



## Efecto del transporte de novillos gordos, alimentados con dos niveles de energía metabolizable, sobre su temperatura timpánica como un indicador de bienestar

Effect of transport of finished steers, fed with two levels of metabolizable energy, on their tympanic temperature as an indicator of well-being

Arias, R.<sup>a\*</sup>, Velásquez, A.<sup>b,c</sup> Alvarado-Gilis, C.<sup>a</sup>, Keim, J.<sup>a</sup>, Gandarillas, M.<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Producción Animal, Facultad de Ciencia Agrarias Universidad Austral de Chile, Valdivia-Chile.

<sup>b</sup> Escuela de Agronomía Universidad Católica de Temuco.

<sup>c</sup> Núcleo de Investigación en Producción Agroalimentaria, Universidad Católica de Temuco.

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 28.02.2017

Accepted 07.06.2017

#### Keywords:

Body temperature  
Environmental stress  
Metabolizable energy  
Thermal comfort

Original Research Article,  
Animal Science

#### \*Corresponding author:

Rodrigo Arias

E-mail address:

[rodrigo.arias@uach.cl](mailto:rodrigo.arias@uach.cl)

### ABSTRACT

The aim of this study was to assess the effect of a short transporting of finished steers fed with two levels of metabolizable energy on the pattern and time of recovery of tympanic temperature (TT) as an indicator of animal welfare. A tympanic temperature recording device was installed in twelve steers the morning of April 23 of 2014 (10:00 h). The device was programmed to record TT at 5-minute intervals. Half of the steers were fed a diet providing 1.85 times the metabolizable energy for maintenance (EMm), and the other half with a diet providing 2.72 times EMm. At 18:00 h, steers were herded from the pens and then transported to their final destination, 50 km away. The final data analysis was performed under a completely randomized design including repeated measure analysis ( $\alpha=5\%$ ) on 7 animals because 5 devices were lost. Mean TT was higher in steers fed 2.72 times EMm ( $P < 0.0001$ ). A similar pattern on TT was observed in both groups. There was an interaction for EMm level x Day x Hour for TT ( $P < 0.0001$ ). Steers on higher EMm intake showed higher TT prior to 18:00 h, but thereafter those differences on TT disappear. These differences begin to be evident again from 09:00 h of the following day and until the end of the evaluation period. There were different recovery times of TT, depending on EMm intake, being lesser for those animals with higher EMm intake. The transporting of steers had an effect on the TT values independent of the level of EMm consumed.

### RESUMEN

El estudio evaluó el efecto del transporte de novillos finalizados sobre su temperatura timpánica (TT) y tiempo de recuperación como un indicador de bienestar. Se instalaron dispositivos para registrar la TT a intervalos de 5 minutos el 23 de abril de 2014 (10:00 h) a un total de doce novillos. Seis fueron alimentados con una dieta que proporcionaba 1,85 veces la energía metabolizable de mantención (EMm) y otros seis con una dieta proporcionando 2,72 veces EMm. A las 18:00 h, los novillos fueron arreados para ser transportados a una feria ganadera en un camión a una distancia de 50 km. El análisis de datos se realizó bajo un diseño completamente al azar, incluyendo un análisis de medidas repetidas ( $\alpha=5\%$ ) sobre 7 animales, ya que 5 dispositivos se perdieron. La media de TT fue mayor en novillos consumiendo 2,72 veces EMm ( $P < 0,0001$ ). Sin embargo, se observó un patrón similar en ambos grupos durante el período de estudio. Hubo una interacción para el nivel EMm x día x hora para la TT ( $P < 0,0001$ ). Los novillos en la dieta 2,72 EMm mostraron una mayor TT antes de las 18:00 h, pero a partir de entonces las diferencias desaparecen siendo evidentes nuevamente a partir de las 09:00 h del día siguiente y hasta el final de la evaluación. El tiempo de recuperación de la TT fue dependiente de la ingesta EMm, siendo menor para los animales con una mayor ingesta de energía (2,72 veces EMm). En conclusión, el transporte corto de novillos tuvo un efecto sobre los valores de TT, independiente del nivel de EMm consumida.

**Palabras clave:** temperatura corporal, estrés ambiental, energía metabolizable, confort térmico.

### INTRODUCCIÓN

El ganado bovino mantiene su temperatura corporal (TC) dentro de un ajustado rango (38–39 °C) de manera independiente de las variadas condiciones

ambientales en las cuales los animales viven y son criados (Hillman, 2009). Sin embargo, esta puede ser influenciada por diversos factores incluyendo el crecimiento, consumo de alimento (energía), reproducción y producción de leche (Bergen *et al.*, 2007; Arias *et al.*,

2011). Además, se considera a la TC como la medida más representativa del estado térmico del animal, y su regulación permite al animal alcanzar la homeostasis necesaria para la correcta función del hipotálamo, el cual a su vez juega un rol vital en la propia regulación de la TC, las funciones inmunes y endocrinas, y en el consumo de alimento (Cossins y Bowler, 1987). Lough *et al.* (1990) establecieron la existencia de una relación negativa entre la TC y el consumo de alimento, pero positiva entre la tasa de respiración, la temperatura rectal (TR) y la temperatura timpánica (TT). Otros estudios también han reportado efectos negativos en la tasa de crecimiento y producción de leche (Lough *et al.*, 1990; Elvinger *et al.*, 1992), así como alteraciones en las funciones reproductivas y en la secreción de hormonas tiroideas (Al-Haidary *et al.*, 2001).

