

Indicadores Conductuales y Fisiológicos para Evaluar el Transporte de Novillos al Rastro y su Relación con el pH de la Carne

BEHAVIOURAL AND PHYSIOLOGICAL INDICATORS TO EVALUATE THE TRANSPORT OF STEERS TO THE SLAUGHTERHOUSE AND ITS RELATIONSHIP WITH pH OF THE BEEF

Marlyn Hellen Romero Peñuela^{1,2}, Juan Velasco-Bolaños¹,
Jorge Alberto Sánchez Valencia¹

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el transporte de los novillos por medio de indicadores conductuales y fisiológicos, y su relación con el pH alto en la carne a las 24 horas (pH₂₄) del sacrificio. Se evaluaron 56 novillos cebú (2.5 ± 0.2 años, 429.9 ± 29.3 kg) en cuatro viajes al centro de beneficio. El transporte se hizo bajo condiciones similares (ruta, camión y conductor), donde se evaluaron los indicadores conductuales (interacciones afiliativas y agonistas, posturas del cuerpo, dirección del cuerpo en el camión y exploración), indicadores fisiológicos de estrés y el pH₂₄ de la carne. No se observaron diferencias significativas en las variables conductuales y el pH₂₄ según los compartimentos del camión. Las interacciones afiliativas fueron más frecuentes que las agonistas. Las concentraciones sanguíneas del hematocrito, cortisol, glucosa y creatinaquinasa mostraron valores altos. El 63.5% (n=36) de las carcasas presentaron pH₂₄ ≥ 5.8. Los resultados indican que el transporte comercial con duración de 8 h fue un factor de estrés fisiológico para los novillos cebú, con implicaciones negativas sobre el alto pH cárnico. La ausencia de la mezcla social favoreció la cohesión y la estabilidad grupal.

Palabras clave: calidad de carne; bienestar animal; presacrificio; estrés

ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate the transport of steers by behavioral and physiological indicators and its relationship with high pH of the beef at 24 h after slaughter.

¹ Grupo de Investigación en Ciencias Veterinarias CIENVET, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Salud Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia

² E-mail: marlyn.romero@ucaldas.edu.co

Recibido: 21 de noviembre de 2016

Aceptado para publicación: 6 de abril de 2017

A total of 56 Zebu steers (2.5 ± 0.2 years old, 429.9 ± 29.3 kg) were evaluated in four trips to the slaughterhouse under similar conditions (route, truck, and driver), where behavioral indicators (affiliative and agonistic interactions, body postures, body direction in the truck and exploration), stress physiological indicators, and beef pH_{24} were evaluated. No significant differences were observed in the behavioral variables and the muscle pH_{24} according to the compartments of the truck. The affiliative interactions were more frequent than the agonistic. Hematocrit and cortisol, glucose and creatine kinase blood concentrations showed high values. The 63.5% ($n=36$) of the carcasses presented $pH_{24} \geq 5.8$. These results indicate that the commercial transport with duration of 8 h was a physiological stress factor for Zebu steers, with negative implications on high pH of the beef. The absence of the social mixture favored the cohesion and group stability.

Key words: meat quality; animal welfare; pre-slaughter; stress

INTRODUCCIÓN

El transporte representa una fase crítica en la producción ganadera y con frecuencia es considerado como una de las principales causas de estrés para los bovinos, que puede tener repercusiones negativas en el bienestar y en la salud de los animales (Cafazzo *et al.*, 2012; Magnani *et al.*, 2014). Los bovinos pueden expresar las consecuencias de los eventos estresantes mediante cambios fisiológicos y conductuales específicos. Las alteraciones conductuales son, a menudo, los primeros signos de estrés en los bovinos y esto, a su vez, se relaciona con las respuestas fisiológicas y con los atributos de calidad de la carne (Miranda-de la Lama, 2010; Stockman *et al.*, 2013).

