

## Efecto de niveles de suplementación con bicarbonato de sodio en el consumo alimentario y el comportamiento animal de ovinos de ceba

R. Bodas, B. Fernández, F. J. Giráldez, S. López y A. R. Mantecón

Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-Universidad de León). Finca Marzanas, 24346-Grulleros, León, España

Correo electrónico: raul.bodas@eae.csic.es

Se utilizaron 48 carneros Merino de edad inicial promedio de 6-7 semanas y 15.7 kg de peso corporal para evaluar los efectos de agregar cantidades crecientes de bicarbonato de sodio al concentrado o de tener acceso libre a esta sal tampón en el consumo alimentario y el comportamiento animal. Se distribuyó a los animales en seis grupos experimentales que recibieron concentrado y paja de cebada a libre acceso. El grupo control (B0) recibió concentrado sin bicarbonato de sodio. Otro grupo (Blibre) se alimentó con la misma dieta y bicarbonato de sodio a libre acceso. Los otros se alimentaron con concentrados y diferentes niveles de inclusión del bicarbonato de sodio: 10 (B1), 20 (B2), 30 (B3) y 40 (B4) g de bicarbonato/kg de concentrado. Se sacrificó a los animales luego del período de ceba de 45 días. Se registró el peso de la canal caliente y fría. No hubo diferencias entre los tratamientos dietéticos en cuanto al consumo de paja de cebada. Sin embargo, el consumo de concentrado tendió a aumentar ( $P = 0.09$ ) para B2, B3 y B4 como grupo único cuando se comparó con B0. Se observó una tendencia ( $P = 0.05$ ) en la comparación de B0 vs B2+B3+B4 para el consumo de materia orgánica por unidad de ganancia de peso. No hubo efectos significativos en el peso de la canal fría, pérdidas de enfriamiento o en el rendimiento de la canal. El consumo de bicarbonato de sodio a libre acceso fluctuó dentro de un rango amplio de valores. El consumo promedio fue de 47 g por kg de concentrado consumido, sin ningún efecto consistente en ninguno de los indicadores medidos. Probablemente, esto se deba a un exceso en el consumo de aditivo y al patrón intermitente de ingestión de sal. Los resultados mostraron que suplementar bicarbonato con el concentrado a niveles que oscilen entre 20 y 40 g/kg puede mejorar el consumo alimentario y el comportamiento animal de carneros de ceba alimentados con dietas altas en concentrado y que la tasa de suplementación óptima parece ser de alrededor de 20 g/kg.

Palabras clave: *bicarbonato de sodio, acidosis, carneros de ceba, cereal, crecimiento*

El bicarbonato de sodio puede actuar como tampón de los ácidos orgánicos que se producen en el rumen a partir de alimentos que fermentan rápidamente, y, por lo tanto, esta sal se ha usado como aditivo dietético para atenuar la acidosis ruminal en rumiantes alimentados con dietas altas en concentrado. El bicarbonato de sodio es considerado inocuo para los animales, y seguro para el consumidor de la carne y leche de estos animales.

La respuesta animal a la alimentación con bicarbonato de sodio parece depender de varios factores tales como las características animales, el sistema de alimentación, o la inclusión de otros aditivos en la dieta (Çetinkaya y Ünal 1992, Le Ruyet y Tucker 1992). Como consecuencia, el nivel óptimo de inclusión de bicarbonato de sodio en la dieta no está bien establecido para todos los sistemas intensivos de producción de rumiantes. Hay poca información disponible en lo que se refiere a los ovinos de ceba. De hecho, en los sistemas intensivos de producción del Mediterráneo, se incluye usualmente al bicarbonato de sodio en el suplemento del concentrado, pero la proporción es muy variable y oscila entre 0.5 y 2 % (Sen *et al.* 2006, Kawas *et al.* 2007 a, b). Es destacable que la mayoría de los experimentos con ovinos de ceba se hayan realizado con animales de más peso corporal que los que se producen en los países del Mediterráneo, los que se sacrifican con un peso vivo relativamente bajo (alrededor de 25-30 kg) después de un período de ceba muy corto (5-7 semanas después del destete) (Sañudo *et al.* 1998).

