

Degradación y absorción de fuentes proteicas en la cinética ruminal de los ovinos

Degradation and Absorption of Protein Sources in the Ovine Ruminal Kinetics

Bulmaro Méndez-Argüello^{1*}, Fernando Ruiz-Zárate², Alberto Guerrero-Rodríguez²,
Ramiro López-Trujillo¹, Roberto García-Elizondo², Jesús Manuel Fuentes-Rodríguez²

¹Departamento de Nutrición y Alimentos, ²Departamento de Producción Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: mendez_arguello@hotmail.com (*Autor responsable).

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue hacer una revisión de los resultados de investigación sobre el uso de suplementos alimenticios en el consumo de nutrientes en ovinos. El metabolismo de las proteínas (catabolismo y anabolismo) se efectúa de modo simultáneo en los tejidos animales. El metabolismo por el tracto gastrointestinal representa el destino metabólico más grande de aminoácidos, glucosa y otros sustratos de energía en el cuerpo del ovino. Las proteínas deben digerirse en el intestino delgado antes de ser absorbidas, su digestión se inicia en el abomaso con la digestión ácido-péptica y se completa en el intestino delgado con las enzimas pancreáticas e intestinales. La cantidad de proteína degradada en el rumen depende en gran medida de la actividad proteolítica de las bacterias ruminales, el acceso de éstas a la proteína, la resistencia y el tiempo de retención de las partículas alimenticias en el rumen. La proteína microbiana formada en el rumen pasa hacia el intestino, representando el 70-90% de N no amoniacal que ingresa al intestino. En el contexto de la suplementación los subproductos animales y harinas vegetales han incidido positivamente sobre los parámetros productivos, en el consumo y la digestibilidad de los forrajes de baja calidad y su contribución al aporte total de proteína hacia el duodeno es importante. Se ha reportado que existen variaciones en la degradabilidad ruminal y digestión intestinal de las fuentes proteicas. Se concluye que los ovinos responden adecuadamente cuando son suplementados con distintas fuentes de proteína y la respuesta está muy ligada al incremento del consumo de nutrientes, lo que está directamente vinculado con la cantidad de forraje disponible, la digestibilidad del forraje consumido y el tipo de suplemento empleado.

Palabras clave: Ovinos, proteína, metabolismo, degradación, absorción, suplementación.

ABSTRACT

The aim of this study was to review the results of research about the use of nutritional supplements in nutrient intake in sheep. The metabolism of proteins (catabolism and anabolism) is performed simultaneously in animal tissues. The metabolism by the gastrointestinal tract represents the greatest metabolic fate of amino acids, glucose and other energy substrates in the body of sheep. Proteins are digested in the small intestine before being absorbed; digestion begins in the abomasum with acid-peptic digestion and it is completed in the small intestine with pancreatic and intestinal enzymes. The amount of protein degraded in the rumen depends largely on the proteolytic activity of rumen bacteria, their access to protein, endurance and retention time of food particles in the rumen. Microbial protein in the rumen formed passes into the intestine, representing 70-90% of N not ammonia entering the intestine. In the context of supplementing the animal and vegetable meals have had a positive impact on productive parameters, consumption and digestibility of low quality forages and their contribution to total protein into the duodenum is important. It has been reported that there are variations in rumen degradability and intestinal digestion of protein sources. We conclude that sheep respond well when supplemented with different protein sources and the response is closely linked to increased consumption of nutrients, which is directly linked to the amount of forage available, the digestibility of forage consumed and the type of supplement employed.

Key words: Sheep, protein, metabolism, degradation, absorption, supplementation.

INTRODUCCIÓN

La estrategia alimentaria de los rumiantes se basa en la simbiosis establecida entre los microorganismos ruminales y el animal. Mientras el rumiante aporta alimentos y las condiciones adecuadas del medio (temperatura, acidez, anaerobiosis y ambiente reductor), las bacterias utilizan los alimentos, parcialmente, y aportan productos de la fermentación con valor nutritivo, permitiendo que el forraje sea útil para el rumiante (ácidos grasos volátiles) y la proteína microbiana (Purser, 1970; Calsamiglia y Ferret, 2002).

