



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA INVESTIGACIÓN Y SERVICIO EN
ZOOTECNIA

POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA Y BIENESTAR ANIMAL DURANTE EL TRANSPORTE DE BOVINOS

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

Presenta:

SILVIA LARIOS CUETO

Bajo la supervisión de:

Rodolfo Ramírez Valverde Ph. D.

María Esther Ortega Cerrilla Ph. D.



APROBADA



Chapingo, México, Mayo de 2020

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA Y BIENESTAR ANIMAL DURANTE EL TRANSPORTE DE BOVINOS

Tesis realizada por **SILVIA LARIOS CUETO** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

DIRECTOR: _____



Rodolfo Ramírez Valverde, Ph.D.

CO-DIRECTOR: _____



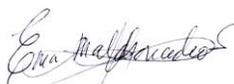
María Esther Ortega Cerrilla, Ph.D.

ASESOR: _____



Gustavo Ramírez Valverde, Ph.D.

ASESOR: _____



Ema Maldonado Simán, Ph.D.

LECTOR EXTERNO: _____



Agustín Orihuela Trujillo, Ph.D.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
DATOS BIOGRÁFICOS.....	x
RESUMEN GENERAL.....	xi
GENERAL ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
2. FACTORES ASOCIADOS CON EL BIENESTAR ANIMAL EN EL TRANSPORTE Y SUS REPERCUSIONES EN LA PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA: REVISIÓN.....	3
2.1. Introducción.....	5
2.2. Bienestar animal durante el transporte	6
2.3. Factores asociados a la pérdida de BA en el transporte de bovinos..	8
2.3.1. Disponibilidad de espacio.....	9
2.3.2. Duración del transporte (DT).....	11
2.3.3. Condiciones ambientales	13
2.3.4. Chofer y condiciones del vehículo.....	15
2.4. Repercusiones del transporte en la cadena de producción de carne.....	16

2.4.1.	Incidencia de enfermedades, lesiones y mortalidad.....	17
2.4.2.	Pérdida de peso y rendimiento en canal	21
2.4.3.	Calidad e inocuidad de la carne	22
2.5.	Repercusiones económicas	23
2.6.	Consideraciones finales	24
2.7.	Conclusiones	25
2.8.	Literatura citada.....	26
3.	POSTURAS CORPORALES COMO INDICADOR DE BIENESTAR ANIMAL DURANTE EL TRANSPORTE DE BOVINOS A RASTRO EN MÉXICO.....	39
3.1.	Introducción.....	41
3.2.	Materiales y Métodos	42
3.2.1.	Descripción del estudio	42
3.2.2.	Indicadores de bienestar durante el transporte	43
3.2.3.	Análisis estadístico.....	44
3.3.	Resultados y discusión.....	45
3.4.	Conclusiones	52
3.5.	Agradecimientos.....	53
3.6.	Literatura citada.....	53
4.	FACTORES DEL TRANSPORTE QUE INFLUYEN EN EL BIENESTAR ANIMAL Y LA SALUD DE BOVINOS DESTINADOS A CORRAL DE FINALIZACIÓN.....	59
4.1.	Introducción	61
4.2.	Materiales y métodos	62
4.2.1.	Descripción del estudio	62
4.2.2.	Análisis estadístico.....	64
4.3.	Resultados y discusión.....	65

4.3.1.	Identificación de factores importantes asociados con el transporte.....	65
4.3.2.	Características del ganado.....	67
4.3.3.	Espacio disponible	68
4.3.4.	Distancia de transporte y tiempo de desembarque	69
4.3.5.	Condiciones ambientales	71
4.3.6.	Uso de arreador eléctrico	73
4.4.	Conclusiones	74
4.5.	Agradecimientos.....	75
4.6.	Literatura citada.....	75
5.	IMPLICACIONES GENERALES	82
6.	APÉNDICES.....	84

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Conductas y biomarcadores clínicos propuestos para evaluar el bienestar animal (BA) en bovinos.....	8
Cuadro 2. Disponibilidad de espacio (DE, m ² por animal) recomendada para el transporte de bovinos, estimadas por diferentes ecuaciones alométricas* para diferentes pesos vivos (PV, kg) de animales.....	10
Cuadro 3. Posturas corporales y su probabilidad estimada de ocurrencia en relación con los factores que afectan el transporte de los animales.	46
Cuadro 4. Presencia de cojeras (PC) y pérdida de peso (PP) en bovinos, y coeficientes de regresión de animales echados (β_1) y caídos (β_2) durante el transporte.	49
Cuadro 5. Incidencia de cojeras (PC) y pérdida de peso (PP) en relación con el uso del arreador eléctrico en el transporte de bovinos.....	52
Cuadro 6. Factores asociados al transporte que influyen en los indicadores de bienestar y de salud en el ganado de carne de acuerdo con su nivel de significancia ($p \leq 0.05$).....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Probabilidad estimada de ocurrencia de cojeras (PC) y animales caídos (AC) en relación con el tipo racial del ganado.67
- Figura 2. Efecto del espacio disponible (K) sobre la probabilidad estimada de ocurrencia de los indicadores de bienestar (AP=animales parados, AE=animales echados, AC=animales caídos) y de salud (PA=problemas de aislamiento) del ganado para carne.69
- Figura 3. Probabilidad estimada de ocurrencia de posturas corporales durante el transporte (A) y de problemas de salud (B), en respuesta a la época y sistema de origen de los animales.72
- Figura 4. Efecto del arreador eléctrico sobre los indicadores de bienestar y de salud en ganado para carne.....74

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice 1. Hoja utilizada en el registro de factores que afectan el transporte de bovinos.....	84
Apéndice 2. Descripción de los indicadores de bienestar y salud para el transporte de ganado bovino.....	85
Apéndice 3. Hoja utilizada en el registro del comportamiento (posturas corporales) de los bovinos durante el transporte.....	86
Apéndice 4. Hoja utilizada en la identificación de animales con signos de problemas respiratorios o cojeras después del transporte.....	87
Apéndice 5. Nivel de significancia de los factores asociados con el transporte.....	88

DEDICATORIAS

A mis padres, mi hermano y mi Emi bebé

Mis Profesores y amigos

Mi alma mater

A la vida...

"El futuro tiene muchos nombres.

para los débiles es lo inalcanzable.

para los temerosos, lo desconocido.

para los valientes es la oportunidad." Victor Hugo

Silvia

AGRADECIMIENTOS

Con sincero agradecimiento a todos aquellos que de manera directa o indirecta colaboraron para la elaboración de este trabajo y de manera especial a:

Dr. Rodolfo Ramírez Valverde

M.C. Juan Carlos García Ortiz

Joaquín González Rosas

Armando Buendía Feroso

Acopiadores y Engordadores

Empresa AGROSISIAN

*“En la guerra como en el amor,
para llegar al objetivo
es preciso aproximarse” Napoleón Bonaparte*

Silvia

DATOS BIOGRÁFICOS

Nombre: Silvia Larios Cueto.

Lugar de nacimiento: Mecapalapa, Puebla.

Fecha de nacimiento: 2 de septiembre de 1990.

Domicilio: Unidad Habitacional Portal ojo de agua,
Sec. Tauro, # 409, Ozumbilla, Tecámac, Edo. De Méx.

Tel.: 01 55 17 07 08 95. **Cel.:** 77 17 22 19 28

Correo electrónico: larioscs@gmail.com



FORMACIÓN ACADÉMICA

Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera

Línea de investigación: Bienestar animal, inocuidad y calidad de la carne.

Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. Méx., 2013-2014.

Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia

Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. Méx., 2008-2012.

PUBLICACIONES

Larios-Cueto., S., R. Ramírez-Valverde, G. Aranda-Osorio, M. E. Ortega C., J. C. García-Ortiz. 2019. **Indicadores de estrés en bovinos por el uso de prácticas de manejo en el embarque, transporte y desembarque.** Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias;10(4): 885-902.

Larios-Cueto, S. **Factores que influyen en el bienestar animal durante el transporte de bovinos a rastro en México.** In IV Encuentro Internacional de Investigadores en Bienestar Animal & Reunión Regional de ISAE–Latinoamérica, 2018. Valdivia, Chile. 4-7 de diciembre de 2018.

Larios-Cueto., S. 2015. **Indicadores fisiológicos, productivos y económicos en respuesta al manejo y transporte de bovinos.** Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, México. 65 p.

Larios-Cueto., S., U. Rosas. V., M. E. Ortega C. 2014. **Bienestar animal durante el transporte y sacrificio en América Latina.** In: I. Domínguez-Vara (ed.). Tecnología y ciencia de la carne de animales rumiantes (pp.160-174), México: Universidad Autónoma del Estado de México.

RESUMEN GENERAL

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA Y BIENESTAR ANIMAL DURANTE EL TRANSPORTE DE BOVINOS

El objetivo de esta tesis fue identificar los principales factores que comprometen el bienestar animal (BA) durante el transporte comercial de bovinos y sus repercusiones en la salud y pérdida de peso a la llegada al corral de finalización o rastro. Las fases del estudio consistieron en: 1) identificar los factores más estudiados y sus principales efectos en el BA, a través de una revisión de literatura; 2) determinar los factores que influyen en la presentación de posturas corporales específicas en bovinos durante su transporte y la relación de estas posturas con la pérdida de peso (PP) o presencia de cojeras (PC) en animales finalizados transportados a rastro; y 3) determinar los factores que afectan el BA durante el transporte comercial de bovinos a través de indicadores no invasivos de BA durante el transporte y la presencia de problemas respiratorios (PR), cojeras (PC) y aislamiento (PA) a la llegada al corral de finalización. Bajo las condiciones de los estudios realizados y los resultados obtenidos, se concluye que: 1) indicadores no invasivos como las posturas corporales específicas de animales echados y caídos durante el transporte influyeron en la PP y PC, por lo que son indicadores apropiados de BA durante el transporte de animales finalizados enviados a rastro; y 2) los factores que influyen en la pérdida de BA y la salud durante el transporte de bovinos destinados a corral de finalización fueron el uso del arreador eléctrico, época del año, raza del animal, distancia de transporte, espacio disponible (coeficiente alométrico, K) y tiempo de desembarque. En general, se requiere considerar y atender los factores que afectan el BA durante el transporte, para establecer estrategias que ayuden a mejorar el BA y reducir sus efectos adversos en los diferentes eslabones de la cadena de producción.

Palabras clave: pérdida de peso, problemas respiratorios, cojeras, posturas corporales

Tesis de Doctorado en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Silvia Larios Cueto.

Director de Tesis: Rodolfo Ramírez Valverde y María Esther Ortega Cerrilla.

GENERAL ABSTRACT

FACTORS INFLUENCING PERFORMANCE AND ANIMAL WELFARE RESPONSE DURING TRANSPORT OF CATTLE

This thesis aimed to identify the most important factors that compromise animal welfare (BA) during the commercial transport of cattle and their repercussions on health and weight loss on arrival at the feedlot or slaughterhouse. The phases of the study consisted to: 1) identify the most studied factors and their main effects on BA, through a literature review; 2) determine the factors that influence the presentation of specific body postures in cattle during transport and the relationship of these postures with weight loss (PP) or presence of lameness (PC) in finished animals transported to slaughterhouses; and 3) determine the factors affecting BA during commercial transport of cattle through non-invasive indicators of BA during transport and the presence of respiratory problems (PR), lameness (PC) and isolation (PA) on arrival at the feedlot. Under the conditions of the studies developed and the results obtained, it is concluded that: 1) non-invasive indicators such as specific body postures of animals lying and falling during transport influenced PP and PC; therefore, they are appropriate indicators of BA during transport of finished animals send to the slaughterhouse; and 2) the factors influencing the loss of BA and health during transport of cattle destined to feedlot were the use of the electric prod, season of the year, breed of animal, transport distance, space allowance (allometric coefficient, K) and time of unloading. In general, the factors that affect BA during transport need to be considered and attended to establish strategies for helping to improve BA and reduce its adverse effects on the different points of the production chain.

Keywords: weight loss, respiratory problems, lameness, body postures

Tesis de Doctorado en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Silvia Larios Cueto.

Director de Tesis: Rodolfo Ramírez Valverde y María Esther Ortega Cerrilla.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El bienestar de los animales durante su transporte al corral de engorda o rastro repercute en la salud, parámetros productivos y calidad de la carne. La pérdida de bienestar animal (BA) durante el transporte ocurre porque los animales se someten a múltiples factores desencadenantes de estrés, como el manejo, mezcla de animales de diferente procedencia, contacto con personal extraño; tipo de vehículos, desafíos físicos, densidad de carga, movimiento, ruido y vibración del vehículo; cambios de ambiente, y ayuno; entre otros (María, 2005).

El transporte, embarque y desembarque, realizados deficientemente generan altos niveles de estrés, lesiones y daños físicos, que podrían incluso provocar la muerte del animal. Por otro lado, se producen pérdidas económicas en la cadena productiva, relacionadas con decomisos por contusiones de diferente grado, mortalidad animal, bajo rendimiento de la canal y aparición de carne DFD (*Dark, Firm and Dry*) (Larios-Cueto, 2015). La *National Beef Quality Audit* (NBQA, 2016) en Estados Unidos estima que se pierde alrededor de 10 US\$ en el valor de cada animal finalizado, por decomisos debido a contusiones en las canales.

La alteración del BA producido por el transporte, puede evaluarse mediante la magnitud de la respuesta fisiológica, de comportamiento, y del costo biológico y económico de estas respuestas. Sin embargo, su medición objetiva es difícil, ya que es necesario comprender y combinar indicadores fisiológicos, productivos y etológicos relacionados con la pérdida de bienestar animal (Broom & Molento, 2004; Romero, Uribe-Velásquez, & Sánchez, 2012). Debido a lo anterior, en el Capítulo 2 de esta tesis presenta una revisión de literatura relacionada con los factores involucrados en el transporte y sus efectos en el bienestar animal de bovinos. En los Capítulos 3 y 4 se presentan dos trabajos de investigación, donde el objetivo fue determinar los principales factores que comprometen el bienestar animal durante el transporte comercial de bovinos, y evaluar sus repercusiones productivas y de salud en bovinos transportados a corral de finalización o rastro.

Literatura citada

- Broom, D. M. & Molento, C. F. M. (2004). Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas-Revisão. *Archives of Veterinary Science*, 2(9), 1-11. <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v9i2.4057>
- Larios-Cueto., S. 2015. *Indicadores fisiológicos, productivos y económicos en respuesta al manejo y transporte de bovinos (Tesis de Maestría)*. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- María, G. A. (2005). Transporte de Ganado Bovino, Bienestar Animal y Calidad de la Carne. *In: El Camino de la Trazabilidad Nº 52*. Proyecto Europeo CATRA. Grupo de Bienestar Animal y Calidad. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.
- NBQA (National Beef Quality Audit). (2016). National Beef Quality Audit Executive Summary. Colorado, USA. Recuperado de <http://www.bqa.org>
- Romero, P. H. M. & Sánchez, V. J. (2012). Bienestar animal durante el transporte y su relación con la calidad de la carne bovina. *Revista MVZ-Córdoba*, 17, 2936-2944. <https://doi.org/10.21897/rmvz.264>
- .

Este capítulo fue preparado para enviarse a *Tropical and Subtropical Agroecosystems*

2. FACTORES ASOCIADOS CON EL BIENESTAR ANIMAL EN EL TRANSPORTE Y SUS REPERCUSIONES EN LA PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA: REVISIÓN

Resumen

El objetivo de esta revisión es identificar y presentar los principales factores que afectan el bienestar animal (BA) de bovinos durante su transporte a corral de finalización o rastro, para poder diseñar estrategias que ayuden a mejorar el bienestar de los animales y reducir sus efectos negativos en la cadena de producción. El transporte es uno de los procesos en el que más se compromete el BA, debido a que los animales son sometidos a múltiples factores que producen cambios fisiológicos y conductuales a consecuencia del estrés; si se realiza de manera inapropiada, la magnitud de estos cambios aumenta, produciendo enfermedades, lesiones e inclusive la muerte del animal. Algunos de los factores que se discuten son: la disponibilidad de espacio en el remolque, la duración del transporte, las condiciones climáticas y las características de los vehículos y el conductor, debido a que varios autores han demostrado que su conocimiento y control podrían contribuir a mejorar el BA animal, la productividad y por ende la calidad e inocuidad de la carne.

Palabras Clave: condiciones de transporte; pérdida de peso; contusiones; mortalidad.

FACTORS ASSOCIATED WITH ANIMAL WELFARE IN TRANSPORT AND THEIR IMPACT ON BOVINE MEAT PRODUCTION: REVIEW

Abstract

The objective of this review is to identify and present the main factors that affect the animal welfare (AW) of cattle during their transport to the final feedlot or slaughterhouse, in order to design strategies that help to improve the welfare of the animals and reduce their negative effects in the production chain. Transport is one of the processes in which the AW is more committed because the animals are subjected to multiple factors that produce physiological and behavioral changes as a result of stress; if done improperly, the magnitude of these changes increases, producing diseases, injuries and even the death of the animal. Some of the factors discussed are: the availability of space in the trailer, the duration of the transport, the climatic conditions and the characteristics of the vehicles and the driver, because several authors have demonstrated that their knowledge and control could contribute to improve AW, productivity; therefore, the quality and innocuousness of meat.

Key words: transport conditions; weight loss; contusions; mortality.

2.1. Introducción

Durante el transporte los bovinos se someten a múltiples factores que producen estrés, agotamiento y lesiones físicas, tales como el embarque, desembarque, tiempo y distancia de viaje, condiciones ambientales, desafíos físicos y prácticas de manejo. El tipo de ganado (sexo, raza y edad), su estado nutricional y el lugar de origen también son factores a considerar durante el proceso, ya que pueden comprometer el bienestar de los animales (Grandin, 2000; Romero y Sánchez, 2012). Todos los factores mencionados pueden aumentar la mortalidad, la presencia de enfermedades, la pérdida de peso (merma), las contusiones en las canales, y disminuir el rendimiento en canal, además de afectar las características organolépticas de la carne (Minka y Ayo, 2007), con los daños económicos correspondientes en cada etapa de la producción de carne.

Los factores que más influyen en la pérdida de peso durante el transporte de ganado gordo (finalizado) son el tiempo de transporte, la temperatura ambiental y la experiencia del conductor, alcanzando mermas por estos efectos entre 4 y 10% (González *et al.*, 2012a). En cuanto a la presencia de contusiones, Strappini *et al.* (2010) encontraron que la procedencia de los animales es un factor de riesgo importante (provenientes de mercados de subasta 23% vs ranchos 17%). Factores ambientales, como humedad relativa y temperatura (>31% y >35 °C, respectivamente) incrementan la probabilidad de aparición de cortes DFD (*Dry, Firm and Dark*) (*Odds Ratio*=31.6) y el tiempo de transporte a rastro por más de 40 minutos (*Odds Ratio*=24.3) (Pérez-Linares *et al.*, 2013). Sin embargo, en otros estudios ninguno de los factores discutidos anteriormente ha sido de importancia (Van der Water *et al.*, 2003; Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012).

Para algunos de los factores estudiados se han encontrado evidencias claras de su efecto en el bienestar animal (BA); por ejemplo, el tiempo de transporte (González *et al.*, 2012a); sin embargo, para otros factores los resultados han sido variables, dependiendo de las condiciones específicas de los estudios y los procedimientos

utilizados para evaluar el BA (Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012). La evaluación del BA es compleja, por lo que se han propuesto medidas específicas para las diferentes especies, parámetros de medición y pruebas en las distintas etapas de la cadena de producción (Heinemann *et al.*, 2018).

Por lo anterior, es importante conocer y discutir sobre la magnitud de los efectos considerados en diversos estudios, para contribuir a mejorar el estado del conocimiento en este tema y su atención. El objetivo de esta revisión de literatura es identificar y presentar los principales factores que afectan el BA de bovinos durante su transporte a corral de finalización (sistema de engorda intensivo) o rastro, para poder diseñar estrategias que ayuden a mejorar el bienestar de los animales, y reducir los efectos negativos en la producción y calidad de la carne.

2.2. Bienestar animal durante el transporte

El concepto de BA surge de la crítica social por la manera en cómo el hombre trata a los animales. Harrison (1964) indicó que los animales de interés zootécnico eran tratados sólo como “máquinas de producción”; por lo que se creó en 1965 el *Comité Brambell*. El propósito fue establecer las libertades de los animales: 1) hambre y sed; 2) incomodidad; 3) dolor, lesión y enfermedad; 4) poder expresar su comportamiento normal; y 5) miedo y distrés. De una manera menos subjetiva Broom (1986; 1991), y Broom y Molento (2004), definieron el BA como una medida de la adaptación de los animales a su ambiente, la cual tiene que ser fácil y rápida para disminuir sus efectos negativos. En la actualidad, el BA tiene como objetivo generar el conocimiento necesario para desarrollar estrategias, con el fin de mejorar el bienestar en los procesos de producción y fortalecer la aceptación social de alimentos de origen animal (Schmid *et al.*, 2018).

El transporte es uno de los procesos en el que más se compromete el BA, debido a que los animales son sometidos a múltiples factores desencadenantes de estrés como el mal manejo o manipulación excesiva; la mezcla de animales de diferente procedencia; el contacto de los animales con ambientes y personal extraño; las

condiciones físicas y mecánicas de los vehículos, como el exceso de movimiento, ruido o vibración del vehículo; la presencia de desafíos físicos, como las rampas y superficies resbaladizas; la poca disponibilidad espacio en el remolque; y la privación de alimento y agua (María, 2005; Gallo, 2016).