Por otra parte, la cantidad óptima de bicarbonato de sodio que se debe incluir en el concentrado podría variar en dependencia del patrón de consumo de alimento. Se

podría esperar que los requerimientos de bicarbonato de sodio pudieran ser menores cuando se distribuye regularmente el consumo de concentrado durante el día que cuando los animales consumen grandes cantidades de concentrado en pequeños períodos de tiempo (Cooper *et al.* 1996). Una alternativa para alcanzar un suministro adecuado de bicarbonato de sodio podría ser el ofrecer esta sal a libre acceso. Sin embargo, en la mayoría de los estudios sobre el uso del bicarbonato de sodio en la alimentación de rumiantes, este aditivo tampón ha sido incorporado directamente en el concentrado, lo que excluye la posibilidad de regular su consumo (González *et al.* 2008 a, b).

Con el propósito de investigar más el uso del bicarbonato de sodio en ovinos de ceba, se realizó un experimento para evaluar los efectos de la inclusión de este aditivo en diferentes cantidades (0, 10, 20, 30 y 40 g.kg<sup>-1</sup> sobre base fresca) en el concentrado o del acceso libre a este compuesto tampón en el consumo alimentario y el comportamiento animal.

### Materiales y Métodos

*Animales y dietas.* Se utilizaron 48 carneros Merino con edad promedio inicial de 6-7 semanas en este estudio. Los animales se distribuyeron en seis grupos experimentales (n=8), balanceados por el peso vivo corporal [PVC, 15.7 (error estándar=0.19) kg]. Los del grupo control (B0) se alimentaron con paja de cebada y un concentrado sin bicarbonato de sodio (500 g de cebada, 230 g de maíz, 190 g de harina de soya, 50 g de mieles y 30 de suplemento vitamínico y mineral por kg de concentrado) a libre acceso. Otro grupo (Blibre) recibió

los mismos alimentos que el grupo B0 y tuvo libre acceso al bicarbonato de sodio ofrecido en un comedero separado. Los otros ingirieron paja de cebada y concentrados con diferentes niveles de bicarbonato de sodio: 10 (grupo B1), 20 (grupo B2), 30 (grupo B3) y 40 (grupo B4) g de bicarbonato.kg<sup>-1</sup> de concentrado. Los concentrados B1, B2, B3y B4 se obtuvieron del concentrado B0 después de agregar las cantidades correspondientes de bicarbonato de sodio. La composición química de las dietas experimentales se muestra en la tabla 1.

fueron sacrificados. Las canales se pesaron inmediatamente después del sacrificio y después del enfriamiento de 24 horas a 4 °C. Los pesos de las canales caliente y fría y el peso vivo corporal se usaron para la determinación de las pérdidas por enfriamiento y el rendimiento de la canal, respectivamente.

*Procedimientos analíticos y análisis estadísticos.* Los procedimientos descritos por la AOAC (2003) se usaron para determinar la materia seca (MS, Método ID 934.01), la ceniza (Método ID 942.05) y Kjeldahl N (PB, Método ID 984.13) de los alimentos experimentales.

Tabla1. Composición química (g·kg<sup>-1</sup>) de paja de cebada y conecntrados (0, 10, 20, 30 y 40 g de bicarbonato de sodio·kg<sup>-1</sup> concentrado para B0, B1, B2, B3 y B4, respectivamente)

	Paja de cebada	B0	B1	B2	B3	B4
Materia seca	916	887	882	882	880	884
Proteína bruta	23	150	147	147	143	142
Fibra neutro detergente	802	121	116	114	109	104
Ceniza	50	56	64	69	75	80

Los carneros estaban con sus madres hasta el destete, y la alimentación al pie de la madre estuvo disponible desde la tercera semana después del nacimiento. Antes del destete, Los animales fueron desparasitados con Ivomec® (Laboratorios Merial, España) y vacunados contra enterotoxemia (Miloxan®. Laboratorios Merial, España).

