

# Cuantificación de variables climáticas y de respuesta animal asociadas al estrés calórico durante el verano

Pablo Rovira\*  
José Velazco\*\*

## RESUMEN

El objetivo del trabajo fue analizar el efecto de variables climáticas en la tasa respiratoria y temperatura del cuero en novillos en pastoreo sin acceso a sombra. La temperatura del aire, humedad relativa y temperatura del globo negro se registró en 12 días seleccionados al azar entre el 15 de enero y 14 de marzo de 2008 en cuatro momentos del día (10.00, 12.00, 14.00 y 16.00 h). Se calculó el Índice de Temperatura-Humedad (ITH) para cuantificar el riesgo de estrés calórico. En los animales se registró tasa respiratoria y temperatura superficial del cuero en los mismos días que se registraron las variables climáticas. La temperatura del aire y humedad relativa fueron diferentes a las 10.00 h (22,7 °C y 83%, respectivamente) comparado con el promedio entre las 12.00 y 16.00 h (26,7 °C y 65%, respectivamente). El ITH promedio fue 76 entre las 12.00 y 16.00 h estando dentro del rango de estrés calórico medio en animales. En forma similar a la evolución de las variables climáticas, la tasa respiratoria y temperatura del cuero fueron mínimas a las 10.00 h (48 resp/min y 32,5 °C, respectivamente) y máximas a las 14.00 h (84 resp/min y 36,4 °C, respectivamente). Los novillos incrementaron la tasa respiratoria significativamente por encima de 70 resp/min luego de las 12.00 h cuando la temperatura del aire y el ITH superaron los registros de 26,0 °C y 75, respectivamente. La temperatura del globo negro fue la variable ambiental individual que mejor explicó la variación en la tasa respiratoria y en la temperatura del cuero de los animales.

25

## 1. OBJETIVOS

Determinar la relación entre variables climáticas y de respuesta fisiológica de bovinos en pastoreo sin acceso a sombra durante el verano.

## 2. HIPÓTESIS

En la región este del país existen condiciones de estrés calórico en animales en pastoreo durante el verano de acuerdo a los registros climáticos y a indicadores de respuesta animal (tasa respiratoria, temperatura superficial).

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló entre el 15 de enero y el 14 de marzo de 2008 en la Unidad Experimental Palo a Pique de INIA Treinta y Tres (latitud: 33° 14' S, longitud: 54° 15' O). La temperatura del aire y la humedad relativa se registró utilizando un sensor externo automático (Hobo Pro Series Model) en cuatro momentos del día (10.00, 12.00, 14.00 y 16.00 h) en 12 días seleccionados al azar. Se calculó el Índice de Temperatura-Humedad (ITH) para el cálculo del riesgo de estrés calórico de acuerdo a la ecuación:  $ITH = 0,8 * \text{temperatura del aire} + (\% \text{ humedad})$

\*Ing. Agr., MSc., Seguridad Alimentaria/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.

\*\*Ing. Agr., Nutrición/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.



**Figura 1.** Termómetro de globo negro.

relativa/100)\*(temperatura del aire -14,4) + 46,4 (Thorn, 1959). La categorización utilizada del ITH fue la publicada por Wiersama (2005) en función del valor del ITH: <72 sin estrés calórico, 72-78 estrés medio, 79-89 estrés severo, >98 riesgo de muerte por estrés calórico.

La temperatura del globo negro fue medida a través de observación visual de un termómetro de globo negro (Novalynx Corp.) a las 10.00, 12.00, 14.00 y 16.00 h. Dicho termómetro consiste en un termómetro convencional cuyo bulbo está inserto en una esfera negra y el registro es indicador de la temperatura radiante (concepto similar a lo que puede ser la sensación térmica) (Figura 1). Adicionalmente, se calculó el ITH utilizando el valor de temperatura del globo negro en sustitución de la temperatura del aire.