En la actualidad, el transporte de larga duración de bovinos en pie ha aumentado para responder a las exigencias del comercio internacional y por los beneficios económicos alcanzados (Lambooi *et al.*, 2012). La duración del viaje es una de las variables de mayor interés para evaluar la calidad del transporte en bovinos de engorde. El tiempo de transporte prolongado puede ser un severo factor estresante que causa entre el 1.5 y 9% de pérdida de peso vivo por la deshidratación y ausencia de alimento (Gallo *et al.*, 2003); asimismo, aumenta el riesgo de caída,

muerte y contusiones (Romero *et al.*, 2013), aumento de la susceptibilidad a las infecciones (Cockram *et al.*, 2004), pérdidas económicas por eliminación de tejido contuso, menor rendimiento en canal y descenso en la categoría de tipificación de las canales (Gallo *et al.*, 2003), mayor riesgo de contaminación de la carne con microorganismos entéricos (Mather *et al.*, 2007) y disminución en la calidad de la carne, por la presencia de la carne denominada corte oscuro o DFD (oscura, firme y seca, por sus siglas en inglés) (Romero *et al.*, 2017).

En Colombia, el sector ganadero se encuentra en un proceso de modernización selectiva de las condiciones de producción y de la logística del presacrificio. Sin embargo, la ganadería bovina presenta una alta dispersión geográfica, porque cerca del 70% del ganado de carne es sacrificado en plantas ubicadas en centros de consumo, con la participación de un alto número de intermediarios (comisionistas y acopiadores, colocadores y subastas). Esto implica el traslado de los animales desde los centros productivos a través de vías de montaña, con un tiempo de transporte prolongado, y por medio de una infraestructura poco especializada y condiciones geográficas diversas (Romero *et al.*, 2012). El objeto del presente trabajo fue evaluar el efecto de la localización en el camión (compartimento anterior y posterior) y otros

aspectos del transporte comercial, con una duración de ocho horas, sobre la respuesta conductual y fisiológica de los bovinos, incluyendo el pH de la carne.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Estudio

El estudio se realizó en noviembre y diciembre de 2012. Se evaluaron 56 bovinos machos castrados (novillos) manejados bajo condiciones comerciales, con características similares en cuanto a origen, raza (cruces comerciales de ganado cebú), edad (2.5 ± 0.2 años) y peso vivo (429.9 ± 29.3 kg). La granja estaba localizada en el valle del río Magdalena (150 msnm). Los novillos fueron cebados bajo condiciones extensivas en pasturas naturales, suministro de sal mineralizada y agua a voluntad. Los animales se identificaron individualmente con números sobre la piel utilizando un marcador y se mantuvieron en los mismos lotes de origen hasta el sacrificio.

El embarque se efectuó sin el uso de elementos contundentes. Se realizaron cuatro viajes bajo similares condiciones en cuanto a ruta, camión y conductor. La ruta utilizada comprendía un trayecto plano mixto (150 km, altitud promedio 158.8 msnm) y otro pavimentado de montaña (125 km, altitud máxima 3681 msnm). El vehículo fue el característico para el transporte de ganado en Colombia (con aforo de 14 novillos), de dos ejes con chasis rígido (combinado con madera y acero), provisto de ventilación pasiva, techo con carpa de lona y con una capacidad para 10 t. El camión se dividió en dos compartimentos en donde se ubicaron grupos de siete novillos, con una densidad de carga de 344 kg/m².

La planta de sacrificio contaba con una rampa de desembarque de concreto y pisos antideslizantes, que conectaban con una serie de corredores hasta los corrales de re-

cepción. Estos tenían un área de 57.8 m² (5.9 m de ancho y 9.8 m de largo), con pisos antideslizantes de concreto y techados. El desembarque se efectuó con el uso de interacciones visuales. Los novillos permanecieron en la planta durante 24 h en corrales de espera techados, con suministro de agua y sin mezcla social. Fueron aturridos con pistolas de proyectil retenido, tipo no penetrante. Se recolectaron tres muestras en el desangrado, una con anticoagulante (EDTA), otra sin anticoagulante y la tercera con fluoruro de sodio (NaF) (glucosa y lactato).

La investigación fue aprobada por el Comité de Ética para la Experimentación con Animales (CEEAA) de la Universidad de Caldas (Manizales, Colombia), mediante el Acta 1 del 13 de febrero de 2012 (actividades con riesgo mínimo).

Medidas de Comportamiento

Se elaboró un etograma seguido de una prueba piloto para registrar las conductas individuales y sociales de los novillos. Su comportamiento durante el viaje se grabó mediante un sistema de vídeo cámara a partir del momento en que el camión salió de la finca hasta la llegada a la rampa de desembarque de la planta de sacrificio. Las cámaras digitales se localizaron en cada compartimento del camión en un mismo ángulo y altura (1.8 m) y conectadas a un sistema de grabación DVR.

