

# FERMENTACIÓN RUMINAL EN CAPRINO Y EN FERMENTADORES DE FLUJO CONTINUO PROMOVIDA POR DIETAS CON DISTINTAS PROPORCIONES DE HENO DE ALFALFA Y CONCENTRADO\*

Cantalapiedra Hajar, G., Martín García, A.I., Moumen A., Molina Alcalde, E.  
Unidad de Nutrición Animal, Estación Experimental del Zaidín (CSIC), Profesor Albareda, 1.  
18008 Granada, España. e-mail: molina@eez.csic.es

## INTRODUCCIÓN

Los crecientes problemas éticos, derivados de la necesidad de reducir el número de animales y, especialmente de animales fistulados, empleados en estudios de nutrición de rumiantes, junto con el elevado coste y laboriosidad de los ensayos *in vivo* han centrado el interés de los nutricionistas en el desarrollo de técnicas de simulación, especialmente fermentadores y, en el estudio de su potencial para predecir lo que ocurre *in vivo*. Sin embargo, las comparaciones directas *in vivo* e *in vitro* son escasas y, las que existen se refieren solo a ganado vacuno (Hannah *et al.*, 1986; Mansfield *et al.*, 1995; Merry *et al.*, 2006). Las diferencias en la fermentación ruminal entre el ganado vacuno y los pequeños rumiantes (Prigge *et al.*, 1984) hacen que la extrapolación de resultados obtenidos en vacuno a pequeños rumiantes resulte inadecuada. Por ello, en este trabajo se comparan parámetros de la fermentación ruminal promovida en el rumen de caprino y en fermentadores de flujo continuo por dietas con distintas proporciones de heno de alfalfa y concentrado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio *in vivo* se llevó a cabo utilizando 4 cabras de raza granadina (45±2,4 kg PV) dotadas de cánula ruminal permanente. En el estudio *in vitro* se utilizaron 4 fermentadores de flujo continuo (Miettinen y Setälä, 1989). Los animales y los fermentadores recibían, de manera sucesiva, dos dietas constituidas por heno de alfalfa y un concentrado comercial en proporciones 70:30 y 30:70, cuyos contenidos en proteína bruta y FND eran de 149 y 152 y de 318 y 228 g/kg materia seca, respectivamente. Los animales se alimentaron en cantidad suficiente para superar el 20% del nivel de mantenimiento energético (Prieto *et al.*, 1990), en dos tomas iguales a las 8:00 y 14:00 h. Cada uno de los ensayos *in vivo* incluía un período de adaptación de 10 días de duración y 1 día de muestreo en el que se extrajeron muestras del contenido ruminal (100 ml) de cada animal a las 0, 2, 4, 6, 8 y 12 horas tras suministrar el alimento. Inmediatamente se determinó el pH y, a continuación se filtró a través de 4 capas de gasa separándose 2 alícuotas del contenido ruminal filtrado que se conservaron a -20° C para la determinación de las concentraciones de nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) y de ácidos grasos volátiles (AGV). Un día después se extrajo contenido ruminal de cada animal, se mezcló y se utilizó como inóculo de los fermentadores.

Cada uno de los ensayos *in vitro* incluía un periodo de adaptación de 6 días y 1 día para la recogida de muestras. El primer día de cada ensayo los fermentadores se inoculaban con el contenido ruminal de las 4 cabras canuladas, alimentadas con la misma dieta que se ensayaba en los fermentadores. Cada fermentador recibía diariamente 30g de MS en dos tomas iguales, ofrecidas a las 8:00 y a las 14:00. El día de muestreo se tomaron muestras (20 ml) del contenido de los fermentadores a las 0, 2, 4, 6, 8 y 12 horas tras suministrar el alimento. El pH se midió en cada fermentador antes del muestreo correspondiente. En cada muestreo se procedió como se ha descrito en los ensayos *in vivo* para la obtención de dos alícuotas para la determinación de las concentraciones de N-NH<sub>3</sub> y AGV, que se analizaron siguiendo las técnicas de Weatherburn (1967) y Jouany (1982), respectivamente. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de la varianza, para cada una de las dietas ensayadas.

---

\*Este trabajo forma parte del Proyecto AGL-2004-04755-CO2-02/GAN financiado por el M.E.C.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ninguno de los valores de pH (Tabla 1) mostró diferencias ( $P>0,05$ ) cuando se comparan el rumen y los fermentadores alimentados con cualquiera de las dos dietas estudiadas. Por el contrario, Carro *et al.* (2005) observaron valores de pH significativamente inferiores en los fermentadores que en el rumen de ovino, con una dieta rica en concentrado. Los valores de pH de las muestras tomadas antes de la ingestión de alimento, tanto de contenido del rumen como de los fermentadores, fueron superiores ( $P<0,05$ ) con la dieta que contenía mayor porcentaje de forraje, en comparación con aquella en la que predominaba el concentrado (6,89 y 6,72, respectivamente). Los valores de pH experimentaron oscilaciones, en función del tiempo transcurrido desde el suministro del alimento (Figura 1), que eran importantes en el rumen y menores en los fermentadores. En cualquier caso, los valores de pH nunca fueron inferiores a 6,2.