El metabolismo por el tracto gastrointestinal representa el destino metabólico más grande de aminoácidos, glucosa y otros sustratos de energía en el cuerpo del animal (Samer *et al.*, 2006). Así, las proteínas deben digerirse en el intestino delgado antes de ser absorbidas, su digestión se inicia en el abomaso con la digestión ácido-péptica y se completa en el intestino delgado con las enzimas pancreáticas e intestinales (Tamminga, 1979; Calsamiglia *et al.*, 1994).

En el rumen, la proteína es degradada a cetoácidos y amoníaco, siendo este último la principal fuente de N para la síntesis microbiana. La intensidad de este proceso degradativo es variable y depende de la magnitud de la fracción potencialmente degradable y de su tiempo de retención en el rumen (Guada, 1993; Ferrell *et al.*, 2001).

Es importante reconocer que cuando la relación simbiótica se altera como consecuencia de cambios en la dieta (relación proteína-energía) o por la presencia de sustancias no deseadas, se produce un desequilibrio en la población microbiana ruminal que conduce a la aparición de alteraciones patológicas, entre las que la acidosis y el meteorismo son las más importantes (Calsamiglia y Ferret, 2002). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue revisar información actualizada sobre la degradación y absorción de fuentes proteicas en ovinos con la finalidad de establecer mejores estrategias alimentarias.

Las proteínas y su importancia en nutrición de ovinos

Durante los últimos años se ha incrementado la engorda de ovinos con alimentos concentrados integrales (González *et al.*, 2003; Mendoza *et al.*, 2007) porque los pastos presentan bajo contenido tanto en energía metabolizable, como en proteína digestible, lo cual varía según la época del año, lo que resulta in-

suficiente para sostener buenos incrementos de peso de los animales, siendo necesaria la suplementación proteica o energética (Camacho *et al.*, 2005).

La degradabilidad ruminal de la proteína de los alimentos es un factor importante que afecta al aporte de aminoácidos al intestino delgado; sin embargo, la velocidad y la cantidad total de proteína degradada en el rumen pueden condicionar la cantidad de proteína bacteriana sintetizada en el rumen y determinar la cantidad total de proteína alimenticia no degradada, que llega al duodeno. Por otro lado, la cantidad de proteína degradada en el rumen depende, en gran medida, de la actividad proteolítica de las bacterias ruminales, el acceso de las bacterias a la proteína y el tiempo de retención de las partículas alimenticias en el rumen (Stern *et al.*, 1994).

Metabolismo de la proteína en el rumen

El metabolismo de las proteínas se considera en dos fases: catabolismo y anabolismo, ambos procesos se efectúan de modo simultáneo en los tejidos animales (Church *et al.*, 2007). El metabolismo de las proteínas posee características diferentes en los rumiantes en relación con los no rumiantes. La degradación intestinal en ambos es similar. Las proteínas y los péptidos son degradados hasta oligopéptidos por la acción de las enzimas proteolíticas pancreáticas (tripsina, quimotripsina y carboxipeptidasa), luego los oligopéptidos son degradados por las oligopeptidasas de la membrana apical de los enterocitos, liberando aminoácidos di y tripéptidos que finalmente son absorbidos. Sin embargo, a diferencia de los no rumiantes, la proteína que llega al intestino del rumiante es diferente de la ingerida con la dieta, debido a que los microorganismos ruminales degradan más de la mitad de las proteínas consumidas y lo hacen mediante proteasas que desdoblán las proteínas en péptidos y algunos aminoácidos libres, los que son absorbidos por el microorganismo (Relling y Mattioli, 2002).

Una vez incorporados al microorganismo, los péptidos son hidrolizados hasta aminoácidos, mismos que pueden ser empleados para sintetizar proteína microbiana, o bien, como ocurre con la mayor parte de ellos, pueden utilizarse como fuente energética (Tamminga, 1979; Relling y Mattioli, 2002).

Población microbiana con actividad proteolítica

Los procesos de digestión y utilización de los recursos alimenticios por el rumiante están estrechamente relacionados con la presencia y actividad de los mi-

croorganismos del rumen (Wallace, 1994). La proporción de proteína degradada depende sobre todo de su resistencia a la degradación y del tiempo que permanece en el rumen, aunque puede variar según la actividad proteolítica de la población microbiana. Los protozoos ciliados y algunos hongos anaeróbicos ruminales también participan en la actividad proteolítica, peptidolítica y de desaminación. La población microbiana ruminal tiene una amplia variedad de proteasas o enzimas proteolíticas (Relling y Mattioli, 2002).

