

Llamas y Cambio Climático; Intercambio de Oxígeno y Emisión de Gases de Efecto Invernadero Comparados con Ovinos y Caprinos, por Influencia de Índices de Consumo y Coeficientes Respiratorios*

TEJADA E^a *, ESTRADA M^b, NIELSEN M^c & ICUÑA S.^d.

^aAcademia Nacional de Ciencias de Bolivia (ANCB), La Paz, Bolivia.

^borganización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), La Paz, Bolivia; departamento de Clínica Veterinaria y Ciencia Animal,

^cFacultad de Salud y Ciencias Médicas, Universidad de Copenhague , Frederiksberg Copenhague, Dinamarca;

^dAsociación Internacional de Productores de Camélidos Sudamericanos (AIPCS), La Paz, Bolivia.

INFORMACIÓN DEL ARTICULO

Art. Recibido 11/agosto/2015
Art. Aceptado 20/octubre/2015
online: 30/diciembre/2015

PALABRAS CLAVE:

* cambio climático
* cabras
* gases efecto invernadero
* llamas
* ovejas
* metano

RESUMEN

Se inculpa a la ganadería como uno de los sectores causantes del cambio del clima; el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄) son gases de efecto invernadero (GEI) que más contribuyen al calentamiento global. Ambos GEI son emitidos por la actividad ganadera. Se midieron índices de consumo, coeficientes respiratorios (RQ), e intercambio de ambos GEI (IGEI). Un total de 18 animales hembras vírgenes, incluyendo seis llamas k'haras, seis ovejas Shropshire y seis cabras Danish Landrace fueron usadas bajo diseño cruzado en dos periodos. Mitad de los animales fueron alimentados con baja calidad (BP) o alta calidad (AP) de alimento durante cada periodo. Los animales permanecieron en cajas metabólicas los últimos cinco días y en cámaras de respiración de calorimetría indirecta por 22 horas. RQ e IGEI de animales en ayunas se estimaron medidas de tendencia central. El consumo de MS por kg^{0.75} fue menor en llamas y ovejas, pero no en cabras, con dieta BP comparada con la AP. Llamas presentaron menor emisión de CH₄ y de CO₂ que ovejas y cabras: AP(0.89vs1.60 and 1.22 l*d⁻¹*kg^{-0.75}, p<0.05) y BP(0.78vs1.05 and 1.06 l*d⁻¹*kg^{-0.75}, p<0.05), respectivamente; y también menor emisión de CO₂ que ovejas y cabras: AP(16.18vs21.31 and 19.59 l*d⁻¹*kg^{-0.75}, p<0.05) y BP(12.42vs15.42 and 16.39 l*d⁻¹*kg^{-0.75}, p<0.05), respectivamente. Las llamas aprovechan mejor los recursos naturales en pastizales pobres, emiten menos GEI que otros rumiantes y son productivamente más amigables con el ecosistema.

* Artículo presentado al VII Congreso Mundial en Camélidos Sudamericanos, llevado a cabo en la ciudad de Puno - Perú, los días 28 al 30 de octubre del 2015.

INTRODUCCIÓN

Se atribuye a la ganadería como uno de los sectores con repercusiones más graves sobre el cambio del clima, pero a su vez, en términos productivos este sector aporta el 40 por ciento del producto interno bruto agrícola en el planeta. Los principales gases de efecto invernadero (GEI) son el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄); ambos GEI contribuyen en mayor medida al calentamiento global y coincidentemente, los que emite la actividad ganadera. A escala mundial, los rumiantes (bovinos, bufalinos, ovinos, caprinos y camélidos) son la fuente antropogénica más importante de emisiones de CH₄; sin embargo, es necesario determinar el real aporte de estas especies en términos comparativos. Las llamas son capaces de digerir las paredes celulares de las plantas más eficientemente que las ovejas, especialmente cuando consumen forrajes de baja calidad (Lemosquet et al. 1996). Presentan un mayor efecto tampón (Eckerlin and Stevens 1973; Dulphy et al. 1997) que combinado a las tasas bajas de pasaje de sólidos (San Martín and Bryant 1989) podrían resultar en un ambiente potencialmente masacetogénico y metanogénico. Consecuentemente, se puede asumir que las llamas liberan grandes cantidades de gases de efecto invernadero (CH₄) a partir de la fermentación entérica. Basado en estudios de determinación de gasto energético metabólico (Tejada 2010), este estudio intenta probar la hipótesis que las características digestivas y metabólicas de las llamas poseen adaptabilidad superior que otros rumiantes a dietas de baja calidad, guardando relación con los niveles de emisión de CH₄. Para probar la hipótesis se condujo un experimento comparativo con ovejas y cabras alimentadas con dos dietas adversas en calidad: AP (13.2 % PC) y BP (6.1 % PC).

