

SEGUIMIENTO CONTINUO DE LOS CAMBIOS DE pH Y TEMPERATURA RUMINAL MEDIANTE SENSORES INALÁMBRICOS Y MODELOS LOGÍSTICOS EN CABRAS

Castro-Costa¹, A., Caja¹, G., Salama¹, A.A.K., Moll², X., Aguiló³, J.

¹Grup de Recerca en Remugants (G2R), ²Grup d'Investigació en Cirurgia Experimental i Anestesiologia (GRESA); ³Grup d'Aplicacions Biomedicas (GAB); Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, Barcelona.

E-mail: gerardo.caja@uab.es

INTRODUCCIÓN

La lectura continua por telemetría de las condiciones ruminales permite evaluar la respuesta a tratamientos alimenticios de forma dinámica y el efecto de las interacciones ambientales y de manejo (Eigenberg et al., 2008; Rutten et al., 2013). Los bolos ruminales inalámbricos, basados en el uso de radiofrecuencia, han sido utilizados en ganado vacuno para estudiar las variaciones de la temperatura corporal durante el estro y el parto (Cooper-Prado et al., 2011), así como para la detección de acidosis ruminal subclínica (Alzahal et al., 2009) e infecciones mamarias (Alzahal et al., 2011), lo que indica su posible potencial de uso en la práctica. Sin embargo, su aplicación en pequeños rumiantes es muy limitada dado el tamaño de los dispositivos disponibles en el mercado.

El objetivo del presente estudio fue estudiar las posibilidades de utilización en ganado caprino y los efectos de condiciones extremas de alimentación o ambientales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Bolos ruminales inalámbricos: Los bolos ruminales utilizados (n = 8; KB1001, Kahne, Auckland, Nueva Zelanda) estaban diseñados para ser aplicados oralmente en bovinos de más de 300 kg PV y formados por un tubo de copolímero de forma cilíndrica con un tamaño de 27×145 mm y 70 g de peso, con alas flexibles en un extremo y electrodos de pH en el otro. En su interior se encontraban situados los sensores de pH (rango, 4-8; precisión, ±0,02) y temperatura (rango, 0-45°C; precisión, ±0,8°C), una batería de litio-tionilo (Li-SOCl₂, 1200 mAh), la memoria de almacenamiento de datos (n = 11.950; rangos ajustables, 10-59 s o 1-255 min) y un transpondedor de radio en alta frecuencia (433,9 MHz).

Animales y manejo: Se utilizaron 16 cabras multíparas secas de raza Murciano-Granadina (41,3 ± 1,5 kg BW), del Servicio de Granjas y Campos Experimentales de la UAB en Bellaterra (Barcelona), en 2 experimentos para evaluar las variaciones ruminales producidas por raciones con diferente relación forraje:concentrado (Exp. 1) y por diferentes condiciones ambientales (Exp. 2). Las cabras se distribuyeron en 2 grupos y fueron sometidas a cirugía para insertar los bolos ruminales inalámbricos programados para registrar el pH y la temperatura del rumen cada 30 min. Al final de cada experimento las cabras fueron operadas para recuperar los bolos. Los procedimientos experimentales fueron aprobados por el Comité de Experimentación Animal y Humana de la UAB. Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