Para el registro de las variables en los animales se utilizaron 14 novillos sobreaño cruce Hereford x Aberdeen Angus (15 meses de edad, 310 kg de peso vivo) pastoreando un verdeo de sudangras en forma rotativa en tres parcelas con acceso permanente al agua de bebida. Los animales no tenían acceso a sombra.

Se registró la tasa respiratoria y temperatura externa del cuero en los animales en los mismos días que se registraron las variables climáticas arriba mencionadas. La tasa respiratoria se midió a través del conteo de

los movimientos del flanco del animal durante 60 segundos en 4 novillos seleccionados al azar. Luego, en los mismos animales, se registró la temperatura de la superficie del cuero mediante el uso de un termómetro manual infrarrojo (Raytec<sup>®</sup>) colocado a una distancia entre 1 y 3 metros del animal.

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). El comando GLM fue utilizado para el análisis del efecto del periodo del día en la tasa respiratoria y temperatura del cuero. La relación entre variables climáticas y del animal se estableció mediante la aplicación del comando PROC REG. En todos los casos el nivel de significancia fue 5% ( $P < 0.05$ ).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Variables climáticas

La temperatura del aire y la humedad relativa fueron significativamente diferentes a las 10.00 h comparado con los registros obtenidos entre las 12.00 y 16.00 h (Cuadro 1). El promedio de ambas variables entre las 12.00 y 16.00 h fue 26,7 °C y 65%, respectivamente. Según Armstrong (1994), cuando la temperatura supera los 27 °C, incluso a niveles bajos de humedad relativa, animales de alta producción, como ser el caso de vacas lecheras, estarían fuera de la zona de

**Cuadro 3.** Media  $\pm$  desvío estándar de los registros climáticos (promedio de 12 días de observación)

	Hora del día			
	10.00	12.00	14.00	16.00
Temperatura del aire, °C	22,7 <sup>a</sup> $\pm$ 2,7	25,8 <sup>b</sup> $\pm$ 3,0	26,9 <sup>b</sup> $\pm$ 3,1	27,3 <sup>b</sup> $\pm$ 3,0
Humedad relativa, %	83 <sup>a</sup> $\pm$ 18	68 <sup>b</sup> $\pm$ 18	62 <sup>b</sup> $\pm$ 15	64 <sup>b</sup> $\pm$ 21
Temperatura globo negro, °C	32,9 <sup>a</sup> $\pm$ 4,7	36,7 <sup>ab</sup> $\pm$ 6,4	39,4 <sup>b</sup> $\pm$ 7,8	36,8 <sup>ab</sup> $\pm$ 5,7
Índice Temperatura-Humedad	71 <sup>a</sup> $\pm$ 4	75 <sup>b</sup> $\pm$ 5	76 <sup>b</sup> $\pm$ 4	76 <sup>b</sup> $\pm$ 4
Índice Temperatura-Humedad (Globo Negro)	88 <sup>a</sup> $\pm$ 8	91 <sup>a</sup> $\pm$ 10	93 <sup>a</sup> $\pm$ 9	89 <sup>a</sup> $\pm$ 6

<sup>a b c</sup> valores con letras diferentes en una misma fila diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

confort térmico. En forma similar, Berman (1995) reportó que la temperatura superior crítica para vacas lecheras es 25-26 °C por encima de la cual se incrementa tanto la tasa metabólica como las pérdidas por evaporación de calor.

La temperatura del globo negro mínima y máxima se alcanzó a las 10.00 y 14.00 h, respectivamente. La diferencia promedio observada entre los registros de temperatura del aire y del globo negro fue 10,7 °C, lo que equivale a una estimación de la contribución de la radiación solar al estrés calórico en los animales. La radiación de onda larga y/o corta, en este caso reflejada a través de la temperatura del globo negro, es un factor que contribuye significativamente más al desarrollo del estrés calórico que la temperatura del aire (Yamamoto *et al.*, 1994; Silanikove 2000).

