

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL USO DE ENERGÍA EN CAMELIDOS SUDAMERICANOS Y RUMIANTES

Vélez^{1,3}, V., Moscoso², J. y Estellés¹, F.

¹ Universitat Politècnica de València - DCA. Camino de Vera s/n 46022, Valencia - España.

² Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco - FCA. Av. de la Cultura 733. Cusco-Perú. ³Universidad Nacional Mayor de San Marcos - FMV - IVITA Marangani. Av.

Circunvalación s/n Lima 41 - Perú.; vicvemar@doctor.upv.es

INTRODUCCIÓN

Los camélidos sudamericanos (CSA) son especies que han evolucionado en un ambiente hostil y han debido adaptar mecanismos fisiológicos para enfrentar una pobre disponibilidad de nutrientes provenientes de la pastura altoandina. La crianza de alpacas (*Vicugna pacos*) y llamas (*Lama guanicoe*) en la zona andina de Sudamérica reviste singular importancia considerando a que habitan en espacios donde otras especies, principalmente rumiantes, no han logrado desarrollarse adecuadamente debido a los rigores que impone esta zona, asimismo, su crianza representa la principal actividad socio – económica del poblador andino, quienes están catalogados como los más vulnerables en un contexto ambiental y económico. Los CSA, agrupan a especies herbívoras (*Tylopoda*) que poseen un estomago compuesto y una sustancial fermentación microbiana (Nielsen *et al.*, 2014), realizan la rumia y poseen una microbiota con funciones similares a las del rumen. Sin embargo, los estudios iniciales realizados en estas especies, indican que si bien existen similitudes, el sistema digestivo de los CSA difiere significativamente de los rumiantes (*Ruminantia*), tanto a un nivel anatómico como funcional (Rübsamen y von Engelhardt, 1979). Estas particularidades se traducirían en un proceso digestivo más eficiente frente a los rumiantes, y se representaría en una tasa metabólica por debajo de la reportada en rumiantes, sumado a una baja emisión de metano. En este sentido, Nielsen *et al.* (2014), indican que las llamas tienen un gasto energético total, sustancialmente inferior a las ovejas y cabras. Además, presentan la capacidad de reducir sus requerimientos energéticos de mantenimiento cuando consumen dietas de baja calidad. El objetivo de la presente comunicación es presentar y analizar la información existente respecto al uso de la energía por los CSA en forma comparativa con los rumiantes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado un meta-análisis utilizando bases de datos bibliográficas relevantes, respecto al uso comparativo de la energía en ambos subórdenes, para ello se ha revisado información relacionada a las características anatómicas y funcionales del sistema digestivo de los CSA, el consumo de MS, necesidades energéticas y dentro de este punto, se abordó la tasa metabólica y adaptación ambiental, la energía para termorregulación, la regulación del uso de la energía, y finalmente la producción de metano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El meta-análisis permite generalizar que los camélidos y los rumiantes al pertenecer a diferentes subórdenes del orden *Artiodactyla*, han sufrido una evolución paralela, representada por divergencias anatómicas y funcionales de su sistema digestivo. Las mismas que regulan en los CSA el uso de la energía. Los CSA tienen sólo 3 compartimentos y presentan pequeños sáculos en los compartimentos 1 (C1) y 2 (C2), los cuales tendrían funciones secretoras (bicarbonato) para proveer alta capacidad buffer (Eckerlin y Stevens, 1973; Dulphy *et al.*, 1997). Asimismo, presentan diferencias en la tasa de pasaje de las diferentes fases, siendo más lenta para la sólida (San Martín y Bryant, 1989), y rápida para la fase líquida (Robinson *et al.*, 2006). Estas diferencias son una respuesta evolutiva frente a condiciones ambientales extremas como la existente en la zona altoandina, aspecto corroborado por Claus *et al.* (2010), quienes reportaron que los CSA aunque son “*rumiantes funcionales*”, presentarían una tasa metabólica inferior a los rumiantes catalogados como “*verdaderos*”. Las evidencias que soportan un menor gasto energético por CSA fueron reportadas por NRC (2007); para el caso de la energía metabolizable de mantenimiento (EMm) la cual ascendió a 305 kJ de masa metabólica (PM)/día, este valor representaría del

30 al 50% de la estimación de la EMm del 450 a 600 kJ/kg PM^{0.75}/día para rumiantes domésticos (GfE, 1995, 1996). Ver tabla 1.

Tabla 1. Cuadro comparativo del requerimiento de Energía Metabolizable de mantenimiento entre camélidos y rumiantes.

| Especie | Valor (kJ/kg ^{0.75} /día) | Referencia |
|---------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Alpaca | 276 | (Newman y Petersen (1994) |
| Llama | 256 | (Rübsamen y von Engelhardt, 1979) |
| Cabra | 423-576 | (Gfe, 2003; NRC, 2007) |
| Oveja | 390-447 | (Gfe, 1996; NRC, 2007) |
| Vaca | 488-537 | (Gft, 1995) |

Respecto a los mecanismos de optimización del uso de energía en CSA, existirían dos mecanismos involucrados en esta regulación.

En primer término, en los rumiantes en general, la obtención de energía (como glucosa) se obtiene a partir de los procesos fermentativos que generan ácidos grasos volátiles, principalmente propionato; sin embargo, en los CSA, los recursos forrajeros de la zona altoandina, poseen mínimas cantidades de azúcares y almidón y en mayor proporción carbohidratos estructurales, lo cual limita la producción de propionato (Van Saun, 2006), por lo que se ha postulado que los requerimientos de glucosa tendrían como fuente principal a los aminoácidos glucogénicos absorbidos a nivel intestinal (Van Saun, 2006).