Sin duda, las bacterias ruminales son el principal grupo microbiano implicado en el metabolismo proteico (Ramos *et al.*, 2009). Entre 30 y 50% de las bacterias aisladas del líquido ruminal tienen actividad proteolítica (Wallace y Cotta, 1988 citado por Castillejos, 2005). Las especies bacterianas más conocidas por su actividad proteolítica son: *Bacteroides amylophilus*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Bacteroides* o *Prevotella ruminicola* y *Streptococcus bovis*. Las especies que producen una cantidad importante de amoníaco por desaminación de aminoácidos son las siguientes: *Bacteroides ruminicola*, *Selenomonas ruminantium* y *Megaspheera elsdenii* (Russell y Hespell, 1981).

Microorganismos como fuente de proteínas para el rumiante

Las bacterias pasan al intestino donde son digeridas, pues representan una importante fuente de proteínas para el rumiante (Oosting, 1995; NRC, 2000). Las bacterias poseen entre 30 y 50% de proteína verdadera, de 70 a 75% de digestibilidad y un valor biológico (indicador de calidad) muy aceptable (70%), y aportan los 10 aminoácidos considerados esenciales para los tejidos de mamíferos. Por otra parte, los protozoos representan alrededor de 10% de la biomasa microbiana del rumen y aportan un porcentaje aún menor de la proteína microbiana que llega al intestino (Purser, 1970; Relling y Mattioli, 2002).

Digestibilidad de la proteína en ovinos

Los protozoos, bacterias y hongos existentes en el rumen-retículo son responsables de la digestión de la mayoría de los nutrientes, principalmente de los carbohidratos complejos de la pared celular de los vegetales. El tipo de dieta, el nivel energético y nitrogenado de la ración influyen en la concentración y composición de la fauna ruminal a través de la acción directa o indirecta sobre el pH y la tasa de pasaje del contenido ruminal. El N puede ser de origen alimenticio del N no proteico (NNP) externo o del N

de reciclaje endógeno. La proteína microbiana (PM) formada en el rumen pasa hacia el intestino, representando 70-90% de N no amoniacal que penetra al intestino (Van Soest, 1982; Ben *et al.*, 1974).

Etapas críticas para suplementar proteína en rumiantes

La producción ganadera en los pastizales nativos e introducidos depende de la calidad y cantidad del forraje disponible. La mayoría de las zonas áridas y semiáridas presentan periodos definidos de sequía y épocas invernales, durante los cuales la calidad y cantidad del forraje disponible disminuyen, especialmente el contenido de proteína cruda y la digestibilidad (Ferrell *et al.*, 1999; Martínez, 2009). Como consecuencia, se reduce el consumo de forraje, reflejándose en pérdidas de peso que disminuyen la producción (Villalobos *et al.*, 2000), por lo que la suplementación debe considerarse como el suministro de nutrientes que por diversas razones pueden llegar a ser deficientes o inadecuados en la dieta básica para el nivel o tipo de producción deseada (Moore *et al.*, 1999; Hinton, 2007).

En invierno, es menester suministrar a los rumiantes suplementos tanto de proteína y energía, o ambas, para mantener los niveles deseados de producción. La suplementación de proteína incrementa la ganancia de peso, la condición corporal, el consumo y la digestibilidad de los forrajes; sin embargo, esta práctica generalmente implica altos costos (Ludden *et al.*, 2002).

La suplementación con proteínas tiene dos posibles efectos sobre el ecosistema ruminal; por un lado, satisface los requerimientos de los microorganismos del rumen en N, aminoácidos y cadenas carbonadas, determinando una eficiente fermentación del sustrato para la producción de energía y proteína microbiana, y por el otro, puede satisfacer los requerimientos de proteína al hospedero, bien sea por un aumento de la cantidad de proteína microbiana producida o por la que escapa a la degradación en el rumen (Mejía y Mejía, 2007). El volumen del suplemento depende de su concentración de nutrientes, la categoría y la tasa de ganancia esperada (Marshall, 2000).

Cuando la alimentación se efectúa sobre la base de pastos o forrajes de mediana a baja calidad, generalmente el nutrimento limitante es la disponibilidad de proteína digestible, seguida de la energía digestible. La inclusión de suplemento proteico energético en la ración de animales estabulados incrementa la población de bacterias celulolíticas ruminales, lo

cual puede propiciar mayor digestibilidad de la materia seca (Galindo *et al.*, 1993, Hess *et al.*, 2008). Cabrera *et al.* (2007) señalan que la suplementación con alimento concentrado proteico promueve un mejor comportamiento productivo en ovinos para engorda al lograr ganancias de peso aceptables económicamente.