El valor de ITH fue significativamente más bajo a las 10.00 h (=71) comparado con el promedio entre las 12.00 y 16.00 h (=76). De acuerdo a dicho valor, y considerando la escala utilizada por Wiersama (2005), los animales del presente trabajo estuvieron expuestos a riesgo de estrés calórico medio entre las 12.00 y 16.00 h. Silanikove (2000) propuso que el suministro de sombra a animales en pastoreo se justifica desde el punto de vista del bienestar animal cuando el ITH supera el umbral de 70. Cuando la temperatura del globo negro sustituyó a la temperatura del aire en la ecuación de cálculo de ITH, el valor de ITH ascendió a 90 sin diferencias a lo largo del día ( $P > 0.05$ ).

Si bien diferentes combinaciones de temperatura, humedad relativa y radiación pueden determinar el desarrollo de estrés calórico durante las horas del día, condiciones nocturnas «frescas» permiten una mayor tolerancia del ganado bovino al estrés calórico diurno (West 2003). En el presente trabajo, la temperatura, humedad relativa y el ITH promedió 18,9 °C; 100% y 66, respectivamente, entre las 21.00 y 06.00 h en los 12 días de evaluación climática. Si bien las condiciones registradas de alta humedad durante la noche pueden reducir el potencial de evaporación por la piel y respiración del animal (Gomes da Silva *et al.*, 2007), la baja temperatura registrada permite al animal disipar calor durante la noche en caso de ser necesario para retomar el balance térmico e iniciar las actividades de pastoreo al día siguiente sin calor acumulado (Mader *et al.*, 2006).

## 4.2. Respuesta fisiológica

La hora del día tuvo un efecto significativo en la tasa respiratoria ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 2). La respiración fue mínima a las 10.00 h (48 resp/min) y máxima a las 14.00 h (84 resp/min). El incremento de la tasa respiratoria es una estrategia del animal para disipar calor con el objetivo de mantener el equilibrio térmico (Legates *et al.*, 1991).

Valores en el rango de 70-80 resp/min han sido reportados como una respuesta inmediata a condiciones de calor (Berman, 2005), a diferencia del incremento en la temperatura rectal el cual es más retardado en el tiem-

**Cuadro 2.** Media  $\pm$  desvío estándar de la tasa respiratoria y temperatura del cuero de novillos en pastoreo expuestos al sol

	Hora del día			
	10.00	12.00	14.00	16.00
Tasa respiratoria (resp/min)	48 <sup>a</sup> $\pm$ 9	68 <sup>b</sup> $\pm$ 19	84 <sup>c</sup> $\pm$ 23	77 <sup>c</sup> $\pm$ 21
Temperatura del cuero (°C)	32,5 <sup>a</sup> $\pm$ 3,0	35,6 <sup>b</sup> $\pm$ 4,7	36,4 <sup>b</sup> $\pm$ 4,3	35,1 <sup>b</sup> $\pm$ 4,4

<sup>a b c</sup> valores con letras diferentes en una misma fila diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

po (Brown-Brandl *et al.*, 2003). En el presente trabajo, la tasa respiratoria se incrementó significativamente por encima de 70 resp/min luego de las 12.00 h cuando la temperatura y el ITH excedieron los valores de 26 °C y 75, respectivamente.

Silanikove (2000) afirmó que el estrés calórico puede ser identificado en animales en pastoreo cuando la tasa respiratoria supera el umbral de 100 resp/min. En las condiciones que se desarrolló el presente trabajo, 17 observaciones de tasa respiratoria (11 a las 14.00 h y 6 a las 16.00 h) de un total de 192 observaciones estuvieron por encima de 100 resp/min, con un promedio de 115 resp/min. Esto confirma que en Uruguay existen condiciones de estrés calórico en animales en pastoreo, y que por lo tanto, estrategias de mitigación del impacto deben ser adoptadas tanto desde el punto de vista productivo como desde el punto de vista del bienestar animal.

