

## CARACTERÍSTICAS TERMOFISIOLÓGICAS Y VARIACIÓN DE LA RESPUESTA A UN RETO DE ESTRÉS POR CALOR EN UN REBAÑO DE OVEJAS MANCHEGAS

Caja<sup>1</sup>, G., Elhadi<sup>1</sup>, A., González-Luna<sup>1,2</sup>, S., Cedeño<sup>1</sup>, M., Chaalia<sup>1</sup>, B., Serhan<sup>1</sup>, S., Salama<sup>1</sup>, A.A.K. y Such<sup>1</sup>, X.

<sup>1</sup>Grup de Recerca en Remugants (G2R), Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, España. <sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán, México; gerardo.caja@uab.es

### INTRODUCCIÓN

Ante a las expectativas de calentamiento global y frecuentes olas de calor, se han puesto en marcha diversas iniciativas de mitigación en ganadería que incluyen la identificación y selección de animales resistentes al estrés por calor (EC). En el caso de los rumiantes lecheros, todo parece indicar que los efectos del EC aumentan con el nivel de producción y que, a partir de índices termohigrométricos (THI) >70, en vacuno (West, 2003), y >75 en ovino y caprino (Silanikove, 2000; Hamzaoui et al., 2013; Salama et al., 2014), se ven comprometidas su salud y la cantidad y calidad de la producción. Los valores de THI varían según la ecuación utilizada (Bohmanova et al., 2007; i.e., THI = 81-85 para 35°C y 50%HR) aunque, en general, un THI > 79 (según NRC, 1971) produce un EC severo y con THI > 89 el EC es ya de emergencia.

En vacuno lechero, Ravagnolo y Mistzal (2000) indicaron una correlación genética negativa ( $r_g = -0.3$ ) entre resistencia al calor y producción de leche, lo que supone que ignorar este criterio en selección agravará la sensibilidad al EC. La información disponible sobre los efectos del EC en ovejas de ordeño es muy escasa (Finocchiaro et al., 2005; Ramón et al., 2017; Mehaba et al., 2018), pero se estima que sus efectos son similares. Para adaptarse a los cambios ambientales, los animales homeotermos activan mecanismos de termorregulación que se resumen en la ecuación de balance calórico:

$$PM = Q + R + E + C + K$$

donde: PM = producción metabólica, Q = almacenamiento de calor, R = radiación (color y vasodilatación), E = pérdidas por evaporación (transpiración y respiración), C = pérdidas por convección (aire) y K = pérdidas por conducción (aislamiento). Dado que en los ovinos las pérdidas R, C y K son limitadas, la vía más rápida y eficiente para evitar un aumento de la temperatura corporal, es el incremento del ritmo respiratorio (RR, rpm). Las especies y razas difieren marcadamente en los valores de RR ante cambios de temperatura ambiental, por lo que se utilizan para evaluar su resistencia al calor. En ovino, los valores de referencia según Silanikove (2000) son: bajo, 40-60; medio, 60-80; alto, 80-200 rpm. Junior et al. (2007) han utilizado un índice de adaptación al calor (IAC) que expresa el cambio relativo combinado de las temperaturas rectales y RR en ganado caprino que es de especial interés.

El objetivo del presente estudio fue evaluar las respuestas termofisiológicas de un rebaño de ovejas raza Manchega, ante un reto a corto plazo de estrés por calor, con la finalidad de conocer la variabilidad natural y clasificar los animales de distintas categorías productivas según su resistencia al calor.