El manejo animal siguió las recomendaciones de la Directiva del Consejo Europeo 86/609/EEC para la protección de los animales usados para propósitos experimentales u otros de tipo científico.

*Procedimiento experimental.* El experimento duró 45 días y se realizó desde noviembre hasta diciembre condiciones de fotoperiodo y temperatura naturales. Durante el período experimental, los animales se alojaron individualmente en naves de 1 m x 1m y tuvieron agua potable fresca a libre acceso. Cada nave tenía un comedero para el concentrado y un comedero separado para la paja. En las naves para los carneros del grupo Blibre, había un comedero adicional con el bicarbonato de sodio.

Las cantidades de concentrado y de residuos alimenticios rechazados se pesaron diariamente. Los desechos de paja de cebada y bicarbonato de sodio se registraron tres veces por semana. La cantidad de alimento dado diariamente se ajustó sobre la base del consumo anterior, lo que permite residuos de entre 15 y 20 % del consumo anterior. Las muestras de los alimentos ofrecidos y los residuos rechazados se tomaron diariamente y agrupados en compuestos semanales para cada animal analizados por su contenido de materia seca.

El peso vivo corporal se registró dos veces por semana antes de la alimentación matutina. El día 45, todos los animales se pesaron a las 9 a.m. y después inmediatamente llevados a un matadero comercial, donde

Se determinó la fibra neutro detergente (FND, expresada como residuo de ceniza) mediante el procedimiento de Van Soest *et al.* (1991) con sulfito de sodio y  $\alpha$ -amilasa en la solución detergente neutro.

Se estimó la ganancia de peso promedio diaria como el coeficiente de regresión (pendiente) del peso vivo corporal contra el tiempo mediante el procedimiento REG del paquete de SAS (SAS 1999). Los datos se sometieron a análisis de varianza mediante el procedimiento GLM del paquete de SAS (SAS 1999). Se utilizaron contrastes ortogonales para comparar el control (B0) vs los otros tratamientos experimentales tales como los niveles medios y altos de suministro de bicarbonato (B2+B3+B4).

## Resultados

Los efectos del nivel de bicarbonato de sodio del concentrado en el consumo alimentario y el comportamiento animal se muestran en la tabla 2.

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos dietéticos en el consumo de paja de cebada, lo que representó en todos los tratamientos menos del 10 % del consumo total de materia seca.

Como se esperaba, el consumo diario de concentrado aumentó progresivamente durante el experimento en todos los grupos. Aunque el consumo promedio de concentrado y la ganancia de peso vivo corporal fueron aproximadamente 9 % mayores para B2, B3 y B4 que para el grupo B0, el análisis de varianza no reveló ningún efecto significativo (lineal o cuadrático) del nivel de bicarbonato de sodio en estos parámetros. Sin embargo, se observó una tendencia (P = 0.09) cuando se comparó el grupo B0 con B2, B3 y B4 como grupo único.

La proporción alimento-ganancia no se afectó significativamente por el nivel de bicarbonato de sodio

Tabla 2. Valores medios y error estándar en paréntesis de consumo alimentario, ganancia de peso, tasa de crecimiento, conversión alimentaria y parámetros de comportamiento animal de ovinos que recibieron proporciones crecientes de bicarbonato de sodio (0, 10, 20, 30 y 40 g bicarbonato de sodio·kg<sup>-1</sup> concentrado para los grupos B0, B1, B2, B3 y B4, respectivamente) durante el período de ceba