La alteración del BA producida por el transporte puede evaluarse a través de variables fisiológicas, de comportamiento y del costo biológico o económico de estas respuestas. Sin embargo, según Romero *et al.* (2011a), una medición objetiva es difícil, ya que es necesario comprender y combinar indicadores fisiológicos, productivos y etológicos. Los principales indicadores para la evaluación del BA durante el transporte señalados por Welfare Quality® (2009) y Brinkmann *et al.* (2016), se refieren a la incidencia de resbalones, caídas, reusarse a moverse, efectuar vueltas durante el desembarque, movimientos de retroceso, cojeras y hematomas.

La *European Food Safety Authority* (EFSA, 2011) recomienda evaluar el BA durante el transporte por medio de indicadores basados en la observación del comportamiento de los animales. En el Cuadro 1 se describen algunos indicadores clínicos y de conducta útiles en la evaluación del BA de bovinos; la respuesta de cada indicador puede variar de acuerdo al tipo de agente estresor al que es sometido el animal, ya sea nutricional, físico o psicológico.

Los procesos que causan dolor, como las cojeras; y la presencia de enfermedades multifactoriales, como las respiratorias, diarreas, mortalidad, presencia de lesiones o la disminución en el peso vivo (PV) son indicadores que se refieren a deficiencias en el BA. En relación con el decremento en productividad, Galindo y Manteca (2016) consideran que la evaluación de la pérdida de PV usualmente considera el valor promedio en la explotación; sin embargo, recomiendan que la evaluación del BA debe realizarse de manera individual, por lo que es más útil el uso de la variabilidad entre animales.

Cuadro 1. Conductas y biomarcadores clínicos propuestos para evaluar el bienestar animal (BA) en bovinos.

Indicador de BA	Conductas en el animal	Biomarcador clínico (rango normal)
Miedo o excitación	Agresión, vocalización, conducta de escape, micción, defecación	Cortisol (0-20 ng·ml ⁻¹)
Ayuno prolongado	Disminución de movimientos ruminales	¹ AGL (0.06-0.09 mol·L ⁻¹) ² β-HB (0.02-0.46 mmol·L ⁻¹) ³ GLU (50-70 mg·dL ⁻¹)
Esfuerzo físico, agotamiento	Rehusar a moverse, apatía	⁴ CK (35-280 U·L ⁻¹)
Dolor y lesiones	Cojeras, renuencia a moverse, postura corporal anormal, lesiones en piel, hinchazón de extremidades	⁵ TC (37.7-38.5 °C)
Enfermedad	Descarga nasal y ocular, tos, respiración anormal, diarrea, vómito, postración, colapso, mortalidad	⁵ TC (37.7-38.5 °C) Presencia de patógenos (<i>Clostridium sp.</i> , <i>Pasteurella multocida</i> , <i>Manheimia haemolytica</i> y <i>Haemophilus somnus</i>)
Deshidratación	Sed extrema	⁶ PTS (6.8-7.54 g·dL ⁻¹) Hematocrito (24-46%)
Hipertermia o hipotermia	Postración, colapso, mortalidad, sudoración, sed, pilo-erección	⁵ TC (37.7-38.5 °C)
Comportamiento productivo	Baja en condición corporal	Producción de carne (cambio de peso kg d ⁻¹)

¹AGL = ácidos grasos libres. ²β-HB = β-hidroxibutirato. ³GLU = glucosa. ⁴CK = creatininfosfoquinasa. ⁵TC = temperatura corporal (TC). ⁶PTS = proteínas totales en suero. Fuente: Knowles y Warriss, 2000; EFSA, 2011.

2.3. Factores asociados a la pérdida de BA en el transporte de bovinos

El conocimiento de los factores que pueden influir en la pérdida de bienestar es importante para tomar decisiones al momento de realizar el transporte, para reducir o evitar pérdidas económicas, por la merma de peso, lesiones, enfermedades y mortalidad de los animales. El BA durante el transporte es un foco de atención para varios sectores de la población humana, ya que es considerado un atributo de calidad (calidad ética) y un elemento diferenciador para la comercialización de

productos (Gallo, 2008; Romero y Sánchez, 2012). Por tal razón, en países desarrollados, el BA está implícito en la normatividad vigente, para realizar actividades relacionadas con la producción animal (KAT, 2018). Por ende, una cantidad importante de investigaciones se han realizado para evaluar los principales factores que influyen en el BA (Tarrant y Grandin, 2000; Miranda-de la Lama, 2013).

2.3.1. Disponibilidad de espacio

El espacio disponible para los animales durante el transporte es uno de los aspectos claves para mejorar el BA. La densidad de carga puede estar expresada en kg de PV por m² o como disponibilidad de espacio (DE) en m² por animal (Petherick y Phillips, 2009). Sin embargo, desde el punto de vista de BA, es más apropiado referirse a DE. La determinación del espacio óptimo durante el transporte es una actividad difícil, porque el espacio disponible interactúa con otros aspectos del ambiente general durante el transporte, como son las características físicas del animal; la presencia de otros animales, en especial si son extraños; los materiales de construcción y la comodidad del remolque, especialmente el piso (Miranda-de la Lama, 2013); la acumulación de excremento, con la consecuente acumulación de gases generados; el ambiente térmico dentro del remolque y la capacidad del animal para mantener la termoneutralidad (Armstrong, 1994; Ishiwata *et al.*, 2008).

Actualmente, la DE se puede calcular mediante ecuaciones alométricas, que consideran el volumen del animal a través del PV, y la posición del animal (parado o acostado) y el espacio requerido para un desplazamiento mínimo. Por lo anterior, Petherick (1983) propone la ecuación para la DE como: $DE (m^2) = 0.019 \cdot PV^{0.66}$; mientras que *Animal Welfare Council* (FAWC, 1991) propuso: $DE (m^2) = 0.021 \cdot PV^{0.67}$. Por otra parte, González *et al.* (2012b) propusieron la estimación de un Coeficiente Alométrico (K), dado en m² por animal/PV^{0.6667} como el mejor indicador para la DE, y sugirieron que un K = 0.020 es apropiado para el transporte comercial de bovinos. En adición a lo anterior, en aquellos animales con cuernos, la EFSA (2011) recomienda incrementar la DE de 5 a 7%. En el Cuadro 2 se resumen las DE recomendadas por algunos autores para animales de diferente PV.

Cuadro 2. Disponibilidad de espacio (DE, m² por animal) recomendada para el transporte de bovinos, estimadas por diferentes ecuaciones alométricas* para diferentes pesos vivos (PV, kg) de animales.

PV	DE1	DE2	DE3	DE4
200	0.63	0.73	0.89	0.66
250	0.73	0.85	1.03	0.77
300	0.82	0.96	1.16	0.86
350	0.91	1.06	1.29	0.96
400	0.99	1.16	1.41	1.04
450	1.07	1.26	1.52	1.13
500	1.15	1.35	1.63	1.21
550	1.22	1.44	1.74	1.29
600	1.30	1.53	1.84	1.36

* DE1 = 0.019*PV^{0.66} (Petherick, 1983); DE2 = 0.021*PV^{0.67} (FAWC, 1991); DE3 = 0.027*PV^{0.66} (Petherick y Philips, 2009); DE4 = 0.020*PV^{0.66} (González *et al.*, 2012b).

En algunos estudios de transporte comercial se ha reportado el uso de DE menores que lo recomendado. En Chile, Gallo *et al.* (2005) calcularon una DE de 1 m² para animales de 453 kg (K = 0.017), con un rango amplio de variabilidad en PV de los animales, 106 a 693 kg, y valores de K estimados desde 0.04 a 0.013. En Canadá, González *et al.* (2012b) reportaron valores de DE entre 1 y 2 m² por animal, estimando valores de K que fluctuaron entre 0.015 y 0.026 para becerros de 200 kg (DE = 0.50-0.86 m² por animal), entre 0.017 y 0.024 para animales de recría con PV entre 275 y 500 kg (DE = 0.69-1.45 m² por animal), y entre 0.018 a 0.035 para ganado finalizado con más de 500 kg (>1.16 m² por animal). Las DE inapropiadas disminuyen el BA, al favorecer la pérdida de balance en los animales (Miranda-de la Lama, 2013). Tarrant (1990) encontró que a mayor DE en bovinos, se presenta una mayor proporción de pérdidas de balance por desplazamientos; sin embargo, el riesgo de muertes por aplastamientos es mayor con altas densidades, es decir menores DE (Tarrant *et al.*, 1992).

2.3.2. Duración del transporte (DT)

La DT se define como el tiempo que transcurre desde que el último animal sube al vehículo hasta que el primer animal baja de él en el lugar de destino, incluyendo el tiempo transcurrido en paradas de rutina durante el trayecto (Schwartzkopf-Genswein y Grandin, 2014). Muchos autores asumen que la distancia del recorrido es equivalente a la duración del viaje (Miranda-de la Lama, 2013); sin embargo, esto no siempre se cumple, ya que la DT involucra otros factores, como el tipo de camino (asfalto, terracería, carretera), la orografía y relieve del trayecto, las paradas de rutina, los imprevistos y la logística del viaje; de tal manera que se tienen viajes de distancias cortas con tiempos de transporte prolongados y viceversa, por lo cual podría ser más apropiado referirse a la DT.

La DT es considerada como uno de los factores más importantes que explica la pérdida de PV durante el transporte, debido al estrés producido, agotamiento físico y privación de alimento y agua (Broom, 2008), simultáneamente asociado con contusiones y un mayor número de animales caídos durante el viaje (Gallo, 2008). En el transporte por tiempos largos, los bovinos tienen que mantener el balance y el contacto entre ellos, produciendo fatiga y contusiones que afectan la permeabilidad de la membrana celular y la liberación de creatininfosfoquinasa (CK) hacia el torrente sanguíneo. Algunos autores como Tadich *et al.* (2000) han reportado incrementos en la CK de hasta 90% después de un transporte prolongado (36 h), asociando este metabolito con el daño muscular producido.

María *et al.* (2003) mencionan que algunos biomarcadores asociados con estrés en bovinos, como el cortisol, varían según la DT; para viajes cortos (3 h) se obtuvieron valores de 16 ng mL⁻¹ y en viajes largos (6 h) 35 ng mL⁻¹. Gallo *et al.* (2000) consideran que con la mayor DT se incrementa el tiempo de ayuno, aumentando el riesgo en la pérdida de BA y consecuentemente afectando en forma directa las características de la canal y la carne. Tadich *et al.* (2003) encontraron que después de un transporte por 16 h con diferentes tiempos de ayuno pre-matanza en rastro (3, 6, 12, y 24 h), aumentó el β -hidroxibutirato en aquellos animales ayunados por

24 h, debido a la utilización de reservas energéticas (lipólisis) y a una disminución de la glucosa sanguínea.

En la Unión Europea, el *European Committee on Agriculture and Rural Development* (Parlamento Europeo, 1997) y el Reglamento de Transporte de Bienestar Animal de la Comunidad Europea (Schulze-Geisthövel y Steinmann, 2012), indican que no debe realizarse el transporte de animales vivos a través de largas distancias, estableciendo un límite máximo de transporte de 8 h o 500 km para animales destinados a rastro. La *European Food Safety Authority* (Ribó *et al.*, 2008; EFSA, 2011) recomienda que el transporte sea lo más corto posible debido a las repercusiones fisiológicas, económicas y sanitarias, estableciendo para bovinos, que el transporte no debe exceder 29 h. En países como Alemania, el Reglamento de Transporte de Bienestar Animal indica que el transporte no debe exceder más de 8 horas (GIQS 2011; Kompetenzkreis Tierwohl, 2015). En el continente americano, las regulaciones en cuanto al tiempo de transporte son menos estrictas; en Canadá se permiten viajes hasta de 52 h y en Estados Unidos hasta 28 h (Schwartzkopf-Genswein y Grandin, 2014); en México, se establece que el transporte no se debe realizar por más de 18 horas sin descanso y alimento (NOM-051-ZOO-1995), y en Chile, el ganado no debe de ser transportado por más de 24 horas sin acceso a alimento y agua (MINAGRI, 2013).

Varios estudios han demostrado que los momentos más estresantes del transporte para los animales ocurren durante el embarque, desembarque y las primeras horas de transporte (Hall y Bradshaw, 1998; Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012). En caso de que las condiciones de transporte sean apropiadas (disponibilidad de espacio, condiciones del vehículo, salud del animal), los bovinos soportan hasta 24 h de transporte sin comprometer el BA (Gallo y Tadich, 2005) o la calidad de la carne (María, 2005; Ishiwata *et al.*, 2008), por lo que no se recomienda descargarlos para descanso en viajes de menor tiempo, ya que se les podría provocar estrés adicional (Grótzschel, 2003).

2.3.3. Condiciones ambientales

Durante el transporte los animales son expuestos a un amplio rango de temperaturas y humedades ambientales, por lo que tienen que aclimatarse con rapidez, de no hacerlo se produce estrés y un pobre BA. La EFSA (2011) indica que el estrés por calor es la mayor causa de pérdida de BA durante el transporte, ya que incrementa la mortalidad por deshidratación y la incidencia de enfermedades, debido al incremento en la temperatura ambiental (TA) en combinación con la humedad relativa (HR). Pero aún en climas fríos, se ha encontrado que se pueden producir efectos similares, en especial cuando los animales son transportados con bajas DE, ya que se favorece la pérdida de calor; aunado a que la HR y la TA dentro del remolque aumentan, creando un microclima que favorece la deshidratación, especialmente en remolques cerrados (Schrama *et al.*, 1996; Miranda-de la Lama, 2013).

Por otro lado, las temperaturas extremas y cambiantes durante el transporte son una de las principales causas de pérdida de BA. Por ejemplo, González *et al.* (2012a) reportaron temperaturas en Estados Unidos y Canadá en un amplio rango (-40 a 45 °C) durante el transporte de bovinos, además que en un mismo viaje se mostraron diferentes condiciones climáticas. Goldhawk *et al.* (2014) sugieren que el microclima durante el transporte es un factor de riesgo en la presentación de enfermedades respiratorias post-transporte. En la República Checa, Malena *et al.* (2006) encontraron que la TA influye, al aumentar la mortalidad en dos veces más durante el transporte de bovinos en verano, sobre todo en julio y agosto, mientras que en los meses de invierno, en especial enero y febrero, se estimó una asociación alta y positiva ($r = 0.68$) entre la tasa de mortalidad y TA.

Randall (1993) menciona que es importante la interacción entre la TA y HR en transportes donde se registran TA mayores que 24 °C, debido a que la HR es un factor crítico en la habilidad de los animales para disipar el calor. Ribó *et al.* (2008) señalaron que, para un bovino adulto, la zona térmica de confort está entre 0 y 30 °C con una HR <80%, y de 0 a 27 °C con HR >80%; aunque Randall (1993)

menciona que los bovinos pueden aclimatarse y ser tolerantes a TA superiores a los 30 °C o por debajo de los 0 °C.

Armstrong (1994) utilizó el índice de temperatura y humedad (ITH) para determinar el grado de estrés por calor que sufren los animales, clasificando por el nivel de ITH en: sin estrés <75, malestar leve 75-78, moderado de 78-83, severo de 83-84 y que puede causar la muerte >84. Nanni-Costa *et al.* (2003) encontraron que a ITH >70, los bovinos modifican su conducta durante el transporte, prefiriendo una posición diagonal dentro del vehículo, probablemente por una mejor disipación del calor. Los mismos autores encontraron que un ITH >70 aumentó el pH de la canal 24 h *post mortem* en un 5.6%, en comparación con un ITH <60.

El ITH puede ser afectado por múltiples factores como el aporte de calor y humedad del mismo animal (por sudoración, jadeo o convección); la densidad de carga; el flujo de aire en el vehículo, en movimiento o parado; así como el diseño de los vehículos (Schrama *et al.*, 1996; Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012). Tarrant y Grandin (2000) indican que la TA dentro del remolque se incrementa notablemente cuando los vehículos no están en movimiento, por lo que recomiendan que una vez embarcados los animales, el vehículo debe permanecer en movimiento, aun en climas fríos. Por otra parte, la ventilación natural en camiones a través de orificios en las paredes, usualmente no es uniforme, lo que sugiere el uso de ventilación artificial (Honkavaara, 2003).

Las condiciones ambientales durante el transporte no están solamente dadas por la TA y HR, sino también por la calidad de aire que respiran los animales. Concentraciones altas de dióxido de carbono (CO₂) pueden provocar asfixia; mientras que niveles altos de amoníaco (NH₃) causan inflamación de las mucosas, descarga nasal e irritación de los ojos. Randall (1993) concluyó que el nivel máximo recomendado de CO₂ para bovinos es 3 mL L⁻¹, y 0.02 mL L⁻¹ de NH₃. No obstante, se requieren más estudios para determinar zonas de confort, considerando factores como la velocidad del aire, tasa de ventilación y concentración de CO₂ y NH₃.

2.3.4. Chofer y condiciones del vehículo

El rol del conductor y el vehículo son factores importantes en la preservación del BA durante el transporte, ya que los bovinos permanecen la mayor parte del tiempo de pie, lo que los hace más vulnerables a la pérdida de equilibrio durante los movimientos fuertes del vehículo (Broom, 2008). Por lo mismo, se recomienda la conducción de vehículos con suavidad y prudencia, sin giros o paradas bruscas, de forma tal que se reduzcan al mínimo los movimientos descontrolados de los animales (FAWAC, 2007; EFSA, 2011).

Tarrant y Grandin (2000) indican que las pérdidas de equilibrio del ganado están directamente relacionadas con el conductor y que el 80% de ellas se explican por el frenado, cambios de dirección y curvas. Stockman *et al.* (2013) compararon dos métodos de conducción (parada-arranque vs suave-continuo), encontrando que, durante la conducción con paradas y arranques, el ganado fue calificado como inquieto, agitado y asustado; por el contrario, el ganado bajo conducción suave y continua, fue calificado como tranquilo, relajado y cómodo.

La experiencia y habilidad del conductor reducen las lesiones en el ganado y la pérdida de BA (Cockram, 2007). González *et al.* (2012a; c) reportaron que ganado transportado por conductores con experiencia, tuvieron mermas de PV menores en más de 1%, y seis veces menor de probabilidad de comprometer su BA y morir, en comparación con conductores de menos de tres años de experiencia.

Es importante considerar que conductor con experiencia no significa que esté capacitado para el manejo de ganado durante el transporte; la *World Organisation for Animal Health* (OIE, 2017) recomienda que las personas encargadas de los animales y los conductores de los vehículos deban estar capacitadas en el manejo de los animales; detección de signos generales de enfermedad; e indicadores de condiciones de BA precarias, como estrés, dolor, cansancio, y el modo de atenuar sus efectos. Romero *et al.* (2011b) indicaron que, en una muestra de 200 transportistas en Colombia, sólo el 4.1% había recibido algún tipo de capacitación;

por lo que, aunque la mayoría de los conductores procura levantar a los animales echados o caídos durante el viaje, el 46.8% lo hacen por medio de arreador eléctrico, afectando así el BA.

Las características o tipo de vehículo repercuten en el BA. Tarrant y Grandin (2000) explican que los vehículos articulados favorecen el bienestar de los animales en comparación con los de carrocería fija. Así mismo, la suspensión neumática reduce el estrés por vibración, en comparación con la suspensión de muelles, y que las puertas anchas provocan menos moretones que las estrechas. Stockman *et al.* (2013) compararon dos tipos de piso durante el transporte (con y sin antideslizantes), encontrando que el ganado se observaba agitado, inquieto y ansioso en pisos sin agarre.

De los accidentes registrados durante el transporte de bovinos en España, el 44% correspondió a vehículos pequeños, seguido de los camiones articulados, con un 33% (Miranda-de la Lama *et al.*, 2011). En Estados Unidos y Canadá, el 59% de los accidentes registrados sucedieron durante la noche, sugiriendo la fatiga del conductor (cansancio, físico, sueño y estrés) como la causa principal (Woods y Grandin, 2008). Además, Miranda-de la Lama *et al.* (2011) indicaron factores adicionales como las fallas en la logística de los viajes (rutas mal diseñadas, presión por parte de las empresas hacia el conductor y horarios intensos).

La *World Organisation for Animal Health* (OIE, 2017) recomienda que los conductores o encargados del ganado deben contar con un plan de contingencia, para saber cómo actuar en caso de emergencia, y de esta manera atenuar en lo posible el sufrimiento innecesario de los animales.

2.4. Repercusiones del transporte en la cadena de producción de carne

El transporte provoca en el ganado cambios fisiológicos y de conducta importantes a consecuencia del estrés (Tarrant, 1990). Cuando el transporte se realiza de manera inapropiada, la magnitud de estos cambios aumenta, produciendo

enfermedades e inclusive la muerte del animal. Gallo y Tadich (2005) mencionan que la influencia de otros factores asociados con el transporte, como la falta de alimento o agua, el cansancio del animal, el calor o el frío, las restricciones de espacio o manejos previos. Éstos tienen importantes repercusiones sobre la cadena cárnica y se pueden clasificar en cuatro áreas: 1) efectos en la salud, incluyendo la incidencia de enfermedades, lesiones y mortalidad; 2) efectos en la producción, como merma de peso y rendimientos; 3) efectos sobre el producto final, por la mayor presencia de contusiones y cortes DFD; y 4) efectos en pérdidas económicas.

2.4.1. Incidencia de enfermedades, lesiones y mortalidad

La pérdida de BA durante el transporte se traduce en diversas lesiones, incidencia de enfermedades e incluso la muerte del ganado (Trunkfield y Broom, 1990; Grandin 2000; Romero y Sánchez, 2012; Miranda-de la Lama, 2013). Estas consecuencias se han asociado con malas prácticas de manejo, instalaciones y vehículos inadecuados.