Por otra parte, desde comienzos de los 90's los ritmos circadianos de la TC se han utilizado para establecer valores umbrales por encima de los cuales se desencadenan cambios en el comportamiento de los animales, particularmente en las actividades de alimentación durante el verano (Hahn *et al.*, 1991). Asimismo, durante la última década se han desarrollado nuevos dispositivos y aplicaciones que permiten determinar valores de TR, TT y/o temperatura vaginal (TV) en tiempo real (Reuter *et al.*, 2010; Švejdová *et al.*, 2013). Todos estos son considerados buenos indicadores de la TC (Schmidt-Nielsen, 1990; Hahn, 1999). En efecto, tanto la TR como TT son medidas más precisas y consistentes de la TC que la temperatura subdérmica, particularmente bajo condiciones ambientales dinámicas (Hahn *et al.*, 1990; Carroll *et al.*, 2009). Guidry y McDowell (1966) compararon la TT vs. TR al inducir cambios en la TC en el ganado, concluyendo que el TT refleja mejor y más rápido esos cambios, siendo en última instancia una mejor alternativa que la TR. Estudios más recientes han mostrado variaciones en la TR de hasta 0,5 °C, dependiendo del tipo de termómetro utilizado, de la profundidad a la que se inserta el termómetro o del propio procedimiento (Burfeind *et al.*, 2010; Hine *et al.*, 2015). Por lo tanto, la TT sirve como un estimador confiable de la TC y del confort térmico del animal (Baker *et al.*, 1972; Easton *et al.*, 2007) así como en las personas (Benzinger, 1959; Brinell y Cabanac, 1989).

En la actualidad, una gran mayoría de los ganaderos utilizan la TR como un indicador del estado de salud del animal. Sin embargo, la colecta de la TR implica movilizar al ganado desde la pastura o corral hasta la manga. No obstante, hay precedentes que indican que esta actividad genera un aumento en la TC, independientemente de la época del año (Mader *et al.*, 2005). También hay evidencia de que el nivel de energía consumida por los animales afecta su TC (Mader *et al.*, 1999; Arias, 2008; Arias *et al.*, 2011), no obstante otros investigadores no han encontrado esta relación (Cho *et al.*, 2014). En este

contexto, el objetivo del presente estudio fue determinar posibles cambios en los patrones y tiempos de recuperación de la temperatura timpánica de los novillos gordos sometidos al transporte desde el predio hasta una Feria ganadera alimentados con dos niveles de energía metabolizable de mantención.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental de la Universidad Católica de Temuco, ubicada en Pillanlelbún 15 km al noreste de la ciudad de Temuco (38°39'12" de latitud sur, 72°27'08" de longitud oeste). La distancia desde los corrales a la zona de carga fue de aproximadamente 600 metros, y desde el predio experimental hasta el destino final 50 km (feria ganadera). Los animales fueron transportados en un camión abierto (sin techo), piso de aserrín y con una densidad media de 379,8 kg/m<sup>2</sup>.

### Instalaciones y animales

La engorda se realizó en 4 corrales (6 animales por corral, 26,25 m<sup>2</sup> por animal) equipados con un sistema de alimentación Calan Broadbent (American CALAN, Inc.), el cual permite el control de consumo individual de cada animal. Los corrales 1-2 y 3-4 compartían dos bebederos (600 L). Para el presente estudio se seleccionaron 12 novillos (predominantemente Angus rojo) sobre un total de 24 que formaban parte de otra investigación en la que se evaluaban los efectos de dos niveles de energía consumida 1,85 (Tratamiento 1) vs. 2,72 (Tratamiento 2) veces la energía metabolizable de mantenimiento (EMm) sobre el rendimiento productivo y la calidad de la canal.

Los novillos fueron agrupados en dos bloques en base a su peso vivo: livianos (393,6 ± 37,2 kg) y pesados (468,8 ± 31,7 kg). Previo al inicio de la engorda, en el periodo pre-experimental, los animales en su totalidad recibieron tratamiento antiparasitario (Soforen 10 cc/100 kg PV; Ivermectina 1 cc/50 kg PV, y arete para control de mosca del cuerno). Además, fueron implantados con Revalor novillos (140 mg de acetato de trenbolona + 20 mg estradiol). Para luego ser asignados a uno de los dos tratamientos antes mencionados. El nivel de consumo de energía fue logrado mediante el control de ingesta a través del sistema de alimentación Calan. La dieta suministrada fue la misma a ambos grupos, variando solamente la cantidad de alimento asignada en cada tratamiento para proveer la energía antes señalada (1,85 vs. 2,72 veces EMm). La ración estuvo compuesta por: ensilaje de pradera (bolo; 62,7%), afrecho de raps (6,1%), grano de avena (30,4%) y sales minerales (0,8 %). La engorda fue de 84 días más otros 19 días de manejo pre-experimental. La totalidad de los animales de la engorda (24) fueron sacrificados el

día 25 de abril del 2014 con un peso final promedio de  $529,5 \pm 12,6$  kg, con un ADG de 1,19 kg/día.