Las concentraciones de N-NH<sub>3</sub> fueron similares ( $P>0,05$ ) en el rumen de caprino y en los fermentadores y para ambas dietas, próximos a 24 mg/100 ml. Tanto Mansfield *et al.* (1995) como Hannah *et al.* (1986) encontraron valores de N-NH<sub>3</sub> equivalentes en fermentadores de flujo continuo y en el rumen de vacuno de leche. Los valores de AGV totales encontrados en el presente trabajo son del mismo orden que los observados por Carro *et al.* (2005) y, de acuerdo con esos autores, similares en el rumen y en los fermentadores. Sin embargo, Mansfield *et al.* (1995) encontraron concentraciones de AGV significativamente superiores en fermentadores de flujo continuo que en el rumen de vacuno de leche, diferencias que pueden ser atribuidas a la falta de absorción de productos volátiles en los fermentadores. (Hannah *et al.*, 1986). Probablemente como reflejo de las variaciones del pH, se observaron diferencias ( $P<0,05$ ), debidas a la dieta, en las concentraciones de ácidos propionico y valérico siendo la concentración de este último superior ( $P<0,001$ ) en los fermentadores que en el rumen (2,69 y 1,87, respectivamente) de acuerdo con las observaciones de Mansfield *et al.* (1995). La relación acético:propionico presentó valores que oscilaban entre 3,56 y 4,07. Aunque no fueron diferentes ( $P>0,05$ ) los valores correspondientes a la dieta rica en forraje tendía a ser más elevados que con la dieta rica en concentrado. Los valores encontrados en el rumen de caprino son superiores a los encontrados en ovino por Carro *et al.* (2005).

Las interacciones sistema x dieta no fueron significativas ( $P>0,05$ ) para ninguno de los parámetros estudiados. Puesto que, solo con las excepciones descritas, no se observaron diferencias significativas atribuibles al sistema (rumen vs fermentadores) puede concluirse que los fermentadores de flujo continuo presentan una gran capacidad para simular la fermentación que tiene lugar en el rumen de caprino, tanto si se suministra una dieta rica en forraje como en concentrado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carro MD, Ranilla RJ, Martín AI, Molina E, 2005. Estudio comparativo de la fermentación de una dieta con un alto contenido en concentrado en ovejas y en dos sistemas de fermentadores. ITEA 2005.
- Hannah, SM, Stern, MD, Ehle FR, 1986. Evaluation of a dual flow continuous culture system for estimating bacterial fermentation in vivo of mixed diets containing various soybean products. *Animal Feed Science and Technology*, 16: 51-62.
- Jouany JP, 1982. Volatile fatty acid and alcohol determination in digestive contents, silage juices, bacterial cultures and anaerobic fermentor contents. *Science Alimentaria*. 2: 131-144.
- Mansfield HR, Endres MI and Stern MD, 1995. Comparison of microbial fermentation in the rumen of dairy cows and dual flow continuous culture. *Animal Feed Science and Technology*. 55: 47-66.
- Merry RJ, Lee MR, Davies DR, Dewhurst RJ, Moorby JM, Scollan ND, Theodorou MK, 2006. Effects of high-sugar ryegrass silage and mixtures with red clover silage on ruminant

digestion. 1. In vitro and in vivo studies of nitrogen utilization. Journal of Animal Science 2006 Nov;84(11): 3049-60.

Miettinen H and Setälä J, 1989. Design and development of a continuous culture system to study rumen fermentation. Journal of Agriculture Science Finland. 61: 463-473.

Prieto C., Aguilera JF, Lara L., Fonollá J, 1990. Protein and energy requirements for maintenance of indigenous Granadina goats. British Journal of Nutrition. 63(2): 155-163.

Prigge EC, Baker MJ, Varga GA. 1984. Comparative digestion, rumen fermentation and kinetics of forage diets by steers and wethers. Journal of Animal Science. 59(1): 237-45.

Weatherburn MW, 1967. Phenol hypochlorite reaction for determination of ammonia. Analytical Chemistry, 89: 971-974.

Tabla 1. Valores de pH, concentraciones de N-NH<sub>3</sub> (mg/dL) y de ácidos grasos volátiles totales (mmol/L), porcentaje de AGV individuales y relación acético:propiónico (C2:C3) en el rumen de cabras y en el contenido de fermentadores de flujo continuo alimentados con las dietas experimentales

	Sistema		Dieta <sup>2</sup>		Nivel de significación			EEM <sup>3</sup>
	Rumen	FFC <sup>1</sup>	70HA:30C	30HA:70C	Sistema	Dieta	Interacción	
pH (0-12h)	6,41	6,52	6,54	6,40	0,226	0,099	0,531	0,043
pH (0 h)	6,89	6,72	6,89	6,72	0,242	0,026	0,390	0,072
pH (2 h)	6,52	6,63	6,67	6,48	0,250	0,057	0,250	0,046
N-NH <sub>3</sub>	23,5	24,7	23,3	24,8	0,674	0,596	0,052	0,857
AGV total	101	125	119	107	0,175	0,051	0,739	8,649
Acético	67,3	66,6	67,7	66,3	0,571	0,242	0,819	0,591
Propiónico	17,9	17,9	16,8	19,0	0,999	0,034	0,344	0,472
Butírico	10,3	9,91	10,3	9,88	0,621	0,560	0,352	0,404
Isobutírico	1,26	1,07	1,18	1,15	0,271	0,872	0,271	0,086
Valérico	1,87	2,69	2,44	2,13	0,001	0,028	0,145	0,064
Isovalérico	1,45	1,75	1,60	1,60	0,397	0,980	0,659	0,173
C2:C3	3,84	3,79	4,07	3,56	0,851	0,057	0,348	0,125

<sup>1</sup> FFC : Fermentadores de flujo continuo

<sup>2</sup> 70HA:30C = 70% Heno de alfalfa + 30% Concentrado; 30HA:70C = 30% Heno de alfalfa + 70% Concentrado

<sup>3</sup> Error estándar de la media

Figura 1. Evolución del pH en el rumen de caprino y en fermentadores de flujo continuo.

