

La rumenitis causada por acidosis ruminal no afecta a la digestibilidad de los nutrimentos en los ovinos Pelibuey

Rumenitis in Pelibuey sheep caused by ruminal acidosis does not affect nutrient digestibility

María de la Luz Murguía Olmedo^a, Jessé A. Pacheco Aguirre^b, Arturo F. Castellanos Ruelas^b

RESUMEN

El objetivo del experimento fue cuantificar el impacto de la rumenitis y la laminitis en ovinos machos Pelibuey. Se utilizaron 31 animales de los cuales ocho presentaban al inicio signos de laminitis, ocasionada por acidosis ruminal y rumenitis (grupo RUM). El resto estaban saludables (grupo T). Se alimentaron a libertad durante 91 días con un alimento elaborado con pollinaza, maíz y melaza. Se midió: ganancia diaria de peso (GDP), consumo de alimento (CMS), conversión alimenticia (CA), digestibilidad de materia seca y orgánica (DMS, DMO), de proteína cruda (DPC); así como la materia orgánica absorbida (MOA). Al finalizar, los animales se sacrificaron y se observó la condición de la mucosa ruminal. La GDP y el CMS fueron menores en el grupo RUM comparado con el T (0.140, 1.016 y 0.180, 1.250 kg respectivamente, $P < 0.10$). No se encontró efecto sobre la CA, DMS, DMO y DPC. La cantidad de MOA fue 0.650 y 0.770 kg/anim/día para los animales de los grupos RUM y T respectivamente ($P < 0.10$). Al sacrificio, todos los animales del grupo RUM presentaron rumenitis en diverso grado. Se concluye que la rumenitis y laminitis ocasionadas por acidosis ruminal propició una disminución en la ganancia de peso, debido a una reducción en el consumo. El porcentaje de digestibilidad de los nutrimentos de la dieta no se vio modificado.

PALABRAS CLAVE: Rumentis, Ovinos Pelibuey, Digestibilidad.

ABSTRACT

The objective of this experiment was to estimate impact on productivity and nutrient absorption owing to ruminal epithelial damage and laminitis in Pelibuey sheep. Thirty-one animals were used, of which eight showed severe laminitis problems due to previous ruminal acidosis and rumenitis (RUM), and the remainder were healthy (C). They were fed for 91 d free access to a ration based on poultry manure, corn and molasses. Average daily weight gain (ADG), dry matter intake (DMI), feed conversion (CO), dry and organic matter digestibility (DMD, OMD) and crude protein digestibility (CPD) of the diet were calculated, as well as absorbed organic matter (AOM, kg/anim/d). Animals were slaughtered at the end of the experiment, and their rumens examined. Results were analyzed by means of the least squares method using a linear model that included the mean, the effect of rumenitis (RUM vs C) and the random error [NiD (0, s²)]. Rumenitis affected ADG and DMI (0.140, 1.016 and 0.180, 1.250 kg for RUM and C respectively $P < 0.10$). No effects of rumenitis on CO, DMD, OMD or CPD were found. AOM was 0.650 and 0.770 kg/anim/d for RUM and C respectively ($P < 0.10$). After slaughter, all animals in the RUM group showed rumenitis. It is concluded that rumenitis and laminitis due to rumen acidosis in Pelibuey sheep depress daily gains due to intake reduction. All the same, digestibility of other nutrients was not affected.

KEY WORDS: Ruminal epithelial damage, Pelibuey sheep, Digestibility.

La rumenitis originada por una acidosis ruminal, es una enfermedad de origen alimenticio causada por la ingestión desmesurada de alimentos ricos en carbohidratos y con poca fibra, así como por la

Rumenitis, originated by ruminal acidosis, is an illness produced by an excessive intake of food rich in carbohydrates and poor in fiber, and by a lack of adequate feed distribution methods. This

Recibido el 6 de septiembre de 2002 y aceptado para su publicación el 11 de junio de 2003.

^a Campo Experimental Mocochoá. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

^b Facultad de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Yucatán. cruelas@tunku.uady.mx. Correspondencia y solicitud de separatas al tercer autor.