Otra forma de optimizar la energía por los CSA ha sido revisada por Gerken (2010), mediante ajustes en su termorregulación, utilizando “ventanas térmicas” las mismas que se distribuyen en zonas con fibra más corta o piel más delgada y se sitúan en el abdomen ventral, espacio axilar y el interior de los muslos (aproximadamente en el 20% de la piel), estas ventanas permiten modular la disipación del calor. Para regular la pérdida de calor, los CSA adoptan posturas específicas de acuerdo con las condiciones ambientales, cerrando o abriendo estas ventanas térmicas. Se calculó un ahorro energético de hasta el 67% por postura, según estudios realizados en guanacos. Otro aspecto complementario se presenta con la orientación oblicua de los folículos pilosos en los CSA, los cuales cumplen un papel directo en el aislamiento y la protección al frío, en contraste a la orientación perpendicular de estas estructuras en ovinos (Atlee *et al.*, 1997).

Tabla 2. Emisión diaria de CH₄, gasto energético en ayunas y consumo de energía digestible por especie.

| | CH ₄ //día/kg ^{0.75} | Gasto de energía en ayunas. kJ/día/kg ^{0.75} | % Consumo de energía digestible |
|-----------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Llama* | 0.83 ^a | 246±23 ^a | - |
| Oveja* | 1.34 ^b | 333±29 ^b | - |
| Cabra* | 1.24 ^b | 414±19 ^c | - |
| CSA ⁺ | 0.35 | - | 8.30±2.6 |
| Oveja + Cabra ⁺⁺ | 0.55 | - | 11.6±2.4 |

Letras como superíndices denotan diferencia estadística (P>0.05)

*Nielsen *et al.* (2014)

**Valores promedio para todos los CSA, **promedio para ambas especies (Dittmann *et al.*, 2014b)

Finalmente, en el análisis realizado se ha determinado que los CSA serían especies de menor emisión de CH₄ que los rumiantes. Al respecto Dittmann *et al.* (2014b) reportaron que, aunque las emisiones de metano fueron similares cuando se expresaron en función de la ingesta de fibra neutro detergente, en general, los CSA tuvieron emisiones menores de CH₄ en comparación a los rumiantes tanto por individuo como en función al peso de los mismos. La

menor tasa metabólica y, por lo tanto una menor ingesta de los CSA por unidad de peso, puede explicar las menores emisiones en términos absolutos. Nielsen *et al.* (2014) observaron también menores emisiones de CH₄ en llamas en comparación a pequeños rumiantes, teniendo como base el peso vivo e ingesta de MS, aunque la tasa de conversión de CH₄ (Ym) que expresa la cantidad de la energía bruta ingerida que se pierde como CH₄, la cual no fue significativamente distinta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atlee, BA., *et al.* 1997. The histology of normal llama skin. *Vet Derm.* 8: 165-176.
- Clauss, M., *et al.* 2010. Evolutionary adaptations of ruminants and their potential relevance for modern production systems. *Animal* 4, 979 - 992.
- Dittmann, MT., *et al.* 2014b Methane Emission by Camelids. *PLoS ONE* 9(4): e94363.
- Eckerlin, R.H. y Stevens, C.E. 1973. Bicarbonate secretion by the glandular sacculles of the llama stomach. *Cornell Vet.* 63:436-445.
- Gerken, M. (2010). Relationships between integumental characteristics and thermoregulation in South American camelids. *Animal* 4:1451-1459.
- GfE, 1995. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastrinder. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, Germany.
- GfE, 1996. Energy requirements of sheep. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 5, 149e152.
- GfE, 2003. Recommendations for the Supply of Energy and Nutrients to Goats. DLGVerlag, Frankfurt.
- Newman, S., *et al.* 1994. Effect of level of nutrition and season on fibre growth in alpacas. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 54, 147-150.
- Nielsen, M. *et al.* 2014. Energy metabolism and methane production in llamas, sheep and goats fed high- and low-quality grass-based diets, *Archives of Anim. Nutr.*, 68:3, 171-185.
- NRC. 2007. National Research Council: Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and New World camelids, Washington, DC, National Academic Press.
- Robinson, TF., *et al.* 2006. Digestibility and nitrogen retention in llamas and goats fed alfalfa, C3 grass, and C4 grass hays. *Small Rum Res.* 64:162-168.
- RübSamen, K., y von Engelhardt, W. 1975. Water metabolism in the llama. *Comp. Biochem. Physiol. A* 52, 595-598.
- San Martin, F. y Bryant, FC. 1989. Nutrition of domesticated South American llamas and alpacas. *Small Rum. Res.* 2: 191-196.
- Van Saun, R.J. 2006. Nutrient requirements of South American camelids: A factorial approach. *Small Rumin Res.* 61(2-3):165-186.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE USE OF ENERGY IN SOUTH AMERICAN AND RUMINANTS

ABSTRACT: A systematization and analysis of the most relevant information regarding the use of energy by south american camelids (SAC) compared to ruminants has been carried out. According to this analysis has been established in the first term that the parallel evolution occurred in both suborders, originated in the SAC, anatomical and functional changes in their digestive physiology aimed at optimizing the use of energy in response to a hostile environment. This adaptation has resulted in a lower metabolic rate, as well as lower maintenance metabolizable energy requirements, to date the fundamental principles of these particularities are not known, there is the possibility that two mechanisms are involved, as they are an alternative way to obtaining glucose (from glucogenic aminoacids) and a specialized thermoregulation. In addition, SACs have been classified as species of low methane emission, possibly explained by a lower metabolic rate and consequent lower dry matter intake per unit weight, and finally lower emissions in absolute terms compared to ruminants.

Keywords: camelids, ruminants, energy, methane