MATERIALES Y MÉTODOS.

El experimento se llevó a cabo en la granja experimental Rørrendegård de la Facultad de Ciencias de la Vida de la Universidad de Copenhague, a 26 km de la capital de Dinamarca. El periodo total dedicado al experimento en todas sus fases tuvo una duración de nueve meses, de los cuales, la etapa destinada a la toma de diferentes tipos de muestras, a partir del traslado y llegada de los animales al centro experimental, abarcó 59 días para cada una de las tres especies experimentales, pero como se empleó un programa de inicio secuencial del experimento para cada especie, con intervalos de siete días, el total de la fase de recolección de muestras duro 73 días continuos sin interrupción.

Un total de 18 animales hembras vírgenes, incluyendo seis llamas *k'haras*, seis ovejas *Shropshire* y seis cabras *Danish Landrace* fueron usadas bajo diseño cruzado en dos periodos de cuatro semanas cada uno, incluyendo en cada periodo una semana de acostumbamiento al cambio de dieta. Mitad de los animales fueron alimentados con baja calidad de dieta (BP) o dieta de alta calidad (AP) durante cada periodo. La determinación previa de los índices de consumo y desecho de alimentos y de agua, la digestibilidad de los alimentos, el balance metabólico del nitrógeno por la vía de la determinación del cociente respiratorio (RQ) para la medición cuantitativa de la producción de calor y subsecuente determinación del

gasto energético de los animales han permitido a su vez obtener información relacionada al intercambio de O₂ y a la emisión de gases de efecto invernadero (CO₂ y CH₄).

Los animales permanecieron en cajas metabólicas los últimos cinco días para cada tipo de dieta (BP y AP) y posteriormente fueron encerrados en cámaras de respiración de calorimetría indirecta por 22 horas. RQ e IGEI de animales en ayunas se estimaron mediante medidas de tendencia central.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Influencia de las dietas sobre los niveles de ingestión diaria de forraje y agua en llamas y rumiantes menores.

Las mediciones de ingestión y excreción diarias fueron realizadas bajo las condiciones y ambiente propicios de la fase experimental del balance metabólico, cuando los animales se encontraban en circunstancias de total control en jaulas metabólicas; consiguientemente, los registros obtenidos son altamente confiables, pero al mismo tiempo se deben considerar los posibles efectos de stress, que se generan por el estado de encierro permanente durante cinco días consecutivos, consiguientemente los análisis descriptivos a continuación podrían estar sujetos a algunas variaciones difíciles de cuantificar, provenientes del medio externo.

Bajo esas condiciones particulares, la dieta medianamente alta en proteína PA (13.2% PC) resultó ser la mayormente preferida y consumida por las tres especies, esta preferencia se reflejó mayormente en las llamas, quienes disminuyeron el consumo de la dieta PB (6.1% PC), hasta en un 44% en relación a las cantidades ingeridas de PA. Las ovejas disminuyeron la ingestión de PB en una proporción del 37% y las cabras solamente 5.5% menos que cuando estaban alimentadas con PA (p<0.05), demostrando ser la especie menos perceptible al cambio en la calidad de la dieta, lo cual podría explicar su mayor rango de adaptación a todo tipo de vegetación y ambientes.