### Temperatura Timpánica

Para el presente estudio, a los novillos seleccionados al azar (6 por nivel de EMM) se les instaló un dispositivo para coleccionar TT antes de ser transportados a la Feria ganadera, al finalizar la engorda. Los dispositivos utilizados para registrar TT correspondieron al tipo ibutton (Maxim Integrated Products Inc., CA, EE.UU.), los que fueron programados para coleccionar datos a intervalos de 5 minutos. Los dispositivos fueron instalados a las 10:00 h del 23 de abril de 2014. Cada dispositivo fue ubicado manualmente en el canal timpánico del animal, posteriormente el canal fue cerrado con algodón y en el pabellón de la oreja se utilizó una pieza de aislamiento de tubo elastomérico (comúnmente utilizado para el aislamiento de tuberías) para dar firmeza y permitir envolver la oreja con un vendaje elástico (Coban Nexcare 3M). Finalmente, sobre la banda elástica se procedió a envolver con cinta adhesiva de 4 cm de ancho (Leukoplast, BSN Medical, Alemania). El mismo día a las 18:00 h, los novillos fueron arreados desde los corrales al cargadero. Una vez en el camión fueron transportados a su destino final una feria gana-

dera, aproximadamente a unos 50 km sur de los corrales de engorda. Los novillos permanecieron en la feria hasta el día siguiente (24 de abril de 2014), momento en cual los dispositivos fueron recuperados durante la tarde (19:00 h) de ese día desde la manga, previo al pesaje y despacho a la planta faenadora. Finalmente, los novillos fueron sacrificados en la planta ubicada en Temuco el 25 de abril de 2014.

### Variables Meteorológicas

Los datos meteorológicos incluyendo: velocidad del viento (VV, m/s), humedad relativa (HR, %), temperatura ambiente (TA, °C), radiación solar (RS, W/m<sup>2</sup>) y precipitación (P, mm/d) se coleccionaron a intervalos de 15 minutos desde una estación meteorológica ubicada en el Instituto de Investigación Agropecuarias en Carillanca, ubicada a 5 km al sureste del corral de engorda. Esta información se utilizó para caracterizar las condiciones climáticas al momento en que los novillos fueron arreados, cargados y transportados a la feria ganadera, así como para estimar el índice integral del clima (IIC), un índice de confort térmico, siguiendo la ecuación de Mader *et al.* (2010):

$$IIC = TA + F_{HR} + F_{VV} + F_{RS}$$

Dónde IIC corresponde al valor de índice integral del clima en grados Celsius. En tanto,  $F_{HR}$  corresponde al factor de corrección de la humedad relativa obtenida con la siguiente ecuación:

$$F_{HR} = e^{(0,00182 * HR + 1,8 * 10^{-5} * TA * HR)} * (0,000054 * TA^2 + 0,00192 * TA - 0,0246) * (HR - 30)$$

El factor  $F_{VV}$  corresponde a la corrección debido a la velocidad del viento a través de la siguiente ecuación:

$$F_{VV} = \left[ \frac{-6,56}{e^{\left\{ \left( \frac{1}{2,26 * VV + 0,23045} \right)^{2,9 + 1,14 * 10^{-6} * VV^{2,5} - \log_{0,3} (2,26 * VV + 0,33)^{-2}} \right\}}} \right] - 0,0566 * VV^2 + 3,33$$

Finalmente,  $F_{RS}$  corresponde al factor de corrección debido a la radiación solar, siendo obtenida mediante la ecuación:

$$F_{RS} = 0,0076 * RS - 0,00002 * RS * TA + 0,00005 * TA^2 * \sqrt{RS} + 0,1 * TA - 2$$

Para determinar la condición ambiental previa al manejo y transporte, así como durante el transporte y su potencial efecto en los valores de TT de los animales, se utilizaron los valores de IIC propuestos por Mader *et al.* (2010) que se presentan en el Cuadro 1.

### Análisis estadístico

El análisis se realizó considerando un diseño experimental completamente al azar y a cada animal como unidad observacional y experimental. Durante el transporte se perdieron cinco dispositivos, tres provenientes

del grupo 1,85 veces EMM y dos del grupo 2,72 veces EMM. Así los resultados presentados corresponden a los datos de 7 animales. El modelo estadístico utilizado para comparar TT correspondió a:  $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$ . Donde:  $\mu$  representa la TT media de la población;  $\alpha$  representa el efecto del nivel "i-ésimo" de EMM y  $\epsilon_{ij}$  el error experimental asociado al i-ésimo animal del j-ésimo nivel de EMM. Los análisis se realizaron utilizando el paquete JMP 11 (SAS Institute, Cary, NC, EE.UU.). Adicionalmente, los datos de TT se sometieron a análisis de medidas repetidas usando el PROC MIXED de SAS® 9.4 (SAS Institute). El modelo utilizado fue  $Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i +$

**Cuadro 1.** Umbrales arbitrarios críticos (°C) para el índice integral del clima<sup>1</sup> (Adaptado de Mader *et al.*, 2010).