Villalobos *et al.* (2000) señalan que los principales nutrientes deficientes en el norte de México durante la época de sequía o latencia son proteína, energía, fósforo y vitamina A, y los periodos de suplementación varían debido a las condiciones climáticas de cada año, pero en general inician en enero para terminar en mayo o junio.

Clark *et al.* (1992) mencionan que la deficiencia de cualquier nutrimento puede disminuir la síntesis de proteína microbiana en el rumen, el pasaje de aminoácidos al intestino delgado y la producción de leche o ganancia de peso, y que los dos factores nutricionales más limitantes son la energía y la proteína. El valor de una fuente proteica suplementaria en las dietas de rumiantes radica en su aporte de N degradable a nivel ruminal para la síntesis de proteína microbiana y en su aporte de aminoácidos disponibles en el intestino que potencialmente limitan el crecimiento (Ludden y Cecava, 1995).

Howie *et al.* (1996) sugieren que se debe administrar proteína adicional a la proteína microbiana para el animal en producción en forma de proteína de escape ruminal. Sin embargo, los efectos de la alimentación con proteína de baja degradabilidad ruminal sobre el aporte intestinal y comportamiento animal han sido inconsistentes. A menudo, la falta de respuesta se ha atribuido a una inadecuada protección de la proteína, reducida digestión intestinal o a la limitación inherente de aminoácidos de la proteína dietaria (Clark *et al.*, 1992; Howie *et al.*, 1996).

Principales fuentes proteicas en nutrición ovina

Urea. Se ha demostrado la factibilidad de utilizar los suplementos de liberación lenta de N para mejorar la fermentación ruminal en varias especies, particularmente en ovinos, documentando una mayor flora microbiana. De manera paralela ha sido discutida la importancia de la degradación del N por los microorganismos fibrolíticos para la utilización de la urea (Zapata *et al.*, 2004; Martínez, 2009).

La urea tiene una ventaja económica, pero presenta inconvenientes conocidos derivados de su uti-

lización inadecuada o excesiva. Desde el punto de vista nutricional, el principal inconveniente es la rápida velocidad de degradación ruminal (Pedraza y Pacheco, 2000; Zapata *et al.*, 2004).

Excretas de aves. Además de la suplementación con concentrado, que es costosa, hay otras alternativas para mejorar la alimentación de los ovinos, utilizándose diversas materias, tanto como complemento a las dietas utilizadas o como dieta principal. Entre ellas, se pueden mencionar los residuos de cosecha, los residuos agroindustriales, las excretas de aves y cerdos (Yzaguirre y Combellas, 2002; Nouel *et al.*, 2011).

La industria avícola genera gran cantidad de excretas en las camas; éstas se han usado como alimentos en raciones para ovinos como fuente de N (19-32% nitrógeno proteico y no proteico de 48.9-54.6% de proteína bruta total) y minerales (Yzaguirre y Combellas, 2002; Ríos *et al.*, 2005; Nouel *et al.*, 2011).

Los altos niveles de proteína y minerales esenciales en la nutrición animal junto con sus bajos costos hacen de las excretas de aves (EA) un recurso alimenticio atractivo para ser empleado en los sistemas de producción con rumiantes (Ríos *et al.*, 2005). Sin embargo, su riqueza energética es todavía baja, ya que depende del tipo de material fibroso que se haya utilizado como cama, así como de su contenido en celulosa, hemicelulosa y lignina, por lo que se sugiere mezclarlo con otra fuente energética para lograr una mejor sincronización ruminal y aprovechar la capacidad fermentativa de la microbiota del complejo rumen. Garantizando de esta forma, la energía necesaria a los microorganismos para utilizar el amoníaco generado por la alta degradabilidad del NNP de la pollinaza (Calderón y Elías, 2006).

