya integral	1.9	0.8	5.3	6.6	10.8	11.8	22	20.4	32.7	33.1
Harina de cerdo	11	11.5	27.3	25.8	33	34.1	41.4	47	46.3	46.3
Salvado de trigo	20.5	20.8	51.5	50.6	63.4	63.8	71.1	72.9	77.5	75.9
Harinolina	13.7	13.6	27.5	27.9	38.4	38	50.6	50.9	63.4	63.4
Gluten de maíz	21.7	21.3	43	42.8	56.4	58	78.4	76.8	92.3	92.8
Harina de carne	3.4	4.1	20.3	18.1	24.7	26.3	34.1	34.4	39.2	38.7
Harina de pescado	4.8	6	21.6	19.5	28.4	27.9	33.7	36.6	43.9	42.5
Harina de soya	24.3	22.1	40.7	45.9	64.1	62.5	85.3	82.2	95.1	96.9

<sup>1/</sup> Media.

<sup>2/</sup> Valores observados obtenidos a través de la técnica de la bolsa de nailon.

<sup>3/</sup> Valores estimados obtenidos a través del modelo de Ørskov y McDonald (1979).

Cuadro 3. Promedios de la degradabilidad ruminal de la MS (%) de ingredientes concentrados en borregos.

Ingrediente	Componentes		
	a (%) <sup>1</sup>	b (%)	c (% h-1)
Harina de soya integral	0.83 d	56.4 c	0.01 c
Harina de cerdo	11.52 bc	35.85 e	0.08 b
Salvado de trigo	20.77 a	55.42 cd	0.13 a
Harinolina	13.60 b	63.34 bc	0.05 bc
Gluten de maíz	21.34 a	81.16 a	0.05 bc
Harina de carne	4.12 d	35.5 e	0.08 ab
Harina de pescado	6 cd	38.75 de	0.08 b
Harina de soya	22.06 a	80.35 ab	0.06 bc

<sup>1/</sup> Media.

ab/ Las medias de las hileras con diferente literal difieren significativamente ( $P < 0.01$ ).

*Degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos.  
Efecto de la relación forraje-concentrado en la dieta*

Figura 1. Comportamiento de la digestibilidad *in situ* de la MS (%) a la hora 0 de incubación en el rumen de borregos de diversos subproductos, de acuerdo a la proporción de forraje:concentrado ofrecida.

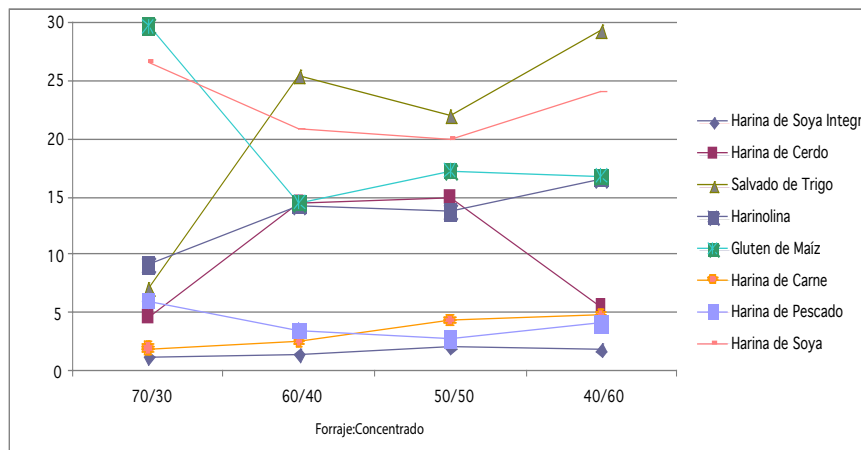


Figura 2. Comportamiento de la digestibilidad *in situ* de la MS (%) a la hora 6 de incubación en el rumen de borregos de diversos subproductos, de acuerdo a la proporción de forraje:concentrado ofrecida.

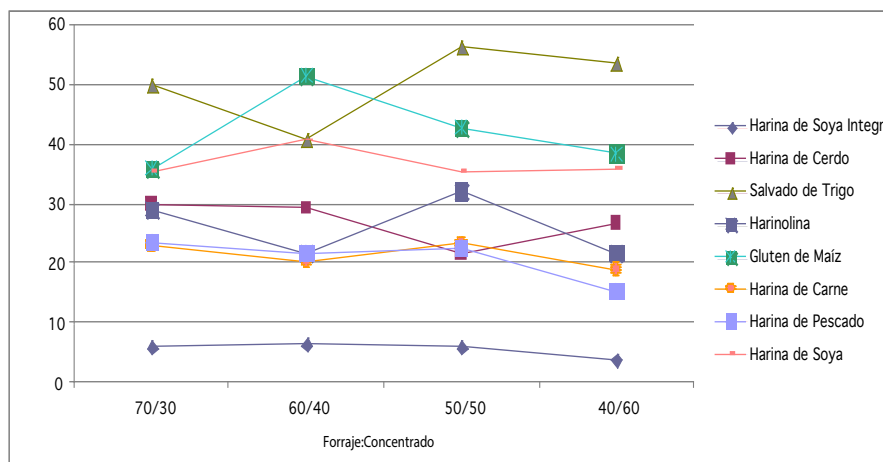


Figura 3. Comportamiento de la digestibilidad *in situ* de la MS (%) a la hora 12 de incubación en el rumen de borregos de diversos subproductos, de acuerdo a la proporción de forraje:concentrado ofrecida.