**Table 1.** Critical arbitrary thresholds (°C) for the comprehensive climate index.

Condición de estrés	Invierno		
	Verano <sup>2</sup>	susceptibilidad del animal	
		Alta <sup>3</sup>	Baja <sup>4</sup>
Normal	< 25	> 5	> 0
Media	25 a 30	0 a 5	0 a -10
Moderada	> 30 a 35	< 0 a -5	< -10 a -20
Severa	> 35 a 40	< -5 a -10	< -20 a -30
Extrema	> 40 a 45	< -10 a -15	< -30 a -40
Extremadamente peligrosa	> 45	< -15	< -40

<sup>1</sup> Los umbrales indican la intensidad del estrés experimentado por el animal.

<sup>2</sup> Para las especies bien adaptadas o tolerantes al calor los umbrales deben reducirse en 1 ó 2 categorías.

<sup>3</sup> Animales jóvenes o no aclimatados, o ambos, bajo abrigo o bajo condiciones ambientales modificadas (confinamiento).

<sup>4</sup> Animales sin protección, pero que tienen suficiente tiempo para aclimatarse al medio ambiente por aislamiento externo (tejido adiposo o pelos de invierno, o ambos), y recibir un suministro adecuado de nutrientes que sean compatibles con la condición ambiental.

$\partial_k + \Omega_l + (\alpha\partial)_{ik} + (\alpha\Omega)_{il} + (\partial\Omega)_{kl} + (\alpha\partial\Omega)_{ikl} + \varepsilon_{ijkl}$ , incluyendo los efectos fijos de EMm ( $\alpha$ ), día ( $\partial$ ), hora del día ( $\Omega$ ) y sus respectivas interacciones ( $\alpha\partial$ ); ( $\alpha\Omega$ ); ( $\partial\Omega$ ); ( $\alpha\partial\Omega$ ), usando el método Satterthwaite para estimar grados de libertad. Además, se incluyó un efecto aleatorio para evaluar el componente de varianza entre los sujetos. El efecto aleatorio animal (nivel EMm) se utilizó como término de error para evaluar las diferencias en TT. Las diferencias entre los niveles de EMm se determinaron utilizando la opción PDIFF de SAS.

## RESULTADOS

La Figura 1 resume los valores meteorológicos de los días y horas de observación. Los valores de IIC y TA presentaron patrones similares, pero con diferencias alrededor del mediodía y parte de la tarde hasta aproximadamente las 18:00 h. Estas diferencias son consistentes con los valores más altos de RS observados alrededor del mediodía. No se observaron cambios significativos en la HR y VV. La TT media fue superior en 0,53 °C en los animales que consumieron 2,72 veces EMm ( $P < 0,0001$ ), en comparación con los que consumieron 1,85 veces MEM ( $38,61 \text{ °C} \pm 0,016$  vs.  $38,08 \pm 0,019 \text{ °C}$ ), mientras que la TT media fue de  $38,39 \pm 0,014 \text{ °C}$ .

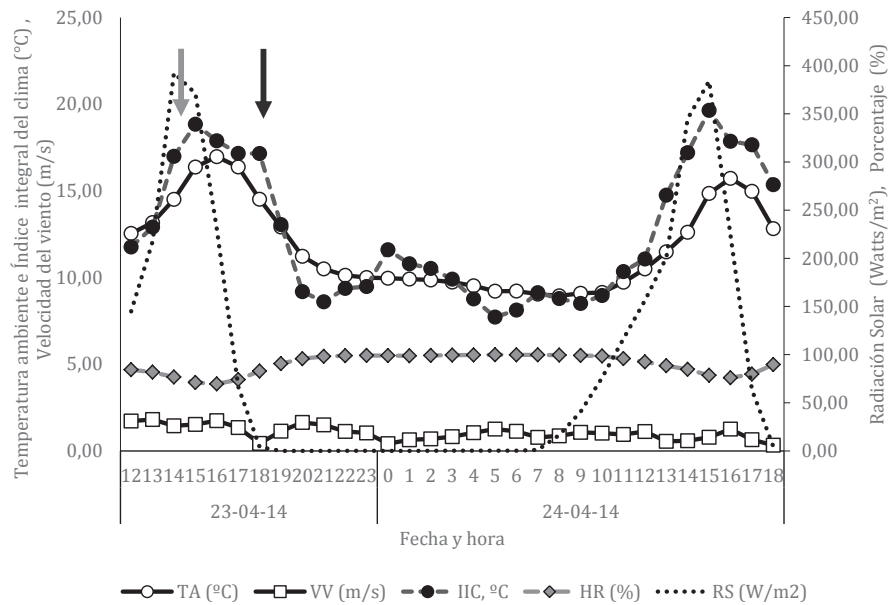
La Figura 2 muestra la evolución de la TT para cada nivel de EMm desde una hora antes del comienzo del movimiento de los animales. En general, se observó un patrón similar de TT en ambos grupos, pero la TT de una hora antes del movimiento del ganado (17:00 h) fue inferior a la TT registrada una vez realizado el arreo (18:00 h). Además, hubo una dependencia de TT en función del nivel EMm x Día x Hora ( $P < 0,001$ ), así como para nivel de EMm x Hora, nivel de EMm x Día,