### MATERIAL Y MÉTODOS

**Animales y manejo:** Se utilizó el rebaño de ovejas lecheras de raza Manchega (n = 100) del Servicio de Granjas y Campos Experimentales (SCGE) de la UAB en Bellaterra (Barcelona). El rebaño sigue un sistema de producción semi-intensivo de 1 parto/año, con pastoreo en praderas naturales y cultivadas de secano (raygrás italiano, triticale, veza-avena), durante el día (6 h), y cubrición en primavera (abril-mayo) para partos en otoño (septiembre-octubre). Todos los animales se marcaron con crotales plásticos (Allflex Europe, Vitré, FR) y minibolos ruminales (20 g; Datamars, Bedano, SW), como métodos de identificación visual y electrónica. El rebaño está conectado al esquema de selección de la raza (AGRAMA) mediante inseminaciones bianuales con semen congelado y utilización de moruecos de raza pura.

La evaluación de la respuesta al calor se realizó en primavera, antes de la época de cubrición, y el rebaño estuvo formado por 3 clases de hembras vacías (n, PV y CC): corderas de reposición (n = 12, 33.9 ± 1.1 kg, 2.98 ± 0.01), ovejas secas (n = 14, 55.1 ± 2.1 kg, 2.98 ± 0.16) y ovejas en lactación (n = 74, 75.6 ± 1.0 kg, 3.64 ± 0.04), respectivamente.

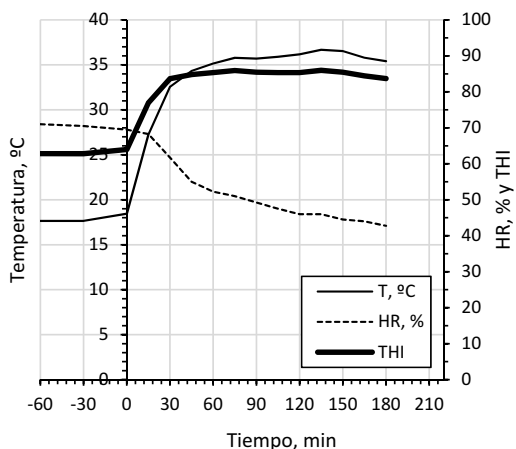
Las ovejas en lactación ( $1.07 \pm 0.05$  L/d,  $162 \pm 15$  d) se ordeñaban  $\times 1/d$  (8:00 h) antes de salir al pasto, en una sala  $2 \times 12$  con línea alta (Amarre Azul-1 DeLaval Equipos, Alcobendas, ES) y 12 unidades de ordeño con medidores automáticos (MM25SG DeLaval, Tumba, SE). En cada animal se valoró el índice de cobertura del vellón con una escala subjetiva (1, escaso; 2, medio; 3, abundante) y apreciación de 0.5 puntos (Elhadi et al., 2019).

**Reto de estrés por calor (REC):** Se realizó en una sala experimental ( $4 \times 8$  m) del SGCE con paredes aisladas y suelo cementado, con sistemas de calefacción y ventilación forzada (Trivic, Vic, ES). La sala fue dividida, mediante separadores plásticos móviles, en 11 pequeños corrales equipados con comederos, bebederos y cama de serrín. El rebaño se repartió en 5 grupos de 20 animales a los que se aplicó sucesivamente el REC. La tarde anterior al REC, todos los animales se alojaron en la sala en condiciones de termoneutralidad (TN,  $17.7^\circ\text{C}$  y  $71\%\text{HR}$ ;  $\text{THI}_{\text{NRC}} = 63$ ), con alimentación y agua a libre disposición, para su adaptación. El THI se calculó de acuerdo con NRC (1971). En el caso de las ovejas en lactación, el ordeño se realizó a las 13:00 h del día previo y a las 16:00 h del día del REC, para no interferir con su realización. Como nivel de producción de referencia se tomó la producción media de leche en la semana anterior. La mañana del REC (9:00 h), se tomaron medidas termofisiológicas individuales de temperatura rectal (TR, AccuVet digital, TW) y del escudo perineal (TP) mediante infrarrojos (Optris MS Plus infrared, Berlin DE), en condiciones TN. El ritmo respiratorio (RR) fue medido visualmente (en el ijar) por 2 observadores durante 15 s y expresado como rpm. Una vez finalizadas las medidas basales, se retiraron los bebederos y comederos y se inició el REC (10:00 h), incrementando para ello la temperatura a razón de  $+0.5^\circ\text{C}/\text{min}$  (30 min) hasta alcanzar las condiciones fijadas de estrés por calor (EC,  $35.6^\circ\text{C}$  y  $43\%\text{HR}$ ;  $\text{THI}_{\text{NRC}} = 84$ ). A las dos horas de alcanzadas las condiciones de EC, se valoraron nuevamente las medidas termofisiológicas antes mencionadas. Al acabar las medidas, se refrescó la sala, se repuso el agua y los animales retornaron a las condiciones de granja.