	B0	B1	B2	B3	B4	P <sup>1</sup>	C <sup>2</sup>
Consumo de concentrado (g carnero <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	798 (44.7)	766 (30.5)	870 (34.1)	862 (26.6)	872 (36.4)	NS	T
Consumo de paja (g carnero <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	33 (7.0)	44 (9.1)	28 (7.4)	34 (7.9)	25 (3.3)	NS	NS
Materia seca total (g cordero <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	831 (38.5)	811 (23.2)	899 (36.3)	897 (30.3)	897 (36.8)	NS	T
Ganancia de peso (kg cordero <sup>-1</sup> )	10.78 (0.888)	10.70 (0.406)	12.60 (0.406)	12.17 (0.588)	11.90 (0.481)	NS	*
Ganancia diaria promedio (g cordero <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	244 (17.0)	239 (11.3)	276 (11.7)	268 (12.3)	265 (8.8)	NS	T
Relación material seca y ganancia (g g <sup>-1</sup> )	3.59 (0.218)	3.42 (0.101)	3.22 (0.073)	3.34 (0.103)	3.42 (0.159)	NS	T
Relación material orgánico y ganancia (g g <sup>-1</sup> )	3.36 (0.204)	3.18 (0.094)	2.97 (0.067)	3.06 (0.095)	3.11 (0.145)	NS	T
Peso de la canal fría (kg)	12.49 (0.636)	12.35 (0.450)	13.54 (0.520)	13.27 (0.462)	13.10 (0.462)	NS	NS
Pérdidas por enfriamiento (%)	2.31 (0.040)	2.25 (0.175)	2.31 (0.117)	2.26 (0.057)	2.29 (0.076)	NS	NS
Rendimiento de la canal (%)	46.6 (0.53)	46.8 (0.68)	47.8 (0.67)	47.6 (0.50)	47.6 (0.77)	NS	NS

<sup>1</sup> P: nivel de significación estadística de las diferencias entre las medias de los tratamientos.

<sup>2</sup> C: Nivel de significación estadística para la comparación entre el control (B0) y los niveles medio y alto de bicarbonato (B2 + B3 + B4). NS=P>0.10; T=P<0.10; \*=P<0.05.

en el concentrado cuando el consumo alimentario se expresó sobre bases secas. Sin embargo, se observó una tendencia (P = 0.05) para la comparación de B0 vs B2+B3+B4 cuando se calculó esta proporción como consumo de materia orgánica por unidad de ganancia de peso. Los efectos de la concentración de bicarbonato de sodio de la dieta en el peso de la canal fría, las pérdidas por enfriamiento y el rendimiento de la canal no fueron significativos.

La figura 1 muestra los cambios durante el período experimental en el consumo de paja de cebada, concentrado y bicarbonato de sodio para los animales del grupo Blibre. Como se puede observar, el consumo diario de bicarbonato de sodio mostró grandes fluctuaciones en los días experimentales, que oscilaron entre 15 y 80 g por día. El consumo de bicarbonato mostró una tendencia episódica, por lo que se registraron bajos consumos justo después de un pico de consumo de

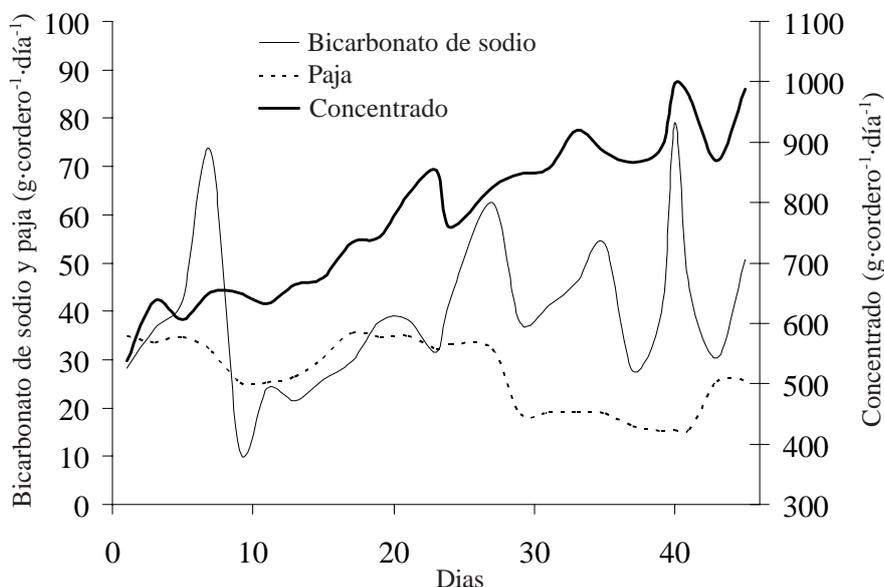


Figura 1. Consumo promedio diario de paja de cebada, bicarbonato de sodio y concentrado (g·cordero<sup>-1</sup>·día<sup>-1</sup>) en los animales con acceso libre al bicarbonato de sodio