y Día y Tiempo por sí solos ( $P < 0,001$ ), pero sólo una tendencia para nivel de EMm ( $P = 0,0920$ ). Una vez iniciado el arreo del ganado se observó un rápido aumento de la TT en ambos grupos, alcanzando un valor máximo similar a las 18:00 h ( $P = 0,057$ ). Posteriormente, la TT de ambos niveles de EMm continuó disminuyendo gradualmente hasta alcanzar su valor mínimo entre las 07:00 y las 08:00 h del día siguiente (24 de abril de 2014). Durante este período, es decir, desde las 18:00 h del 23 de abril de 2014 y hasta las 08:00 h del día siguiente, la TT media fue similar en ambos niveles de EMm ( $P > 0,10$ ), excepto a las 22:00 h del 23 de abril de 2014 ( $P = 0,0978$ ) en que hubo una tendencia a una mayor TT en los novillos alimentados con el nivel de 2,72 EMm, esto fue aproximadamente 30 minutos después de finalizado el transporte y descarga. A partir de las 09:00 h del 24 de abril de 2014 y hasta el final del período de evaluación, es decir, a las 19:00 h del mismo día, la TT media de ambos niveles de EMm fue diferente, con mayores valores de TT en novillos que consumieron 2,72 veces EMm ( $P < 0,05$ ). Esto coincide con el aumento de la radiación solar de ese día (Figura 1).

El tiempo de recuperación de la TT, es decir, el tiempo requerido para alcanzar un valor de TT similar al observado previo al transporte del ganado, fue de 6 horas para los animales que consumieron 2,72 veces EMm y de 13 horas para los animales que consumieron 1,85 veces EMm (Figura 2).

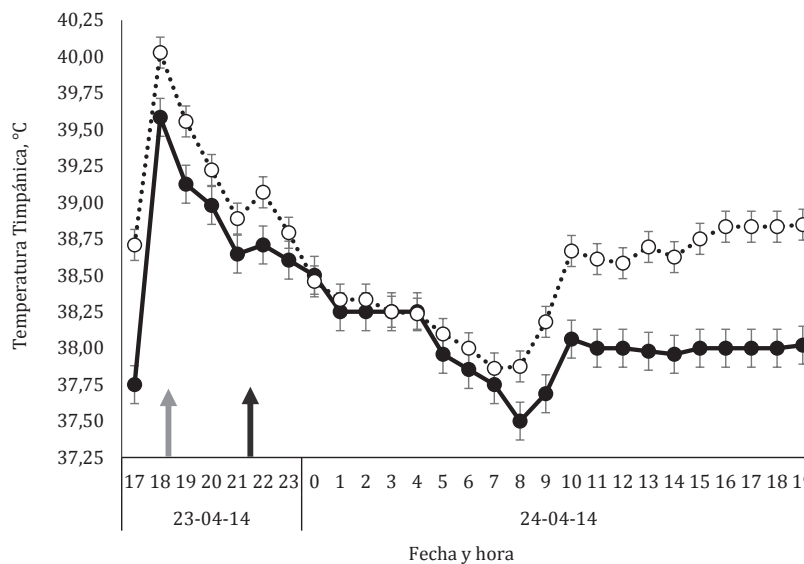
## DISCUSIÓN

Las condiciones meteorológicas para el período de estudio no representaron un desafío térmico importante para los novillos, ya que el valor de IIC promedio obser-



**Figura 1.** Medias de cuadrados mínimos de las variables climáticas por día y hora de observación. La flecha gris (18:00 h) indica el inicio del arreo de los animales. La flecha negra (21:30 h) indica el final del transporte y descarga de animales en el destino final (TA = temperatura ambiente, °C; VV = velocidad del viento, m/s; ICC = índice integral del clima, °C; RS = radiación solar, W/m<sup>2</sup>; y HR = humedad relativa, %).

**Figure 1.** Least square means of climatic variables by day and hour of observation. The grey arrow (18:00 h) indicates the beginning of animal's herding. The black arrow (21:30 h) indicates the end of the transportation and unloading of animals in the final destination (TA = ambient temperature, °C; VV= wind speed, m/s; ICC =comprehensive climate index, °C; RS = solar radiation, W/m<sup>2</sup>; and HR = relative humidity, %).



**Figura 2.** Medias de mínimos cuadrados (las barras representan EEM) de temperatura timpánica de los novillos alimentados con dos niveles de energía metabolizable de mantenimiento (puntos negros = 1,85 veces EMM, puntos blancos = 2,72 veces la EMM) por día y momento de transporte. La flecha gris (18:00 h) indica el inicio del arreo de los animales. La flecha negra (21:30 h) indica el final del transporte y la descarga de animales en destino final (n=7).

**Figure 2.** Least square means of tympanic temperatures (bars represent SEM) of steers fed with two levels of metabolizable energy of maintenance (black dots = 1.85 times EMM; white dots = 2.72 times EMM) by day and time of transporting. The grey arrow (18:00 h) indicates the beginning of animal's herding. The black arrow (21:30 h) indicates the end of the transportation and unloading of animals in the final destination (n=7).

vado correspondió a la categoría “Normal” (Cuadro 1). Esto permite señalar que el aumento de la TT observada después de las 17:00 h (Figura 2) no estaría asociada a las variables meteorológicas imperantes en el momento del transporte, sino más bien al transporte en sí. Lo anterior basado en que las diferencias de magnitud TT reportadas previamente en la literatura no superan los 0,5 °C en ese mismo horario (Arias et al., 2011; Jara et al., 2016). En este caso en particular, la diferencia de magnitud observada fue de 1,6 °C. En lo referente a las características del camión, se considera que estas no influyeron en los valores de TT, dado que este era abierto y el trayecto recorrido no superó los 50 km.