A pesar de las bondades mencionadas, la presencia de niveles tóxicos de algunos minerales, así como de cuerpos extraños junto a los posibles riesgos sanitarios y de la salud pública, comprometen su efectividad sobre la respuesta animal y pueden hacer de las EA un recurso potencialmente riesgoso, si se usa de manera inadecuada e irracional sin corregir estas limitaciones (Ríos *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2010). En ovinos es posible la inclusión de EA hasta niveles de 50-60% sin afectar el consumo de la dieta, incluso cuando se combinan con recursos económicos como melaza (Ríos *et al.*, 2005; Calderón y Elías, 2006; Martínez *et al.*, 2010).

Fuentes de proteína de origen animal y vegetal

Subproductos animales como la harina de sangre, harina de carne y hueso, y harina de plumas hidrolizada son altas en su contenido de proteína cruda y en proteína indegradada ruminalmente y su contribución al aporte total de proteína en el duodeno puede ser importante (NRC, 2001). La información sobre la disponibilidad intestinal de estas fuentes proteicas es limitada. Sin embargo, se ha reportado previamente que existen variaciones en la degradabilidad ruminal y digestión intestinal de los subproductos animales (Calsamiglia *et al.*, 1994; Calsamiglia y Stern, 1995). Debido al secado al que estos subproductos son sometidos, su digestibilidad intestinal es un factor crítico en la evaluación de su calidad. La calidad de los suplementos proteicos de baja degradabilidad ruminal puede definirse en términos de la degradabilidad ruminal, la digestibilidad intestinal y su perfil de aminoácidos (Calsamiglia *et al.*, 1994).

Delgadillo (2001) señala que el empleo de harinas de origen animal (pescado, carne, pluma, pollo, etc.) y vegetal (torta de algodón, harinolina, polvillo de arroz, maíz, soya, plátano), además del follaje de algunas leguminosas arbóreas (*Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Brosimum alicastrum*, *Guazuma ulmifolia*) han incidido positivamente sobre los parámetros productivos en el consumo y la digestibilidad de elementos forrajeros de baja calidad.

Yzaguirre y Combellas (2002) mencionan que existen otras alternativas para mejorar la alimentación de los ovinos, utilizándose diversas materias, tanto como complemento a las dietas utilizadas o como dieta principal. Entre ellas se pueden mencionar los residuos de cosecha, los residuos agroindustriales y las excretas de cerdos.

CONCLUSIÓN

La degradabilidad ruminal de la proteína es importante porque afecta al aporte de aminoácidos que llega al intestino delgado y depende en gran medida de la actividad proteolítica de las bacterias ruminales, el acceso de éstas a la proteína y el tiempo de retención de las partículas alimenticias en el rumen. La suplementación con proteínas tiene dos posibles efectos sobre el ecosistema ruminal de los ovinos; por un lado, satisface los requerimientos de los microorganismos del rumen en nitrógeno, aminoácidos y cadenas carbonadas, determinando una eficiente fermentación del sustrato para la producción de energía y proteína microbiana; y por el otro, puede satisfacer los requerimientos de proteína al hospedero.

LITERATURA CITADA

- BEN, G.G., H. Tagari, A. Bondi and A. Tadmor. 1974. Protein digestion in the intestine of sheep. *British J. Nutr.* 31: 125-142.
- CABRERA, N.A., M.P. Rojas, R.I. Daniel, S.A. Serrano y O.M. López. 2007. Influencia de la suplementación sobre la ganancia de peso y calidad de la canal en borregos Dorper/Katahdin. *Rev. Científica UDO Agrícola.* 7(1): 245-251.
- CALDERÓN, A.J. e I.A. Elías. 2006. Contribución a la suplementación ovina con pollinaza fermentada (vitafert) y cuatro niveles de melaza. *Rev. Electr. Vet.* 7(10): 1-7.
- CALSAMIGLIA, S. and M.D. Stern. 1995. A three-step in vitro procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. *J. Anim. Sci.* 73: 1459-1465.
- CALSAMIGLIA, S. y A. Ferret. 2002. Fisiología ruminal relacionada con la patología digestiva: acidosis y meteorismo. XVIII curso de especialización FEDNA. Barcelona, 4 y 5 de noviembre, p. 19.
- CALSAMIGLIA, S., M.D. Sterne e I.K. Yoon. 1994. Predicción del valor de los alimentos como fuentes de proteína absorbible en el intestino de rumiantes. X curso de especialización FEDNA. Madrid, 10 y 11 de noviembre, p. 10.
- CAMACHO, R.J., S.J. Ortiz y T.O. García. 2005. Engorda de ovinos en sistema semiestabulado. Manual del participante. Fondo de tierras e instalación del joven emprendedor rural. Colegio de Postgraduados. México, Puebla, S.L.P., Tabasco, Veracruz. México, p. 18.
- CASTILLEJOS, V.L. 2005. Modificación de la fermentación microbiana ruminal mediante compuestos de aceites esenciales. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra, España, p. 178.
- CHURCH, D.C., W.G. Pond y K.R. Pond. 2002. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Ed. Limusa. México, D.F., pp. 324 y 325.
- CHURCH, D.C., W.G. Pond y K.R. Pond. 2007. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Segunda edición. Ed. Limusa Wiley. México, pp. 138-139.
- CLARK, J.H., T.H. Klusmeyer and M.R. Cameron. 1992. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75: 2304.
- DELGADILLO, P.C. 2001. Efecto de la complementación alimenticia de gramíneas tropicales con un alimento complejo catalítico sobre las variables de fermentación ruminal en bovinos y ovinos. Tesis de doctorado. Universidad de Colima. Col. Colima, México, p. 130.
- FERRELL, C.L., H.C. Freetly, A.L. Goetsch and K.K. Kreikemeier. 2001. The effect of dietary nitrogen and protein on feed intake, nutrient digestibility, and nitro-