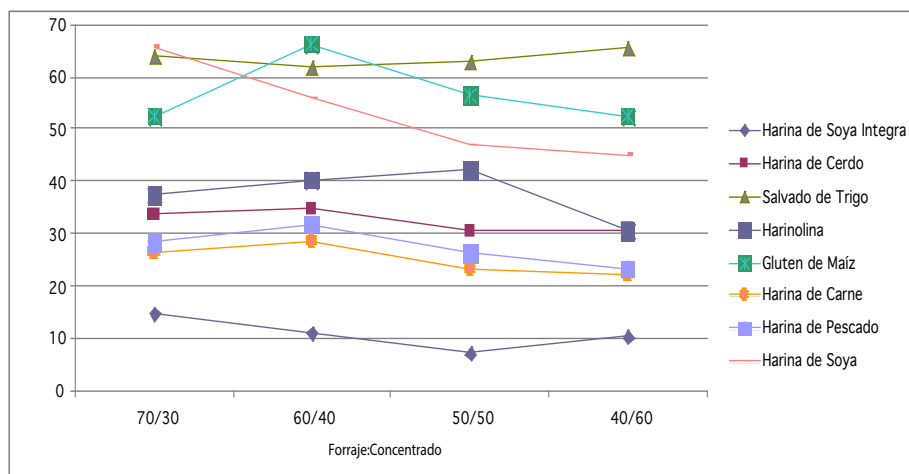
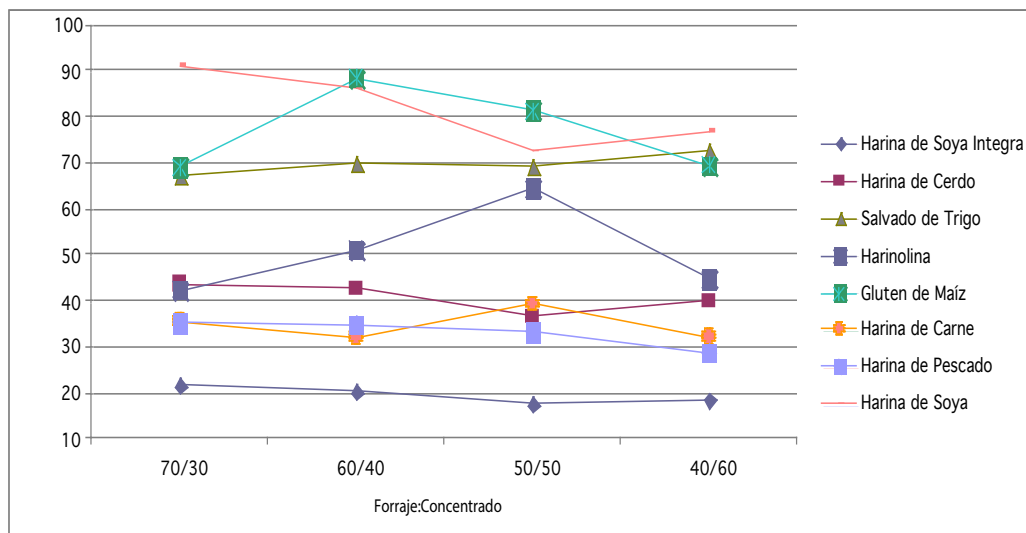
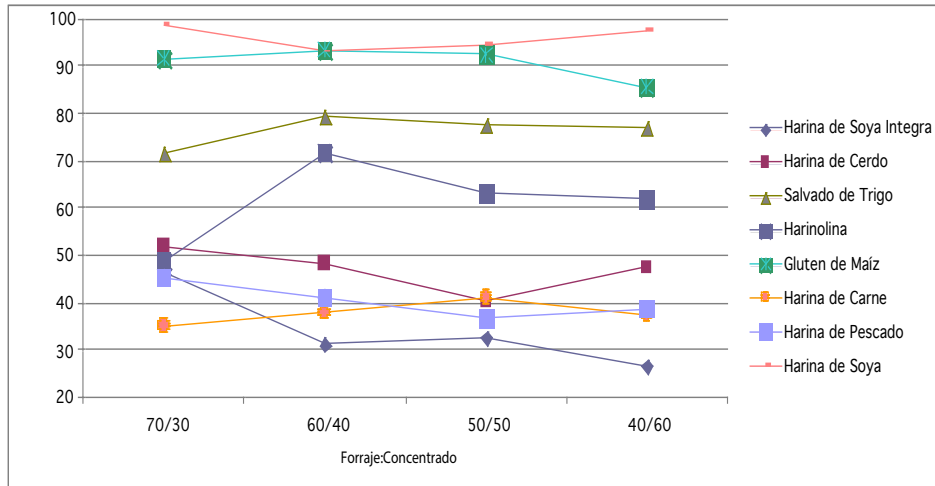


Figura 4. Comportamiento de la digestibilidad *in situ* de la MS (%) a la hora 24 de incubación en el rumen de borregos de diversos subproductos, de acuerdo a la proporción de forraje:concentrado ofrecida.



*Degradabilidad ruminal de subproductos alimenticios en borregos.  
Efecto de la relación forraje-concentrado en la dieta*

Figura 5. Comportamiento de la digestibilidad *in situ* de la MS (%) a la hora 48 de incubación en el rumen de borregos de diversos subproductos, de acuerdo a la proporción de forraje:concentrado ofrecida.



UACJ