Se observó un ritmo circadiano de la TT aumentando durante el día y disminuyendo durante la noche. El valor mínimo se observó temprano en la mañana (37,50 y 37,86 °C, para tratamientos 1,85 y 2,72 veces EMM, a las 08:00 y las 07:00 h, respectivamente), mientras que el valor máximo se observó durante la tarde (38,58 y 40,03 °C, para tratamientos 1,85 y 2,72 veces EMM, respectivamente, ambos a las 18:00 h). Estos resultados son consistentes con otros estudios que reportan ritmos y valores similares (Mader et al., 2010; Mader y Johnson, 2010; Gaughan y Mader, 2013; Jara et al., 2016). Cabe señalar que los valores promedios de TT también varían según la época del año y el tipo de dieta (energía) consumida por los animales (Arias et al., 2011), pero siempre manteniendo un ritmo circadiano.

A la fecha existe un limitado número de estudios en Chile y en el mundo que evalúan los cambios de TC relacionados con el transporte del ganado, particularmente en novillos gordos previo al sacrificio. En este sentido Mader et al. (2005), reportaron un aumento en la TT media de los bovinos de engorda después de la actividad física, independientemente de la estación del año, lo que coincide con lo observado en nuestro estudio. Por otra parte Kendall et al. (2008), reportaron diferencias en los ritmos circadianos de la TV de vacas lecheras ordeñadas 1 o 2 veces al día en Nueva Zelanda. Estos autores atribuyeron estas diferencias a una mayor actividad física debido a la distancia recorrida desde las praderas hasta la sala de ordeña. Estas diferencias en TV fueron particularmente claras después de las 16:00 h, y hasta la medianoche.

El tiempo de recuperación de la TT en el estudio de Mader et al. (2005) osciló entre 3,5 horas en invierno, a menos de una hora y hasta dos horas en primavera y verano, respectivamente. Los valores reportados por estos autores fueron inferiores a los observados en el presente estudio. En este sentido, las diferencias en la ingesta de energía metabolizable entre el estudio de Mader et al. (2005) y nuestro estudio (menor en nuestro caso), podría explicar en parte, la diferencia observada en los tiempos de recuperación del TT.

En otro estudio Theurer et al. (2013) evaluaron la respuesta fisiológica y de conducta de vaquillas que

viajaron 518 km en un ambiente cálido ( $\geq 32,2$  °C). Los autores reportaron cambios en el comportamiento, temperatura nasal y rectal, en el peso vivo y en los niveles de cortisol. Los resultados de Theurer et al. (2013) coinciden con los cambios de TT observados en nuestro estudio. Cabe señalar que la distancia recorrida en el estudio antes mencionado fue diez veces superior a la distancia recorrida en el presente estudio. En efecto, las consecuencias de transportes prolongados y viajes de largas distancias han sido objeto de varios estudios a nivel mundial, con demostrados efectos sobre la morbilidad, la mortalidad general, el peso de la canal caliente y la ganancia diaria promedio (Cernicchiaro et al., 2012), pero no se ha informado de cambios en la TT ó TC. Estudios similares realizados en Chile han evaluado el efecto del transporte en el ganado bovino, en terneros destetados (Werner et al., 2013) y en novillos (Gallo et al., 2003; Tadich et al., 2005). Sin embargo, hasta la fecha no se ha evaluado el efecto de las condiciones meteorológicas ni de los posibles cambios en la TC ó TT asociados con el transporte, constituyendo el presente estudio, a nuestro conocimiento el primero en reportar estos efectos.

Cualquier cambio en la TT es relevante no sólo como un indicador del estado de salud del animal, sino también en su fisiología y producción. Al respecto Cossins y Bowler (1987) sugieren que la TC juega un papel importante en las propiedades funcionales de las proteínas, que son termolábiles, es decir, dependen de su estructura terciaria y cuaternaria. Estas estructuras a su vez dependen de un gran número de enlaces débiles (covalentes) que son fácilmente destruidos por la condición de temperatura imperante. Otros investigadores también han informado de la pérdida de funcionalidad y daño celular (Rhoads et al., 2013). Estos autores señalan que un aumento de la TC o las condiciones de estrés por calor pueden influir en la expresión de las proteínas HSP (proteínas de choque térmico, de sus siglas en inglés), que tienen la función de unir proteínas mal plegadas (afectadas) ayudando a restaurar su conformación nativa. Asimismo, la respuesta al estrés térmico y por lo tanto a una TC más alta, alteran notablemente la pos-absorción de carbohidratos, lípidos y el metabolismo proteico (Baumgard y Rhoads, 2013). Por otra parte, Koolhaas et al. (2011) sostienen que los individuos tienen una cierta gama de condiciones ambientales dentro de las cuales los procesos reguladores funcionan correctamente sin la necesidad de cambios adaptativos, que incluyen mecanismos en el cerebro, la fisiología y el comportamiento. Sin embargo, en algunas ocasiones, a pesar de estar dentro del rango normal, la capacidad adaptativa puede ser reducida y el estímulo es percibido como estresor. En este caso, la manipulación y el transporte del ganado podría entenderse como una de estas situaciones y el aumento de la TT observado como parte del mecanismo de defensa al estrés.