**Análisis estadístico:** Se realizó un ANOVA utilizando el paquete R v.3.5.2 (R Core Team, 2018; <http://www.R-project.org/>), comprobando la normalidad de las variables por categoría mediante la prueba Shapiro-Wilks y separando las medias con el test de Tukey a  $P < 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se pueden observar las condiciones de temperatura y humedad relativa utilizadas durante las fases TN y EC del REC cuyo valor medio durante el periodo de medida resultó de  $\text{THI} = 84,1 \pm 0,3$  confirmando las condiciones de EC.



**Figura 1.** Condiciones ambientales del reto de estrés por calor (REC).

Al comparar los valores obtenidos en condiciones TN, la temperatura rectal de las corderas resultó superior a la de las ovejas (Tabla 1,  $P < 0.05$ ), que no variaron entre sí por el estado de lactación o el nivel de producción. Los valores de TP por infrarrojos no variaron entre clases de animales, así como tampoco los de RR que fueron bajos e independientes del nivel de producción o del grado de cobertura del vellón.

Por otro lado, al pasar a condiciones de EC (aumento de 18 unidades de THI) los valores de TR y RR aumentaron una media de  $0.21 \pm 0.03^\circ\text{C}$  y  $75 \pm 9$  rpm (Tabla 1), siendo mayor el efecto en las corderas ( $P < 0.05$ ), pero indicando que todas las clases del rebaño se encontraban todavía en EC moderado,

estado II (aversivo) de Silanikove (2000), en el que los mecanismos evaporativos aumentan de forma exponencial. No se observó relación entre TR y TP, tanto en condiciones TN ( $R^2 =$

0.02) como EC ( $R^2 = 0.03$ ) y, en consecuencia, el uso del termómetro de infrarrojos fue descartado en el estudio. Los valores de TR y RR tampoco correlacionaron ( $R^2 < 0.01$ ).

**Tabla 1.** Temperaturas (TR, rectal; TP perineal, °C), ritmo respiratorio (RR, rpm) e índice de adaptación al calor (IAC) en condiciones termoneutras (TN) o de estrés por calor (EC).

Clase	n	TN (THI <sub>NRC</sub> = 63)			EC (THI <sub>NRC</sub> = 84)			EC-TN			IAC <sup>1</sup>
		TR	TP	RR	TR	TP	RR	TR	TP	RR	
Corderas	12	39.39 <sup>a</sup>	35.7	42 <sup>a</sup>	39.38 <sup>a</sup>	37.8	129 <sup>a</sup>	–	2.1 <sup>a</sup>	87 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>
Ovejas											
Secas	14	39.15 <sup>b</sup>	35.5	34 <sup>b</sup>	39.32 <sup>b</sup>	38.1	114 <sup>a</sup>	0.18 <sup>b</sup>	2.6 <sup>a</sup>	80 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>
Lactación	74	38.97 <sup>b</sup>	35.8	40 <sup>c</sup>	39.22 <sup>b</sup>	37.3	99 <sup>b</sup>	0.25 <sup>a</sup>	1.5 <sup>b</sup>	58 <sup>b</sup>	3,5 <sup>b</sup>
Media	100	39.17 <sup>y</sup>	35.7 <sup>y</sup>	39 <sup>y</sup>	39.31 <sup>x</sup>	37.7 <sup>x</sup>	114 <sup>x</sup>	0.21	2.1	75	4,0
± ESM		0.12	0.1	2	0.05	0.2	8	0.03	0.3	9	0,3

<sup>1</sup>TR(EC/TN) + RR(EC/TN); <sup>a,b</sup>Letras distintas en la misma columna o <sup>xy</sup> en misma fila indican  $P < 0.05$ .