bicarbonato lo que indica una probable saciedad o un efecto de llenado. Durante el período experimental, el consumo de bicarbonato de sodio mostró una tendencia de incremento similar a la observada en el consumo de concentrado, aunque con grandes fluctuaciones en las últimas dos semanas. Sin embargo, se encontró una correlación moderada entre el consumo de bicarbonato de sodio y de concentrado ( $r = 0.45$ ,  $P < 0.05$ ). El consumo de bicarbonato de sodio expresado como proporción de consumo de concentrado mostró un menor rango de variación, y el valor promedio fue  $47 \text{ g.kg}^{-1}$  (error estándar = 3.5).

Comparado con el grupo B0, el acceso libre al bicarbonato de sodio no afectó significativamente el consumo alimentario ( $781 \pm 53.6$  y  $23 \pm 3.0 \text{ g MS carnero}^{-1} \text{ día}^{-1}$  para concentrado y paja, respectivamente para el grupo Blibre) o cualquier otro de los indicadores medidos. Las medias ( $\pm$  error estándar) para el grupo Blibre fueron las siguientes: ganancia media diaria,  $250 \pm 23.0 \text{ g.cordero}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ; relación entre consumo de materia seca y ganancia,  $3.43 \pm 0.125$ ; relación materia orgánica y ganancia,  $3.21 \pm 0.117$ ; el peso de la canal fría,  $12.7 \pm 0.66 \text{ kg}$ ; pérdidas por enfriamiento,  $2.20 \pm 0.076 \%$ , y el rendimiento de la canal,  $48.1 \pm 0.73 \%$ .

### Discusión

La alimentación de concentrados con bicarbonato de sodio es una práctica común en los sistemas comerciales de ceba de carneros porque en los ovinos que se alimentan con dietas altas en cereal la producción de saliva se reduce sustancialmente y se aumenta la tasa de fermentación, lo que produce grandes cantidades de ácido láctico y reduce el pH ruminal (Enemark *et al.* 2002). Por lo tanto, la capacidad tampón del bicarbonato de sodio puede contribuir a prevenir la acidosis ruminal o a aliviar sus efectos (Mees *et al.* 1985 y González *et al.* 2008 a, b).

En lo referente al uso del bicarbonato de sodio como aditivo alimentario para ovinos en crecimiento, varios autores (Phy y Provenza 1998, Kawas *et al.* 2007a) han informado que la suplementación de dietas ricas en cereales con bicarbonato de sodio aumenta el consumo alimentario, lo que está en concordancia con nuestros resultados. En este estudio, los corderos que se alimentaron de concentrado con contenidos medios y altos de bicarbonato de sodio ( $20$  a  $40 \text{ g.kg}^{-1}$ ) mostraron un aumento de consumo de concentrado de alrededor del 9 % mayor que en los corderos que no recibieron suplemento o  $10 \text{ g/kg}$  de bicarbonato de sodio suplementado en los concentrados.

Los resultados no concuerdan con los de Tripathi *et al.* (2004), quienes observaron un efecto positivo del bicarbonato de sodio en el consumo alimentario cuando los ovinos fueron alimentados con dietas que incluían  $7.5 \text{ g/kg}$  de este aditivo. Sin embargo, mientras en este estudio el consumo de dietas fibrosas representó alrededor de 25 % de la dieta, en nuestro experimento, el consumo de paja de cebada representó menos de

10 % del consumo total de MS. Los consumos de paja observados en este estudio concuerdan con los resultados de Manso *et al.* (1998) y Bodas *et al.* (2007) en ovinos en crecimiento de diferentes razas (criados en condiciones similares a aquellos usados en este experimento).