Los cuatro viajes fueron evaluados por un mismo observador entrenado, de acuerdo con los parámetros descritos en el Cuadro 1. Se utilizó la técnica de muestreo conductual de barrido con «registro instantáneo» cada 10 min para obtener información sobre las interacciones sociales (comportamientos afiliativos y agonistas) (Miranda-de la Lama *et al.*, 2012). La orientación de los novillos durante el viaje (diagonal, perpendicular o paralelo al eje central del camión), las posturas corporales (pie, echado, caída y pérdida de balance) y el comportamiento exploratorio se registraron usando el método de muestreo

Cuadro 1. Categorías conductuales evaluadas durante el transporte de novillos

Parámetros conductuales	Descripción
Comportamiento afiliativo	
Lamer	El novillo lame a otro individuo
Olfatear	El novillo huele a otro individuo
Frotar	El animal talla su cabeza contra otro individuo
Apoyar	El novillo apoya su cabeza sobre el lomo de otro individuo
Comportamientos agonistas	
Amenaza	El novillo hostiga a otro individuo sin ejercer contacto
Topeteo	El novillo contacta con su cabeza en el cuerpo de otro individuo de forma agresiva
Posturas corporales	De pie, echado, caída, pérdida de balance por vibración del vehículo
Orientación en el camión	Perpendicular, diagonal o paralelo al eje horizontal del camión
Comportamientos ambientales exploratorios	Olfateo del entorno, camión u objetos

Adaptado de Cafazzo *et al.* (2012)

instantáneo. Para el análisis, se agruparon las observaciones conductuales cada dos horas, hasta completar ocho horas de viaje.

Variabes Sanguíneas

El análisis de las variables sanguíneas constó de la determinación del volumen globular acumulado (%VGA) mediante la técnica de microhematocrito, el perfil de leucocitos mediante la observación microscópica de extendidos sanguíneos teñidos con el colorante Wright y cortisol plasmático ($\mu\text{g}/\text{dl}$) mediante radioinmunoanálisis (RIA) (Coeficiente de variación inter-ensayo: 9.3%).

Asimismo, se determinaron las concentraciones de glucosa (mmol/l), urea (mmol/l), proteína total (g/l), creatinina (mmol/l), albúmina (g/l), y la actividad plasmática de la enzima creatinquinasa (CK) (U/l) usando el kit

comercial de Biosystem[®]. Las concentraciones sanguíneas del β -hidroxibutirato (βHB) (mmol/l) y el lactato (mmol/l), se establecieron usando el kit comercial de Randox[®]. Todas las lecturas se efectuaron en el espectrofotómetro BTS-330 (Biosystem[®]).

Determinación del pH

El pH a las 24 horas del sacrificio (pH_{24}) se midió en el músculo *longissimus thoracis* expuesto a nivel de la quinta y sexta costilla del lado derecho de la canal a 4 cm de profundidad, con un potenciómetro de punzón para carnes (IQ150 pH/Mv/medidor de temperatura; IQ Scientific Instruments[®]). El equipo fue calibrado cada cinco muestras, usando dos soluciones estándar de pH 4 y 7; asimismo, se lavó con agua destilada después de cada medición.

Cuadro 2. Cambios en las variables conductuales en novillos durante ocho horas de transporte en camión (Media \pm EE)

Variables conductuales	Tiempo de transporte (h)			
	2	4	6	8
Afiliativas				
Frotar	15.0 \pm 5.1	10.1 \pm 5.1	8.4 \pm 3.4	9.5 \pm 4.1
Apoyar	36.8 \pm 3.5 ^a	35.0 \pm 4.4 ^a	29.0 \pm 5.0 ^a	19.0 \pm 3.3 ^b
Agonistas				
Amenaza	0.6 \pm 0.1 ^a	1.3 \pm 0.5 ^a	2.1 \pm 0.8 ^b	2.3 \pm 0.5 ^b
Topeteo	1.3 \pm 0.5 ^a	2.4 \pm 0.8 ^a	4.6 \pm 0.8 ^b	4.0 \pm 0.5 ^b
Posturas corporales				
Echado	0.2 \pm 0.1	0.3 \pm 0.1	0.5 \pm 0.3	1.1 \pm 0.3
Pie	6.9 \pm 0.3	6.7 \pm 0.4	6.6 \pm 0.5	6.0 \pm 0.8
Caídas	1.6 \pm 1.4 ^a	4.1 \pm 2.1 ^b	5.1 \pm 3.3 ^b	7.3 \pm 6.7 ^c
Balance	22.5 \pm 14.2 ^a	28.1 \pm 10.2 ^a	32.2 \pm 11.5 ^b	20.0 \pm 8.6 ^a
Exploración	30.0 \pm 11.8 ^a	22.3 \pm 7.7 ^a	18.3 \pm 5.3 ^b	11.0 \pm 5.0 ^c
Orientación en el camión				
Paralelo	0.3 \pm 0.1	0.3 \pm 0.1	0.5 \pm 0.2	0.8 \pm 0.3
Perpendicular	5.2 \pm 0.6	5.1 \pm 0.4	4.9 \pm 0.6	4.2 \pm 0.6
Diagonal	1.6 \pm 0.5	1.7 \pm 0.4	1.7 \pm 0.4	2.1 \pm 0.5