El presente trabajo fue parte de la tesis del segundo autor para obtener el grado de Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

falta de buenos métodos de distribución de estos alimentos. Esta enfermedad desemboca en laminitis (pododermatitis aséptica difusa). El complejo acidosis-laminitis es el tercer padecimiento más importante que afecta al ganado lechero, sólo superado por la mastitis y por los problemas reproductivos⁽¹⁾. En el ganado productor de carne en confinamiento total bajo condiciones intensivas de alimentación, es sin duda el problema más grande asociado a su salud y productividad.

Una extensa revisión de literatura sobre la acidosis ruminal ha sido publicada por Owens *et al.*⁽²⁾. El consumo de dietas bajas en fibra y elevadas en almidones propician la caída del pH ruminal a 6 o menos, facilitando el crecimiento de *Streptococcus bovis* y lactobacilos, que fermentan activamente a los carbohidratos en el rumen, propiciando la síntesis rápida de glucosa, piruvato y ácido láctico. Una parte de este ácido láctico es convertido en propionato; cuando se sobrepasa esta capacidad de transformación, se produce un exceso de ácido láctico que ocasiona una reducción en la motilidad ruminal y una disminución en la absorción de ácidos grasos volátiles^(3,4); este ácido láctico es absorbido y se incorpora a la circulación sanguínea. En un inicio, el bicarbonato puede neutralizar la caída del pH sanguíneo, pero el incremento del ácido láctico circulante produce finalmente una acidosis metabólica⁽²⁾.

La disminución en el pH ruminal propicia liberación de endotoxinas en este órgano, las cuales a su vez estimulan la síntesis y absorción de histamina, metabolito que está asociado al daño en el epitelio ruminal^(5,6). Esto ocasiona desprendimiento del epitelio ruminal y rumenitis particularmente en el saco ventral.

La forma como la acidosis ruminal ocasiona laminitis, no ha sido plenamente investigada; se asume que los cambios en el pH ruminal y sanguíneo ocasionan un aumento en el flujo de sangre y también en el pulso digital, con ruptura de la pared de vasos capilares en las anastomosis arteriovenosas de la pezuña, lo que se traduce en una irritación y aparición de ulceraciones en el corion, con un crecimiento constante y exacerbado de la pezuña⁽¹⁾.

illness can end in laminitis (diffuse aseptic pododermatitis). The acidosis - laminitis complex is considered to be the third ailment in importance affecting dairy cattle after mastitis and reproductive problems⁽¹⁾. In beef cattle under confinement and intensive feeding, it is the most important problem associated to health and productivity.

An extensive review of available literature on ruminal acidosis has been published by Owens *et al.*⁽²⁾. Low fiber and high starch feed intake propitiates a drop in ruminal pH to 6 or even less, promoting growth of *Streptococcus bovis* and lactobacilli which actively ferment carbohydrates inside the rumen, propitiating a speedy glucose, pyruvate and lactic acid synthesis. Some lactic acid is converted to propionate, but when its transformation capacity is exceeded, the excess of lactic acid reduces ruminal motility as well as volatile acid absorption^(3,4), thereafter, lactic acid is incorporated to the bloodstream. At the beginning, bicarbonate neutralizes the drop in blood pH, but an increase in blood lactic acid can produce metabolic acidosis⁽²⁾.

A drop in ruminal pH fosters endotoxin liberation inside this organ, which in turn stimulates histamine synthesis and absorption, a metabolite associated to ruminal epithelium damage^(5,6). This causes ruminal epithelium fall and rumenitis especially in the ventral *sacculum*. The precise way in which acidosis causes laminitis is still unknown; it has been suggested that changes in rumen and blood pH increase blood flow and also arterial pulse, capillaries rupture in arterio - venous anastomosis in hoofs which in turn are the origin of rashes and corium ulcerations, which produce a persistent and exacerbated hoof growth⁽¹⁾.

Animals who suffer this disease show a drop in feed intake, and it appears that nutrient absorption is also reduced^(2,7). They also show locomotion problems, which reduce dramatically time available for grazing or to go to the feeder.