Los indicadores de EC fueron mayores en el caso de las corderas y ovejas secas, en relación a las ovejas lactantes, en contra de lo esperado, lo que puede ser consecuencia de un efecto de disipación del calor de la ubre lactante, dada su elevada vascularización. La distribución de los valores de TR y RR, así como de sus diferencias entre condiciones TN y EC y del IAC, fue de tipo normal, observándose que aproximadamente un 15% de los animales era tolerante al EC, mientras que otro 15% fue de tipo sensible, lo que parece indicar la posibilidad de obtener genotipos resistentes al calor en la raza Manchega.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bohmanova, J. et al. 2007. J. Dairy Sci. 90: 1947-1956. • Elhadi, A. et al. 2019. J. Dairy Sci. 101: 1712-1724. • El-Zarei, M.F. et al. 2019. Int. J. Biometeor.: on line. • Finocchiaro, R. et al. 2005. J. Dairy Sci. 88: 1855-1864. • Hamzaoui, A. et al. 2013. J. Dairy Sci. 96: 6355-6365. • NRC. 1971. A guide to environmental research on animals. Natl. Acad. Sci., Washington, USA. • Mehaba, N. et al. 2018. Proc. 10th ISNH. Clermont-Ferrand, 2-6 September. France (Abstr. 728). • Ramón, M. et al. 2016. J. Dairy Sci. 99:5764-5779. • Ravagnolo O. & Misztal I. 2000. J. Dairy Sci. 83: 2126-2130. • Salama, A.A.K. et al. 2014. Small Rumin. Res. 121: 7 3-79. • Silanikove N. 2000. Livest. Prod. Sci. 67:1-18 • West J.W. 2003. J. Dairy Sci. 86: 2131-2144.

**Agradecimientos:** Proyecto INIA-RTA2015-0035-CO3-02 de MINECO (España) y becas de postgrado a B. Chaalia y S. Serham del IAMZ y S. González-Luna de CONACYT (México).

#### THERMOPHYSIOLOGICAL TRAITS WITHIN A FLOCK OF DAIRY EWES AND VARIATION IN THE RESPONSE TO A HEAT STRESS CHALLENGE

**ABSTRACT:** The response to a short-term heat stress (HS) challenge was studied in a flock of Manchega dairy ewes (n=100). Ewe classes were: hoggets (12), dry-open (14) and lactating (74). Lactating ewes were machine milked x 1-daily. Ewes were randomly allocated at thermoneutral conditions (TN, 17.7°C and 71%; THI<sub>NRC</sub> = 63) and thermophysiological traits consisting of rectal temperature (RT), infrared perineal temperature (PT) and respiratory rate (RR) were recorded. The room was switched to HS (35.6°C and 43%; THI<sub>NRC</sub>=84) and thermophysiological traits were recorded again after 2 h. Concerning RT, hoggets showed higher values than adult ewes under TN and HS ( $P < 0.05$ ) conditions. No differences were detected by class for PT. No correlation between RT and PT was found. About RR, the hoggets and adult ewes showed similar breathing under TN but under HS, lactating ewes showed lower breathing than dry-open and hoggets (99±3 vs. 122±7 breaths/min;  $P < 0.001$ ), the last not differing between them. The normal distribution of the thermophysiological traits studied may allow the selection of Manchega dairy sheep by heat tolerance.

**Keywords:** ewes, heat, challenge, thermophysiological