^{a,b,c} Superíndices diferentes dentro de filas indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

Análisis Estadístico

El análisis se efectuó utilizando el programa Stata v. 12.0 (College Station, Texas, EEUU). Se estableció la distribución normal de las variables fisiológicas, conductuales y el pH por medio del análisis de los residuales. Las variables sanguíneas VGA, creatinina, BHB y el recuento total de leucocitos presentaron una distribución normal. Las concentraciones de CK, albúmina, lactato, urea, cortisol, glucosa y lactato se transformaron en su logaritmo natural. Este mismo procedimiento se efectuó para las variables conductuales. Los valores obtenidos fueron

utilizados en los análisis posteriores. Todas las estimaciones en escala logarítmica fueron transformadas nuevamente y se presentaron en su escala original como medias \pm DE o medias \pm EE. Se empleó la prueba T-Student para investigar si existían diferencias significativas entre las frecuencias de los variables conductuales y sanguíneas según la localización de los animales en el camión (compartimento anterior y posterior).

Los comportamientos afiliativos y agonistas totales, las posturas corporales y la orientación en el camión no presentaron una distribución normal y se estudiaron por me-

dio de la distribución de Poisson de acuerdo con el tiempo de viaje transcurrido en intervalos de 2 h y la localización en el camión, y se ajustó el análisis para establecer si había diferencias entre los cuatro viajes evaluados. Se obtuvo el riesgo relativo (RR) para cada variable estudiada. Se evaluó la bondad de ajuste de los modelos obtenidos mediante la comparación de los gráficos de residuales frente a los valores del predictor lineal. Un valor de $p < 0.05$ fue aceptado como significativo en todos los análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cambios en la frecuencia del comportamiento durante el transporte se utilizan para evaluar el estrés durante el viaje, toda vez que es una medida de la habilidad del ganado de enfrentar los desafíos de esta etapa y que, con frecuencia, representan el primer nivel de respuesta a condiciones adversas (Temple *et al.*, 2011; Magnani *et al.*, 2014). No se observaron diferencias significativas en las variables conductuales entre los novillos localizados en el compartimento anterior y posterior del camión, ni entre los viajes estudiados. Las interacciones afiliativas fueron más frecuentes que las agonistas, las cuales aumentaron levemente al final del viaje. Las pérdidas de balance y la exploración del ambiente por parte de los bovinos fueron prevalentes, pero esta última presentó una relación inversamente proporcional al tiempo de viaje (Cuadro 2).

Los comportamientos afiliativos son un indicador de las experiencias positivas de los bovinos en los sistemas productivos cuando se miden bajo condiciones comerciales (Boissy *et al.*, 2007). La mayor frecuencia de interacciones afiliativas en los bovinos durante los viajes pudo ser consecuencia de la ausencia de mezcla social, que favoreció el mantenimiento de la cohesión y estabilidad del grupo (Millman y Duncan, 2001; Mounier *et al.*, 2005). Estos comportamientos ayudan a reducir las agresiones y están asociados

con emociones positivas que mejoran el nivel de bienestar animal (Miranda-de la Lama y Martiello, 2010; Miranda de la Lama *et al.*, 2012).