Nuestros resultados también confirman que las características de la dieta proporcionada (nivel de EMM) tuvo un efecto sobre la TT, similar a lo reportado previamente por Arias *et al.* (2011) y por Mader *et al.*, (1999). Esto explica las diferencias observadas entre los novillos de ambos grupos en TT previo al arreo de los novillos (18:00 h) y hasta una hora después (19:00 h). Observándose que los animales alimentados con la dieta de 2,72 veces la EMM presentaron una mayor TT, situación que vuelve a ser evidente después del estrés causado por el transporte a la feria ganadera.

Basándose en esto, es posible especular que los registros de TR colectados durante una situación típica a nivel predial podrían no estar reflejando necesariamente la TC real del animal. Además, el efecto de arrear al ganado o bien cualquier actividad física debe ser considerado al hacer cualquier lectura de la temperatura del animal.

## CONCLUSIONES

El transporte corto de novillos gordos modificó el patrón de temperatura timpánica mientras que el tiempo de recuperación fue dependiente del nivel de EMM consumida.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a FONDECYT por permitir el desarrollo de este trabajo a través del financiamiento del proyecto N°11121320: "Effects of climatic conditions and metabolizable energy intake on productive performance of steers finished during summer and wintertime in La Araucanía region" y a Ganadera Araucanía S.A. por proveer los animales para el ensayo.

## REFERENCIAS

- Al-Haidary, A., Spiers, D.E., Rottinghaus, G.E., Garner, G.B., Ellersieck, M.R., 2001. Thermoregulatory ability of beef heifers following intake of endophyte-infected tall fescue during controlled heat challenge. *Journal of Animal Science* 79, 1780-1788.
- Arias, R.A., 2008. Modeling the effects of environmental factors on finished cattle. University of Nebraska, Lincoln.
- Arias, R.A., Mader, T.L., Parkhurst, A.M., 2011. Effects of diet type and metabolizable energy intake on tympanic temperature of steers fed during summer and winter seasons. *Journal of Animal Science* 89, 1574-1580.
- Baker, M.A., Stocking, R.A., Meehan, J.P., 1972. Thermal relationship between tympanic membrane and hypothalamus in conscious cat and monkey. *Journal of Applied Physiology* 32, 739-742.
- Baumgard, L., Rhoads, R.P., 2013. Effects of Heat Stress on Postabsorptive Metabolism and Energetics. *Annual Review of Animal Biosciences* 1, 311-337.
- Benzinger, T., 1959. On physical heat regulation and the sense of temperature in man. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 45, 645-659.
- Bergen, R.D., Kennedy, A.D., Schwartzkopf-Genswein, K.S., Lawson, T., 2007. Effects of feeding time on thermoregulation of beef heifers in winter. *Canadian Journal Animal Science* 87, 307-313.
- Brinell, H., Cabanac, M., 1989. Tympanic temperature is a core temperature in humans. *Journal of Thermal Biology* 14, 47-53.
- Burfeind, O., Von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., Veira, D.M., Heuwieser, W., 2010. Short communication: Repeatability of measures of rectal temperature in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93, 624-627.
- Carroll, J.A., Reuter, R.R., Chase, C.C., Coleman, S.W., Riley, D.G., Spiers, D.E., Arthington, J.D., Galyean, M.L., 2009. Profile of the bovine acute-phase response following an intravenous bolus-dose lipopolysaccharide challenge. *Innate Immunity* 15, 81-89.
- Cernicchiaro, N., White, B.J., Renter, D.G., Babcock, A.H., Kelly, L., Slattery, R., 2012. Associations between the distance traveled from sale barns to commercial feedlots in the United States and overall performance, risk of respiratory disease, and cumulative mortality in feeder cattle during 1997 to 2009. *Journal of Animal Science* 90, 1929-1939.
- Cho, S., Mbiriri, D.T., Shim, K., Lee, A.L., Oh, S.-J., Yang, J., Ryu, C., Kim, Y.-H., Seo, K.-S., Chae, J.-I., Oh, Y.K., Choi, N.-J. 2014. The Influence of Feed Energy Density and a Formulated Additive on Rumen and Rectal Temperature in Hanwoo Steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 27, 1652-1662.
- Cossins, A.R., Bowler, K., 1987. *Temperature Biology of Animals*. Chapman and Hall, London.
- Easton, C., Fudge, B.W., Pitsiladis, Y.P., 2007. Rectal, telemetry pill and tympanic membrane thermometry during exercise heat stress. *Journal of Thermal Biology* 32, 78-86.
- Elvinger, F., Natzke, R.P., Hansen, P.J., 1992. Interactions of heat stress and bovine somatotropin affecting physiology and immunology of lactating cows. *Journal of Animal Science* 75, 449-462.
- Gallo, C., Lizondo, G., Knowles, T.G., 2003. Effects of journey and lairage time on steers transported to slaughter in Chile. *Veterinary Record* 152, 361-364.
- Gaughan, J.B., Mader, T.L., 2013. Body temperature and respiratory dynamics in un-shaded beef cattle. *International Journal of Biometeorology* 58, 1443-1450.
- Guidry, A.J., McDowell, R.E., 1966. Tympanic membrane temperature for indicating rapid changes in body temperature. *Journal of Dairy Science* 49, 74-77.
- Hahn, G.L., 1999. Dynamic response of cattle to thermal heat loads. *Journal of Animal Science* 77(Suppl. 2), 10-20.
- Hahn, G.L., Chen, Y.R., Nienaber, R.A., Parkhurst, A.M., 1991. Characterizing animal stress through fractal analysis of thermoregulatory responses. *Journal of Thermal Biology* 17, 115-120.
- Hahn, G.L., Eigenberg, R.A., Nienaber, J.A., Littledike, E.T., 1990. Measuring physiological responses of animals to environmental stressors using a microcomputer-based portable datalogger. *Journal of Animal Science* 68, 2658-2665.