Hair sheep raising has been an activity based on extensive grazing. An increase in mutton demand has favored the appearance of new sheep raising

Los animales padeciendo esta enfermedad manifiestan disminución en el consumo de alimento, con aparente disminución en la absorción de nutrientes;^(2,7) problemas de locomoción, que reducen dramáticamente el tiempo que destinan al pastoreo o a trasladarse al comedero.

La producción de ovinos de pelo, ha sido una actividad de tipo extensiva basada en el pastoreo⁽⁸⁾. El reciente incremento en la demanda de carne ovina ha propiciado la aparición de explotaciones en donde se emplean sistemas de alimentación intensivos, propiciando la aparición de animales acidóticos.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue cuantificar el impacto de la rumenitis y laminitis en ovinos machos de raza Pelibuey, midiendo su efecto sobre la ganancia de peso, el consumo de alimento y la digestibilidad de los nutrientes.

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental Mocochoá, dependiente del INIFAP-SAGARPA. Se seleccionaron 31 machos enteros con un peso inicial de 17.8 ± 4.7 kg. Ocho de ellos, presentaban claros signos de laminitis, que impedían su locomoción normal; cinco casos de laminitis eran muy graves (Figura 1) y tres graves. Considerando que el anterior sistema de alimentación al que fueron sometidos los animales previamente, había sido de tipo intensivo con alto nivel energético, se diagnosticó que el origen de la laminitis era por haber padecido acidosis ruminal con rumenitis; con estos animales se integró el grupo con rumenitis (RUM). El resto de los animales se consideró saludable, integrándose como grupo testigo (T).

Los animales fueron instalados en jaulas metabólicas durante 91 días y recibieron un alimento experimental (Cuadro 1) elaborado con pollinaza, maíz y melaza. La composición energética del alimento fue calculada para propiciar una ganancia diaria de peso aproximada de 0.200 kg⁽⁹⁾. Los animales fueron alimentados a libertad, una vez al día, tratando de propiciar un rechazo de aproximadamente un 5 % de la cantidad de alimento ofrecido. Diariamente se registró la cantidad de

enterprises based on intensive feeding, which propitiate acidotic animals.

Due to the above, the object of the present study was to determine rumenitis and laminitis impact on Pelibuey sheep, and their effect on weight gain, feed intake and nutrient digestibility. The experiment took place at INIFAP's Mocochoá Experimental Station in the State of Yucatan, Mexico. Thirty one Pelibuey rams with an average initial body weight of 17.8 ± 4.7 kg were chosen; eight of which, showed laminitis signs which impeded their movement, five cases were very severe and three severe (Figure 1). Considering that these animals were fed previously with high energy diets, it was deducted that the origin of their laminitis was ruminal acidosis and rumenitis. These animals were placed in the RUM group (with rumenitis). The remainder were considered healthy and were used as control (C). Animals were placed in metabolic crates for 91 d and fed with an experimental feed (Table 1) made up by poultry manure, corn and molasses. Feed energy was estimated to provide 0.200 kg daily body weight gain⁽⁹⁾. Feed was offered once daily, and animals had free access to it. A 5 % feed rejection rate was estimated. Daily record of the amount of feed offered and rejected was registered. From d 40 to d 47 dry matter

Figura 1. Caso muy grave de laminitis causada por una acidosis ruminal en un ovino de raza Pelibuey

Figure 1. A case of severe laminitis in a Pelibuey ram caused by ruminal acidosis



alimento ofrecido y rechazado. Del día 40 al 47 de experimentación se estimó la digestibilidad de la materia seca (DMS), materia orgánica (DMO) y proteína cruda (DPC) de la dieta, utilizando el método de colección total de heces⁽¹⁰⁾. Diariamente se recolectó una alícuota de las heces producidas para integrar al final del período de recolección una muestra compuesta que fue analizada. El alimento experimental fue muestreado y analizado cada mes para conocer su contenido en proteína cruda, calcio y fósforo⁽¹¹⁾. Al finalizar el experimento los animales se sacrificaron y se observó la condición de la mucosa ruminal.