La alta frecuencia de comportamientos exploratorios observados en este estudio, son considerados como expresiones de bajos niveles de miedo en el ganado (Lambooi *et al.*, 2012). El bajo nivel de comportamiento agonista puede indicar que la novedad y la duración del transporte no fueron suficientes para que los bovinos reestablecieran relaciones de dominancia y jerarquía social en el grupo, aspecto también descrito en porcinos (Magnani *et al.*, 2014); sin embargo, estos aumentaron levemente durante el viaje, porque en los grupos sociales los individuos con frecuencia experimentan algún tipo de amenaza de sus congéneres (Miranda-de la Lama y Martiello, 2010; Fox *et al.*, 2014).

Los encuentros antagónicos pueden causar estrés y un incremento de las concentraciones de cortisol sérico (Mounier *et al.*, 2005), aspecto presente en este estudio. Se ha sugerido que las manifestaciones conductuales de los animales ante un agente estresante están de manera estrecha asociadas con el incremento de cortisol, debido a que sus receptores se encuentran localizados en regiones específicas involucradas con la regulación hormonal (hipotálamo e hipófisis) y, en particular, con el sistema límbico, que juega un papel relevante en las conductas emocionales. Es así que las concentraciones plasmáticas de cortisol y glucosa han sido usadas como un indicador confiable de estrés físico agudo y estrés emocional (Kannan *et al.*, 2003).

La orientación perpendicular al eje del camión fue la más frecuente, porque facilita mantener el equilibrio. Así mismo, el ganado permaneció poco tiempo echado mientras que el vehículo estaba en movimiento, aspecto descrito por otros investigadores, tanto en trayectos de corta y larga duración (Cafazzo *et al.*, 2012; Tarrant y Grandin, 2000).

Cuadro 3. Resumen de los modelos de regresión de Poisson para variables de comportamiento de novillos durante viajes de ocho horas en camión

Comportamiento/horas de viaje	Coefficiente	Error estándar	RR ¹	Valor p
Caídas				
Horas de viaje				
0 - 2	Ref. ²	Ref.	Ref.	
2.1 - 4	0.93	0.32	2.5	<0.01
4.1 - 6	1.1	0.31	3.2	<0.01
6.1 - 8	1.5	0.30	4.5	<0.01
Afiliativos (total)				
Horas de viaje				
0 - 2	Ref.	Ref.	Ref.	
2.1 - 4	-0.13	0.07	0.87	0.04
4.1 - 6	-0.33	0.08	0.71	<0.01
6.1 - 8	-0.55	0.08	0.57	<0.01
Agonistas (total)				
Horas de viaje				
0 - 2	Ref.	Ref.	Ref.	
2.1 - 4	0.65	0.29	1.9	0.03
4.1 - 6	1.28	0.29	3.6	<0.01
6.1 - 8	1.20	0.25	3.3	<0.01

¹ RR (riesgo relativo)² Ref (categoría considerada de referencia en el análisis)

De acuerdo con la estimación de los parámetros de los modelos de la distribución de Poisson (Cuadro 3), se estableció que, los novillos tuvieron 4.5 veces más riesgo de caer durante las dos últimas horas de viaje en comparación con las dos primeras horas (RR>1, p<0.05). Los comportamientos afiliativos fueron constantes durante el viaje (RR<1; p<0.05). Es posible que el aumento de la probabilidad de las caídas durante las dos últimas horas del viaje esté asociado con las características topográficas de la vía, teniendo en cuenta que este trayecto correspondió al de montaña, caracterizado por curvas pro-

nunciadas y un aumento rápido de la altitud sobre el nivel del mar. Otros factores involucrados pudieron ser el cansancio de los animales, los cambios inesperados en la velocidad del vehículo, la falta de entrenamiento y conocimiento del conductor de cómo transportar adecuadamente el ganado (Tarrant y Grandin, 2000). Estos factores, asimismo, han sido descritos como causa de accidentalidad durante el transporte de animales (Miranda-de la Lama *et al.*, 2011) y por su efecto negativo en la estabilidad y posibilidad de descanso de ovejas durante el viaje (Cockram *et al.*, 2004; Fox *et al.*, 2014).