Las lesiones en el ganado pueden ocurrir en cualquier etapa del proceso de transporte, desde la granja hasta el rastro; sin embargo, algunos autores consideran que el transporte, la carga y la descarga son los momentos de mayor riesgo (Gallo, 2016). Las lesiones, como los hematomas, en su mayoría no son visibles en el animal vivo, por lo que la evaluación se realiza frecuentemente *post mortem* (Strappini *et al.*, 2009) y se han desarrollado escalas de evaluación, con las que se mide la profundidad y severidad de la lesión en: 1) grado 1, cuando es en tejido subcutáneo; 2) grado 2, cuando es en tejido subcutáneo y muscular; y 3) grado 3 (hematoma severo), cuando es en tejido subcutáneo, muscular y óseo (fracturas).

Un estudio realizado en Colombia (Romero *et al.*, 2012) mostró que el 84.3% de las canales evaluadas (n = 2288) presentaron contusiones, de las cuales el 70.2% se ubicaron en la pierna y el lomo, relacionadas principalmente a golpes con palos o varillas en los camiones, o con puertas de guillotina mal manejadas por los operarios. Tuninetti *et al.* (2018) reportaron que en Argentina el 99% de las canales

presentaron al menos una contusión, de las cuales el 88% se estima se produjeron en menos de 24 h antes de la matanza. El Instituto de Promoción de la Carne Vacuna en Argentina reportó que el 58.8% de los animales que llegan a faena presentan al menos algún tipo de lesión en la canal, y algunos factores de riesgo fueron el origen de procedencia de los animales (pastoreo vs corral de finalización) y el tiempo de transporte (IPCVA, 2008). Huertas *et al.* (2010) encontraron una asociación positiva entre el tiempo de transporte (>5 h, 240 km), y la presencia de contusiones en el 60% de las canales evaluadas.

Durante el transporte, los bovinos prefieren mantenerse de pie en una posición perpendicular al movimiento del vehículo (Kenny y Tarrant, 1987; Knowles, 1999; Gallo *et al.*, 2000), inclusive en viajes prolongados (29 h), el 70% permanece de pie. Sin embargo, después de 12 h de transporte los animales empiezan a caerse o echarse con mayor frecuencia, debido al cansancio y pérdida de equilibrio, lo que predispone una mayor aparición de contusiones en el ganado (Knowles, 1999). Gallo *et al.* (2000) observaron que a mayor tiempo de transporte, el número de animales caídos durante el viaje se incrementó en más de un 100%, lo que ocasionó aumento de contusiones en las canales.

Una de las enfermedades más comunes en ganado bovino durante el transporte, es el complejo respiratorio bovino (BRD), causado por *Pasteurella (Mannheimia) haemolytica*, *Pasteurella multocida* y *Histophilus somni*, en interacción con múltiples factores, como el estrés producido durante el transporte, deficiencias nutricionales, genética, entre otras (Grandin, 2000; Duff y Galyean, 2007). La presencia de enfermedades respiratorias es relevante en los bovinos transportados a corrales de finalización o a etapas intermedias antes de la matanza, debido al riesgo de que el animal muera, y a los costos de recuperación y tratamiento.

Siegel y Gross (2000) indican que la presencia de una enfermedad es función del nivel de estrés ocasionado por un estímulo; cuando los niveles son demasiado altos, enfermedades virales y otras enfermedades que estimulan una respuesta linfoide son más comunes, la inmunidad se reduce, resultando en un aumento de la

incidencia de tumores. Sin embargo, cuando los niveles de estrés son demasiado bajos, enfermedades bacterianas y parasitarias son más comunes y las respuestas a algunas toxinas son más graves, lo que es de mayor relevancia en bovinos que son transportados a corral de finalización.

Algunos autores como Blecha *et al.* (1984) han evaluado el impacto del estrés por transporte (700 km en 10 h) sobre la respuesta inmunológica en terneros (180-280 kg), los cuales presentaron leucocitosis producida por una neutrofilia. Esta última es común en animales estresados por la acción de los glucocorticoides sobre la liberación de neutrófilos de la médula ósea; mientras que otros autores (Blecha *et al.*, 1984; Buckham-Sporer *et al.*, 2008) no encontraron correlación entre los niveles de cortisol con la inmunosupresión del ganado. Se concluye que se requiere la evidencia con estudios de inmunología básica, para determinar con precisión los mecanismos fisiológicos responsables de alteraciones inmunológicas del ganado que es transportado a grandes distancias.

Por otra parte, se ha demostrado que la incidencia de BRD está asociada con la peroxidación lipídica producida durante el transporte, como resultado del estrés y la privación de alimento en viajes prolongados, por lo que metabolitos indicadores de estrés oxidativo (malondialdehído) se incrementan de 2 a 3 veces en animales que presentan la enfermedad (Chirase *et al.*, 2004).

La distancia de transporte (asociado positivamente a la DT) es uno de los principales factores de riesgo para la mayor morbilidad y mortalidad por enfermedades respiratorias (Malena *et al.*, 2006; Večerek *et al.*, 2006). Sanderson *et al.* (2008) estimaron que por cada 160 km que se incrementa la distancia de transporte, la morbilidad aumentaba en un 10%. Además, prácticas como el mezclado de animales procedentes de distintos orígenes, incrementó al doble el riesgo de morbilidad, en comparación con aquellos del mismo origen, así como el de grupos mezclados de hembras y machos comparado con aquellos de un solo sexo, y de animales de menor peso (<250 kg) en comparación con los más pesados (>318 kg).

Otras causas de pérdidas durante el transporte son las muertes por aplastamiento, deshidratación, malnutrición, pobre condición corporal o niveles de estrés excesivos. En varios estudios se ha tratado de identificar cuáles son los factores de riesgo más importantes que contribuyen en la mortalidad del ganado (Sanderson *et al.*, 2008; Teke, 2013; Simova *et al.*, 2016). Malena *et al.* (2006) estimaron que a mayor distancia de transporte (mayor DT) se incrementó el porcentaje de mortalidad de 0.004% para viajes menores de 50 km hasta 0.024% en viajes de más de 300 km. Similarmente, Simova *et al.* (2016) encontró una tasa de mortalidad en viajes cortos (<100 km) de 0.055% mientras que en viajes largos (>200 km) fue 0.164%. Los autores concluyeron que la distancia por sí sola no es el único factor determinante en la mortalidad del ganado, sino que está asociado con otros factores como la densidad de carga, tipo de ganado y las variaciones climáticas durante el transporte.

Las condiciones ambientales asociadas con la época del año es uno de los factores determinantes de la mortalidad del ganado durante el transporte. En diversos estudios realizados en la República Checa se ha demostrado que las mayores tasas de mortalidad se registraron durante los meses más fríos, en comparación con los meses más cálidos (Večerek *et al.*, 2006). Malena *et al.* (2006) en la República Checa encontraron que en invierno (enero, temperatura ambiental -2.6 °C), la mortalidad fue mayor (0.01%), debido probablemente a las condiciones ambientales extremas lo que produce una inmunosupresión estacional, con una mayor incidencia de enfermedades respiratorias (Simova *et al.*, 2016).

El estado fisiológico y características del ganado también influyen en la mortalidad durante el transporte. Malena *et al.* (2007) reportaron tasas de mortalidad para bovinos finalizados, vacas lecheras y becerros de 0.0069%, 0.0396% y 0.0269%, respectivamente. Estos autores concluyeron que los animales jóvenes y vacas tuvieron mayor riesgo de morir que el ganado finalizado, debido a la mala condición corporal y a su incapacidad para afrontar los estímulos estresores.

2.4.2. Pérdida de peso y rendimiento en canal

Uno de los efectos más importantes del transporte es la pérdida de PV y la reducción del rendimiento en canal de aquellos animales destinados a rastro, lo que en varios trabajos se ha asociado a la privación de agua y alimento por un periodo prolongado (Gallo y Tadich, 2005; Gallo y Tadich, 2008; González *et al.*, 2012c). Los datos publicados por Marques *et al.* (2012) sugieren que más del 80% de la pérdida de peso durante el transporte por 24 h, se debe a la privación de agua y alimento, y el otro 20% por el estrés del transporte, lo que fisiológicamente se explica por lipólisis del tejido graso, deshidratación y degradación del músculo para suplir las deficiencias energéticas (Romero *et al.*, 2011a). Por otro lado, el vaciado del contenido gástrico puede representar entre 12 y 25% del PV del animal (Wythes, 1982; Carstens *et al.*, 1991).

Las pérdidas de peso durante el transporte oscilan entre 2 y 14% del PV del animal (Tarrant y Grandin, 2000); las variaciones se deben a diversos factores ambientales, de manejo, y a las características propias de los animales. González *et al.* (2012c) encontraron que la pérdida de PV fue menor en ganado finalizado que en animales de media ceba (4.7 vs 7.9% del PV), atribuyéndolo a que: 1) el ganado finalizado tiene una mejor condición, debido al uso de dietas con base en concentrado; 2) el embarque es durante las mañanas, en donde el ganado se encuentra con menor llenado intestinal al momento de pesarlo; y 3) en general, la DT es menor de los corrales de finalización a los rastros.

De acuerdo con algunos autores, la pérdida de PV está en función de la interacción entre la distancia de transporte y las condiciones ambientales. En bovinos finalizados, González *et al.* (2012c) encontraron que por cada hora de transporte a una temperatura de 0 °C, el ganado perdió 0.12% de su PV, mientras que con 30 °C perdieron alrededor de 0.17%; además, estimaron pérdida de PV en 0.03% por cada grado centígrado que aumentó la temperatura ambiental para viajes de 5 h, y en 0.09% para viajes de 40 h.

2.4.3. Calidad e inocuidad de la carne

Las alteraciones fisiológicas producidas en bovinos durante un proceso estresante, como el transporte, repercuten en la calidad de la carne, debido a que el estrés provoca un consumo excesivo de glucógeno muscular, reduciendo la formación de ácido láctico en el músculo *post mortem*; limitando la caída del pH por debajo de 5.8, lo que favorece la presentación de cortes oscuros (DFD) (Warren *et al.*, 2010; Gallo, 2016).

Las condiciones ambientales durante el transporte y manejos previos a la matanza también influyen en la aparición de cortes DFD. En México, Pérez-Linares *et al.* (2013) encontraron que durante las épocas calientes (mayo-agosto) se incrementó la frecuencia de aparición de carne DFD en más de un 6%, en relación con las épocas frías (noviembre-febrero). Esto fue similar a lo observado por Amtmann *et al.* (2006), quienes estimaron que los animales faenados en verano presentaron tres veces mayor probabilidad de producir canales con pH mayor a 5.8 en comparación con los faenados en invierno. Warren *et al.* (2010) encontraron que la interacción entre una menor ventilación del remolque en otoño incrementó la probabilidad de aparición de cortes DFD, debido a que se favorece el estrés térmico en el ganado durante el transporte.

La aparición de carne DFD es atribuible a múltiples factores como la raza, el sexo, edad del animal y el manejo *ante mortem*. Amtmann *et al.* (2006) indicaron que los tiempos largos de transporte (12 o 24 h) y ayuno antes de la matanza, así como la época del año son factores determinantes en la presentación de canales con pH \geq 5.8. Sin embargo, María *et al.* (2003) en España no encontraron diferencias al comparar 0.3, 3 y 6 h de transporte, sobre las características de la carne, debido probablemente a que el transporte sólo fue por poco tiempo y representó un estrés moderado.

En México, Pérez-Linares *et al.* (2013) estimaron que la presencia de cortes oscuros (carne DFD) estuvo asociada (13.64%) con las prácticas de manejo *ante mortem*,

como son el tiempo y la forma de conducción del ganado hacia la carga, el tiempo de transporte a la planta de sacrificio, el tiempo de espera entre la manga de conducción y pasillo hacia el cajón de aturdimiento, y el tiempo para ingresar al cajón de aturdimiento. En Argentina Tuninetti *et al.* (2018) encontraron que un 5% de las canales presentó un pH ≥ 6 o carne considerada como DFD, mientras que un 11.7% de los animales presentaron un pH 5.80-5.99, lo que implica un alto riesgo de ser considerada carne DFD. Estos valores de pH fueron atribuidos a una alta incidencia de contusiones (99%), debido a que provocan dolor y son resultado de situaciones estresantes previas a la matanza. Frimpong *et al.* (2014) publicaron que en animales clasificados con un pobre manejo pre-sacrificio (golpeado y azotado), el 100% de la carne muestreada tuvo pH superiores a 5.8, clasificándose como tipo DFD.

Investigaciones han demostrado que el transporte y otros eventos estresantes *ante mortem* disminuyen el BA, y que también influyen en la inocuidad de la carne (De Passillé y Rushen *et al.*, 2005). La presencia de moretones incrementa la concentración de aminas biogénicas, las cuales disminuyen la vida de anaquel de la carne (Cruz-Monterrosa *et al.*, 2017). Por otra parte, Dewell *et al.* (2008) evaluaron varios factores de riesgo en la contaminación con *Salmonella* de bovinos para carne a la matanza, encontrando que transportes con distancias >160 km aumentaron al doble el riesgo de contaminación. Otros factores importantes fueron el tiempo de espera antes de la carga y las condiciones del corral de finalización (piso seco, con agua estancada o cantidad de sombra).

2.5. Repercusiones económicas

Se ha demostrado que el transporte y las malas prácticas de manejo pueden ocasionar daños económicos en la cadena productiva, debido principalmente a la pérdida de PV del animal durante el transporte y a la merma en el rendimiento en canal. En México, Larios (2015) estimó que se pierden alrededor de \$113 USD por animal, por concepto de pérdida de PV durante el transporte. En Estados Unidos, la

National Beef Quality Audit estima que se dejan de ganar \$10 USD por pérdidas en el peso neto y rendimiento en canal, atribuyendo como una de las causas el recorte en la canal por la presencia de contusiones, de las cuales un 22% representan una pérdida por recorte de 0.5-4.5 kg (NBQA, 2016). En Argentina, el IPCVA (2008) reportó que, en el año 2006, las pérdidas económicas por decomisos en rastro, estimadas en más de 42 millones de dólares, cambiaron el destino de consumo por la presencia de contusiones o daños en la canal. En Chile, Gallo (1997) estimó la presencia de cortes DFD entre un 5-10% de las canales, lo que provocó pérdidas económicas por devaluación y rechazos de exportación. Asimismo, Vidal *et al.* (2009) estimaron un descenso en el precio de venta del 40.6% por kg de carne, dado al cambio del destino hacia el mercado nacional, lo que atribuyeron a afectaciones en el pH (>6.0) y presentación de cortes DFD.

Por lo anterior, es importante resaltar que el impacto económico negativo debido al transporte y a las malas prácticas de manejo es considerable, por lo que la implementación de estrategias para mejorar el BA de los animales durante el transporte puede tener un impacto económico para los participantes en la cadena de producción de carne.

2.6. Consideraciones finales

Los factores que más afectan el BA fueron descritos en los apartados anteriores; sin embargo, el BA durante el transporte sigue siendo un área de oportunidades en investigación y de mejora para los sistemas de producción, debido a que: 1) no se han diseñado protocolos de evaluación de fácil aplicación o los que hay no se adaptan a todos los procesos de transporte, centrándose la mayoría en indicadores fisiológicos que implican manipulación del animal. Por tanto, se deberían considerar indicadores conductuales como la presencia de lesiones en los animales, cojeras, fracturas, lesiones dérmicas, debido a que son fáciles de observar e indicadores indirectos como el tiempo de transporte, carga, descarga, y frecuencia de uso del arreador eléctrico entre otros; 2) los factores relacionados con el transporte se han

estudiado principalmente de manera aislada, sin considerar las posibles interacciones entre ellos; tal es el caso de la disponibilidad de espacio y su relación con el ITH durante el transporte, debido a la pérdida de calor de los animales y la capacidad de ventilación de los remolques; 3) existen factores que no se han estudiado a detalle, como la calidad del aire (concentraciones de amoníaco y dióxido de carbono), el diseño de los vehículos y remolques (pisos, paredes, aislamiento térmico), el uso de malas prácticas de manejo durante el embarque, transporte y desembarque (uso de perros, palos y arreadores eléctricos), el estado nutricional y las condiciones inmunológicas previo al transporte, y el temperamento de los animales y su capacidad para afrontar situaciones estresantes, entre otros.

El transporte es catalogado como uno de los procesos en la cadena de producción que más afecta el bienestar de los bovinos, con repercusiones económicas en la calidad de la carne, debido a la exposición a múltiples factores estresantes. Consecuentemente, en los últimos años ha sido tema de varios artículos de revisión e investigación, (Knowles, 1999; Tarrant y Grandin, 2000; Gallo y Tadich, 2005; Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012), cuya mayoría se centran en el transporte de bovinos a rastro, bienestar animal *ante mortem*, y sus efectos sobre el rendimiento y la calidad de carne (Gallo y Tadich, 2005; Huertas *et al.*, 2010; Warren *et al.*, 2010; Teke, 2013; Frimpong *et al.*, 2014). En forma adicional, es importante estudiar el transporte que se realiza en eslabones intermedios de la cadena de producción; en el caso de México, de la recría al corral de finalización, debido a los efectos negativos a corto y largo plazo, tales como la pérdida de peso, la presencia de enfermedades respiratorias (fiebre de embarque) y los problemas de cojeras u otras lesiones.

2.7. Conclusiones

Los factores que influyen en la pérdida de bienestar de los bovinos durante el transporte a rastro o recría son variados, y en condiciones específicas, en muchas ocasiones se presentan interactuando entre ellos. Sin embargo, se identifican como

principales, la disponibilidad de espacio, la duración del traslado, las condiciones ambientales durante el transporte, el chofer y las condiciones del vehículo. Estos factores repercuten en la incidencia de enfermedades, lesiones y mortalidad de los animales, lo que tiene implicaciones en la pérdida de peso, rendimiento en canal, y en la calidad e inocuidad de la carne, provocando pérdidas económicas importantes para la cadena de producción de carne bovina. Se requiere considerar y atender los factores que afectan el bienestar animal durante el transporte, para generar estrategias que ayuden a mejorar el bienestar de los animales y reducir los efectos negativos en el proceso del transporte de animales.

2.8. Literatura citada

Amtmann, V.A., Gallo, C., Van Schaik, C., Tadich, N. 2006. Relaciones entre el manejo *antemortem*, variables sanguíneas indicadoras de estrés y pH de la canal en novillos. Archivos de Medicina Veterinaria 38: 259-264.

Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. Journal of Dairy Science 77: 2044-2050.

Blecha, F., Boyles, S.L., Riley, J.G. 1984. Shipping suppresses lymphocyte blastogenic responses in Angus and Brahman x Angus feeder calves. Journal of Animal Science 59: 576–583.

Brinkmann, J., Ivemeyer, S., Pelzer, A., Winckler, C., Zapf, R. 2016. Tierschutz- indikatoren: Leitfaden für die Praxis – Rind. Vorschläge für die Produktionsrichtungen Milchkuh, Aufzuchtkalb, Mastrind. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL).

Broom, D.M. 2008. The Welfare of Livestock during Road Transport. In: Long Distance Transport and Welfare of Farm Animals. 4th Edition. Appleby, M.C., Cussen, V.A., Garcés, L., Lambert, L.A., Turner, J. (Eds.). CAB International. USA. pp: 157-181.

- Broom, D.M. 1986. Indications of poor welfare. *British Veterinary Journal* 142: 524-526.
- Broom, D.M. 1991. Animal welfare: Concepts and measurement. *Journal of Animal Science* 69: 4167-4175.
- Broom, D.M., Molento, C.F.M. 2004. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas –Revisão. *Archives of Veterinary Science* 2(9): 1-11.
- Buckham-Sporer, K.R., Xiao, L., Tempelman, R.L., Burton, J.L., Earley, B., Crowe, M.A. 2008. Transportation stress alters the circulating steroid environment and neutrophil gene expression in beef bulls. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 121: 300–320.
- Carstens, G., Johnson, D., Ellenberger, M., Tatum, J. 1991. Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. *Journal of Animal Science* 69: 3251-3264.
- Chirase, N.K., Greene, L.W., Purdy, C.W., Loan, R.W., Auvermann, B.W., Parker, D.B., Walborg Jr., E.F., Stevenson, D.E., Xu, Y., Klaunig, J.E. 2004. Effect of transportation stress on respiratory disease, serum antioxidant status, and serum concentrations of lipid peroxidation biomarkers in beef cattle. *American Journal of Veterinary Research* 65: 860–864.
- Cockram, M.S. 2007. Criteria and potential reasons for maximum journey times for farm animals destined for slaughter. *Applied Animal Behaviour Science* 106: 234-243.
- Cruz-Monterrosa, R.G., Rexendiz-Cruz V., Rayas-Amor A.A., López M., Miranda-de la Lama G.C. 2017. Bruises in beef cattle at slaughter in Mexico: Implications on quality, safety and shelf life of the meat. *Tropical Animal Health Production* 49:145-152.