La inclusión de contenidos medios y altos de bicarbonato de sodio en la dieta también resultó en un ligero incremento en la tasa de crecimiento. Los datos de este estudio sugieren que la suplementación con bicarbonato de sodio aumenta la tasa de crecimiento al incrementar el consumo alimentario y, probablemente, mejorar la eficiencia alimentaria. No obstante, los resultados de este estudio están en correspondencia con los de Mandevu y Galbraith (1999) quienes no observaron ningún efecto significativo debido a la suplementación dietética con bicarbonato de sodio a niveles de  $15 \text{ g.kg}^{-1}$  tanto en el consumo alimentario como en el comportamiento del crecimiento. De esta forma, en consonancia con nuestros resultados, varios estudios apoyan el efecto positivo del bicarbonato de sodio en el consumo alimentario, la tasa de crecimiento y la eficiencia alimentaria con niveles de suplementación de bicarbonato de sodio que oscilan entre  $20$  y  $60 \text{ g.kg}^{-1}$  en la dieta (Huntington *et al.* 1977 y Tripathi *et al.* 2004). No obstante, otros autores no han observado ningún efecto en estos indicadores en respuesta a niveles similares de suplementación con bicarbonato de sodio (Hart y Doyle 1985).

Esta discrepancia en los resultados que aparece en la literatura en relación con los efectos de la adición de bicarbonato de sodio a la dieta en el comportamiento de ovinos de ceba puede deberse a un diverso número de factores. Las características más influyentes que afectan la respuesta animal podrían ser la relación dieta fibrosa y concentrado y el tipo de concentrado, ambas determinan algunas características dietéticas tales como las concentraciones de almidón y fibra, la proporción de fibra soluble, el contenido y la degradabilidad de la proteína dietética o la concentración de minerales. La fermentación de microbiana en el rumen puede afectarse sustancialmente por estos atributos dietéticos que pueden tener efecto en el estado ácido-básico, la fermentación de carbohidratos y la utilización de nitrógeno en el rumen (Cooper *et al.* 1996 y Cole *et al.* 2003). Los efectos observados en este estudio en relación con la suplementación con bicarbonato de sodio estuvieron relacionados probablemente con la dieta alta en concentrado consumida por los carneros. El concentrado usado tuvo un alto contenido de cereales ricos en almidón y una relación alta de energía y proteína, lo que pudiera favorecer la aparición de la acidosis ruminal sub-aguda en ovinos. Los animales que experimentan acidosis ruminal sub-aguda, a menudo, no exhiben síntomas clínicos manifiestos que no sean el consumo alimentario reducido o errático y la subsiguiente reducción en la tasa de crecimiento.

Un efecto del bicarbonato de sodio en el peso de la canal podría esperarse puesto que la tasa de crecimiento se incrementó ligeramente en respuesta al aditivo y todos los carneros se sacrificaron a la misma vez. Sin embargo, no se observó efecto significativo alguno en este estudio, lo que está en concordancia con los resultados de Sen *et al.* (2006) y Kawas *et al.* (2007 b), probablemente debido al corto período de ceba y al hecho de que las mayores tasas de crecimiento pudieran estar relacionadas con el incremento del crecimiento del tracto y a los mayores contenidos digestivos (Butterfield 1988).

En lo que respecta a los efectos del consumo a libre elección de bicarbonato de sodio, se consideró que los ovinos a los que se le dio libre acceso a la sal regularían su consumo para evitar la acidosis ruminal, tener mayor consumo alimentario y mejor comportamiento animal. Si se analiza en su conjunto, los consumos registrados en los animales del grupo Blibre se observa que hay una tendencia ligera a incrementar el consumo de bicarbonato de sodio a medida que aumenta el consumo de concentrado. Estos resultados parecen ser consistentes con la hipótesis mencionada anteriormente. Sin embargo, un análisis individual del patrón de consumo de bicarbonato de sodio indica que para la mayoría de los ovinos no hubo ninguna relación consistente entre el consumo de concentrado y de bicarbonato de sodio. Además, ni el consumo alimentario ni la tasa de crecimiento se incrementaron si se comparan con el grupo B0 (control). De forma similar, Keunen *et al.* (2003) informó que la acidosis inducida en vacas lecheras no llevó a un incremento en el consumo de bicarbonato de sodio cuando se ofreció a libre acceso.