Cuadro 4. Descripción de indicadores fisiológicos de estrés durante el transporte de ocho horas de novillos, de acuerdo con su ubicación en el camión

VARIABLES SANGUÍNEAS (Media ± d.e.)	Compartimento anterior	Compartimento posterior
Cortisol (µg/dl)	175.3 ± 70.6 ^a	183.6 ± 48.0 ^b
VGA (%)	53.6 ± 1.5	54.3 ± 1.8
Glucosa (g/l)	8.07 ± 1.6	8.1 ± 1.7
Proteína total (g/l)	86.1 ± 7.3	85.7 ± 4.9
Albumina (g/l)	38.1 ± 0.5	40.4 ± 0.9
Creatinina (mmol/l)	167.4 ± 17.0	166.2 ± 16.9
Urea (mmol/l)	9.1 ± 2.6 ^a	10.9 ± 4.1 ^b
Creatinquinasa (U/l)	993.0 ± 362.5	1.033 ± 454
βHB (mmol/l)	0.41 ± 0.43 ^a	0.30 ± 0.15 ^b
Lactato (mg/dl)	4.37 ± 1.4 ^a	6.0 ± 3.6 ^b
Leucocitos (mil)	243.8 ± 10.9	234.5 ± 9.6
Neutrófilos/Linfocitos (N/L)	0.79 ± 0.06	0.8 ± 0.07

Las variables fueron transformadas previas al análisis estadístico

^{a,b} Superíndices diferentes dentro de filas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Los cambios fisiológicos observados (Cuadro 4) que no comprometieron el metabolismo proteico, ni los constituyentes celulares sanguíneos, indican que los novillos mantuvieron la homeostasis por factores relacionados con su buena condición física y adaptabilidad (Cockram *et al.*, 2004), el diseño del vehículo (Lambooj *et al.*, 2012), las condiciones del viaje, la ausencia de mezcla social (Mounier *et al.*, 2005) y, posiblemente por otros factores que requieren ser evaluados en estudios posteriores. De igual manera, los niveles sanguíneos de βHB encontrados, acordes con los parámetros basales para la especie (Kaneko *et al.*, 2008), sugieren que los bovinos requieren varios días de ausencia de alimento para experimentar ayuno fisiológico (Tadich *et al.*, 2003).

El incremento de las concentraciones sanguíneas de cortisol, glucosa y VGA, independiente de su localización en el camión, puede ser una respuesta a la adaptación de

los animales a la novedad y a la demanda física adicional del transporte y el manejo presacrificio, resultados similares a los reportados en Colombia con novillos cebú bajo similares condiciones, pero sometidos a tiempos de transporte inferiores a 4 h. Estos resultados sugieren que tanto los viajes de corta y larga duración se convierten en un desafío fisiológico para los bovinos (Early *et al.*, 2012; Romero *et al.*, 2014).

En concordancia con lo expuesto por van de Water *et al.* (2003), se observaron diferencias significativas en la respuesta fisiológica al estrés de los bovinos de acuerdo con la localización en el camión (Cuadro 4). Los novillos ubicados en el compartimento posterior presentaron niveles séricos más altos de cortisol y lactato, debido posiblemente a la necesidad de realizar un mayor esfuerzo físico para mantener el balance (Hambrech *et al.*, 2005; Boles *et al.*, 2015). Además, este compartimento al estar más retirado del cen-

tro de gravedad del vehículo es más inestable y se ve más afectado por las corrientes de aire. Los altos niveles de CK indican daño de las células musculares (Romero *et al.*, 2014), en concordancia con la alta frecuencia de pérdidas de balance en el estudio.

El pH medido a las 24 h del sacrificio (pH_{24}) es el indicador más importante usado en la industria para evaluar la calidad de la carne a nivel comercial, por su efecto en el color, textura, terneza y capacidad de retención de agua (Dunne *et al.*, 2011). En este estudio, el 63.5% ($n=36$) de las canales presentó $\text{pH}_{24} \geq 5.8$, sin observarse diferencias significativas de acuerdo con la ubicación de los novillos en el camión. Es posible que el esfuerzo físico de los novillos para mantener el balance durante el viaje y para responder a la novedad del presacrificio, haya provocado un aumento del metabolismo oxidativo y el agotamiento de las reservas de glucógeno muscular (Archile-Contreras y Purslow, 2011; Boles *et al.*, 2015). Sin embargo, este proceso metabólico es multicausal y está influenciado por factores intrínsecos (raza, edad, sexo, peso y temperamento de los animales) y extrínsecos (sistema de producción, dieta, interacción humano-animal, método de aturdimiento, época del año, tipo de oreo, refrigeración de la carne, entre otros) (Ferguson y Warner, 2008).