- De Passillé, A.M., Rushen, J. 2005. Food safety and environmental issues in animal welfare. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)* 24(2): 757-766.
- Dewell, G.A., Simpson, C.A., Dewell, R.D., Hyatt, D.R., Belk, K.E., Scanga, J.A., Morley, P.S., Grandin, T., Smith, G.C., Dargatz, D.A., Wagner, B.A., Salmani, M.D. 2008. Risk associated with transportation and lairage on hide contamination with *Salmonella enterica* in finished beef cattle at slaughter. *Journal of Food Protection* 71(11): 2228-2232.
- Duff, G.C., Galyean, M.L. 2007. Board-invited review: Recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 85: 823–840.
- EFSA (European Food Safety Authority). 2011. Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). Scientific opinion concerning the welfare of animals during transport. *EFSA Journal* 9(1): 1966.
- FAWAC (Farm Animal Welfare Advisor Council). 2007. Best practice for the welfare of animals during transport. Agriculture House, Dublin. pp. 24 www.agriculture.gov.ie/fawac. Consultada el 17 de septiembre de 2017.
- FAWC (Farm Animal Welfare Council). 1991. Report on the European Commission Proposal on the transport of animals. MAFF Publications. London, UK.
- Frimpong, S., Gebresenbet, G., Bobobee, E., Aklaku, E.D., Hamdu, I. 2014. Effect of transportation and pre-slaughter handling on welfare and meat quality of cattle: Case study of Kumasi Abattoir, Ghana. *Veterinary Science* 1: 174-191.
- Galindo, M.F., Manteca, V.X. 2016. Evaluación Científica del Bienestar Animal. In: *Bienestar Animal una Visión Global en Iberoamérica*. 3^{ra} Edición. Mota, R.D., Huertas, S.M., Cajiao, M.N. (Eds.). Elsevier, España. pp. 191-198.

- Gallo, C. 1997. Efectos del manejo pre y postfaenamiento en la calidad de la carne. In: Sociedad Chilena de Buiatría (Eds). III Jornadas Chilenas de Buiatría. pp. 26-52.
- Gallo, C. 2008. Using scientific evidence to inform public policy on the long distance transportation of animals in South America. *Veterinaria Italiana* 44: 113-120.
- Gallo, C. 2016. Transporte y reposo previos al sacrificio en bovinos y su relación con la calidad de la carne. In: Bienestar animal una visión global en Iberoamérica. 3^{ra} Edición. Mota, R.D., Huertas, S.M., Cajiao, M.N. (Eds.). Elsevier, España. pp. 213-226.
- Gallo, C., Tadich, N. 2005. Transporte terrestre de bovinos: efectos sobre el bienestar animal y la calidad de la carne. *Agro-Ciencia* 21(2): 37-49.
- Gallo, C., Warriss, P., Knowles, T., Negrón, R., Valdés, A., Mencarini, I. 2005. Densidades de carga utilizadas para el transporte de bovinos destinados a matadero en Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria* 37(2): 155-159.
- Gallo, C., Pérez, V.S., Sanhueza, V.C., Gasic, Y.J. 2000. Efectos del tiempo de transporte de novillos previo al faenamiento sobre el comportamiento, las pérdidas de peso y algunas características de la canal. *Archivos de Medicina Veterinaria* 32(2): 157-170.
- GIQS. 2011. Fin-Q.NRW Forschungsnetzwerk Innovation durch Qualitätskommunikation. Zwischenbericht. Stand: Juli 2011. Bonn: GIQS e.V.
- Goldhawk, C., Janzen, E., González, L.A., Crowe, T., Kastelic, J., Pajor, E., Schwartzkopf-Genswein, K.S. 2014. Trailer microclimate and calf welfare during fall-run transportation of beef calves in Alberta. *Journal of Animal Science* 92(11): 5142-5154.
- González, L.A., Schwartzkopf-Genswein, K.S., Bryan, M., Silasi, R., Brown, F. 2012a. Relationships between transport conditions and welfare outcomes

- during commercial long haul transport of cattle in North America. *Journal of Animal Science* 90: 3640–3651.
- González, L.A., Schwartzkopf-Genswein, K.S., Bryan, M., Silasi, R., Brown, F. 2012b. Space allowance during commercial long distance transport of cattle in North America. *Journal of Animal Science* 90: 3618–3629.
- González, L.A., Schwartzkopf-Genswein, K.S., Bryan, M., Silasi, R., Brown, F. 2012c. Factors affecting body weight loss during commercial long haul transport of cattle in North América. *Journal of Animal Science* 90: 3630–3639.
- Grandin, T. 2000. El transporte de ganado: guía para las plantas de faena. <http://www.grandin.com> Consultado el 19 de febrero de 2016.
- Grótzschel, J. 2003. Cattle transport regulations in the European Union. *Dtsch Tierärztl Wschr* 110: 89-91.
- Hall, S., Bradshaw, H. 1998. Aspectos de bienestar del transporte por carretera de ovejas y cerdos. *Revista de Ciencias Aplicadas de Bienestar Animal* 1(3): 235-254.
- Harrison, R. 1964. *Animal Machines*. London: Ed. Vincent Stuart, Ltd., 1994
- Heinemann, C., Schmid, S. M., Linnemann, S., Petersen, B., Hayer, J.J., Steinhö-Wagner, J. 2018. Extrinsic Qualitätskriterien in der Wertschöpfungskette Fleisch ed. Qualitätsmerkmal Tierwohl. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn International FoodNetCenter, Petersen, B., Gothe, C. (Eds.). Brigitte Petersen, Christiane Gothe. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. pp 165-216.
- Honkavaara, M. 2003. Air quality in vehicles. EC Project QLRT-1999-01506, Report on Work Package 6, 40 p.

- Huertas, S.M., Gil, A.D., Piaggio, J.M., Van Eerdenburg, F.J.C.M. 2010. Transportation of beef cattle to slaughterhouses and how this relates to animal welfare and carcass bruising in an extensive production system. *Animal Welfare* 19: 281-285.
- IPCVA (Instituto de Promoción de la Carne Vacuna en Argentina). 2008. Evaluación de las prácticas relacionadas con el transporte terrestre de hacienda que causan perjuicios económicos en la cadena de ganados y carnes. Cuadernillo Técnico No.5. Buenos Aires, Argentina. 28 p.
- Ishiwata, T., Uetake, K., Eguchi, Y., Tanaka, T. 2008. Steer stress levels during long distance transport throughout the year in Japan. *Animal Science Journal* 79(5): 620-627.
- KAT (Verein für kontrollierte Alternative Tierhaltungsformen e.V.). 2018. KAT – Verein für kontrollierte alternative Tierhaltungsformen e.V. <https://www.was-steht-auf-dem-ei.de/de/kat-verein/index.php> Consultada el 6 de noviembre de 2018.
- Kenny, F.J., Tarrant, P.V. 1987. The reaction of young bulls to short-haul road transport. *Applied Animal Behaviour Science* 17: 209-227.
- Knowles, T.G., Warriss, P.D. 2000. Stress Physiology of Animals during Transport. In: *Livestock Handling and Transport*. 2nd Edition. Grandin, T. (Ed.). New York, USA: CABI International. pp. 385-407.
- Knowles, T.G. 1999. A review of the road transport of cattle. *Veterinary Record* 144: 197–201.
- Kompetenzkreis Tierwohl. 2015. Empfehlung des Kompetenzkreises Tierwohl an das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft zum Thema Schwanzbeißen bei Schweinen vom 23. September 2015.

- Larios, C.S. 2015. Indicadores fisiológicos, productivos y económicos en respuesta al manejo y transporte de bovinos. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo, México. 65 p.
- Malena, M., Vosláfiová, E., Tomanová, P., Lepková, R., Bedáňová, I., Večerek, V. 2006. Influence of travel distance and the season upon transport-induced mortality in fattened cattle. *Acta Veterinaria Brunensis* 75: 619-624.
- Malena, M., Voslářová, E., Kozák, A., Bělobrádek, P., Bedáňová, I., Steinhauser, L., Večerek, V. 2007. Comparison of mortality rates in different categories of pigs and cattle during transport for slaughter. *Acta Veterinaria Brunensis* 76: S109-S116.
- María, G.A. 2005. Transporte de Ganado Bovino, Bienestar Animal y Calidad de la Carne. In: *El Camino de la Trazabilidad* N° 52. Proyecto Europeo CATRA. Grupo de Bienestar Animal y Calidad. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España. pp: 7.
- María, G.A., Villarroel, M., Sañudo, C., Olleta, J.L., Gebresenbet, G. 2003. Effect of transport time and ageing on aspects of beef quality. *Meat Science* 65: 1335-1340.
- Marques, R.S., Cooke, R.F., Francisco, C.L., Bohnert, D.W. 2012. Effects of twenty-four hour transport or twenty-four hour feed and water deprivation on physiologic and performance responses of feeder cattle. *Journal of Animal Science* 90: 5040-5046.
- MINAGRI (Ministerio de agricultura de Chile). 2013. Ministerio de Agricultura. Reglamento sobre Protección del Ganado durante el Transporte. Decreto No 30. Publicado en el Diario Oficial, 16 de mayo de 2013.

- Minka, N. S., Ayo, J.O. 2007. Effects of loading behaviour and road transport stress on traumatic injuries in cattle transported by road during the hot-dry season. *Livestock Science* 107: 91-95.
- Miranda-de la Lama, G.C., Sepúlveda, W.S., Villarroel, M., María, G.A. 2011. Livestock vehicle accidents in Spain: Causes, consequences, and effects on animal welfare. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 14(2): 109-123.
- Miranda-de la Lama, G.C. 2013. Transporte y logística pre-sacrificio: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne. *Veterinaria México* 44 (1): 31-56.
- Nanni-Costa, L., Lo Fiego, D.P., Cassanelli, M.G., Tassone, F., Russo, V. 2003. Effect of journey time and environmental condition on bull behaviour and beef quality during road transport in northern Italy. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 110: 107-110.
- NBQA (National Beef Quality Audit). 2016. National Beef Quality Audit Executive Summary. Colorado, USA. <http://www.bqa.org> consultado el 7 de octubre de 2017.
- OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal). 2017. Transporte de Animales por Vía Terrestre. In: Código Sanitario de los Animales Terrestres, Capítulo 7.3, Artículo 7.3.4. <http://www.oie.int>. Consultada el 17 de noviembre de 2017.
- Parlamento Europeo. 1997. Sobre el Transporte de Caballo y Otros Animales Vivos. <http://www.europarl.europa.eu>. Consultada el 17 de noviembre de 2017.
- Pérez-Linares, C., Sánchez-López, E., Ríos-Rincón, F.G., Olivas-Valdéz, J.A., Figueroa-Saavedra, F., Barreras-Serrano, A. 2013. Factores de manejo pre y post sacrificio asociados a la presencia de carne DFD en ganado bovino durante la época cálida. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4(2): 149-160.

- Petherick, J.C. 1983. A Biological Basis for the Design of Space in Livestock Housing. In: Farm Animal Housing and Welfare. Baxter, S.H., Baxter, M. R., MacCormack, J.A.D. (Eds.), Martinus Nijhoff Publishers, Belgica. pp. 103–120.
- Petherick, J.C., Phillips, C.J.C. 2009. Space allowances for confined livestock and their determination from allometric principles. *Applied Animal Behaviour Science* 117: 1–12.
- Randall, J.M. 1993. Environmental parameters necessary to define confort for pigs, cattle and sheep in livestock transporters. *Animal Science* 57(2): 299-307.
- Ribó, O., Candiani, D., Aiassa, E., Correia, S., Afonso, A., De Massis, F., Serratos, J. 2008. Using scientific evidence to inform public policy on the long distance transportation of animals: Role of the European Food Safety Authority. *Veterinaria Italiana* 44(1): 87-94.
- Romero, P.H.M., Sánchez, V.J. 2012. Bienestar animal durante el transporte y su relación con la calidad de la carne bovina. *Revista MVZ-Córdoba* 17: 2936-2944.
- Romero, P.H.M., Uribe-Velásquez, F.L., Sánchez, V.J. 2011a. Biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar animal en ganado de carne. *Biosalud* 10(1): 71-87.
- Romero, P.H.M., Sánchez, V.J., Gutiérrez, C. 2011b. Evaluación de prácticas de bienestar animal durante el transporte de bovinos para sacrificio. *Revista de Salud Pública* 13(4): 684-690.
- Romero, P.H.M., Gutiérrez, C., Sánchez, V.J. 2012. Evaluation of bruises as an animal welfare indicator during pre-slaughter of beef cattle. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 25: 267-275.

- Sanderson, M.W., Dargatz, D.A., Wagner, B.A. 2008. Risk factors for initial respiratory disease in United States feedlots based on producer-collected daily morbidity counts. *The Canadian Veterinary Journal* 46: 373-378.
- Schmid, S.M., Gothe, C., Petersen, B., Steinhoff-Wagner, J. 2018. Handlungsfelder und Forschungsprojekte. (Ed.) Qualitätsmerkmal Tierwohl. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn International FoodNetCenter, Brigitte Petersen, Christiane Gothe. (Eds.) Brigitte Petersen, Christiane Gothe. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 2018. Pp 17-52. ISBN 3981234545, 9783981234541
- Schrama, J.W., Van der Her, W., Gorssen, J., Henken, A.M., Verstegen, M.W.A., Noordhuizen, J.P.T.M. 1996. Required thermal thresholds during transport of animals. *Veterinary Quarterly* 18: 90-95.
- Schulze-Geisthövel, S., Steinmann, M. 2012. Wie sind die Alternativen zu bewerten? *Fleischwirtschaft* 92: 14–20.
- Schwartzkopf-Genswein, K.S., Grandin, T. 2014. Cattle Transport by Road. In: *Livestock Handling and Transport*. 4th Edition. Grandin, T. (Ed.). CAB International. Boston, USA. pp.143-173.
- Schwartzkopf-Genswein, K.S., Faucitano, L., Dadgar, S., Shand, P., González, L.A., Crowe, T.G. 2012. Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: A review. *Meat Science* 92: 227-243.
- Siegel, P.B., Gross, W.B. 2000. General Principles of Stress and Well-being. In: *Livestock Handling and Transport*. 2nd Edition. Grandin, T. (Ed.). CAB International. New York, USA. pp: 27-41.

- Simova, V., Voslarova, E., Vecerek, V., Passantino, A., Bedanova, I. 2016. Effects of travel distance and season of the year on transport-related mortality in cattle. *Animal Science Journal* 88(3): 526-532.
- Stockman, C.A., Collins, T., Barnes, A.L., Millera, D., Wickhama, S.L., Beatty, D.T., Blachec, D., Wemelsfelder, F., Fleming, P.A. 2013. Flooring and driving conditions during road transport influence the behavioural expression of cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 143: 18-30.
- Strappini, A.C., Metz, J.H.M., Gallo, C., Kemp, B. 2009. Origin and assessment of bruises in beef cattle at slaughter. *Animal* 3(5): 728-736.
- Strappini, A.C., Frankena, K., Metz, J.H.M., Gallo, C., Kemp, B. 2010. Prevalence and risk factors for bruises in Chilean bovine carcasses. *Meat Science* 86: 859-864.
- Tadich, N., Gallo, C., Alvarado, M. 2000. Efectos de 36 horas de transporte terrestre con y sin descanso sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en bovinos. *Archivos de Medicina Veterinaria* 32(2): 171-183.
- 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. *Archivos de Medicina Veterinaria* 35: 171-185.
- Tarrant, P.V. 1990. Transportation of cattle by road. *Applied Animal Behaviour Science* 28: 153-170.
- Tarrant, P.V., Kenny, F.J., Harrington, D., Murphy, M. 1992. Long distance transportation of steers to slaughter: Effect of stocking density on physiology, behavior and carcass quality. *Livestock Production Science* 30: 223–238.

- Tarrant, V., Grandin, T. 2000. Cattle Transport. In: Livestock Handling and Transport. 2nd Edition. Grandin, T. (Ed.). CAB International. New York, USA. pp. 151-173.
- Teke, B. 2013. Shrink and mortality of beef cattle during long distance transportation. *Animal Welfare* 22: 379-384.
- Trunkfield, H.R., Broom D.M. 1990. The welfare of calves during handling and transport. *Applied Animal Behaviour Science* 28: 135-152.
- Tuninetti, N., Blainq, L., Otero, J.L. 2018. Evaluación de las contusiones y del pH en canales bovinas en un matadero de la provincia de Santa Fe. *Investigación Veterinaria* 19(1): 31-42.
- Van der 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 Production Science* 82(2-3):171-179.
- Večerek, V., Malena Jr., M., Malena, M., Voslášová, E., Bedáňová, I. 2006. Mortality in dairy cows transported to slaughter as affected by travel distance and seasonality. *Acta Veterinaria Brunensis* 75: 449-454.
- Vidal, R. Ferrando C. Köpfer y Almuna C. 2009. Pérdidas económicas ocasionadas por corte oscuro en ganado bovino. XXXIV Reunión de la Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA). Pucón, Chile. pp 235-236. 21 al 23 de octubre de 2009
- Warren, A.L., Mandell, I.B., Bateman, K.G. 2010. Road transport conditions of slaughter cattle: Effects on the prevalence of dark, firm and dry beef. *Canadian Journal of Animal Science* 90: 471-482.
- Welfare Quality® (2009). Welfare Quality® assessment protocol for cattle. Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands.

Woods, J., Grandin, T. 2008. Fatigue: A major cause of commercial livestock truck accidents. *Veterinaria Italiana* 44: 259–262.

Wythes, J.R. 1982. The saleyard curfew issue. *Queensland Agricultural Journal* November-December: 1-5.

3. POSTURAS CORPORALES COMO INDICADOR DE BIENESTAR ANIMAL DURANTE EL TRANSPORTE DE BOVINOS A RASTRO EN MÉXICO

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar los factores que influyen en la presentación de posturas corporales específicas en bovinos durante su transporte y la relación de estas posturas con la pérdida de peso (PP) o presencia de cojeras (PC) a su llegada al rastro. Se recolectó información de 18 viajes de bovinos, de tres orígenes con destino a rastro, con recorridos promedio de 262 (n=7), 327 (n=9) y 570 (n=2) km. Un total de 846 bovinos machos, cruce *Bos taurus* por *Bos indicus* con un peso inicial de 587 ± 34 kg, fueron observados para determinar las frecuencias de animales parados (AP), echados (AE), caídos (AC), no ambulatorios (AN) y muertos (AM). Los análisis estadísticos se realizaron mediante regresión logística multinomial y las posturas corporales expresadas como probabilidad estimada de ocurrencia. Se estimaron los coeficientes de correlación (r) y regresión entre las posturas corporales y la PP o PC. En promedio se detectaron 94.29, 4.09, 1.48 y 0.06% de AP, AE, AC y AN, respectivamente. Los factores importantes ($p < 0.05$) en la presentación de posturas corporales durante el transporte fueron: tiempo de transporte, espacio disponible por animal, confort térmico, y uso de arreador eléctrico. El 15.4% de los bovinos transportados tuvieron PC asociadas ($p < 0.05$) con los AC ($r = 0.79$) y AE ($r = 0.63$). La PP promedio fue 6.5%, asociada ($p < 0.05$) con los AC ($r = 0.68$) y AE ($r = 0.66$); sin embargo, en el modelo de predicción, sólo fueron importantes los AE. El uso de arreador eléctrico incrementó en 53% la PP y en 90% la PC. Los resultados muestran que las posturas corporales se modificaron de acuerdo con algunos factores de transporte, y que algunas posturas, como AE y AC, influyeron en la PP y PC, por lo que son indicadores apropiados de bienestar animal durante el transporte.

Palabras clave: Pérdida de peso. Presencia de cojeras. Arreador eléctrico. Factores de transporte. Bovinos para carne

BODY POSTURES AS AN INDICATOR OF ANIMAL WELFARE DURING TRANSPORT OF CATTLE TO SLAUGHTERHOUSES IN MEXICO

Summary

The objective of this study was to determine the effect of body postures during the journey related to the weight loss (PP) or the presence of lameness (PC) in cattle on arrival at the slaughterhouses. Information was collected from 18 cattle journeys, from three origins to slaughterhouses, with average distances of 262 (n=7), 327 (n=9), and 570 (n=2) km. A total of 846 males, crossed *Bos taurus* by *Bos indicus* with an initial weight of 587 ± 34 kg, were observed to determine their frequencies of standing (AP), lying (AE), fallen (AC), non-ambulatory (AN) and dead (AM) animals. Statistical analyses were performed using multinomial logistic regression and body postures expressed as probability of occurrence. Correlation coefficients (r) and regression between body postures and weight loss (PP) or the presence of lameness (PC) were estimated. An average of 94.29, 4.09, 1.48, and 0.06% of AP, AE, AC, and AN were detected, respectively. Transport factors that influenced ($p < 0.05$) body postures were transport time, space allowance per animal, environmental conditions and use of the electric prod. The 15.4% of the cattle transported had PC, associated ($p < 0.05$) with AC ($r = 0.79$) and AE ($r = 0.63$). The average of PP was 6.5%, associated ($p < 0.05$) with AC ($r = 0.68$) and AE ($r = 0.66$); however, in the prediction model, only AE was important. The use of electric prod increased PP by 53% and PC by 90%. The results showed that body postures were modified according to some transport factors, and some postures, such as EC and CA, influenced PP and CP, so they are an appropriate indicator of animal welfare during transport.

Keywords: Weight loss. Lameness. Electric prod. Transport factors. Beef cattle

3.1. Introducción

El transporte en animales es un proceso que incluye factores ambientales y de manejo que producen múltiples alteraciones fisiológicas a consecuencia del estrés, que impactan negativamente en la salud y el comportamiento del ganado, afectando así el bienestar animal (BA) y el rendimiento productivo (Fazio et al., 2018). En bovinos, el transporte a rastro es una de las fases más importantes en la cadena de producción de carne, debido a que factores como el tiempo de transporte, espacio disponible (densidad de carga), manejos asociados a la carga o la descarga (elementos de arreo) y la exposición a cambios bruscos de temperatura, repercuten en el rendimiento y la calidad de la carne (Gallo y Huertas, 2016; Damtew et al., 2018). Sin embargo, si durante el transporte se reduce el estrés físico y emocional de los animales, a través de prácticas de BA se pueden disminuir los efectos adversos (Broom, 2003).