La evolución de la temperatura del cuero fue similar a lo ocurrido con la tasa respiratoria (Cuadro 2). La temperatura mínima y máxima del cuero fue a las 10.00 h (32,5 °C) y 14.00 h (36,4 °C), respectivamente ( $P < 0.05$ ). Una alta temperatura del cuero es indicador de que los tejidos más próximos a la superficie del animal reciben más flujo sanguíneo para mantener un equilibrio de temperaturas externa e interna (Beede and Collier, 1986). Collier and Zimbelman (2007) propusieron un índice de temperatura y humedad de la superficie del animal para predecir el estrés calórico considerando que dicha temperatura superficial externa capta mejor el micro-ambiente más próximo al animal.

### 4.3. Relación entre variables climáticas y respuesta fisiológica del animal

Todos los modelos de regresión simple evaluados fueron significativos para ambas variables dependientes, la tasa respiratoria y la temperatura del cuero ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 3). La temperatura del globo negro fue la variable simple más importante en explicar la variación en la tasa respiratoria y la temperatura del cuero, seguida por la temperatura del aire.

La respiración y temperatura del cuero se incrementaron 4,37 resp/min y 0,47 °C, respectivamente, por cada 1 °C de incremento en el rango de 17 a 33 °C. Resultados similares fueron reportados por Hahn (1999) quien encontró un umbral de 21,3 °C por encima del cual la tasa respiratoria se incrementó 4,3 resp/min por cada 1 °C de incremento.

La incorporación de la humedad relativa y/o el ITH, junto a las variables simples de temperatura arriba mencionadas en un modelo de regresión múltiple, no fue de utilidad para la predicción de la respuesta fisiológica del animal. Gomes da Silva *et al.* (2007) reportó que el ITH no se correlaciona necesariamente con la respuesta animal debido a que es un índice de estrés calórico generado para un ambiente o zona en particular. Además, ciertas condiciones ambientales pueden atenuar o intensificar la respuesta animal agregando incertidumbre a la relación entre variables climáticas y variables fisiológicas del animal (De la Casa y Ravelo 2003).

Cuando se incorporó el término cuadrático en el modelo de predicción de la tasa respi-

**Cuadro 3.** Regresión simple y correlación entre la temperatura del aire ( $T_a$ ), la temperatura del globo negro (TGN), la humedad relativa (HR), el Índice de Temperatura-Humedad (ITH), y el ITH basado en globo negro ( $ITH_{GN}$ ) con la tasa respiratoria y temperatura del cuero de novillos en pastoreo al sol durante el verano

Variable de respuesta (y)	Variable independiente (x)	a*	b*	r <sup>2</sup> **	r***
Tasa respiratoria, resp/min	$T_a$	-43,0	4,37	0,47	0,68
	TGN	-16,2	2,34	0,49	0,70
	HR	121,1	-0,74	0,43	-0,65
	ITH	-94,4	2,20	0,21	0,45
	$ITH_{GN}$	-41,4	1,23	0,23	0,48
Temperatura del cuero, °C	$T_a$	13,5	0,47	0,53	0,72
	TGN	17,4	0,48	0,64	0,80
	HR	42,8	-0,11	0,30	-0,55
	ITH	-0,3	0,47	0,29	0,54
	$ITH_{GN}$	6,8	0,31	0,45	0,67

\* $y = a + b(x)$ .

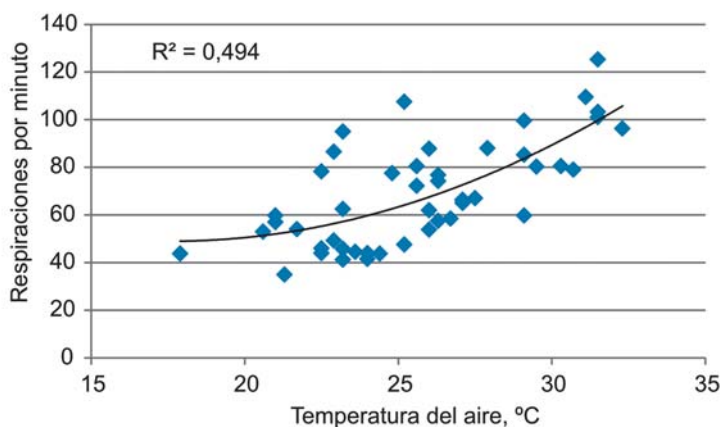
\*\*Coeficiente de determinación.