El consumo diario promedio del grupo B0 fue mayor que el del grupo B4. Por lo tanto, se podría esperar que el bicarbonato de sodio ingerido fuera suficiente para atenuar cualquier acidosis ruminal sub-aguda que provocara efectos favorables en el consumo alimentario, la tasa de crecimiento y la eficiencia alimentaria. No obstante, los resultados fueron contradictorios debido a un probable efecto del bicarbonato de sodio en la osmolalidad, la que se incrementaría por la suplementación animal y pudiera tener efectos adversos en el consumo alimentario (Carter y Grovum 1990). Incluso, los ácidos de la fermentación pudieran afectar el crecimiento bacteriano independientemente del pH (Russell *et al.* 1997 y Russell 1998), y estos efectos pueden no ocurrir completamente si se adiciona un tampón. Por lo tanto, nuestros resultados sugieren que el bicarbonato de sodio puede tener efectos positivos en el rumen como para que, con algunos niveles de inclusión de aditivo, los animales puedan consumir una adecuada cantidad de bicarbonato de sodio para evitar una caída del pH ruminal pero sin mejorar el consumo alimentario y el comportamiento animal. El contenido de bicarbonato debe balancear los intercambios entre los diferentes efectos inducidos en el pH ruminal, la presión osmótica y el balance de agua.

Los resultados observados en este estudio muestran que la suplementación de bicarbonato de sodio en el concentrado a niveles que oscilen entre 20 y 40 g.kg<sup>-1</sup> produce una tendencia a mejorar el comportamiento animal de ovinos de ceba alimentados con dietas con altos contenidos de concentrado. Los datos sugieren que la tasa de suplementación óptima debe ser de alrededor de 20 g.kg<sup>-1</sup>. Sin embargo, el acceso libre al bicarbonato de sodio no afectó significativamente ninguno de los indicadores estudiados, probablemente debido tanto a un exceso en el consumo de aditivo como al patrón intermitente de ingestión de la sal.

### Agradecimientos

R. Bodas agradece sinceramente el recibo de una beca del Ministerio Español de la Educación y la Ciencia.

### Referencias

- AOAC 2003. Official Methods of Analysis. 17th Edn. AOAC International, Gaithersburg, USA
- Bodas, R., Giráldez, F.J., López, S., Rodríguez, A.B. & Mantecón, A.R. 2007. Inclusion of sugar beet pulp in cereal-based diets for fattening lambs. *Small Ruminant Res.* 71: 250-254.
- Butterfield, R.M. 1988. *New Concepts of Sheep Growth*, University of Sydney, Australia, p. 2-5, 30
- Carter, R.R. & Grovum, W.L. 1990. A review of the physiological significance of hypertonic body fluids on feed intake and ruminal function: salivation, motility and microbes. *J. Anim. Sci.* 68:2811
- Çetinkaya, N. & Ünal, S. 1992. Effects of bicarbonate on rumen degradability of concentrate and grass hay in Angora goats. *Small Ruminant Res.* 9:117
- Cole, N.A., Greene, L.W., McCollum, F.T., Montgomery, T. & McBride, K. 2003. Influence of oscillating dietary crude protein concentration on performance, acid-base status, and nitrogen excretion of steers. *J. Anim. Sci.* 81:2660
- Cooper, S.D.B., Kyriazakis, I. & Oldham, J.D. 1996. The effects of physical form of feed, carbohydrate source, and inclusion of sodium bicarbonate on the diet selections in sheep. *J. Anim. Sci.* 74:1240
- Enemark, J.M.D., Jorgensen, R.J. & Enemark, P.S. 2002. Rumen acidosis with special emphasis on diagnostic aspects of subclinical rumen acidosis: a review. *Vet. Zootec.* 20:16
- González, L.A., Ferret, A., Manteca, X. & Calsamiglia, S. 2008a. Increasing sodium bicarbonate level in high-concentrate diets for heifers. I. Effects on intake, water consumption and ruminal fermentation. *Animal* 2:705
- González, L.A., Ferret, A., Manteca, X. & Calsamiglia, S. 2008b. Increasing sodium bicarbonate level in high-concentrate diets for heifers. II. Effects on chewing and feeding behaviours. *Animal* 2:713
- Hart, S.P. & Doyle, J.J. 1985. Adaptation of early-weaned lambs to high-concentrate diets with three grain sources, with or without sodium bicarbonate. *J. Anim. Sci.* 61:975
- Huntington, G.B., Emerick, R.J. & Embry, L.B. 1977. Sodium bentonite effects when fed at various levels with high concentrate diets to lambs. *J. Anim. Sci.* 45:119
- Kawas, J., García-Castillo, R., Fimbres-Durazo, H., Garza-Cazares, F., Hernández-Vidal, J., Olivares-Sáenz, E. & Lue, C.D. 2007a. Effects of sodium bicarbonate and yeast on