En el intento por evaluar y mejorar las condiciones de transporte del ganado, se han identificado diferentes tipos de indicadores de BA: a) directos, como son los fisiológicos, conductuales y productivos, y b) indirectos, como son el manejo por parte de los operarios, y los factores relacionados con el ambiente y las características del viaje (Romero et al., 2011; Gallo, 2016). La *European Food Safety Authority* (EFSA, 2011) recomienda evaluar el BA durante el transporte, por medio de indicadores basados en la observación del comportamiento de los animales, debido a que son poco invasivos.

En el transporte de bovinos se ha observado que estos prefieren mantenerse de pie, en una posición perpendicular al movimiento del vehículo, y cuando adoptan otras posiciones como echados o caídos, se predispone una mayor aparición de contusiones en el ganado (Gallo et al., 2000). Por otra parte, Romero et al. (2017) encontraron que el número de animales caídos se incrementó (de 1.6 a 7.3 veces) a medida que aumentó el tiempo de transporte. Otros indicadores actualmente utilizados para la evaluación del transporte en bovinos y que son de importancia

económica, son la pérdida de peso, lesiones y mortalidad, ya que se han estimado pérdidas de 10 US\$ por animal (NBQA, 2016).

En México, son limitadas las evaluaciones del transporte desde el punto de vista del BA, en especial con el uso de indicadores poco invasivos, los cuales podrían ser una alternativa fácil y práctica de evaluación, que permita desarrollar estrategias de logística para mejorar el BA durante el transporte. El objetivo de este estudio fue determinar los factores que influyen en la presentación de posturas corporales específicas en bovinos durante su transporte y la relación de estas posturas con la pérdida de peso (PP) o presencia de cojeras (PC) a su llegada al rastro.

3.2. Materiales y Métodos

3.2.1 Descripción del estudio

La fase de campo se realizó entre abril de 2016 y octubre de 2018, con la colaboración de una empresa comercializadora de ganado y carne en México que contempla el cumplimiento de la norma mexicana de trato humanitario para la movilización de animales (NOM-051-ZOO-1995). Esta fase consistió en recolectar información de 18 viajes comerciales de bovinos, provenientes de corrales de finalización ubicados en los estados de Querétaro (20° 40' 00" N y 99° 54' 00" O; n=7), Guerrero (18° 21' 17" N y 100° 39' 58" O; n=9) y Aguascalientes (22° 01' 18" N y 102° 21' 23" O; n=2), con destino a un rastro ubicado en el Estado de México (19° 21' 38" N y 98° 58' 48" O), por lo que los recorridos fueron de 262 (5 h), 327 (13 h) y 570 km (9 h), con 5, 8 y 5 paradas (para inspeccionar el ganado, duración aproximada 30 minutos). El rango promedio en el que variaron la temperatura (T, °C) y humedad relativa (HR, %) dependieron del lugar de procedencia de los animales: Querétaro 18 °C con 68% HR hasta 27 °C con 43% HR; Guerrero 21 °C con 47% HR hasta 36 °C con 29% HR; y Aguascalientes 22 °C con 41% HR hasta 27 °C con 43% HR.

Los animales fueron transportados en remolques para ganado tipo “*pot belly*” o jaula de 15.29 x 2.35 m, con 6 compartimentos, de aluminio, con piso diamantado, antiderrapante y suspensión de aire. El total de bovinos transportados fue 846 (machos, de 2 a 5 años de edad, cruce *Bos taurus* por *Bos indicus*, y peso promedio inicial por animal de 587 ± 34 kg), los cuales fueron observados durante las paradas de inspección para determinar las posturas corporales (en términos de frecuencias) y la mortalidad durante el transporte, y su efecto sobre la presencia de cojeras y pérdida de peso a la llegada a rastro.

3.2.2 Indicadores de bienestar durante el transporte

Factores que intervienen en el transporte. Los factores principales que intervinieron en el transporte fueron registrados de acuerdo a metodología propuesta por González et al. (2012d). Los factores registrados (Apéndice 1) fueron: 1) conductor y años de experiencia; 2) tiempo de embarque, transporte y desembarque; 3) espacio disponible por animal, se consideró el área, en m², en cada sección del remolque ganadero en relación con el número de animales asignado, para los análisis estadísticos posteriores se agrupó en: poco (1.06-1.25 m² por animal), medio (1.25-1.35 m² por animal), mucho (>1.44 m² por animal); 4) uso del arreador eléctrico, como porcentaje de los animales embarcados por remolque-viaje, clasificado en poco (<33%), medio (33 al 66%) y mucho (>66%) en tres momentos, durante el embarque, transporte y desembarque; 5) lugar de procedencia de los animales; 6) época del año; y 7) condiciones ambientales durante el transporte, se midió la temperatura y humedad dentro del remolque en cada parada de inspección con un termómetro-higrómetro digital (Mod. 445702, Extech, Taiwán, Hong Kong). Con los datos obtenidos se estimó el índice de temperatura y humedad (ITH) como un indicador del confort térmico de los animales, el cual se clasificó para los análisis estadísticos posteriores en: sin estrés térmico (ITH<75) y con estrés térmico (ITH>75).

Posturas corporales. Durante el viaje se registraron las posturas de los bovinos a través de la frecuencia de ocurrencia de las siguientes categorías (Apéndice 2):

animales parados (AP); animales echados (se encuentra descansando de manera normal con las patas delanteras flexionadas hacia atrás y las traseras hacia adelante, responde a un estímulo, puede ponerse de pie por sí solos, AE); animales caídos (se encuentra acostado en posición lateral, le cuesta trabajo reincorporarse pero logra ponerse de pie bajo un estímulo, AC); animales no ambulatorios (no pueden reincorporarse ni mantenerse de pie, presenta signos vitales, AN), y animales muertos (sin signos vitales, AM). Las observaciones se realizaron en cada parada de inspección durante el viaje (5 para Querétaro, 8 para Guerrero y 5 para Aguascalientes), registrándose el número de animales en cada postura corporal observada en cada sección del remolque (Apéndice 3).

Presencia de cojeras y pérdida de peso. A la llegada al rastro se determinó el número de animales con presencia de cojeras por remolque (tiene problemas para apoyar alguna de sus extremidades sobre el piso, muestra signos de incomodidad al caminar y arqueamiento del lomo, PC); para la medición de esta variable, no se embarcaron animales con problemas de patas o cojeras desde el origen, por lo que los animales con PC se atribuyeron exclusivamente al transporte. Adicionalmente se determinó, la pérdida de peso después del transporte (PP, %) la cual se calculó por remolque, considerando el peso de todos los animales dentro del remolque al embarque y a la llegada al rastro.

3.2.3 Análisis estadístico

Los análisis estadísticos fueron realizados mediante el programa SAS (SAS, 2017). En análisis preliminares a partir de todos los factores registrados durante los viajes, se determinaron aquellos que fueron significativos ($p < 0.05$) para los indicadores de comportamiento (posturas corporales) durante el transporte y la mortalidad mediante modelos de regresión logística multinomial (Apéndice 5). Los resultados finales se presentan con modelos que incluyeron sólo los efectos que fueron importantes ($p < 0.05$); estimándose las probabilidades de ocurrencia de cada postura corporal o mortalidad en relación con los factores incluidos en el modelo.

Adicionalmente, se determinó la relación entre las posturas corporales y las PP o PC a la llegada a rastro, a partir de la estimación de coeficientes de correlación (r). También se utilizaron modelos de regresión para predecir la PP y la PC, donde los modelos de mejor ajuste fueron:

$$PC = \beta_0 + \beta_1(AE) + \beta_2(AC) + \epsilon,$$

$$PP (\%) = \beta_0 + \beta_1(AE) + \beta_1(AE)^2 + \epsilon,$$

dónde: β_0 = intercepto, β_1 = coeficiente de regresión del efecto lineal o cuadrático de AE, β_2 = coeficiente de regresión del efecto lineal de AC, AE = número de animales echados, AC = número de animales caídos, y ϵ = error aleatorio o residual.

Por último, se estimaron los coeficientes de correlación (r) entre los factores que influyeron en las posturas corporales (indicador de BA durante el viaje) y el porcentaje de la PC a la llegada a rastro. En análisis preliminares se encontró de importancia el uso del arreador eléctrico ($p < 0.05$), por lo que posteriormente se realizó un análisis con modelos lineales generalizados y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, para diferentes momentos de uso (durante la carga y durante el transporte) del arreador eléctrico sobre las variables porcentaje de PP o PC.

3.3. Resultados y discusión

El transporte de bovinos es un proceso multifactorial con repercusiones en el comportamiento de los animales. En este estudio, las observaciones de los AP, AE, AC, NA y AM fueron 94.00, 4.20, 1.70, 0.06, y 0.04 por ciento, respectivamente, lo que indica que la postura más común es que los animales viajen parados dentro de los vehículos, lo que fue similar a lo reportado en otros estudios (Gallo et al., 2000; Romero et al., 2017). Magnani et al. (2014) mencionan que el hecho de que los animales no permanezcan de pie y opten por otras posturas corporales durante el transporte, pueden ser un indicador del estrés inmediato, además de producir

incomodidad e incrementar el riesgo de lesiones en los animales (Knowles et al., 1999; Alende, 2010).

Los factores que influyeron en las posturas corporales de los bovinos y la mortalidad fueron el tiempo de transporte, el espacio disponible por animal, el uso del arreador eléctrico, y el confort térmico ($p < 0.05$). En el Cuadro 3 se muestran las probabilidades estimadas de ocurrencia de las posturas corporales observadas. La probabilidad de animales parados siempre fue la mayor dentro de las posturas estudiadas, lo que indica que es la posición preferida por los animales al ser transportados. Las probabilidades de animales caídos, echados y no ambulatorios, aunque pequeñas, fueron las importantes para reflejar el pobre BA en relación con algunos factores asociados al transporte.

Cuadro 3. Posturas corporales y su probabilidad estimada de ocurrencia en relación con los factores que afectan el transporte de los animales.

Factores del transporte	Probabilidad estimada de ocurrencia				
	¹ AP	² AE	³ AC	⁴ AN	⁵ AM
Tiempo de transporte (h)					
3	0.994	0.004	0.001	0.001	0.001
6	0.970	0.009	0.002	0.019	0.019
≥9	0.441	0.013	0.003	0.543	0.543
Espacio disponible (m² por animal)					
1.06-1.25	0.955	0.036	0.006	<0.001	0.003
1.25-1.35	0.970	0.009	0.002	0.019	0.001
>1.44	0.980	0.018	0.002	<0.001	<0.001
Uso del arreador eléctrico (% de animales)					
< 33	0.970	0.009	0.002	0.019	0.001
33-66	0.956	0.034	0.009	<0.001	0.001
>66	0.837	0.118	0.045	<0.001	0.002

¹AP = animales parados, ²AE = animales echados, ³AC = animales caídos, ⁴AN = animales no ambulatorios, ⁵AM = animales muertos

Para las condiciones del presente estudio, la probabilidad estimada de encontrar AE, AC, AN y AM se incrementó conforme aumentó el tiempo de transporte (Cuadro 3), tendencia que fue similar a lo descrito por Romero et al. (2017), quienes estimaron que a mayor tiempo de transporte (2 vs 8 h) el número de caídas se incrementó hasta siete veces, atribuyéndolo principalmente a las características topográficas de las vías de comunicación utilizadas (principalmente de condiciones montañosas); sin embargo, para este estudio las características de la vías de comunicación (asociadas con el origen de procedencia de los animales) no fueron importantes ($P>0.05$), por lo que el aumento de animales echados y caídos puede ser atribuido a la fatiga de los animales por el esfuerzo de mantener el balance durante periodos prolongados.

Los animales echados o caídos pudieron ocasionar un incremento en la probabilidad estimada de AN y AM a medida que se incrementó el tiempo de transporte (Cuadro 3), debido probablemente a que animales en estas categorías tienen más riesgo de ser aplastados por otros animales dentro del mismo compartimiento. Al respecto, Huertas et al. (2010) encontraron asociación entre el tiempo de viaje y una mayor presencia de hematomas en las canales. Efectos similares fueron reportados por Damtew et al. (2018), quienes estimaron incrementos en la mortalidad de hasta en seis veces para ganado de carne, en recorridos de 50 vs 300 km (con distancias proporcionales a la duración del viaje).

Por otra parte, en este estudio el espacio disponible asignado en el remolque influyó en la postura corporal de los animales durante el viaje; a un espacio disponible medio de 1.25-1.35 m² por animal se observó la menor probabilidad estimada de AE y AC, y a medida que disminuyó el espacio disponible (entre 1.06-1.25 m² por animal), la probabilidad estimada AC y AE se incrementó en 3 y 4 veces, mientras que en espacios disponibles altos (>1.44 m² por animal) sólo se incrementó la probabilidad estimada de AE en 2 veces (Cuadro 3). Tarrant et al. (1988) concluyeron, a través de medir la frecuencia cardiaca del ganado, que a densidades

más altas, es decir menor espacio disponible, los animales viajan menos estresados, debido a que realizan menos actividad física.

Sin embargo, varios autores concuerdan que espacios disponibles bajos (o densidades de carga altas) restringen la posibilidad de movimiento del animal y su colocación en la posición preferida, además de aumentar el riesgo de que los animales caídos o echados no se puedan poner de pie (Gallo et al., 2000), aumentando la incidencia de lesiones hasta en 10% (Alam et al., 2018) o muertes por aplastamientos (Tarrant, 1990). Esto también fue observado en este estudio, ya que a menor espacio disponible (1.06-1.25 m² por animal), la probabilidad estimada de AM se incrementó en 3 veces. Por otra parte, un espacio disponible alto puede ocasionar problemas asociados con el BA, ya que se favorece la pérdida de balance en los animales (Knowles, 1999; González et al., 2012b; Miranda-de la Lama, 2013).

El momento en que fue usado el arreador eléctrico afectó la probabilidad estimada de AP durante el viaje ($P < 0.05$): cuando se usó durante el transporte la probabilidad estimada de AP fue 0.83, cuando se usó durante el embarque fue 0.89, y cuando se usó antes de embarcar fue 0.99. El uso del arreador eléctrico incrementó la probabilidad estimada de AC, AE y AM en 22.5, 13.1, y 2 veces, debido probablemente a que el arreador produce fatiga muscular, dolor, y vuelve al animal más agresivo (Grandin, 2000; Losada-Espinosa et al., 2018); además, en ninguno de los viajes analizados se usó el arreador en menos del 33% de los animales, lo que es superior al 25% recomendado por Grandin (2017) para conservar el bienestar del ganado.

Por otra parte, durante el transporte los animales son expuestos a un amplio rango de temperaturas y humedades ambientales, por lo que tienen que aclimatarse con rapidez, y de no hacerlo les produce estrés y un pobre BA (Miranda-de la Lama, 2013). En este estudio, la temperatura y humedad (ITH) fueron importantes sólo cuando el tiempo de transporte fue mayor que >9 h, ya que la probabilidad estimada de encontrar AP fue menor (44.1%) que cuando no hubo estrés térmico (95.9%), esto probablemente como consecuencia del estrés térmico por el incremento del

ITH dentro del remolque, y la fatiga muscular ocasionada por el tiempo de transporte.

Adicionalmente, con ITH mayores que 75, la probabilidad estimada de encontrar AM se incrementó en un 100% (de 0.001 a 0.002); resultado sustentado por la EFSA (2011), quien indica que el estrés por calor es la mayor causa de pérdida de BA durante el transporte, ya que incrementa la mortalidad por deshidratación y la incidencia de enfermedades, debido al aumento en la temperatura ambiental en combinación con la humedad relativa. Sin embargo, en climas fríos también se han encontrado efectos similares, en especial cuando los animales son transportados con poco espacio disponible, ya que se favorece la pérdida de calor, aunado a que la humedad relativa y la temperatura ambiente dentro del remolque aumentan, creando un microclima que favorece la deshidratación, especialmente en remolques cerrados (Schrama et al., 1996; Miranda-de la Lama, 2013). En el Cuadro 4 se observa que la PC se incrementó 0.12 por cada AE (cuando la cantidad de AC se mantienen constantes), mientras que por cada AC se incrementa 0.54 la PC (cuando los AE se mantienen constantes), lo que demuestra que los animales en estas posiciones durante el transporte, sufren más lesiones debido a que tienen una mayor probabilidad estimada de ser aplastados o pisados por otros animales, especialmente cuando el espacio disponible no es el apropiado (Miranda-de la Lama et al., 2014).

Cuadro 4. Presencia de cojeras (PC) y pérdida de peso (PP) en bovinos, y coeficientes de regresión de animales echados (β_1) y caídos (β_2) durante el transporte.

Variable	Intercepto	β_1	β_1^2	β_2	$^3R^2$
¹ PC	0.86±0.75 ^{ns}	0.12±0.05*	----	0.54±0.09***	0.91
² PP (%)	4.05±0.5***	0.26±0.08**	-0.004±0.00*	----	0.69

¹Modelo de regresión para PC = $\beta_0 + \beta_1$ (AE) + β_2 (AC) + ϵ .

²Modelo de regresión para PP = $\beta_0 + \beta_1$ (AE) + β_1 (AE)² + ϵ .

³R² = Coeficiente de determinación.

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, ^{ns} no significativo (p>0.05).

De acuerdo con otros estudios que analizaron la presencia de cojeras en ganado de carne, éstas podrían ser un indicador del tipo de piso y el espacio disponible en donde el animal estuvo alojado (el remolque para el caso del transporte), y se ha demostrado que el riesgo de cojeras se incrementa en tres veces para bovinos alojados en pisos duros en comparación con los más blandos (Magrin et al., 2019). Por otra parte, se ha documentado que el piso de los remolques en donde se transporta el ganado debe ser antideslizante y de materiales que ayuden a reducir las vibraciones del vehículo, para que los animales puedan mantener el equilibrio y reducir la fricción en las patas (las cuales podrían provocar cojeras) y las caídas con las múltiples consecuencias que éstas implican (Mcgreevy et al., 2007).

En este estudio se encontró que las posturas corporales están asociadas con otros indicadores de interés económico posterior al transporte, como son la PC y PP. Alende (2010) menciona que los AE o AC durante el transporte presentan niveles de cortisol mayores que en otras posiciones, lo que sugiere niveles de estrés más altos con repercusiones negativas posteriores al transporte. Gallo et al. (2000) mencionan que la presencia de un animal caído durante el viaje puede incrementar hasta en 50% la presencia de hematomas en las canales y una pérdida de peso de hasta 3% adicional.

En general, de los bovinos transportados en este estudio, el 15.4% presentaron cojeras a su llegada a rastro, las cuales estuvieron asociadas con los AC ($r=0.79$) y los AE ($r=0.63$). Sin embargo, González et al. (2012c) mencionan que la PC está asociada con otros factores, como el tiempo de transporte y la pérdida de peso. Las cojeras en ganado de carne han sido poco estudiadas; sin embargo, son un problema en la industria cárnica, ya que se ha reportado más de un 30% de prevalencia (Coetzee et al 2017) y se ha documentado que producen dolor y estrés, por lo cual es considerado un indicador importante de BA en bovinos (Edwards-Callaway et al., 2017).

La PP es uno de los indicadores más utilizados para evaluar el BA durante el transporte (González et al., 2012c, d). En México se han estimado pérdidas de hasta

11.3%, dependiendo de factores como la distancia de transporte, las prácticas de manejo y el lugar de procedencia de los animales; fisiológicamente, esto fue explicado por el incremento en la deshidratación, y el aumento a la micción y defecación asociados con el estrés (Larios-Cueto et al., 2019); sin embargo, poco se sabe de su asociación con el comportamiento de los bovinos durante el transporte. En este estudio, la pérdida de peso promedio se estimó en 6.5%, asociada con los AC ($r=0.68$) y los AE ($r=0.66$). Por otra parte, González et al. (2012a) encontraron asociación con la probabilidad estimada de animales no ambulatorios.

De acuerdo con el Cuadro 4, la PP se incrementó 0.26% por cada AE durante el transporte, pero además con un efecto cuadrático, lo que indica que después de 30 AE, la PP disminuyó. Esto es similar a lo mencionado por otros autores, en relación a que en los animales echados durante el viaje se asume un mayor nivel de estrés (Gallo et al., 2000; González et al., 2012a,c; Romero et al., 2017). El efecto cuadrático encontrado en este estudio podría explicarse por el aumento en la probabilidad estimada de AE (Cuadro 4) a través del tiempo de transporte y dado que la PP durante el transporte es mayor durante las primeras horas, por lo que a mayor tiempo de transporte el PP disminuye (Gallo, 2016), es decir, un efecto cuadrático (González et al., 2012a,c). González et al. (2012a) encontraron, mediante un modelo lineal, que la probabilidad estimada de animales no ambulatorios durante el viaje se incrementó conforme aumentó la PP.

De los factores evaluados durante al transporte, el uso del arreador eléctrico resultó el más altamente asociado con la incidencia de cojeras ($r=0.79$) y el incremento en la pérdida de peso ($r=0.63$), los cuales fueron mayores a medida que se incrementó la intensidad de uso del arreador durante la carga y el transporte (Cuadro 5).

Las cojeras en el ganado se incrementaron hasta en 47% cuando se usó el arreador en el 33% de los animales, en comparación que cuando se utilizó en más del 66% durante la carga (Cuadro 5); esto posiblemente como respuesta a las lesiones que produce el arreador en los animales. Al respecto, Huertas et al. (2018) encontraron

hasta 14% más de contusiones en ganado descargado con el arreador eléctrico en comparación con el arreo en silencio y sin instrumentos de arreo.

Cuadro 5. Incidencia de cojeras (PC) y pérdida de peso (PP) en relación con el uso del arreador eléctrico en el transporte de bovinos.