- **Exp. 1:** 8 cabras (38,6 ± 2,3 kg PV) divididas en 2 grupos equilibrados por peso y edad y alojadas en condiciones de estabulación fija, que se alimentaron a nivel de mantenimiento con 2 raciones isoproteicas a base de heno de alfalfa y cebada grano con relaciones forraje:concentrado alta (70:30) y baja (30:70). El diseño experimental consistió en un "cross-over" con 2 periodos de 19 d. La ración y el agua (9,8°C) se ofrecieron una vez al día y durante 4 y 1 h, respectivamente (ración, 11:30-15:30 h; agua, 17:45-18:15 h) y se dispusieron de un bloque mineral a libre disposición. La temperatura rectal se midió 3 veces al día con un termómetro digital (9:00, 13:00 y 17:00 h).
- **Exp. 2:** 8 cabras (43,9 ± 1,0 kg PV) provistas de sensores ruminales y alojadas en jaulas metabólicas, fueron divididas en 2 grupos equilibrados y alimentadas a nivel de mantenimiento con una ración total mezclada (forraje:concentrado, 50:50) y sometidas a 2 condiciones ambientales según un diseño experimental "cross-over" con 2 periodos de 21 d. Las condiciones ambientales fueron: termo neutralidad (20 a 23°C durante día y noche) y estrés térmico (12 h día a 37°C y 12 h noche a 30°C). La humedad relativa (40 ± 5%) y el fotoperiodo (luz-oscuridad, 12-12 h) se mantuvieron constantes. La ración se ofreció una vez al día y el agua se ofreció a libre disposición

a temperatura ambiente. La temperatura rectal (termómetro digital) y la frecuencia respiratoria (visual) se midieron 3 veces al día (9:00, 13:00 y 17:00 h).

Análisis estadístico: Los datos se analizaron con el paquete SAS v. 9.1.3 (SAS Inst. Inc., Cary, NC) utilizando el procedimiento MIXED para medidas repetidas y GLM. Las regresiones logísticas ($y = a/[1 + e^{-(b+cx)}]$) se calcularon utilizando la herramienta Solver de Excel (Microsoft) de acuerdo a lo indicado por AlZahal et al. (2007) y el procedimiento NLIN de SAS. Las medias se separaron mediante el test PDIFF con significación a $P < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Exp. 1. El pH ruminal descendió inmediatamente después de comer y alcanzó el nadir a diferentes tiempos postprandiales según la relación forraje:concentrado de la ración consumida (alta, $6,35 \pm 0,07$ a las 11 h; baja, $6,07 \pm 0,07$ a las 6 h; $P < 0,001$). Los valores medios diarios fueron mayores en las cabras con la relación forraje:concentrado alta que en las que la relación fue baja ($+0,31 \pm 0,06$; $P < 0,001$). No se detectaron diferencias en las temperaturas rectal ($38,2 \pm 0,1^\circ\text{C}$) y ruminal ($38,9 \pm 0,1^\circ\text{C}$) entre tratamientos ($P > 0,05$), estando ambas temperaturas positivamente relacionadas ($R^2 = 0,83$; $P < 0,001$). La temperatura ruminal varió ($P < 0,001$) por la ingestión de alimento ($+1,4 \pm 0,1^\circ\text{C}$) y de agua fría ($-3,4 \pm 0,1^\circ\text{C}$), para un consumo voluntario de $3,9 \pm 0,7$ l/cabra (10% del PV) a una temperatura de $9,8 \pm 0,4^\circ\text{C}$, siendo necesarias aproximadamente 2 h para que la temperatura se recuperara a los valores medios iniciales después de la toma de agua. La relación entre pH y temperatura ruminal fue baja y negativa ($r = -0,33$; $P < 0,05$). Los modelos logísticos (Figura 1) mostraron las diferencias en el pH y la semejanza de temperaturas de forma clara.