Sin embargo, tanto ovejas como cabras eliminaron mayores cantidades de heces cuando recibieron la dieta PB, posiblemente atribuible al menor grado de aprovechamiento de los pastos de baja calidad en comparación con las llamas, quienes en este experimento produjeron mayores cantidades de heces al ser alimentadas con PA (excretas de PB < que excretas de PA en 31.8%) (p<0.05), lo cual podría estar relacionado con el mayor aprovechamiento de pastos de baja calidad por parte de las llamas (tabla 1).

Tabla 1. Promedios de Consumos diarios de Alimento y Agua, y de Producción diaria de Heces y Orina, y de las tres especies durante la fase de Balance Metabólico.

Especie Animal	Tipo de Alimento	n	Consumo de alimento (kg / d)		Consumo de agua (ml / d)	Cantidad de heces producida (g / d)	Cantidad de orina producida (ml / d)
			MV	MS			
Ovinos	PA	6	1.58	1,41 ^b	2,178.50 ^b	1,523.82 ^b	1,709.09 ^a
Cabras	PA	6	0.74	0.65 ^a	1,183.50 ^a	584.05 ^a	925.10 ^b
Llamas	PA	6	1.97	1.76 ^b	2,062.50 ^c	2,287.30 ^c	969.80 ^b
Ovinos	PB	6	0,99	0.84 ^b	1,470.83 ^b	1,695.94 ^b	638.20 ^a
Cabras	PB	6	0.70	0.62 ^a	1,171.40 ^a	980.58 ^a	937.93 ^a
Llamas	PB	6	1.11	0.99 ^b	1,449.30 ^b	1,560.50 ^b	454.29 ^b

^{a,b,c}Promedios en la misma columna con distintas letras para cada tipo de dieta son significativamente diferentes (p<0.05), entre sí.

Cálculo del Metabolismo energético de un organismo por el método del Cociente Respiratorio (RQ)

De acuerdo a los principios de conservación de la energía, los nutrientes tales como los carbohidratos, grasas y proteínas van a producir la misma cantidad de energía en completa combustión en el cuerpo comparado con el exterior del cuerpo. La pérdida de calor depende del tipo de degradación de los nutrientes y consiguientemente, es necesario conocer las cantidades de carbohidratos, grasa y proteína que fueron degradadas; Ellos pueden ser aproximadamente calculados cuando el consumo de oxígeno y las cantidades de dióxido de carbono y nitrógeno excretado en la orina son conocidos (Chwalibog y Tauson, 2005).

La producción de calor del animal es usualmente determinado por el cociente de respiración (RQ), el cual muestra la tasa de dióxido de carbono producido de acuerdo a la cantidad de oxígeno usado (Christensen et al., 1988):

$$RQ = \frac{CO_2 \text{ (litros)}}{O_2 \text{ (litros)}}$$

Los niveles de calor corporal producido (Cociente Respiratorio RQ) fueron ligeramente mayores con la dieta rica para cabras, ovejas y llamas (1.026, 0.971 y 0.913 kJ/d, respectivamente), inversamente, con la dieta pobre las llamas produjeron mayor calor (0.981 kJ/d) que los ovinos y caprinos (0.852 y 0.830 kJ/d, respectivamente).

Método para la Medición Cuantitativa de la Producción de Calor para la medición del intercambio gaseoso.

Los procesos metabólicos responsables de proveer la energía al cuerpo pueden ser determinados mediante la medición de la producción de calor del animal (Chwalibog y Tauson, 2005). La cantidad de energía en los procesos oxidativos de los carbohidratos, la grasa, la proteína y las cadenas cortas de ácidos grasos pueden ser medidas como calor (Lusk, 1928);

todos los procesos metabólicos pueden ser cuantificados en base a la producción de calor de un animal, la producción de calor puede ser medida por medio de varios métodos calorimétricos, ya sean directos en un calorímetro, o indirectos mediante la medición del intercambio gaseoso del animal (Chwalibog et al., 1992).