Con la información obtenida se calculó el consumo de alimento en base seca (CMS), la conversión alimenticia (CONV), la DMS, la DMO y la DPC. También se calculó la cantidad de materia orgánica consumida (CMO). La cantidad de materia orgánica absorbida (MOA) (kg/anim/día) se calculó: $MOA = CMO * DMO / 100$.

Esta variable representa a la cantidad (kilogramos) de energía aportada por la dieta y que es absorbida por los animales, ya que 1.0 kg de MOA representa 3.72 Mcal EM⁽¹²⁾.

Las variables de respuesta se analizaron mediante el método de cuadrados mínimos, empleando un modelo lineal de efectos fijos que incluyó la media general, el efecto de la rumenitis (RUM vs T) y el error aleatorio [NiD (0, s²)]. El análisis se realizó mediante el empleo del paquete estadístico SAS⁽¹³⁾.

En el Cuadro 1, se pueden observar los resultados de la composición proximal analizada de la dieta experimental. El elevado contenido en calcio y fósforo es atribuible a la presencia de pollinaza en la formulación, ya que este subproducto de la industria avícola es abundante en dichos minerales⁽¹⁴⁾.

Los animales del grupo T crecieron a una velocidad ligeramente menor a la esperada en relación a su consumo energético⁽⁹⁾; los del grupo RUM crecieron a un ritmo aún más lento ($P < 0.10$), habiendo perdido un 22.2 % de su capacidad de crecimiento en comparación con el grupo T. El CMS también fue mayor en el grupo T ($P < 0.09$)

Cuadro 1. Composición y valor nutritivo del alimento experimental distribuido a ovinos de raza Pelibuey*

Table 1. Nutrient composition and value of experimental feed distributed to Pelibuey sheep*

	%
Poultry manure	39.0
Ground corn	33.0
Corn cob	11.0
Molasses	8.0
Soybean meal	4.5
Soybean oil	2.7
Vitamins and minerals	1.8

* Nutritional value (dry basis) (average ± standard deviation; n=3): 1.14 Mcal ME (estimate); Dry matter 84.5 ± 0.9 %; Minerals 8.3 ± 1.1 %; Organic matter 91.7 ± 1.4; Crude protein 17.9 ± 0.5 %; Calcium 3.0 ± 0.2 %; Phosphorous 1.7 ± 0.7 %.

digestibility (DMD), organic matter digestibility (OMD) and crude protein digestibility (CPD) were calculated through total feces collection⁽¹⁰⁾. A daily percentage of fecal output was collected and integrate at the end of the collection period in a compound sample which was analyzed. Experimental feed was sampled and analyzed on a monthly basis to estimate crude protein, calcium and phosphorous⁽¹¹⁾. At the end of the experiment, animals were slaughtered and their rumen epithelium was examined.

With data obtained throughout the experiment, feed conversion (CON) organic matter intake (OMI), DMD, OMD, CPD, and feed intake on a dry basis (DMI) were estimated. AOM (absorbed organic matter in kg/animal/d) was calculated: $AOM = OMI * DMI / 100$

This variable represents the amount of energy (kilograms) provided by the diet and which is absorbed by the animals, as 1.0 kg AOM is equivalent to 3.72 Mcal ME⁽¹²⁾. Response variables were tested through the least squares method, using a linear model which included the general average, the effect of rumenitis (RUM vs C), and the random error [NiD (0, s²)]⁽¹³⁾.

(Cuadro 2). El coeficiente de variación para el CMS fue mayor para el grupo RUM (10.7 %), comparado con grupo T (6.8 %). La disminución y fluctuación en el consumo de alimento ha sido señalada como signo distintivo de acidosis ruminal en bovinos⁽¹⁵⁾; con lo cual se confirmó el diagnóstico inicial con los animales del grupo RUM que se habían considerado como acidóticos. En forma coloquial, este fenómeno de fluctuación de consumo de alimento se conoce como “montaña rusa” en donde a un día de consumo elevado, le sigue otro de consumo reducido y así sucesivamente. No se encontró efecto atribuible a la rumenitis sobre CONV, DMS, DMO, ni sobre DPC.