\*\*\*Coeficiente de correlación.

riora, el coeficiente de determinación se incrementó levemente para la variable temperatura del aire (Figura 2). Esto está de acuerdo a información internacional que demostró que el incremento de la tasa respiratoria tiende a ser curvilíneo a medida que aumenta la temperatura (Brown-Brandl *et al.*, 2003).

### 5. CONCLUSIONES

A través de la cuantificación de variables climáticas y de respuesta animal se determinó que en la región este de Uruguay existen condiciones para el desarrollo de estrés calórico en animales en pastoreo expuestos al sol. Dichas condiciones serian puntuales



**Figura 2.** Relación entre la tasa respiratoria de novillos en pastoreo expuestos al sol y la temperatura del aire.

durante las horas de más calor, pero justificarían la adopción de estrategias de mitigación del impacto del estrés calórico en animales (ej. disponibilidad de sombra).

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- ARMSTRONG, D. V.** 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77: 2044-2050.
- BEEDE, D.K.; COLLIER, R.J.** 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *J. Anim. Sci.* 62: 543-554.
- BERMAN, A.; FOLMAN, Y.; KAIM, M.; MAMEN, M.; HERZ, Z.; WOLFENSON, D.; ARIELI, A.; GRABER, Y.** 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high yielding dairy cows in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 68:1488-1495.
- BERMAN, A.** 2005. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *J. Anim. Sci.* 83: 1377-1384.
- BROWN-BRANDL, T. M.; NIENABER, J.A.; EIGENBERG, R.A.; HAHN, G. L.; FREELY, H.** 2003. Thermoregulatory response of feeder cattle. *J. Thermal. Biol.* 206: 371-374.
- COLLIER, R.J.; ZIMBELMAN, R. B.** 2007. Heat stress effects on cattle: What we know and what we do not know. 22<sup>nd</sup> Annual Southwest Nutrition & Management Conference. Tempe, AZ. pp.76-83.
- DE LA CASA, A.C.; RAVELO, A.C.** 2003. Assessing temperature and humidity conditions for dairy cattle in Córdoba, Argentina. *Int. J. Biometeorol.* 48:6-9.
- FINCH, V. A.** 1986. Body temperature in beef cattle: Its control and relevance to production in the tropics. *J. Anim. Sci.* 62: 531-542.
- GOMES DA SILVA, G.; MORAIS, D.A.E.F.; GUILHERMINO, M.M.** 2007. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36: 1191-1198 (supl.).
- HAHN, G.L.** 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Dairy Sci.* 82: 10-20.
- LEGATES, J.E.; FARTHING, B.R.; CASADY, R.B.; BARRADA, M.S.** 1991. Body temperature and respiratory rate of lactating dairy cattle under field and chamber conditions. *J. Dairy Sci.* 74: 2491-2500.
- MADER, T.L.; DAVIS, M. S.; BROWN-BRANDL, T.** 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84: 712-719.
- MITLÖHNER, F.M.; MORROW, J. L.; DAILEY, J. W.; WILSON, S. C.; GALYEAN, M. L.; MILLER, M. F.; MCGLONE, J. J.** 2001. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 79: 2327-2335.
- SILANIKOVE, N.** 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 67: 1-18.
- THORN EC.** 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12, 57-59.
- YAMAMOTO, S.; YOUNG, B.A.; PURWANTO, B.P.; NAKAMASU, F.; MATSUMOTO, T.** 1994. Effect of solar radiation on the heat load of dairy heifers. *Aust. J. Agric. Res.* 45: 1741-1749.
- WEST, J. W.** 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86: 2131-2144.
- WIERSAMA, F.** 2005. Appendix 1: Temperature-Humidity Index. In: *Tropical dairy farming: feeding management for the small holder dairy farmers in the humid tropics*. Ed. John Moran. Landlinks Press. p275.