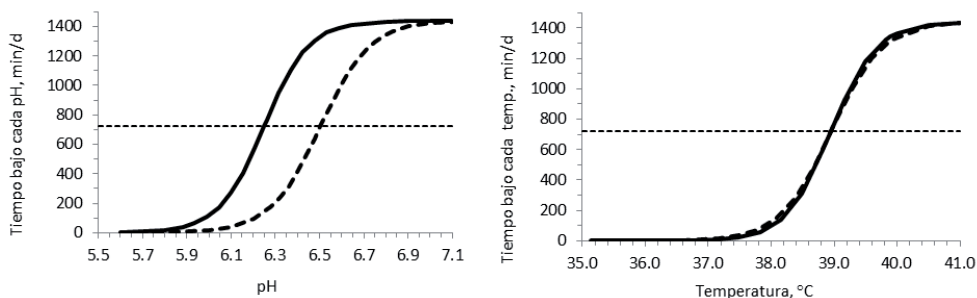


Figura 1. Modelos logísticos de los cambios diarios de pH y temperatura ruminal obtenidos mediante sensores inalámbricos ($a = 1440$; $P < 0,001$) en cabras alimentadas con raciones de 70:30 (—; $y = a/[1+e^{57.90-8.903x}]$, $R^2 = 0,99$; $y = a/[1+e^{96.47-2.477x}]$, $R^2 = 0,99$) o 30:70 (---; $y = a/[1+e^{61.65-9.867x}]$, $R^2 = 0,98$; $y = a/[1+e^{108.54-2.787x}]$, $R^2 = 0,99$) de relación forraje:concentrado, respectivamente.

Exp. 2. Aunque no se observaron diferencias en la ingestión de materia seca de la ración, el pH ruminal de las cabras sometidas a estrés térmico fue menor que el de las cabras en condiciones termo-neutras ($-0,12$; $P < 0,01$), lo que podría indicar una alteración en la fermentación microbiana en condiciones de estrés térmico. Por el contrario, las temperaturas ruminal ($+0,30^\circ\text{C}$) y rectal ($+0,4^\circ\text{C}$), la frecuencia respiratoria ($+77$ resp./min) y el consumo de agua ($+3,2$ l/d) fueron mayores ($P < 0,01$) en las cabras bajo estrés térmico que en las que estaban en condiciones termoneutras. La relación entre pH y temperatura ruminal fue negativa y más estrecha ($r = -0,73$; $P < 0,01$) que en la Exp. 1. Los modelos logísticos (Figura 2) mostraron las diferencias entre pH y temperatura.

En conclusión, los bolos inalámbricos mostraron ser una herramienta útil para detectar los cambios dinámicos del pH y temperatura ruminal de forma continua en condiciones distintas de alimentación y ambientales. La baja relación encontrada entre el pH y la temperatura ruminal limita las posibilidades de predicción a partir de la temperatura, aunque se necesita profundizar sobre sus causas de variación. La utilización de bolos ruminales puede ser una alternativa de interés, juntamente con el uso de sondas esofágicas, frente a la colocación de cánulas ruminales permanentes. Con la finalidad de evitar la aplicación de los bolos

mediante cirugía en caprino y ovino adultos, se recomienda su fabricación en forma cilíndrica y con medidas exteriores inferiores a 20 x 75 mm.

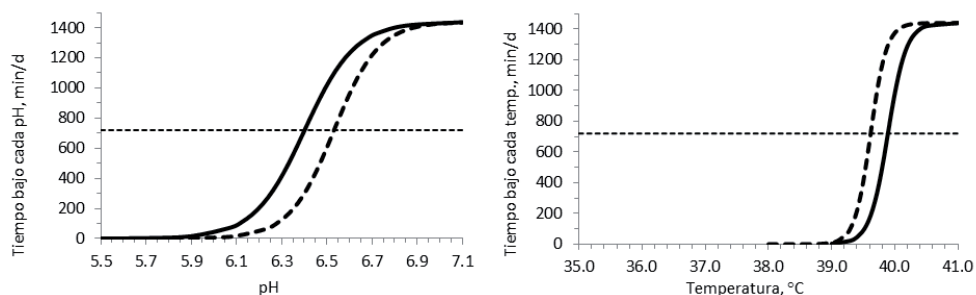


Figura 2. Modelos logísticos de los cambios diarios de pH y temperatura ruminal obtenidos mediante sensores inalámbricos ($a = 1440$; $P < 0,001$) en cabras alimentadas con la misma ración (forraje: concentrado = 50:50) en condiciones termoneutras (—; $y = a/[1 + e^{66,46-10,174x}]$, $R^2 = 0,97$; $y = a/[1 + e^{316,41-7,987x}]$, $R^2 = 0,95$) o de estrés térmico (---; $y = a/[1 + e^{57,45-8,974x}]$, $R^2 = 0,99$; $y = a/[1 + e^{277,83-6,965x}]$, $R^2 = 0,96$), respectivamente.