La cantidad de MOA fue 0.650 y 0.770 kg/anim/día para los animales de los grupos RUM y T respectivamente ($P < 0.10$); esta diferencia representó una absorción de energía de 2.41 y 2.88 Mcal EM/anim/día respectivamente. La reducción en la absorción de energía en el grupo RUM debe atribuirse a la disminución en el CMS ya que, como se anotó anteriormente, el porcentaje de digestibilidad de los nutrientes de la dieta se mantuvo inalterado. Se ha demostrado que la velocidad de crecimiento de los ovinos de pelo está directamente relacionada con su consumo de energía⁽⁹⁾, cuando el resto de los nutrientes satisfacen las necesidades de los animales.

Como era de esperarse, a la necropsia todos los animales del grupo RUM presentaron rumenitis.

In Table 1, results on the experimental diet proximate composition analyses can be appreciated. The high calcium and phosphorous content can be attributed to poultry manure, because this by-product of the poultry industry is rich in these elements⁽¹⁴⁾.

Animals in the control group gained weight at a lower rate than expected relative to their energy intake⁽⁹⁾, those in the RUM gained weight at an even lower rate ($P < 0.10$), 22.2 % less. DMI was greater for group C than for the other group ($P < 0.09$) (Table 2). The DMI variation coefficient was higher for group RUM (10.7 %) than for group C (6.8 %). Fluctuation in feed intake has been mentioned as a distinctive sign for acidosis in bovinos⁽¹⁵⁾, therefore the initial diagnosis of acidosis for the animals in the RUM group was confirmed. Colloquially, this irregularity in feed intake is known as “roller coaster effect” in which one day of high feed intake is followed by another with reduced feed intake and so on. No effects of rumenitis on CONV, DMD, OMD and CPD were found.

AOM values were 0.650 and 0.770 kg/anim/d for individuals in the RUM and C groups, respectively ($P < 0.10$); this difference represented a daily energy absorption of 2.41 and 2.88 Mcal ME/anim/d, respectively. Energy absorption reduction in the RUM group could be attributed to a drop in DMI because, as was mentioned before, diet nutrient digestibility remained unaltered. It has been shown that growth in hair sheep is associated directly with

Cuadro 2. Efecto de la rumenitis sobre la eficiencia zootécnica y habilidad digestiva de ovinos de raza Pelibuey
Table 2. Effect of rumenitis on zootechnical efficiency and digestive capacity of Pelibuey sheep

	Rumenitis presence		SE
	With rumenitis (n= 8)	Healthy (n= 23)	
Daily weight gain, kg/d	0.140	0.180	0.011
Dry matter intake, kg/d	1.016	1.25	0.060
Feed conversion	8.0	7.2	0.28
Dry matter digestibility, %	69.6	67.2	0.62
Organic matter digestibility, %	72.0	69.7	0.62
Crude protein digestibility, %	60.7	58.0	1.15

SE= standard error

El daño en la mucosa ruminal fue de diferente intensidad, observándose pérdida del epitelio ruminal, irritación y laceración de este compartimiento (Figura 2). Esto es más notorio en la Figura 3, en donde se compara el rumen de un animal perteneciente al grupo RUM, con otro del grupo T. El hecho que la mucosa ruminal de los animales del grupo T se haya encontrado normal, indica que antes y durante este experimento, estos animales no padecieron problemas de acidosis ruminal.

No obstante que los animales del grupo RUM manifestaron daño en el rumen y que la absorción de ácidos grasos volátiles pudo estar comprometida⁽³⁾, esta situación no se reflejó en una disminución en el porcentaje de DMO, a diferencia de lo encontrado por otros autores^(2,7); por lo tanto, fue la disminución en el CMS lo que propició la menor ganancia de peso de los animales del grupo RUM.

Dada la importancia del impacto económico de este padecimiento, actualmente se están desarrollando con éxito, vacunas para prevenir el crecimiento de *Streptococcus bovis* en el rumen^(16,17), el cual es el agente causal de la caída en el pH ruminal. Sin embargo, la mejor alternativa, siendo además la

energy intake⁽⁹⁾, when all other nutrients satisfy their needs.