Variable	Uso del arreador eléctrico (% de animales)		
	< 33	33-66	> 66
<i>Durante la carga</i>			
¹ PC	5.94±1.42 B	5.39±1.53 B	11.31±1.29 A
² PP (%)	5.22±0.39 B	6.41±0.42 B	8.01±0.35 A
<i>Durante el transporte</i>			
¹ PC	11.40±1.5 B	10.96±1.71 B	3.47±1.18 A
² PP (%)	5.40±0.32 B	7.44±0.41 A	8.39±0.46 A

¹Problemas de cojeras (número de animales).

²Pérdida de peso (%).

Medias con la misma literal dentro de hileras durante la carga o el transporte son iguales ($p > 0.05$).

3.4. Conclusiones

Las posturas corporales durante el transporte asociadas con la pérdida de peso y la presencia de cojeras a la llegada a rastro, representan una manera fácil y práctica de evaluación de algunos de los factores que influyen en el bienestar animal durante el proceso de transporte, en especial para el tiempo de transporte, espacio disponible, uso de arreador eléctrico y confort térmico. Los animales caídos y echados durante el transporte influyen en la pérdida de peso y presencia de cojeras a la llegada a rastro, por lo que las posturas corporales pueden ser utilizadas para predecir su comportamiento. El uso del arreador eléctrico es uno de los factores que más impactan en la pérdida de peso y la presencia de cojeras durante el transporte, dependiendo de la intensidad y momento de uso.

De acuerdo a la información obtenida en este estudio, se recomienda: 1) realizar el transporte de bovinos en el menor tiempo posible; 2) ajustar la disponibilidad de

espacio entre 1.25-1.35 m² para ganado finalizado con peso promedio aproximado de 587±34; y 3) disminuir el uso del arreador eléctrico, especialmente en el viaje, por lo que es necesario conocer con precisión en qué condiciones y en que animales se debe usar.

Debido a que este estudio se realizó bajo condiciones comerciales, no fue posible evaluar ni la calidad ni la inocuidad de la carne; sin embargo, es necesario generar información sobre el efecto de las posturas corporales y otras conductas en las características de la canal y de la carne, así como de la relación entre las cojeras y la presencia de contusiones en la canal y el riesgo de contaminación con agentes patógenos.

3.5. Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), al MC. Juan Carlos García Ortiz y a la empresa AGROSISIAN por su apoyo en la realización del estudio.

3.6. Literatura citada

Alam, M, Hasanuzzaman, M, Hassan, MM, Rakib, TM, Hossain, ME, Rashid, MH & Hoque, MA 2018. Assessment of transport stress on cattle travelling a long distance (≈648 km), from Jessore (Indian border) to Chittagong, Bangladesh. *Veterinary Record Open*, vol. 5, no.1, e000248. doi:10.1136/vetreco-2017-000248

Alende, M 2010. Welfare of cattle during transport to slaughter. *Revista Argentina de Producción Animal*, vol. 30, no. 1, pp. 117-29.

Broom, DM 2003. Causes of poor welfare in large animals during transport. *Veterinary Research Communications*, vol. 27, pp. 515-18. doi:10.1023/b:verc.0000014210.29852.9a

- Coetzee, JF, Shearer, JK, Stock, ML, Kleinhenz, MD & van Amstel, SR 2017. An update on the assessment and management of pain associated with lameness in cattle. *Veterinary Clinics Food Animal Practice*, vol. 33, pp. 389-411. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.02.009>
- Damtew, A, Erega, Y, Ebrahim, H, Tsegaye, S & Msigie, D 2018. The effect of long distance transportation stress on cattle: Review. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research Volume*, vol. 3, no. 3, pp. 3304-8. doi: 10.26717/BJSTR.2018.03.000908
- Edwards-Callaway, L, Calvo-Lorenzo, M, Scanga, J & Grandin, T 2017. Mobility scoring of finished cattle. *Veterinary Clinics Food Animal Practice*, vol. 33, pp. 235–50.
- EFSA (European Food Safety Authority). Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). (2011). Scientific opinion concerning the welfare of animals during transport. *EFSA Journal*, vol. 9, no. 1, p. 1966.
- Fazio, F, Arfuso, F, Rizzo, M, Giannetto, C, Giudice, E, Zanghì, E & Piccione, G 2018. Livestock handling and road transport influence some oxidative stress parameters in ewes. *Journal of Veterinary Behavior*, vol. 26, pp. 5-10. doi:10.1016/j.jveb.2018.03.010
- Gallo, C 2016. Transporte y reposo previos al sacrificio en bovinos y su relación con la calidad de la carne. *In: Bienestar animal una visión global en Iberoamérica* 3ra Ed. Mota, R. D., Huertas, S. M., Cajiao M. N. Elsevier España. pp: 213-26.
- Gallo, C, Pérez, VS., Sanhueza, VC & Gasic, YJ 2000. Efectos del tiempo de transporte de novillos previo al faenamiento sobre el comportamiento, las pérdidas de peso y algunas características de la canal. *Archivos de Medicina Veterinaria*, vol. 32, no. 2, pp. 157-70.

- Gallo, C & Huertas, SM 2016. Main animal welfare problems in ruminant livestock during preslaughter operations: A South American view. *Animal*, vol. 10, pp. 357-64. <https://doi.org/10.1017/S1751731115001597>
- González, LA, Schwartzkopf-Genswein, KS, Bryan, M, Silasi, R & Brown, F 2012a. Relationships between transport conditions and welfare outcomes during commercial long haul transport of cattle in North America. *Journal of Animal Science*, vol. 90, pp. 3640–51. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4796>
- González, LA, Schwartzkopf-Genswein, KS, Bryan, M, Silasi, R & Brown, F 2012b. Space allowance during commercial long distance transport of cattle in North America. *Journal of Animal Science*, vol. 90, pp. 3618–29. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4771>
- González, LA, Schwartzkopf-Genswein, KS, Bryan, M, Silasi, R & Brown, F 2012c. Factors affecting body weight loss during commercial long haul transport of cattle in North América. *Journal of Animal Science*, vol. 90, pp. 3630–9. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4786>
- González, LA, Schwartzkopf-Genswein, KS, Bryan, M, Silasi, R & Brown, F 2012d. Benchmarking study of industry practices during commercial long haul transport of cattle in Alberta, Canada. *Journal of Animal Science*, vol. 90, pp. 3606–17. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4770>
- Grandin, T 2000. El transporte de ganado: guía para las plantas de faena. <http://www.grandin.com> Consultado el 20 de junio de 2019.
- Grandin, T 2017. Recommended Animal Handling Guidelines & Audit Guide: A Systematic Approach to Animal Welfare. *North American Meat Institute*. Washington, D.C. USA. 131 p.
- Huertas, SM, Gil, AD, Piaggio, JM & Van Eerdenburg, FJCM 2010. Transportation of beef cattle to slaughterhouses and how this relates to animal welfare and

- carcass bruising in an extensive production system. *Animal Welfare*, vol. 19, pp. 281-5.
- Huertas, SM, Kempener, REAM & Van Eerdenburg, FJCM 2018. Relationship between methods of loading and unloading, carcass bruising, and animal welfare in the transportation of extensively reared beef cattle. *Animals*, vol. 8, p. 119. doi:10.3390/ani8070119
- Knowles, TG 1999. A review of the road transport of cattle. *Veterinary Record*, vol. 144, pp. 197-201.
- Knowles, TG, Warriss, PD, Brown, SN & Edwards, JE 1999. Effects on cattle of transportation by road for up to 31 hours. *Veterinary Record*, vol. 145, pp. 575-82. <http://dx.doi.org/10.1136/vr.145.20.575>
- Larios-Cueto, S, Ramírez-Valverde, R, Aranda-Osorio, G, Ortega-Cerrilla, ME & García-Ortiz, JC 2019. Stress indicators in cattle in response to loading, transport and unloading practices. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, vol. 10, no. 4, pp. 885-902. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i4.4561>
- Losada-Espinosa, N, Villarroel, M, María, GA & Miranda-de la Lama, GC 2018. Pre-slaughter cattle welfare indicators for use in commercial abattoirs with voluntary monitoring systems: A systematic review. *Meat Science*, vol. 138, pp. 34–48. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.12.004>
- 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 behaviour and blood parameters of postweaned piglets with different reactivity to backtest. *Livestock Science*, vol. 162, pp. 201–8. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.011>
- Magrin, L, Gottardo, F, Contiero, B, Brscic, M & Cozzi, G 2019. Time of occurrence and prevalence of severe lameness in fattening Charolais bulls: Impact of type

- of floor and space allowance within type of floor. *Livestock Science*, vol. 221, pp. 86–88. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.01.021>
- Mcgreevy, PD, George, S & Thomson, PC 2007. A note on the effect of changes in flooring on the behaviour of housed rams. *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 107, pp. 355-360. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.10.020>
- Miranda-de la Lama, GC 2013. Transporte y logística pre-sacrificio: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne. *Veterinaria México*, vol. 44, no. 1, pp. 31-56.
- Miranda-de la Lama, GC, Villarroel, M & María, GA 2014. Livestock transport from the perspective of the pre-slaughter logistic chain: A review. *Meat Science*, vol. 98, no. 1, pp. 9-20. doi:10.1016/j.meatsci.2014.04.005
- NBQA (National Beef Quality Audit) 2016. National Beef Quality Audit Executive Summary. Colorado, USA. <http://www.bqa.org> Consultado el 7 de octubre de 2018.
- Romero P, HM, Uribe-Velásquez, FL & Sánchez V, J 2011. Biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar animal en ganado de carne. *Biosalud*, vol. 10, no. 1, pp. 71-87.
- Romero P, HM, Velasco-Bolaños, J & Sánchez V, JA 2017. Indicadores conductuales y fisiológicos para evaluar el transporte de novillos al rastro y su relación con el pH de la carne. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, vol. 28, no. 3, pp. 586-96. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28i3.13364>
- SAS 2017. SAS/STAT User's Guide (Release 6.4). SAS Inst., Cary, NC, USA.
- Schrama, JW, Van der Her, W, Gorssen, J, Henken, AM, Verstegen, MWA & Noordhuizen, JPTM 1996. Required thermal thresholds during transport of animals. *Veterinary Quarterly*, vol. 18, pp. 90-95. <https://doi.org/10.1080/01652176.1996.9694624>

Tarrant, PV 1990. Transportation of cattle by road. *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 28, pp. 153-170. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(90\)90051-E](https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90051-E)

Tarrant, PV, Kenny, FJ y Harrington, D 1988. The effect of stocking density during 4 hours transport to slaughter on behaviour, blood constituents and carcass bruising in Friesian steers. *Meat Science*, vol. 24, pp. 209-22.

4. FACTORES DEL TRANSPORTE QUE INFLUYEN EN EL BIENESTAR ANIMAL Y LA SALUD DE BOVINOS DESTINADOS A CORRAL DE FINALIZACIÓN

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar los principales factores que afectan el bienestar animal (BA) durante el transporte comercial de bovinos y la salud de los animales a su llegada al corral finalización. El BA fue evaluado mediante los indicadores de animales parados (AP), echados (AE), caídos (AC), no ambulatorios (AN) y muertos (AM); mientras que la salud de los animales mediante los indicadores de presencia de problemas respiratorios (PR), cojeras (PC) y aislamiento (PA). Se recolectó información en 32 viajes comerciales de bovinos (1962 bovinos en observación), provenientes de sistemas de repasto en el sureste mexicano con destino a corrales de finalización en el estado de México. El análisis estadístico se realizó mediante regresión logística multinomial, y su efecto se midió en términos de probabilidad estimada de ocurrencia (P) para cada indicador. Los factores importantes ($p \leq 0.05$) fueron la raza del animal, espacio disponible (coeficiente alométrico, K), distancia de transporte, tiempo en el desembarque, época del año, y uso del arreador eléctrico. El 65.4% de los animales transportados fueron AP, el 26.4% AE y el 8.2% AC. Las incidencias de PR, PC, PA, y mortalidad post-transporte fueron 8.4, 4.6, 1.8, y 0.003%, respectivamente. La P de AC en animales cruzados (*Bos taurus x Bos indicus*) fue 1.74 y 1.18 veces menor que la de los *Bos indicus* o *Bos taurus*, respectivamente. La P de AP aumentó por efecto del espacio disponible (cuando $K=0.02$), y en viajes más cortos (1140-1552 km, P de AP=0.61 vs 780-1140 km, P de AP=0.71). En verano, las P de PR y PC fueron 3 y 4 veces mayores que en invierno. El uso del arreador eléctrico tuvo efecto negativo en la P de AC, AE y AP ($p \leq 0.001$), e incrementó las P de PR, PC y PA en 3, 6 y 8 veces. De acuerdo con los resultados obtenidos, existen diversos factores que afectan el BA durante el transporte. Estos factores pueden comprometer la salud del ganado a la llegada al corral de finalización, siendo los más importantes el uso de arreador eléctrico, la época del año y el espacio disponible.

Palabras clave: Transporte comercial. Problemas respiratorios. Cojeras. Posturas corporales.

TRANSPORT FACTORS THAT INFLUENCE ANIMAL WELFARE AND HEALTH OF CATTLE SENT TO FEEDLOT

Abstract

The study aimed to evaluate the main factors that affect animal welfare (BA) during commercial transport of cattle and the health of the animals on arrival at the feedlot. The BA was evaluated through the indicators of standing (AP), lying (AE), fallen (AC), non-ambulatory (AN), and dead (AM) animals; whereas the health problems through the indicators of the presence of respiratory problems (RP), lameness (PC) and isolation (PA). Information was collected on 32 commercial journeys of cattle (1962 animals were observed), which come from grazing systems to feedlots in the State of Mexico. Statistical analyses were performed using multinomial logistic regression, and effects were measured in terms of estimated likelihood of occurrence (P) for each indicator. The important factors ($p \leq 0.05$) were the breed of the animal, space allowance (allometric coefficient, K), transport distance, landing time, season of the year, and the use of electric prod. The 65.4% of the transported animals were AP, 26.4% were AE, and 8.2% were AC. The incidences of PR, PC, PA, and post-transport mortality were 8.4, 4.6, 1.8, and 0.003%, respectively. The P of AC in crossbred animals (*Bos taurus* x *Bos indicus*) was 1.74 and 1.18 times lower than those in *Bos indicus* or *Bos taurus*, respectively. The P of AP increased by the effect of space allowance (when $K=0.02$), and shorter journeys (1140-1552 km, P of AP=0.61 vs 780-1140 km, P of AP=0.71). In summer, the P of PR and PC were 3 and 4 times higher than in winter. The use of the electric prod had a negative effect on the P of AC, AE and AP ($p \leq 0.001$), and increased the P of PR, PC and PA by 3, 6 and 8 times. According to the obtained findings, several factors affect the BA during transport. They can compromise the health of the cattle upon arrival at the feedlot, being the most important factors the use of electric prod, the season of the year, and the space allowance.

Keywords: Commercial transport. Respiratory problems. Lameness. Body postures.

4.1. Introducción

Durante el traslado de animales, estos son sometidos a factores desencadenantes de estrés que pueden comprometer el bienestar animal (BA) durante y después del transporte. Se ha demostrado que el transporte, el embarque y el desembarque pueden ocasionar cambios fisiológicos, cuyo costo biológico para el animal puede ser la pérdida de peso de los animales, el cual ha oscilado entre 7.9 y 13% (Gallo *et al.*, 2000; Werner *et al.*, 2013; Larios-Cueto *et al.*, 2019), la incidencia de enfermedades respiratorias y cojeras, o incluso la muerte de los animales (Broom y Molento, 2004).

El problema respiratorio más común en ganado de engorda es conocido como fiebre de embarque (BRD) o neumonía, el cual en Estados Unidos se estima es responsable del 75% de toda la morbilidad y del 50 al 70% de toda la mortalidad final del lote (Speer *et al.*, 2001). Como su nombre lo indica (BRD), la causa principal son los múltiples factores estresantes al que el animal es sometido durante el transporte. Por otra parte, la presencia de cojeras en ganado de carne, aunque ha sido poco estudiada, en Estados Unidos se estima que el 2% del ganado es tratado por cojeras y el 5% de la mortalidad se debe a esta causa (Griffin *et al.*, 1993); asimismo, diversos estudios muestran que la pérdida de BA durante el transporte incrementa la incidencia de BRD (Engle *et al.*, 2018).

La pérdida de BA durante el transporte se ha asociado a varios factores. Un ejemplo es la densidad de carga, la cual, si es baja, puede favorecer las pérdidas de balance durante el viaje; por el contrario, si es alta podría incrementar el número de muertes por aplastamiento (Tarrant, 1990). El incremento en el tiempo de transporte, aumenta el número de caídas durante el viaje (5 a las 24 h vs. 2 a las 12 h; Gallo *et al.*, 2000) y provoca una mayor incidencia de cojeras, por lo cual este factor también es considerado uno de los más importantes en explicar la pérdida de peso durante los traslados, debido al agotamiento físico y la privación prolongada de alimento y agua (González *et al.*, 2012c). Otros factores de importancia son el diseño del

vehículo, condiciones ambientales, prácticas de manejo en el ganado, y las características del ganado; sin embargo, los resultados han sido diversos y en ocasiones contradictorios (Engle *et al.*, 2018).

De acuerdo con lo anterior, existen muchas investigaciones en relación a los factores que podrían intervenir en el BA durante el transporte; sin embargo, es limitada la información acerca de su efecto en la probabilidad de riesgo de cada uno sobre la pérdida de bienestar y la incidencia de problemas de salud a la llegada al corral de finalización. En México, el estudio de este tema es importante, debido a que podría ser de utilidad para crear estrategias que reduzcan los efectos adversos del transporte en los bovinos, especialmente en la incidencia de problemas de salud a la llegada al corral de finalización; además, existen pocas evaluaciones del transporte realizado de manera comercial, y sus implicaciones productivas y en el BA. El objetivo de este estudio fue evaluar los factores que afectan el BA durante el transporte comercial de bovinos en México, a través la estimación de probabilidades de ocurrencia de indicadores no invasivos, basados en el animal (animales parados, echados, caídos, muertos), durante el transporte, y a la presencia de problemas respiratorios y cojeras en los animales a su llegada al corral de finalización.

4.2. Materiales y métodos

4.2.1. Descripción del estudio

La fase de campo se realizó entre abril de 2016 y noviembre de 2018, con la colaboración de una empresa comercializadora de ganado y carne en México, que contempla el cumplimiento de la norma mexicana de trato humanitario para la movilización de animales (NOM-051-ZOO-1995). Esta fase consistió en recolectar información de 32 viajes comerciales de bovinos, provenientes de sistemas de repasto ubicados en las entidades federativas de Chiapas (16° 24' 36" N y 92° 24' 31" O; n=12) y Campeche (18° 50' 11" N y 90° 24' 12" O; n=20), con destino a corrales de finalización ubicados en el Estado de México (19° 21' 38" N y 98° 58' 48" O), por lo que las distancias variaron de 780 a 1552 km, con tiempos de

transporte desde 17 hasta 37 h. En cada viaje se realizaron 10 a 14 paradas para inspeccionar el ganado (con una duración aproximada 50 minutos). El ITH durante los viajes varió en un rango de 65 a 92, dependiendo la época del año.

Los animales fueron transportados en remolques para ganado tipo “*pot belly*” o jaula ganadera de 15.29 x 2.35 m, con 6 compartimentos, de aluminio, con piso diamantado, antiderrapante y suspensión de aire. El total de bovinos transportados fue 1962 (cruza *Bos taurus* por *Bos indicus*, con un rango de peso vivo de 130 a 850 kg), los cuales fueron observados individualmente durante las paradas de inspección, para determinar sus posturas corporales (en términos de frecuencias), y la presencia de signos de problemas respiratorios (PR) y cojeras (PC) y mortalidad durante y después del transporte.

Identificación de factores que intervienen en el transporte. Para la identificación y registro de los factores que intervinieron en el transporte, se utilizó la metodología propuesta por González *et al.* (2012a) con algunas modificaciones (Apéndice 1); agrupados en cuatro aspectos generales:

1) Características del ganado: a) tipo racial del ganado, clasificándose de acuerdo con sus características fenotípicas, en cebú, europeo y sus cruzas; b) estado fisiológico del animal de acuerdo con el peso del animal, en becerro (< 300 kg), torete (300-450 kg) o toro (>450 kg); y c) sistema de producción del cual provinieron, en ganado de repasto de un solo rancho (SR), donde no hubo movilización en vehículo antes de subir a la jaula ganadera (arreo a pie o a caballo), o en ganado de repasto en acopio (SA), en donde el ganado a embarcar provino de varios productores, por lo que fue movilizado con ayuda de camiones o camionetas a un corral de acopio, previo al embarque en la jaula ganadera.

2) Embarque, desembarque y transporte: a) duración del embarque (tiempo transcurrido desde que el primer animal fue movilizado al corral de embarque hasta que el último animal del lote subió al camión); b) duración del desembarque (tiempo transcurrido desde que bajó del camión el primer animal hasta el último que llegó al

corral de finalización); c) duración del transporte (tiempo transcurrido desde que el último animal subió al remolque hasta el último que bajó); y d) espacio disponible (ED; m² por animal), el cual fue estimado usando el número de animales por cada división dentro de la jaula, con lo que calculó el coeficiente alométrico (K), dado en m² por animal/PV^{0.6667}.

3) Uso del arreador eléctrico durante el transporte: el cual fue registrado individualmente, como variable dicotómica, sí o no.

4) Condiciones ambientales: época del año, lugar de origen de los animales, la temperatura y humedad interna de la jaula, y externa (termómetro-higrómetro digital, Mod. 445702, Extech, Taiwán, Hong Kong) en las paradas de rutina (casetas de inspección zoosanitaria).