- gen flux across the portal-drained viscera and liver of sheep consuming high-concentrate diets ad libitum. *J. Anim. Sci.* 79: 1322-1328.
- FERRELL, C.L., K.K. Kreikemeier and H.C. Freetly. 1999. The effect of supplemental energy, nitrogen, and protein on feed intake, digestibility, and nitrogen flux across the gut and liver in sheep fed low quality forage. *J. Anim.* 77: 3353-3364.
- GALINDO, J.S., R. Fundora, O.E. Regalado, R. Piedra, D. Delgado y M. Pérez. 1993. Efecto de la suplementación en la población microbiana ruminal de toros que consumen residuos de centros de limpieza de caña. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 27: 171.
- GONZÁLEZ, R.A., M.M. Higuera, A.H. Hernández, B.P. Estrada, O.E. Gutiérrez, N.J. Colín y R.E. Cienfuegos. 2003. Eficiencia productiva y punto de equilibrio para el costo del kilogramo de cordero al destete en ovinos de pelo en el Noreste de México. *Rev. Livestock Research Rural Development.* 15(12): 1-9.
- GUADA, J.A. 1993. Efectos del procesado sobre la degradabilidad ruminal de proteína y almidón. Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos Facultad de Veterinaria de Zaragoza. IX curso de especialización FEDNA. Barcelona, 8 y 9 de noviembre.
- HESS, B.W., G.E. Moss and D.C. Rule. 2008. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 86: 188-204.
- HINTON, G.D. 2007. Supplementary feeding of sheep and beef cattle. Second edition. Landlinks Press. Australia, p. 102.
- HOWIE, S.A., S. Calsamiglia and M.D. Stern. 1996. Variation in ruminal degradation and intestinal digestion of animal by product proteins. *Anim. Feed Sci. Technol.* 63: 1-7.
- LUDDEN, P.A. and M.J. Cecava. 1995. Supplemental protein sources for steers fed corn-based diets: I. Ruminal characteristics and intestinal amino acid flows. *J. Anim. Sci.* 73: 1466.
- LUDDEN, P.A., T.L. Wechter and B.W. Hess. 2002. Effects of oscillating dietary protein on ruminal fermentation and site and extent of nutrient digestion in sheep. *J. Anim. Sci.* 80: 3336-3346.
- MARSHALL, S.W. 2000. Contribución al estudio de la ceba ovina estabulada sobre la base de heno y suplemento proteico con harina de soya y gallinaza. Tesis de doctorado. Universidad de Camagüey, Cuba, p. 125.
- MARTÍNEZ, G.S., J.O. Aguirre, A.D. Gómez, F.M. Ruiz, F.C. Lemus, C.H. Macías, F.L. Moreno, M.S. Salgado y L.M. Ramírez. 2010. Tecnologías para mejorar la producción ovina en México. *Rev. Fuente.* 2(5): 41-51.
- MARTÍNEZ, M.A. 2009. Urea de lenta degradación ruminal como sustituto de proteína vegetal en dietas para rumiantes. *Rev. Electr. Vet.* 10(12): 1-14.
- MEJÍA, H.J. y H.I. Mejía. 2007. Nutrición proteica de bovinos productores de carne en pastoreo. *Rev. Acta Univers.* 17: 2. 45-54.
- MENDOZA, M.G., P.F. Plata, M.M. Ramírez, D.M. Mejía, R.H. Lee y G.R. Bárcena. 2007. Evaluación de alimentos integrales para el engorde intensivo de ovinos. *Rev. Científica, FCV-LUZ.* 17(1): 66-72.
- MOORE, J.E., M.H. Brant, W.E. Kunkle and D.I. Hopkins. 1999. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. *J. Anim. Sci.* 77: 122-135.
- NOUEL, B.N., O.P. Hevia, M. Velázquez, D.M. Espejo, C.J. Rojas y B.R. Sánchez. 2011. Efecto de cama de pollos, subproductos de cereales y caña sobre la fisiología ruminal de ovinos. *Rev. Arch. Zootec.* 60(229): 19-30.
- NRC. 2000. National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update, p. 249.
- NRC. 2001. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle (7th ed.). National Academy Press. Washington, D.C.
- OOSTING, S.J. 1995. Intake, digestion and small intestinal protein availability in sheep in relation to ammoniation of wheat straw with or without protein supplementation. *Brit. J. Nutrit.* 74: 347-368.
- PEDRAZA, O.R. y T.L. Pacheco. 2000. Consumo voluntario y degradabilidad ruminal en ovinos suplementados con bloques multinutricionales con tres niveles de urea. *Rev. Prod. Anim.* 13(2): 87-88.
- PURSER, D.B. 1970. Nitrogen metabolism in the rumen: microorganisms as a source of protein for the ruminant animal. *J. Anim. Sci.* 30: 988-1001.
- RAMOS, S., M.L. Tejido, M.E. Martínez, M.J. Ranilla and M.D. Carro. 2009. Microbial protein synthesis, ruminal digestion, microbial populations, and nitrogen balance in sheep fed diets varying in forage to concentrate ratio and type of forage. *J. Anim. Sci.* 87: 2924-2934.
- RELLING, A.E. y G.A. Mattioli. 2002. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Editorial EDULP, p. 72.
- RÍOS, A.L., J. Combellas y Z.R. Álvarez. 2005. Uso de excretas de aves en la alimentación de ovinos. *Rev. Zootecnia Tropical.* 23(2): 183-210.
- RUSSELL, J.B. and R.B. Hespell. 1981. Microbial rumen fermentation. *J. Dairy Sci.* 64: 1153-1169.
- SAMER, W., E. Kadi, L. Ransom L. Baldwin, Y. Nishanth, E. Sunny, L.O. Sandra and J.B. Brian. 2006. Intestinal protein supply alters amino acid, but not glucose, metabolism by the sheep gastrointestinal tract. *J. Nutr.* 136: 1261-1269.