As was expected, at necropsy all the animals in the RUM group presented rumenitis. Damage to rumen epithelium was of variable intensity and rumen epithelium loss, rashes and lacerations were observed (Figure 2). This is more evident in Figure 3, in which a rumen of an animal in the RUM group is compared to one of group C. The fact that rumen mucus in group C animals was normal, indicates that before and during this experiment, these animals did not suffer from ruminal acidosis.

Nevertheless animals in the RUM group showed ruminal damage and that volatile fatty acid absorption could have altered⁽³⁾, this did not reflect on a drop in OMD, as found by other authors^(2,7), therefore, it was a drop in DMI what propitiated the lower weight gain for animals in this group.

Due to the importance of the economic impact of this ailment, currently, vaccines to prevent *Streptococcus bovis* growth in rumen, being the causal agent for a drop in ruminal pH, are being developed successfully^(16,17). However, the best alternative, is to provide an adequate proportion of neutral detergent fiber in the diet⁽¹⁸⁾, at the expense

Figura 2. Vista de la mucosa del rumen de un ovino Pelibuey manifestando un problema de rumenitis moderada debida a la presentación de acidosis ruminal

Figure 2. A view of rumen epithelium of a Pelibuey sheep showing moderate rumenitis due to ruminal acidosis



Figura 3. Vista interior de dos rúmenes de ovinos Pelibuey manifestando: acidosis ruminal severa presentando rumenitis (izquierda) y una situación normal (derecha)

Figure 3. An internal view of two Pelibuey sheep rumens showing: rumenitis due to acute ruminal acidosis (left) and normal epithelium (right)



más económica para prevenir esta afección, es aportar un porcentaje adecuado de fibra nuetro detergente efectiva en la dieta⁽¹⁸⁾, en detrimento de su concentración energética, evitando fluctuaciones drásticas en la cantidad de alimento ofrecido⁽¹⁹⁾. Sistemas de ofrecimiento de alimento desarrollados para bovinos como son: alimentación restringida, programada, o bien, el sistema “plateau”⁽²⁰⁾, pudieran ser aplicados a los ovinos tropicales en condiciones intensivas de alimentación, siendo una alternativa de solución al problema de la presentación de acidosis ruminal.

De la información anterior se concluye que la rumenitis y laminitis ocasionadas por acidosis ruminal en los ovinos de pelo de raza Pelibuey propició una disminución de un 22.2 % en su velocidad de crecimiento debido a una reducción en el consumo de alimento, lo que ocasionó una caída en el flujo de energía absorbida en el tracto digestivo. Sin embargo, el porcentaje de digestibilidad de los nutrientes de la dieta no se vio modificada por este padecimiento. Esta afección impacta de manera importante a la productividad y economía de los rebaños alimentados de manera intensiva, y especial atención deberá ponerse para evitarla mediante el uso de fibra en la dieta, además de su correcta distribución.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento de la Fundación Produce Yucatán, A.C. para esta investigación, la cual forma parte del proyecto “Control del riesgo de intoxicación por cobre en rumiantes consumiendo pollinaza deshidratada”.

LITERATURA CITADA

1. Blowey R. Cattle lameness and hoof care. An illustrated guide. Ipswich. UK.: Farming Press; 1993.
2. Owens FN, Secrits DS, Hill WJ, Gill DR. Acidosis in cattle: A review. *J Anim Sci* 1998;76:275-286.
3. Nocek JE. The link between nutrition, acidosis, laminitis and environment. Western canadian dairy seminar. University of Alberta. [on line] 1996. [citado 15 de enero de 2003] <http://www.afns.ualberta.ca/hosted/WCDS/proceedings/1996/wcd96049.htm>

of energy, and limiting drastic fluctuations in the amount of feed offered⁽¹⁹⁾; feeding systems for bovines such as restricted and programmed feeding, or the plateau system⁽²⁰⁾ could be used in tropical intensive feeding sheep systems and could be valid alternatives which contribute to bring about a solution to ruminal acidosis.