Indicadores de bienestar y de salud. Previo al embarque, los animales fueron identificados individualmente con aretes de plástico y se clasificaron de acuerdo al tipo racial en cebú, europeo o sus cruza. Durante el transporte se evaluaron las posturas corporales del ganado (AE, AC, AN y AM, Apéndice 2), en términos de frecuencias, por lo que se registró tomando en cuenta la división de la jaula en donde se presentó el evento (Apéndice 3). Se utilizó como punto de muestreo cada parada de rutina (casetas de inspección zoosanitaria) durante el viaje, siendo 14 para los provenientes de Campeche y 10 para los de Chiapas. En el corral de finalización las observaciones se realizaron 12 horas posteriores al desembarque, con el fin de estimar PC, PA, mortalidad y PR (Apéndice 4); este último con base en los signos clínicos presentes en el ganado, como tos, moco y lagrimeo (Apéndice 2).

4.2.2. Análisis estadístico

Los análisis estadísticos fueron realizados en el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008). Se utilizó regresión logística multinomial, en un primer análisis, identificando los factores registrados que influyeron durante los viajes en los indicadores de bienestar y de salud del ganado ($p < 0.05$). Con los modelos obtenidos,

posteriormente se estimó el efecto de los factores significativos en términos de la probabilidad estimada de ocurrencia (P) de cada indicador de bienestar.

4.3. Resultados y discusión

4.3.1. Identificación de factores importantes asociados con el transporte

De los factores analizados para los indicadores de salud en el corral de finalización, sólo fueron importantes ($p \leq 0.05$) el uso del arreador eléctrico, la época del año, el sistema de origen, y el tiempo de desembarque. Adicionalmente, para los indicadores de bienestar durante el transporte (posturas corporales), los indicadores importantes fueron la raza, la distancia de transporte, y el coeficiente alométrico K (estimador del espacio disponible). En el Cuadro 6 se muestran los factores incluidos en los modelos de regresión logística y su significancia para cada uno de los indicadores de bienestar.

En general, durante este estudio se observó que de los animales transportados, el 65.4% viajaron parados todo el tiempo, el 26.4% se echaron durante el viaje, y el 8.2% sufrieron caídas; no registrándose animales no ambulatorios ni muertos. Resultados similares fueron descritos por Knowles, (1999) en donde el 70% del ganado se mantuvo de pie durante el transporte y se echaron o se cayeron conforme transcurrió el tiempo de transporte, atribuyéndolo al cansancio de los animales y a las pérdidas de equilibrio. En relación con la mortalidad, varios autores reportan mortalidades desde 0.04 hasta 0.24%, atribuyéndolo principalmente a la distancia de transporte y a la época del año (Malena *et al.*, 2006; Simova *et al.*, 2016).

Por otra parte, en este estudio la incidencia de PR fue 8.4%, de los cuales el 76.8% presentaron moco, 46.3% lagañas y 32.9% tos. Los PC y PA se presentaron en el 4.6 y 1.8% de los animales estudiados, mientras que sólo el 0.003% murió en el corral. La pérdida de peso promedio por viaje por remolque fue $11.6 \pm 2.13\%$. Cernicchiaro *et al.* (2012) reportaron una morbilidad por problemas respiratorios (BRD) del 4.9%, asociados a factores de transporte; Sanderson *et al.* (2008) estimaron que por cada 160 km de transporte, la morbilidad aumentó en un 10%.

Cuadro 6. Factores asociados al transporte que influyen en los indicadores de bienestar y de salud en el ganado de carne de acuerdo con su nivel de significancia ($p \leq 0.05$).

Factor	Lagaña	Moco	Tos	PR¹	PC²	PA³	AP⁴	AE⁵	AC⁶
Uso de arreador eléctrico	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Época del año	0.001	0.002	<0.001	<0.001	0.001		<0.001	<0.001	0.031
Sistema de origen		0.188	-	0.090	-	0.051	0.583	0.713	0.445
⁷ ITH	0.042	-	-	-	-	-	-	-	-
Raza del animal	-	-	-	-	0.051	-	-	-	0.030
Peso del animal	-	-	-	-	0.081	-	-	-	-
Distancia de transporte (km)	-	-	-	-	-	-	0.004	0.010	
⁸ Coef. K (Espacio disponible)	-	-	-	-	-	0.004	0.030	0.004	0.049
Tiempo de desembarque	-	0.032	0.041	0.002	-	-	-	-	-
Época del año * sistema de origen	-	<0.001	-	0.021	-	-	0.002	<0.001	<0.001

¹PR = problemas respiratorios. ²PC = problemas de cojera. ³PA = problemas de aislamiento. ⁴AP = animales parados. ⁵AE = animales echados. ⁶AC = animales caídos. ⁷ITH = índice de temperatura y humedad dentro del remolque. ⁸K = coeficiente alométrico (m^2 por animal/ $PV^{0.6667}$).

4.3.2. Características del ganado

De las características del ganado analizadas, sólo el tipo racial fue importante para la P de AC y los PC en el corral de finalización. En la Figura 1 se observa que los animales *Bos indicus* tuvieron mayor probabilidad estimada de caer durante el viaje, lo cual podría deberse al temperamento de los animales, lo que los vuelve más susceptibles al estrés (Romero *et al.*, 2013; Grandin, 2017). En este tema, Larios-Cueto *et al.* (2019) encontraron que después del transporte, los animales con fenotipo *Bos indicus* presentaron hasta un 21% más cortisol en sangre que los *Bos taurus*. Mpakama *et al.* (2014) publicaron que animales Brahman y Beefmaster fueron menos susceptibles al estrés y al daño muscular durante el transporte, debido a la capacidad de adaptación de las razas cebuinas y sintéticas. En este estudio se estimó que los animales cruzados (*Bos taurus* x *Bos indicus*) tuvieron 1.74 veces menor probabilidad estimada de caer durante el viaje que los *Bos indicus*, y 1.18 veces menos que los *Bos taurus*, además de presentar menos cojeras a la llegada al corral de finalización.

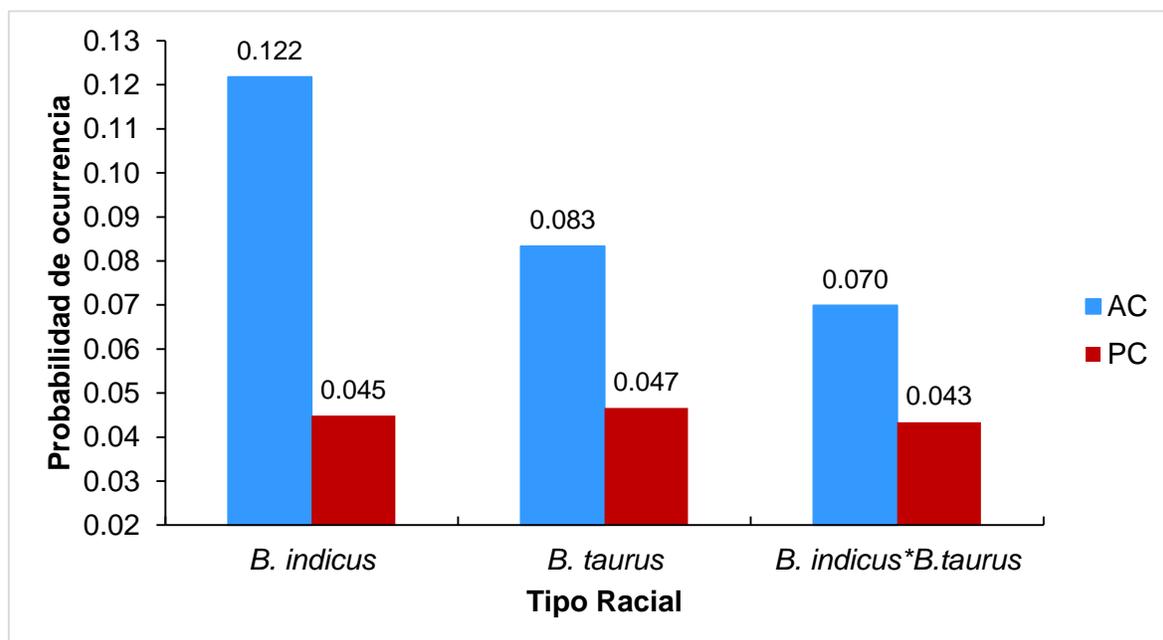


Figura 1. Probabilidad estimada de ocurrencia de cojeras (PC) y animales caídos (AC) en relación con el tipo racial del ganado.

4.3.3. Espacio disponible

El espacio disponible durante el transporte, es uno de los factores más estudiados desde el punto del BA, debido a que en múltiples estudios se ha demostrado que un espacio disponible inadecuado favorece la pérdida de balance en los animales (Miranda-de la Lama, 2013). En bovinos, a mayor espacio disponible se presenta una mayor proporción de pérdidas de balance por desplazamientos (Tarrant, 1990); sin embargo, el riesgo de muertes por aplastamientos es mayor a espacios disponibles menores (Tarrant *et al.*, 1992). Recientemente, González *et al.* (2012b) concluyeron que la mejor manera de expresar el espacio disponible o densidad de carga, era a través del coeficiente alométrico K, que considera el volumen del animal mediante del peso vivo elevado al 0.6667 ($PV^{0.6667}$).

Por ello, en este estudio el espacio disponible se analizó mediante el coeficiente alométrico K, el cual influyó en las posturas corporales durante el transporte ($p \leq 0.05$); la P de AP se mejoró cuando $K=0.02$, mientras que la P de AC incrementó cuando disminuyó el valor de K (Figura 2). Es decir, para un animal de 350 kg, la P de AC disminuyó en 1.06 cuando el espacio disponible en el remolque fue 0.96 m^2 ($K=0.02$), en comparación de cuando el espacio fue 0.67 m^2 ($K=0.14$). Gallo y Tadich (2008) mencionan que densidades estimadas en más de 400 kg por m^2 , es decir $K < 0.019$, los animales tienen mayor predisposición a caer durante el viaje, con el consecuente incremento de contusiones en la canal (hasta 10% más). Por otra parte, a un mayor espacio disponible (1.24 m^2 , $K=0.026$), la probabilidad estimada de AE se incrementó, resultado que podría indicar una mejora en el bienestar, debido a que los animales pierden menos energía en mantener el equilibrio. Huertas *et al.* (2010) mencionan que AE tienen más riesgo de muertes por aplastamiento. En el presente estudio, la mortalidad durante el transporte fue nula, observándose que a mayor K los animales tuvieron menor probabilidad de caer, debido a que se encontraban echados.

Por otra parte, para los indicadores de salud a la llegada al corral de engorda, el espacio disponible sólo fue importante para PA, observándose que a medida que

disminuyó K, los problemas de aislamiento en el corral fueron mayores, lo que podría sugerir mayor agotamiento por parte del ganado, debido a que a menor espacio disponible también se incrementó la probabilidad estimada de caídas durante el viaje. Existen evidencias de que el aumento en los niveles de cortisol asociados al estrés, durante el transporte, así como la fatiga muscular, disminuye el consumo y la actividad de los bovinos hasta cuatro días después de la llegada al corral de finalización (Sanderson *et al.*, 2008), lo que podría ser similar al comportamiento de aislamiento del ganado en este estudio.

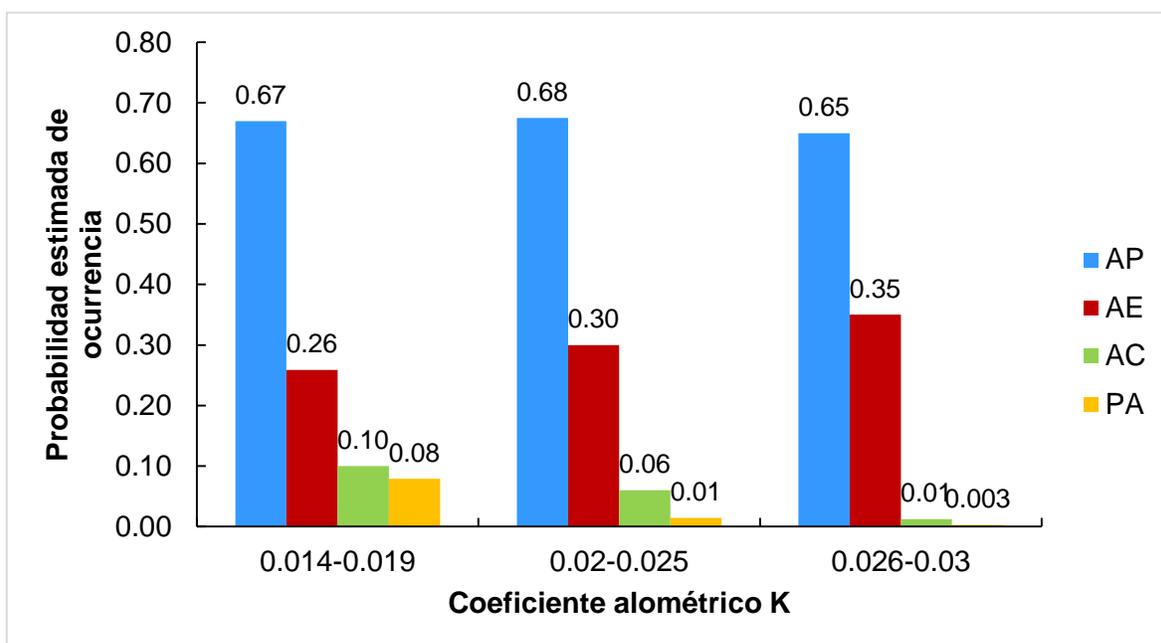


Figura 2. Efecto del espacio disponible (K) sobre la probabilidad estimada de ocurrencia de los indicadores de bienestar (AP=animales parados, AE=animales echados, AC=animales caídos) y de salud (PA=problemas de aislamiento) del ganado para carne.

4.3.4. Distancia de transporte y tiempo de desembarque

Algunos autores asumen que la distancia del recorrido es equivalente al tiempo de transporte (Miranda-de la Lama, 2013); sin embargo, esto no siempre se cumple, ya que involucra otros factores, como el tipo de camino (asfalto, terracería, carretera), la orografía y relieve del trayecto, las paradas de rutina, los imprevistos, y la logística del viaje, de tal manera que se tienen viajes de distancias cortas con

tiempos de transporte prolongados y viceversa. En este estudio, el tiempo de transporte no fue importante para los indicadores considerados ($p \geq 0.05$), pero sí lo fue la distancia de transporte ($p \leq 0.05$). En los viajes largos se disminuyó la P de AP (1140-1552 km, P de AP=0.61) durante el viaje, en comparación con los viajes más cortos (780-1140 km, P de AP=0.71), a pesar de que los tiempos de transporte promedio para ambas distancias de viaje fueron similares (23 y 25 h). Chulayo *et al.* (2016) encontraron que a mayor distancia de transporte (>800 km), el ganado presentó mayores niveles de cortisol, debido probablemente a que los animales estuvieron expuestos a mayores movimientos del vehículo, lo que pudo resultar en mayor agotamiento, y esto explicaría la disminución de AP. En relación con lo anterior, Gallo (2008) menciona que la fatiga muscular favorece la caída del ganado después de 12 h de transporte.

Varios estudios han demostrado que los momentos más estresantes del transporte para los animales ocurren durante el embarque, desembarque y las primeras horas de transporte (Hall y Bradshaw, 1998; Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012). En caso de que las condiciones de transporte sean apropiadas (disponibilidad de espacio, condiciones del vehículo, salud del animal), los bovinos soportan hasta 24 h de transporte sin comprometer el BA (Gallo y Tadich, 2005). En este estudio, el tiempo de embarque o desembarque se utilizó como un indicador indirecto de la dificultad con la que se realizó cada actividad; sin embargo, sólo fue importante el tiempo de desembarque sobre la probabilidad estimada de PR a la llegada al corral de finalización, encontrando que a mayor tiempo de descarga mayor P de PR (>1 h, P de PR= .070; 1-3 h P de PR=0.075, y >3 h P de PR=0.136). Bajo las condiciones de este estudio, este comportamiento se atribuyó a que en todos los viajes con mayor tiempo de desembarque (>3 h), el ganado no bajó directamente de la jaula al corral de finalización, sino que tuvo que ser pasado en lotes pequeños a camiones que posteriormente los desembarcaron en el corral de finalización, lo que sugiere mayor estrés y agotamiento físico al someter a los animales a otro transporte y mayor espera en el remolque para ser desembarcados.

4.3.5. Condiciones ambientales

Durante el transporte fue importante ($p \geq 0.05$) la interacción entre la época del año y el sistema de origen de los animales (proveniente de un solo rancho o de un acopio). En la Figura 3A se muestra que los animales provenientes de acopio tuvieron menor P de permanecer parados durante el viaje; sin embargo, cuando los animales provinieron de un solo rancho, la P de AE se incrementó en primavera, y la P de AC en primavera y verano.

El hecho de que los animales provengan de un sistema de origen de acopio, implica una serie de eventos negativos para el BA, similar a la mezcla de animales de diferente procedencia, ya que hay un mayor número de ambientes nuevos y cambiantes, un transporte, embarque y desembarque adicional y previo al embarque en la jaula ganadera, un mayor tiempo de ayuno, etc. Estos eventos podrían explicar la menor P de AP durante el transporte. La situación en los acopios es similar a lo que reportan varios autores cuando el ganado proviene de una subasta o feria ganadera (Strappini *et al.*, 2009; Herrán *et al.*, 2017), en donde se ha documentado que se incrementan los factores estresores que ocasionan mayores pérdidas de peso, animales fatigados y deshidratación, aumentando la probabilidad estimada en ocurrencia de contusiones y lesiones cuando se comparan con los bovinos que no pasan por esta situación (Strappini *et al.*, 2010; Romero *et al.*, 2013; Herrán *et al.*, 2017).

Diversos autores han encontrado asociación entre la época del año y otros indicadores de BA en el transporte, como la mortalidad y la aparición de hematomas y cortes DFD, concluyendo que las épocas calurosas de primavera y verano son las más problemáticas, asociadas con la menor ventilación y el mayor estrés térmico del ganado durante el transporte (Amtmann *et al.*, 2006; Warren *et al.*, 2010; Pérez-Linares *et al.*, 2013; Simova *et al.*, 2016). En este estudio, la época del año influyó en la incidencia de PR y PC, siendo también en verano la época con más alta P para ambos indicadores (Figura 3B), mientras que en invierno disminuyó en 3 y 4 veces, respectivamente.

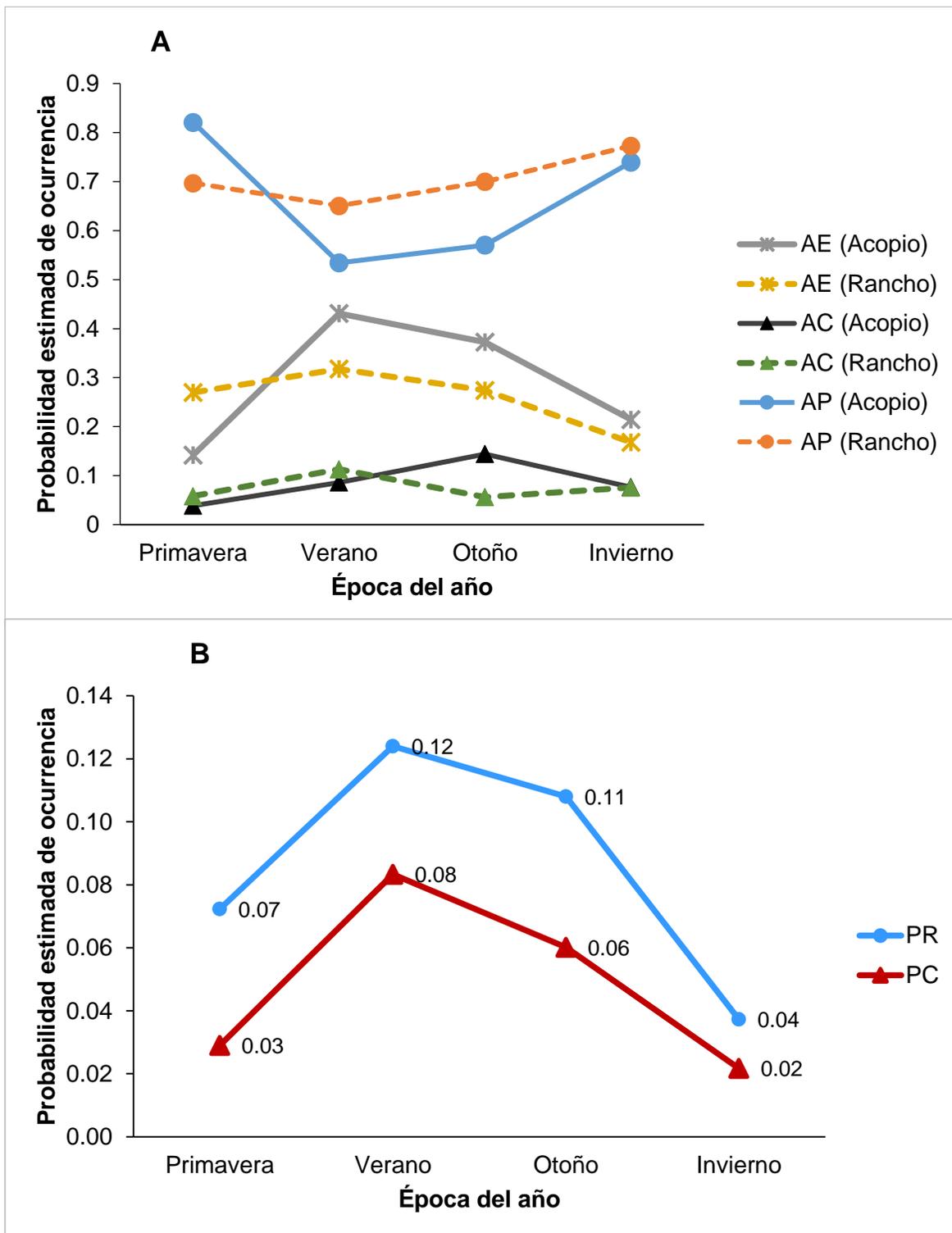


Figura 3. Probabilidad estimada de ocurrencia de posturas corporales durante el transporte (A) y de problemas de salud (B), en respuesta a la época y sistema de origen de los animales. AP=animales parados, AE=animales echados, AC=animales caídos, PR=problemas respiratorios, PC=problemas de cojeras.