- STERN, M.S., S. Calsamiglia y M.I. Endres. 1994. Dinámica del metabolismo de los hidratos de carbono y del nitrógeno en el rumen. University of Minnesota, EE UU. X curso de especialización FEDNA. Madrid, España, 10 y 11 de noviembre, p. 18.
- TAMMINGA, S. 1979. Protein Degradation in the Forestomachs of Ruminants. J. Anim. Sci. 49: 1615-1630.
- VAN SOEST, P.J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminants. Ed. O and B Brooks, Corvallis, Oregon. USA: p. 374.
- VILLALOBOS, G.C., B.E. González y S.J. Ortega. 2000. Técnicas para estimar la degradación de proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. Rev. Téc. Pec. Méx. 38(2): 119-134.
- WALLACE, R. J. 1994. Ruminant Microbiology, Biotechnology, and Ruminant Nutrition: Progress and Problems. J. Anim. Sci. 72: 2992.
- YZAGUIRRE, L., J. Combellas. 2002. Suplementación de ovejas lactantes con *Gliricidia* (*Gliricidia sepium*). Rev. Científ. 12:2. 545-547.
- ZAPATA, C.O., E. Néstor, Y. Díaz, J. Palma y J.L. Gil. 2004. Efecto de la sustitución parcial de la proteína de la dieta por urea sobre el consumo voluntario de materia seca y respuesta productiva de corderos. Rev. Zoot. Trop. 22(1): 29-48.