La cantidad total de energía producida por un animal en la forma de calor puede ser calculada a través de la medición de intercambio de gases (consumo de O₂, y producción de CO₂ y de CH₄), combinado con la medición de la excreción de N en la orina (método RQ o de Cociente de Respiración), o combinado con las mediciones del Balance Carbono-Nitrógeno (método CN). Ambos métodos requieren mucha precisión, la determinación del intercambio gaseoso puede ser ejecutada mediante unidades de respiración, ya sea por el sistema de circuito cerrado de aire o por el sistema del circuito abierto de aire (Ferrannini, 1988).

El intercambio y la producción de gases reflejan que tanto llamas, ovinos y caprinos emiten menor cantidad de litros de CO₂, CH₄ e intercambio de O₂ con alimentos pobres en proteína que cuando son alimentados con dietas ricas en proteína. En promedio, las emisiones de litros de CO₂/24 h fueron en promedio 571.3, 456.6 y 282.9 para llamas, ovejas y cabras, respectivamente; las emisiones de CH₄ fueron en promedio 29.7, 33.2 y 17.3 l/24 h para llamas, ovejas y cabras, respectivamente. El intercambio de O₂ en 24 h también fue mayor para llamas (656.7), seguidas de ovejas (502.9) y cabras (324.7); similares relaciones en los tres gases se determinan, de acuerdo a la masa corporal de cada especie. Sin embargo, es destacable que las llamas emiten considerablemente menores cantidades de GEI cuando son alimentadas con alimentos toscos de bajo nivel nutricional (< 35.4), que los ovinos (< 22.5) y que los caprinos (<13.5) en el caso de emisiones de CO₂; y lo mismo con las emisiones de CH₄: 41.3, 37.7 y 15.4% menos en llamas, ovejas y cabras, respectivamente.

CONCLUSIONES

Las ventajas comparativas de la fisiología digestiva y metabólica de las llamas en relación a los demás rumiantes, no solo se expresa mediante el uso eficiente de los forrajes de baja calidad nutricional, sino que a partir de la significativa diferencia ($p < 0.05$) de emisiones de GEI entre diferentes tratamientos nutricionales. Las llamas expanden sus ventajas de aprovechamiento de las áreas áridas donde la calidad del forraje es pobre, ejerciendo un rol productivo más eficiente de los limitados recursos y desarrollan un rol productivo más amigable con el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Christensen, K.; Chwalibog, A.; Henckel, S. and Thorbek, G. 1988. Heat production in growing pigs calculated according to the RQ and CN methods. *Comparative Biochemistry and Physiology* 91A, 463-468.
- Chwalibog, A.; Jakobsen, K.; Henckel S. and Thorbek, G. 1992. Estimation of quantitative oxidation and fat retention from carbohydrate, protein and fat in growing pigs. *Journal Animal Physiology and Animal Nutrition* 68, 123-135.
- Chwalibog, A., Tauson A.H., Thorbek, G., 2004. Diurnal rhythm in heat production and oxidation of carbohydrate and fat in pigs during feeding, starvation and re-feeding. *J. Ani. Phys and Ani. Nut.* 88, 266-274.
- Dulphy JP, Dardillat C, Jailler M, Ballet JM. 1997. Comparative study of forestomach digestion in llamas and sheep. *Reprod Nutr Dev.* 37:709-725.
- Eckerlin RH, Stevens CE. 1973. Bicarbonate secretion by the glandular saccules of the llama stomach. *Cornell Vet.* 63:436-445.
- Ferrannini, E. 1988. The theoretical bases of indirect calorimetry: a review. *Metabolism* 37, 287-301.
- Lemosquet S, Dardillat C, Jailler M, Dulphy JP. 1996. Voluntary intake and gastric digestion of two ways by llamas and sheep: influence of concentrate supplementation. *J Agric Sci.* 127:539-548.
- Lusk, G. 1928. *The Elements of the Science of Nutrition*, 4th Edition, Saunders, Philadelphia.
- San Martín F, Bryant FC. 1989. Nutrition of domesticated South American llamas and alpacas. *Small Ruminant Res.* 2:191-216.
- Tejada, E., 2008. Eficiencia de la fisiología digestiva y metabólica de las llamas (*Lama glama*), en relación a los rumiantes menores. Tesis Admisión de Académico de Número en la academia Nacional de Ciencias de Bolivia. 50 p.