CONCLUSIONES

- El transporte comercial con una duración de 8 h fue un factor de estrés fisiológico para los novillos, con implicaciones negativas en la presencia de carne con pH alto.
- La ausencia de mezcla social favoreció el comportamiento social positivo, que promovió la cohesión y afiliación entre congéneres.
- Los novillos localizados en el compartimento posterior del camión presentaron niveles más altos de cortisol y lactato como respuesta al mayor esfuerzo físico para mantener el balance.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados de la Universidad de Caldas por la financiación del trabajo y al personal del frigorífico Frigocentro por el apoyo logístico.

LITERATURA CITADA

1. **Archile-Contreras AC, Purslow PP. 2011.** Oxidative stress may affect meat quality by interfering with collagen turnover by muscle fibroblast. *Food Res Int* 44: 582-588. doi: 10.1016/j.foodres.2010.12.002
2. **Boissy A, Manteuffel G, Jensen MB, Moe RO, Spruijt B, Keeling LJ, Winckler C, et al. 2007.** Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiol Behav* 92: 375-397. doi: 10.1016/j.physbeh.2007.02.003
3. **Boles JA, Kohlbeck KS, Meyers MC, Perz KA, Davis KC, Thomson JM. 2015.** The use of blood lactate concentration as an indicator of temperament and its impact on growth rate and tenderness of steaks from Simmental X Angus steers. *Meat Sci* 103: 68-74. doi: 10.1016/j.meatsci.2015.01.003
4. **Cafazzo S, Magnani D, Calà P, Razzuoli E, Gerardi G, Bernardini D, Amadori M, Nanni Costa L. 2012.** Effect of short road journeys on behaviour and some blood variables related to welfare in young bulls. *Appl Anim Behav Sci* 139: 26-34. doi: 10.1016/j.applanim.2012.03.009
5. **Cockram MS, Baxter EM, Smith LA, Bell S, Howard CM, Prescott RJ, Mitchell MA. 2004.** Effect of driver behaviour, driving events and road type on the stability and resting behaviour of sheep in transit. *Anim Sci* 79: 165-176. doi: 10.1017/S1357729800054631
6. **Dunne PG, Monahan FJ, Moloney AP. 2011.** Current perspectives on the darker beef often reported from extensively-managed cattle: does physical activity

- play a significant role? *Livestock Sci* 142: 1-22. doi: 10.1016/j.livsci.2011.06.018
7. **Early E, Murray M, Prendiville DJ, Pintado B, Borque C, Canali E. 2012.** The effect of transport by road and sea on physiological, immunity and behavior of beef cattle. *Res Vet Sci* 92: 531-541. doi: 10.1016/j.rvsc.2011.04.002
 8. **Ferguson DM, Warner RD. 2008.** Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Sci* 80: 12-19. doi: 10.1016/j.meatsci.2008.05.004
 9. **Fox J, Widowski T, Torrey S, Nannoni E, Bergeron R, Gonyou HW, Brown JA, et al. 2014.** Water sprinkling market pigs in a stationary trailer. 1. Effects on pig behaviour, gastrointestinal tract temperature and trailer micro-climate. *Livestock Sci* 160: 113-123. doi: 10.1016/j.livsci.2013.12.019
 10. **Gallo C, Lizondo G, Knowles TG. 2003.** Effects of journey and lairage time on steers transported to slaughter in Chile. *Vet Rec* 152: 361-364. doi: 10.1136/vr.152.12.361
 11. **Hambrecht E, Eissen JJ, Newman DJ, Smits CH, den Hartog LA, Verstegen MWA. 2005.** Negative effects of stress immediately before slaughter on pork quality are aggravated by suboptimal transport and lairage conditions. *J Anim Sci* 83: 440-448. doi: 10.2527/2005.832440x
 12. **Kaneko J, Harvey J, Bruss M. 2008.** Clinical biochemistry of domestic animals. 6th ed. San Diego, USA: Academic Press. 484 p.
 13. **Kannan G, Kouakou B, Terril TH, Gelaye S. 2003.** Endocrine, blood metabolite, and meat quality changes in goats as influenced by short-term, preslaughter stress. *J Anim Sci* 81: 1499-1507. doi: 10.2527/2003.8161499x
 14. **Lambooy E, van Der Werf, JTN, Reimert HGM, Hindle VA. 2012.** Compartment height in cattle transport vehicles. *Livestock Sci* 148: 87-94. doi: 10.1016/j.livsci.2012.05.014
 15. **Magnani D, Cafazzo S, Calà P, Razzuoli E, Amadori M, Bernardini D, Gerardi G, Nanni Costa L. 2014.** Effect of long transport and environmental conditions on behavior and blood parameters of postweaned piglets with different reactivity to backtest. *Livestock Sci* 162: 201-208. doi: 10.1016/j.livsci.2014.01.011
 16. **Mather AE, Innocent GT, McEwen SA, Reilly WJ, Taylor DJ, Steele WB, Gunn GJ, et al. 2007.** Risk factors for hide contamination of Scottish cattle at slaughter with *Escherichia coli* O157. *Prev Vet Med* 80: 257-270. doi: 10.1016/j.prevetmed.2007.02.011
 17. **Millman ST, Duncan IJH. 2001.** Social cognition of farm animals. In: Keeling L, Gonyou H (eds). *Social behaviour of adaptation and domestication in livestock*. Wallingford, UK: CABI Publishing. p 373-400.
 18. **Miranda-de La Lama GC, Mattiello GC. 2010.** The importance of social behavior for goat welfare in livestock farming. *Small Ruminant Res* 90: 1-10. doi: 10.1016/j.smallrumres.2010.01.006
 19. **Miranda-de La Lama GC, Sepúlveda WS, Villarroel M, Olleta, JL, García-Belenguier S, María GA. 2011.** Livestock vehicle accidents in Spain: causes, consequences, and effects on animal welfare. *J Appl Anim Welf Sci* 14: 109-123. doi: 10.1080/10888705.-2011.551622
 20. **Miranda-de La Lama GC, Villarroel M, María GA. 2012.** Behavioural and physiological profiles following exposure to novel environmental and social mixing in lambs. *Small Ruminant Res* 103: 158-163. doi: 10.1016/j.smallrumres.-2011.08.007
 21. **Mounier L, Veissier I, Boissy A. 2005.** Behavior, physiology, and performance of bulls mixed at the onset of finishing to form uniform body weight groups. *J Anim Sci* 83: 1696-1704. doi: 10.2527/2005.8371696x