Agradecimientos: Proyecto AGL-2013-44061-R (MINECO, Plan Nacional, España).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AlZahal, O., AlZahal, H., Steele, M.A., Van Schaik, M., Kyriazakis, I., Duffield, T.F., McBride, B.W. 2011. *J. Dairy Sci.* 94:3568–3574
- AlZahal, O., Kebreab, E., France, J., McBride, B.W. 2007. *J. Dairy Sci.* 90:3777–3785
- AlZahal, O., Steele M.A., Valdes E.V., McBride, B.W. 2009. *J. Dairy Sci.* 92:5697–5701
- Cooper-Prado, M.J., Long, N.M., Wright, E.C., Goad, C.L., Wettemann, R.P. 2011. *Anim. Sci.* 89:1020–1027
- Eigenberg, R.A., Brown-Brandl, T.M., Nienaber, J.A. 2008. *Comp. Elec. Agric.* 62:41–47
- Rutten, C.J., Velthuis, A.G.J., Steeneveld, W., Hogeveen, H. 2013. *J. Dairy Sci.* 96:1928–1952.

CONTINUOUS MONITORING OF RUMINAL pH AND TEMPERATURE USING WIRELESS SENSORS AND LOGÍSTIC MODELS IN GOATS

ABSTRACT: Non-lactating dairy goats provided with wireless rumen sensors for pH and temperature measurements and fed once-daily at maintenance, were used to assess the rumen function changes produced by dietary (Exp. 1) and climatic (Exp. 2) conditions. Rumen sensors (KB1001, Kahne, Auckland, NZ) were inserted surgically and programmed to collect data every 30 min. Obtained values were modelled by logistic regressions. Respiratory rate and rectal temperature were recorded 3 times daily. In Exp. 1, 2 groups of 4 goats each were fed high forage (HF, 70:30) or low forage (LF, 30:70) to concentrate diets in a crossover design. Goats were fed for 4-h and tap water (4 L, 9.8 ± 0.4 °C) offered for only 30 min at 6-h. Rumen pH fell after feeding, reaching different nadir according to diet (HF, 6.35 ± 0.07 at 11-h; LF, 6.07 ± 0.07 at 6-h post-feeding, respectively) and on average were greater ($+0.31 \pm 0.06$) in HF than LF. No diet effect was detected in rectal (38.2 ± 0.1 °C) and ruminal (38.9 ± 0.1 °C) temperatures which positively correlated ($R^2 = 0.83$). Rumen temperature (fasting value, 38.2 ± 0.1 °C) dramatically changed by feeding ($+1.4 \pm 0.1$ °C) and drinking (-3.4 ± 0.1 °C) in both groups. In Exp. 2, 2 groups of 4 goats fed a 50:50 diet were exposed to thermal neutral (TN, 20 to 23 °C day-night) and heat stress (HS, 12-h day at 37°C and 12-h night at 30°C) conditions following a crossover design. Humidity (40%) and photoperiod (light-dark, 12-12 h) were similar and water was freely available at ambient temperature. Despite their similar dry matter intake, rumen pH was lower in HS than in TN goats (-0.12 ± 0.04). On the contrary, rumen temperature ($+0.30 \pm 0.01$ °C), rectal temperature ($+0.4 \pm 0.01$ °C), respiratory rate ($+77 \pm 5$ breathes/min) and water intake ($+3.2 \pm 0.7$ L/d) were greater in HS than TN, indicating an altered rumen fermentation. In conclusion, wireless bolus sensors and logistic models proved to be useful for monitoring rumen function.

Keywords: bolus, rumen pH, rumen temperature, sensor, teledetection, logistic regression.