- Hillman, P.E., 2009. Thermoregulatory physiology, in: Deshazer, J.A. (Ed.), *Livestock Energetics and Thermal Environmental Management*. ASABE, Moscow, Idaho, USA, pp. 23-48.
- Hine, L., Laven, R.A., Sahu, S.K., 2015. An analysis of the effect of thermometer type and make on rectal temperature measurements of cattle, horses and sheep. *New Zealand Veterinary Journal* 63, 171-173.
- Jara, I.E., Keim, J.P., Arias, R.A., 2016. Behaviour, tympanic temperature and performance of dairy cows during summer season in southern Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria* 48, 113-118.
- Kendall, P.E., Tucker, C.B., Dalley, D.E., Clark, D.A., Webster, J.R., 2008. Milking frequency affects the circadian body temperature rhythm in dairy cows. *Livestock Science* 117(2-3), 130-138.
- Koolhaas, J.M., Bartolomucci, A., Buwalda, B., De Boer, S.F., Flügge, G., Korte, S.M., Meerlo, P., Murison, R., Olivier, B., Palanza, P., Richter-Levin, G., Sgoifo, A., Steimer, T., Stiedl, O., Van Dijk, G., Wöhr, M., Fuchs, E., 2011. Stress revisited: A critical evaluation of the stress concept. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 35, 1291-1301.
- Lough, D.S., Beede, D.K., Wilcox, C.J., 1990. Effects of feed intake and thermal stress on mammary blood flow and other physiological measurements in lactating dairy cows. *Journal of Animal Science* 73, 325-332.
- Mader, T.L., Davis, M.S., Kreikemeier, W.M., 2005. Tympanic temperature and behavior associated with moving feedlot cattle. *The Professional Animal Science* 21, 339-344.
- Mader, T.L., Gaughan, J.B., Johnson, L.J., Hahn, G.L. 2010. Tympanic temperature in confined beef cattle exposed to excessive heat load. *International Journal of Biometeorology* 54, 629-635.
- Mader, T.L., Gaughan, J.B., Young, B.A., 1999. Feedlot diet roughage level for hereford cattle exposed to excessive heat load. *The Professional Animal Science* 15, 53-62.
- Mader, T.L., Johnson, L., 2010. Tympanic temperature profile of confined beef cattle, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln Nebraska.
- Reuter, R.R., Carroll, J.A., Hulbert, L.E., Dailey, J.W., Galyean, M.L., 2010. Technical note: Development of a self-contained, indwelling rectal temperature probe for cattle research. *Journal of Animal Science* 88(10), 3291-3295.
- Rhoads, R.P., Baumgard, L.H., Suagee, J.K., 2013. 2011 AND 2012 EARLY CAREERS ACHIEVEMENT AWARDS: Metabolic priorities during heat stress with an emphasis on skeletal muscle. *Journal of Animal Science* 91, 2492-2503.
- Schmidt-Nielsen, K., 1990. *Animal physiology (Adaptation and environment)*. University Press Cambridge, Cambridge, Reino Unido.
- Švejdová, K., Šoch, M., Šimková, A., Zábanský, L., Novák, P., Brouček, J., Čermák, B., Pálka, V., Šimák-Líbalová, K., 2013. Measuring the body surface temperature of animals using a thermographic camera. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: Food Technology* 17, 99-106.
- Tadich, N., Gallo, C., Bustamante, H., Schwerter, M., Van Schaik, G., 2005. Effects of transport and lairage time on some blood constituents of Friesian-cross steers in Chile. *Livestock Production Science* 93, 223-233.
- Theurer, M.E., White, B.J., Anderson, D.E., Miesner, M.D., Mosier, D.A., Coetzee, J.F., Amrine, D.E., 2013. Effect of transportation during periods of high ambient temperature on physiologic and behavioral indices of beef heifers. *American Journal of Veterinary Research* 74, 481-490.
- Werner, M., Hepp, C., Soto, C., Gallardo, P., Bustamante, H., Gallo, C., 2013. Effects of a long distance transport and subsequent recovery in recently weaned crossbred beef calves in Southern Chile. *Livestock Science* 152, 42-46.