22. **Romero MH, Gutiérrez C, Sánchez JA. 2012.** Evaluation of bruises as an animal welfare indicator during pre-slaughter of beef cattle. *Rev Colomb Cienc Pecu* 25: 267-275.
23. **Romero MH, Uribe-Velázquez LF, Sánchez JA. 2014.** Physiological profiles of Zebu steers during transport and pre-slaughter. *Rev Colom Cienc Pecu* 27: 282-289.
24. **Romero MH, Uribe-Velásquez LF, Sánchez JA, Miranda-de La Lama GC. 2013.** Risk factors influencing bruising and high muscle pH in Colombian cattle carcasses due to transport and pre-slaughter operations. *Meat Sci* 95: 256-263. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.05.014
25. **Romero MH, Uribe-Velásquez LF, Sánchez JA, Rayas-Amor AA, Miranda-de La Lama GC. 2017.** Conventional versus modern abattoirs in Colombia: impacts on welfare indicators and risk factors for high muscle pH in commercial Zebu young bulls. *Meat Sci* 123: 173-181. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.10.003
26. **Stockman CA, Collins T, Barnes AL, Miller D, Wickham SL, Beatty DT Blache D, et al. 2013.** Flooring and driving conditions during road transport influence the behavioural expression of cattle. *Appl Anim Behav Sci* 143: 18-30. doi: 10.1016/j.applanim.2012.11.003
27. **Tadich N, Gallo C, Echeverría R, van Schaik G. 2003.** Efecto del ayuno durante dos tiempos de confinamiento y de transporte terrestre sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en novillos. *Arch Med Vet* 2: 171-185. doi: 10.4067/S0301-732X2003000200005
28. **Tarrant V, Grandin T. 2000.** Cattle transport. In: Grandin T. (ed). *Livestock handling and transport*. 2nd ed. Wallingford, UK: CABI Publication. p 151-173.
29. **Temple D, Manteca X, Velarde A, Dalmau A. 2011.** Assessment of animal welfare through behavioural parameters in Iberian pigs in intensive and extensive conditions. *Appl Anim Behav Sci* 131: 29-39. doi: 10.1016/j.applanim.2011.01.013
30. **van De Water G, Verjans F, Geers R. 2003.** The effect of short distance transport under commercial conditions on the physiology of slaughter calves; pH and colour profiles of veal. *Livestock Prod Sci* 82: 171-179. doi: 10.1016/S0301-6226(03)00010-1