From the above, it can be concluded that rumenitis and laminitis owing to ruminal acidosis in Pelibuey sheep propitiated a 22.2 % decrease in their growth rate due to a reduction in feed intake, which produced a drop in the flow of absorbed energy in the digestive tract. However, diet nutrient digestibility was unaltered by this ailment. This illness impacts severely the productivity of hair sheep flocks fed intensively and the economy of producers. Special care should be taken to prevent it through the use of a higher fiber proportion in the diet and also controlling feed distribution.

ACKNOWLEDGMENTS

We are particularly grateful to Fundación Produce Yucatan, A.C. for funding this research project which is part of a larger one, “Copper intoxication risk in ruminants fed with poultry manure”.

End of english version

-
4. Krehbiel CR, Britton RA, Harmon DL, Wester TJ, Stock RA. The effects of ruminal acidosis on fatty acid absorption and plasma activities of pancreatic enzymes in lambs. *J Anim Sci* 1995;73(19):3111-3121.
 5. Aschenbach JR, Gabel G. Effect of absorption of histamine in sheep rumen: significance of acidotic epithelial damage. *J Anim Sci* 2000;78(2):64-470.
 6. Aschenbach JR, Oswald R, Gabel G. Transport, catabolism and release of histamine in the ruminal epithelium of sheep. *Pflugers* 2000;440(1):71-178.
 7. Brake AC, Hutcheson JP. Lactic acidosis and associated nutritional problems in feedlot cattle. I. Causes and management. *Topics Vet Med* 1997;7(1):6-8.
 8. Olazarán JS, Rojas RO. Sistemas de producción con ovinos. En: Simposios de la XXXVII Reunión nacional de investigación pecuaria en México. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 2001:35-47.

9. Solís RG, Castellanos RA, Velázquez MA, Rodríguez GF. Determination of nutritional requirements of growing hair sheep. *Small Rum Res* 1991;4:115-125.
10. Rodríguez GF, Llamas LG. Digestibilidad, balance de nutrimentos y patrones de fermentación ruminal. En: Castellanos RA, Shimada MA, Llamas LG editores. *Manual de técnicas de investigación en rumiología*. México, DF; Consultores en Producción Animal; 1990:95-126.
11. AOAC. *Official methods of analysis*. 15th ed. Arlington, Va., USA; Association of Official Analytical. 1990.
12. Blaxter KL, Wainman FW. The utilization of energy of different rations by sheep and cattle for maintenance and for fattening. *J Agric Sci (Camb)* 1964;63:113-121.
13. SAS. *SAS/STAT User's Guide: Statistics (version 6.03)* Cary NC, USA. SAS Inst. Inc. 1988.
14. Moguel OYB, G Cantón CJ, Sauri DE, Castellanos RA. Contenido de algunos macro y microminerales en las deyecciones avícolas de Yucatán. *Téc Pecu Méx* 1994;33(2):100-104.
15. Britton RA, Stock RA. Acidosis, rate of starch digestion and intake. *Okla Agric Exp Stn MP-121*.1987:120-137.
16. Gill HS, Shu Q, Leng RA. Immunization with *Streptococcus bovis* protects against lactic acidosis in sheep. *Vaccine* 2000;18(23):251-2548.
17. Shu Q, Gill HS, Leng RA, Rowe JB. Immunization with a *Streptococcus bovis* vaccine administrated by different routes against lactic acidosis in sheep. *Vet J* 2000;159(3):262-269.
18. NRC. National Research Council. *Nutrient requirements of beef cattle*. Seventh revised ed. Washington, DC, USA: National Academy Press; 1996.
19. Orskov ER. Supplement strategies for ruminants and management of feeding to maximize utilization of roughages. *Prev Vet Med* 1999;38(2-3):179-185.
20. Peters T. The effect of feeding regime on feedlot cattle performance. Symposium: Intake by feedlot cattle. *Oklahoma Agr Exp Stn. Oklahoma State University. USA. 1995:185-194.*