- nutrient intake, digestibility, and ruminal fermentation of light-weight lambs fed finishing diets. *Small Ruminant Res.* 67:149
- Kawas, J., García-Castillo, R., Garza-Cazares, F., Fimbres-Durazo, H., Olivares-Sáenz, E., Hernández-Vidal, G. & Lu, C.D. 2007b. Effects of sodium bicarbonate and yeast on productive performance and carcass characteristics of light-weight lambs fed finishing diets. *Small Ruminant Res.* 67:157
- Keunen, J.E., Plaizier, J.C., Kyriazakis, I., Duffield, T.F., Widowski, T.M., Lindinger, M.I. & McBride, B.W. 2003. Effects of subacute ruminal acidosis on free-choice intake of sodium bicarbonate in lactating dairy cows *J. Dairy Sci.* 86:954
- Le Ruyet, P. & Tucker, B. 1992. Ruminal buffers: Temporal effects on buffering capacity and pH of ruminal fluid from cows fed a high concentrate diet. *J. Dairy Sci.* 75:1069.
- Mandevvu, P. & Galbraith, H. 1999. Effect of sodium bicarbonate supplementation and variation in the proportion of barley and sugar beet pulp on growth performance and rumen, blood and carcass characteristics of young entire male lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 82:37
- Manso, T., Mantecón, A.R., Castro, T. & Iason, G.R. 1998. Effect of intake level during milk-feeding period and protein content on the post-weaning diet on performance and body composition in growing lambs. *Anim. Sci.* 67:513
- Mees, D.C., Merchen, N.R. & Mitchel, C.J. 1985. Effects of sodium bicarbonate on nitrogen balance, bacterial protein synthesis and sites of nutrient digestion in sheep. *J. Anim. Sci.* 61:985
- Phy, T.S. & Provenza, F.D. 1998. Sheep fed grain prefer foods and solutions that attenuate acidosis. *J. Anim. Sci.* 76:954
- Russell, J.B. 1998. The importance of pH in the regulation of ruminal acetate to propionate ratio and methane production *in vitro*. *J. Dairy Sci.* 81:3222
- Russell, J.B., Sharp, W.M. & Baldwin, R.L. 1979. The effect of pH on maximum bacterial growth rate and its possible role as a determinant of bacterial competition in the rumen. *J. Anim. Sci.* 48:251
- Sañudo, C., Sánchez, A. & Alfonso, M. 1998. Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. *Meat Sci.* 49:S29
- SAS Inst. Inc. 1999. SAS/STAT® User's Guide (Version 8), SAS Publishing, Cary, NC, USA.
- Sen, A., Santra, A. & Karim, S. 2006. Effect of dietary sodium bicarbonate supplementation on carcass and meat quality of high concentrate fed lambs. *Small Ruminant Res.* 65:122
- Tripathi, M.K., Santra, A., Chaturvedi, O.H. & Karim, S.A. 2004. Effect of sodium bicarbonate supplementation on ruminal fluid pH, feed intake, nutrient utilization and growth of lambs fed high concentrate diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 111:27
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583

**Recibido: 25 de enero de 2007.**