El rango de ITH registrados en cada época durante el viaje y dentro del remolque fueron para Primavera de 69 a 91, Verano entre 68 y 90, Otoño de 65 a 89, e Invierno entre 67 y 82. Lo anterior sugiere que en primavera, verano y otoño, el ganado viajó con niveles severos de estrés calórico, lo que pudo ocasionar una mayor inmunosupresión y por tanto mayor incidencia de PR. Similar a estos resultados, Hay *et al.* (2016) encontraron que para corrales de finalización en Australia, hay una menor prevalencia de BRD en invierno (14.6%) que en las otras épocas; sin embargo, la mayor prevalencia se obtuvo en otoño (22.4%), concluyendo que el efecto de la época no se debe de analizar por si solo en la incidencia de la enfermedad, debido a que depende de la ubicación y las condiciones climáticas locales, en especial para la época de lluvias.

La mayor P de PC en verano y otoño posiblemente estuvo asociada con la mayor incidencia de caídas durante el viaje en la época de verano para los animales provenientes de un solo rancho, y de acopio en otoño (Figura 3A), lo que contribuye a una mayor probabilidad de lesiones en el ganado (Knowles, 1999).

4.3.6. Uso de arreador eléctrico

El uso del arreador eléctrico durante el transporte fue el factor de mayor importancia en la pérdida de BA durante el transporte de ganado ($p \leq 0.001$), debido a que incrementó hasta en 71 veces la P de posturas indeseables, como AC. Posterior al transporte, también se encontraron incrementos en la P de PR, PC y PA, en 3, 6 y 8 veces (Figura 4). El efecto del arreador eléctrico en el transporte ha sido poco estudiado; sin embargo, se ha demostrado su efecto negativo en indicadores asociados a la calidad de la carne. Huertas *et al.* (2018) reportaron hasta 14% más de contusiones en ganado descargado con el arreador eléctrico en comparación con el arreo en silencio y sin instrumentos. Grandin (1998) mencionan que el uso del arreador eléctrico es causante de más del 50% de las vocalizaciones del ganado en rastros, lo que sugiere incomodidad, dolor y diestrés al momento de la aplicación, por lo que se recomienda evitar su uso mediante la implementación de los

conceptos de zona de fuga, y a través de la capacitación del personal y mejoras en las instalaciones.

Por otra parte, Smith *et al.* (1998) demostraron que el uso del arreador eléctrico de manera limitada y controlada (aplicaciones menores a 1 s, evitando partes sensibles como la cara, genitales y ojos) no tiene ningún efecto sobre indicadores fisiológicos y de comportamiento asociados con el BA. Sin embargo, en este estudio, se puede describir el uso del arreador como excesivo, ya que se utilizó en el 11% de los animales transportados, de los cuales en el 29% se aplicó más de una vez. Adicionalmente, en el 97% de los embarques se utilizó en más del 30% de los animales, y en el desembarque en el 58% los animales.

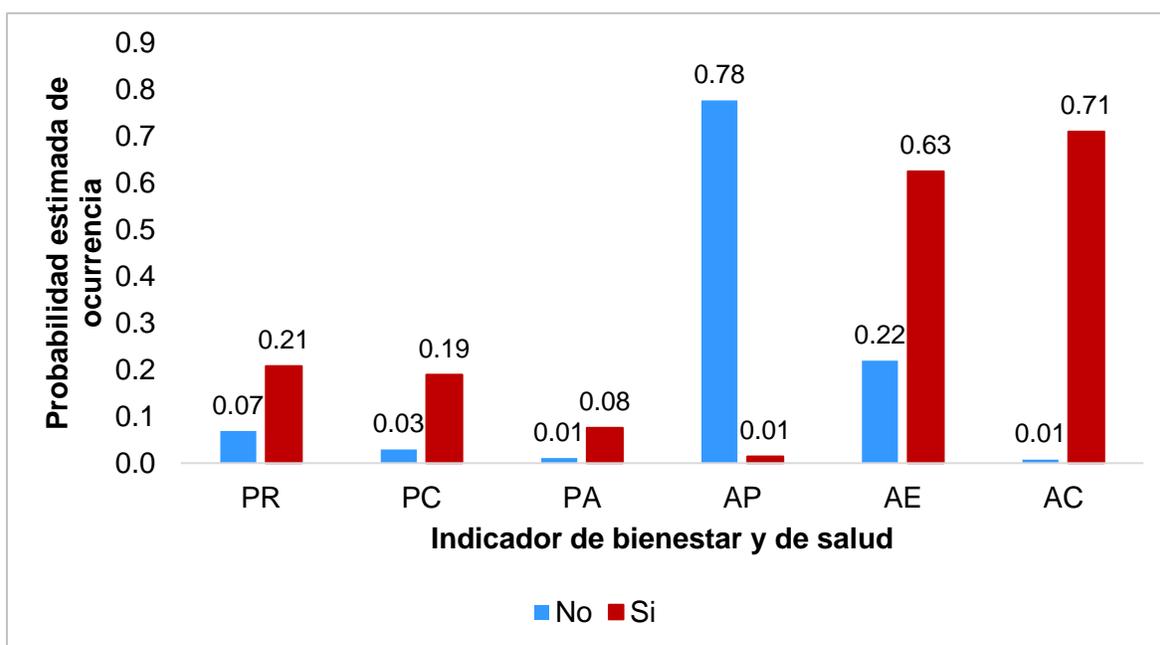


Figura 4. Efecto del arreador eléctrico sobre los indicadores de bienestar y de salud en ganado para carne. PR=problemas respiratorios, PC=problemas de cojeras, PA=problemas de aislamiento, AP=animales parados, AE=animales echados, y AC=animales caídos.

4.4. Conclusiones

Los factores principales que influyen en la pérdida de bienestar durante el transporte, medido a través de las posturas corporales, fueron el uso del arreador

eléctrico, la época del año, el sistema de origen, y el tiempo de descarga; así como otros factores relacionados con la raza del animal, la distancia de transporte y el espacio disponible en el remolque. Para los indicadores de salud detectados en el corral de finalización, sólo fueron importantes el uso del arreador eléctrico, la época del año y el tiempo de desembarque. Es importante resaltar que el uso del arreador eléctrico es uno de los factores que más afecta el bienestar animal, debido a su efecto negativo en indicadores evaluados en este estudio.

De acuerdo con la información obtenida, se recomienda: 1) disminuir el uso del arreador eléctrico durante todo el proceso de transporte; 2) ajustar el espacio disponible en función a un coeficiente alométrico, $k= 0.02$, lo que es similar a un espacio disponible de 0.96 m^2 para animales de 350 kg; 3) en la medida de lo posible, reducir el tiempo de desembarque; y 4) desarrollar estrategias para reducir el estrés calórico durante las épocas críticas, como el verano, así como preparar protocolos de recepción en el corral de finalización durante las épocas de mayor incidencia de problemas respiratorios y cojeras.

4.5. Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), al MC. Juan Carlos García Ortiz, Armando Buendía Feroso y Joaquín González Rosas (personal de la empresa SEGAT), por su apoyo en la realización del estudio.

4.6. Literatura citada

Amtmann, VA, Gallo, C, Van Schaik, C & Tadich, N 2006. Relaciones entre el manejo *antemortem*, variables sanguíneas indicadoras de estrés y pH de la canal en novillos. *Archivos de Medicina Veterinaria*, vol. 38, pp. 259-264.

Barros, R, A 2007. El bienestar animal aplicado para transporte y la faena para consumo humano. *Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 8, no. 12B.

www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121207B/BA001.pdf. Consultado el 18 de abril de 2015.

Broom, DM & Molento, CFM 2004. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas-Revisão. *Archives of Veterinary Science*, vol. 2, no. 9, pp. 1-11.

Cernicchiaro, N, White, BJ, Renter, DG, Babcock, AH, 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*, vol. 90, pp. 1929–1939. doi:10.2527/jas2011-4599

Chulayo, AY, Bradley, G & Muchenje, V 2016. Efectos de la distancia de transporte, el tiempo de almacenamiento y la eficiencia sorprendente en el cortisol, glucosa, HSPA1A y cómo se relacionan con la calidad de la carne en el ganado. *Meat Science*, vol. 117, pp. 89–96. doi: 10.1016 / j.meatsci.2016.03.001

Di Rienzo, JA, Casanoves, F, Balzarini, MG, González, L, Tablada, M & Robledo, CW 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Engle, T, Klingborg, DVM & Rollin, B 2018. *The Welfare of Cattle*. Boca Raton: CRC Press. Estados Unidos, 368 p. <https://doi.org/10.1201/b21911>

Gallo, C & Huertas, SM 2016. Main animal welfare problems in ruminant livestock during preslaughter operations: A South American view. *Animal*, vol. 10, pp. 357-364. <https://doi.org/10.1017/S1751731115001597>

Gallo, C & Tadich N 2008. Bienestar animal y calidad de carne durante los manejos previos al faenamiento en bovinos. *Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 9, no. 10B, pp. 1695-7504.

- Gallo, C 2008. Using scientific evidence to inform public policy on the long distance transportation of animals in South America. *Veterinaria Italiana*, vol. 44, pp. 113-120.
- Gallo, C & Tadich, N 2005. Transporte terrestre de bovinos: efectos sobre el bienestar animal y la calidad de la carne. *Agro-Ciencia*, vol. 21, no. 2, pp. 37-49.
- Gallo, C, Pérez VS, Sanhueza, VC & Gasic, YJ 2000. Efectos del tiempo de transporte de novillos previo al faenamiento sobre el comportamiento, las pérdidas de peso y algunas características de la canal. *Archivos de Medicina Veterinaria*, vol. 32, no. 2, pp. 157-170.
- González, LA, Schwartzkopf-Genswein, KS, Bryan, M, Silasi, R & Brown, F 2012a. Relationships between transport conditions and welfare outcomes during commercial long haul transport of cattle in North America. *Journal of Animal Science*, vol. 90, pp. 3640–3651. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4796>
- González, LA, Schwartzkopf-Genswein, KS, Bryan, M, Silasi, R & Brown, F 2012b. Space allowance during commercial long distance transport of cattle in North America. *Journal of Animal Science*, vol. 90, pp. 3618–29. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4771>
- González, LA, Schwartzkopf-Genswein, KS, Bryan, M, Silasi, R & Brown, F 2012c. Factors affecting body weight loss during commercial long haul transport of cattle in North América. *Journal of Animal Science*, vol. 90, pp. 3630–3639. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4786>
- Grandin, T 1998 Objective scoring of animal handling and stunning practices at slaughter plants. *Journal American Veterinarian Medical Association*, vol. 212, pp. 36-39.

- Grandin, T 2017. Recommended Animal Handling Guidelines & Audit Guide: A Systematic Approach to Animal Welfare. *North American Meat Institute*. Washington, D.C. USA. 131 p.
- Griffin, D, Perino, L & Hudson, D 1993. Feedlot Lameness. Lincoln, NE, University of Nebraska Cooperative Extension, vol. G93, pp.1159.
- Hall, S & Bradshaw, H 1998. Aspectos de bienestar del transporte por carretera de ovejas y cerdos. *Revista de Ciencias Aplicadas de Bienestar Animal*, vol. 1, no. 3, pp. 235-254.
- Hay, KE, Morton, JM, Mahony, TJ, Clements, ACA & Barnes, TS 2016. Associations between animal characteristic and environmental risk factors and bovine respiratory disease in Australian feedlot cattle. *Preventive Veterinary Medicine*, in press. <http://dx.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.01.013> 0167-5877/© 2016
- Herrán, L, Marlyn, R & Herrán, L 2017. Interacción humano-animal y prácticas de manejo bovino en subastas colombianas. *Revista Investigaciones Veterinarias del Perú*, vol. 28, no. 3, pp. 571-585. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28i3.13360>
- Huertas, SM, Gil, AD, Piaggio, JM & Van Eerdenburg, FJCM 2010. Transportation of beef cattle to slaughterhouses and how this relates to animal welfare and carcass bruising in an extensive production system. *Animal Welfare*, vol 19, pp. 281-285.
- Huertas, SM, Kempener, REAM & Van Eerdenburg, FJCM 2018. Relationship between methods of loading and unloading, carcass bruising, and animal welfare in the transportation of extensively reared beef cattle. *Animals*, vol. 8, p. 119. doi:10.3390/ani8070119

- Knowles, TG 1999. A review of the road transport of cattle. *Veterinary Record*, vol. 144, pp. 197-201.
- Larios-Cueto, S, Ramírez-Valverde, R, Aranda-Osorio, G, Ortega-Cerrilla, ME & García-Ortiz, JC 2019. Stress indicators in cattle in response to loading, transport and unloading practices. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, vol. 10, no. 4, pp. 885-902. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i4.4561>
- Malena, M, Vosláfiová, E, Tomanová, P, Lepková, R, Bedáňová, I, & Večerek, V 2006. Influence of travel distance and the season upon transport-induced mortality in fattened cattle. *Acta Veterinaria Brunensis*, vol. 75 pp. 619-624.
- Merck, 2000. El Manual Merck de Veterinaria. 5ª ed. Ed. Océano. Barcelona, España. 2455 p.
- Miranda-de la Lama, GC 2013. Transporte y logística pre-sacrificio: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne. *Veterinaria México*, vol. 44, no. 1, pp. 31-56.
- Mpakama, T, Chulayo, AY & Muchenje, V 2014. Bruising in slaughter cattle and its relationship with creatine kinase levels and beef quality as affected by animal related factors. *Asian-Australasian Journal Animal Science*, vol 27, no. 5, pp. 717-725.
- Pérez-Linares, C, Sánchez-López, E, Ríos-Rincón, FG, Olivas-Valdéz, JA, Figueroa-Saavedra, F & Barreras-Serrano, A 2013. Factores de manejo pre y post sacrificio asociados a la presencia de carne DFD en ganado bovino durante la época cálida. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, vol. 4, no. 2, pp. 149-160.
- 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 Science*, vol. 95, no. 2, pp. 256–263. doi:10.1016/j.meatsci.2013.05.014
- Sanderson, MW, Dargatz, DA & Wagner, BA 2008. Risk factors for initial respiratory disease in United States feedlots based on producer-collected daily morbidity counts. *The Canadian Veterinary Journal*, vol. 46, pp. 373-378.
- Schwartzkopf-Genswein, KS, Faucitano, L, Dadgar, S, Shand, P, González, LA & Crowe, TG 2012. Road transport of cattle, swine and poultry in North America and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: A review. *Meat Science*, vol. 92, pp. 227-243.
- Simova, V, Voslarova, E, Vecerek, V, Passantino, A & Bedanova, I 2016. Effects of travel distance and season of the year on transport-related mortality in cattle. *Animal Science Journal*, vol. 88, no. 3, pp. 526-532.
- Smith, DL, Wilson, LL, Wiggers, DL, Larsen, L & Males, JR 1998. Electrical prod use on behavioral activities and physiological characteristics of weaned beef cattle. *The Professional Animal Scientist*, vol. 14., no. 4, pp. 243–248. doi: 10.15232 / s1080-7446 (15) 31837-4.
- Speer, NC, Young, C & Roeber D 2001. La importancia de prevenir la enfermedad respiratoria bovina: una revisión de la industria de carne de res. *Bovine Produccion*, vol. 35, pp. 189–196.
- Strappini, AC, Frankena, K, Metz, JHM., Gallo, C & Kemp, B 2010. Prevalence and risk factors for bruises in Chilean bovine carcasses. *Meat Science*, vol. 86, pp. 859-864.
- Strappini, AC, Metz, JHM, Gallo, C & Kemp, B 2009. Origin and assessment of bruises in beef cattle at slaughter. *Animal*, vol. 3, no.5, pp. 728-736.
- Tarrant, PV 1990. Transportation of cattle by road. *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 28, pp. 153-170.

- Tarrant, PV, Kenny, FJ, Harrington, D & Murphy, M 1992. Long distance transportation of steers to slaughter: Effect of stocking density on physiology, behavior and carcass quality. *Livestock Production Science*, vol. 30, pp. 223–238.
- Warren, AL, Mandell, IB & Bateman, KG 2010. Road transport conditions of slaughter cattle: Effects on the prevalence of dark, firm and dry beef. *Canadian Journal of Animal Science*, vol. 90, pp. 471-482.
- 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*, vol. 152, pp. 42-46.

5. IMPLICACIONES GENERALES

En este estudio se observó que los factores que más influyeron en la pérdida de BA durante el transporte comercial de bovinos a rastro fueron el tiempo de transporte, el espacio disponible, el uso de arreador eléctrico, y el confort térmico; mientras que en bovinos transportados de repasto a corral de finalización fueron el uso del arreador eléctrico, la época del año, el sistema de origen, el tiempo de descarga, la raza del animal, la distancia de transporte, y el espacio disponible. En este sentido, el proceso de transporte en bovinos debe ser considerado multifactorial, por lo que depende de las condiciones específicas del lugar y el sistema de comercialización en donde se realice.

En los estudios realizados se mostró que las posturas corporales durante el viaje son un buen indicador del BA durante el transporte, por lo que pueden ser una de las principales herramientas de capacitación para conductores y operarios dedicados al transporte de ganado; ya que son fáciles de observar y brindan información de factores específicos del transporte, por lo que pueden ayudar a disminuir su efecto adverso. En el transporte destinado a rastro se encontró que, el aumento de posturas corporales indeseables, animales caídos y echados durante el transporte, incrementan la pérdida de peso y los problemas de cojeras del ganado a la llegada al rastro, por lo que se deben de evitar al máximo. En el transporte destinado a corral de finalización se observó que, la pérdida de BA durante el transporte es ocasionada por múltiples factores, que repercuten en problemas de salud a la llegada al corral de finalización; por lo cual, es necesario implementar estrategias que disminuyan los impactos negativos de estos factores y mejorar los mecanismos de recepción del ganado, poniendo especial atención en la prevención de problemas respiratorios y cojeras.

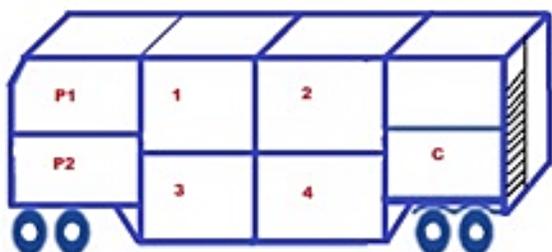
Desde el punto de vista científico, las investigaciones relacionadas con el BA durante el transporte se deben enfocar en: 1) evaluar el transporte a través de metodologías estadísticas asociadas con probabilidad de riesgo y desde el punto de vista multifactorial; 2) desarrollar y evaluar estrategias de manejo de ganado (uso

de instrumentos de arreo e interacción humano-animal) y logística de viaje que disminuya los efectos adversos del transporte en los diversos eslabones de la cadena de producción de carne en donde se realice movilización de animales; 3) desarrollar investigación en los procesos pre-transporte, desde el punto de vista del manejo y acondicionamiento del ganado antes de embarcar, ya que sus efectos no han sido estudiados con detalle y podrían tener repercusiones importantes en el BA durante y posterior al transporte; y 4) desarrollar y evaluar estrategias de recepción del ganado que ayuden a una mejor adaptación del ganado en los corrales de finalización, y disminuyan la incidencia de problemas de salud y mortalidad.

Por último, es necesario promover la implementación de prácticas y estrategias que favorezcan el BA en el transporte de ganado, lo que podría traer beneficios como: 1) disminuir el impacto económico negativo, al reducir la pérdida de peso y la incidencia de lesiones, enfermedades y mortalidad ocasionadas por el transporte; 2) reducir el uso de antibióticos y analgésicos a la recepción en el corral de finalización; 3) mejorar la calidad e inocuidad del ganado y de la carne, y 4) desde el punto de vista del personal, facilitar y agilizar las actividades de embarque, transporte y desembarque, ocasionando menos estrés y lesiones al ganado.

6. APÉNDICES

Apéndice 1. Hoja utilizada en el registro de factores que afectan el transporte de bovinos.

Fecha		Responsable del Muestreo			No. Viaje		
Empresa		Chofer		Experiencia: >5 5-10 <10			
Marca y modelo Tractor				Jaula			
Origen		km		Sistema de producción:			
Destino		km		Gordo Repasto Acopio Repasto Rancho			
Características del ganado							
Raza	Cebú	Cruza	Europeo	Estado fisiológico		No. Animales	
				Becerr@			Peso Total
Sexo	H	M		Novillona		Peso (X̄)	
				Torete			
				Desecho			
				Otro			
Carga- transporte-descarga							
Actividad	H _i	H _f	Tiempo	Uso de chicharra			
				Poco	Frecuente	Mucho	
							Poco <30% de los animales
							Frecuente 30-75% de los animales
						Mucho >75% de los animales	
Acomodo de los animales por división							
División	Superficie	No. Animales	Densidad				
1							
2							
3							
4							
5							
6							
Total							
Condiciones ambientales							
				Paradas de rutina			
	T °C	Hum %	Lluvia	Lugar	Hora llegada	Hora salida	
Origen			si no	1			
Llegada			si no	2			
X̄ (Paradas)			si no	3			
				4			
				5			
				6			
				7			
				8			
				9			
				10			
Eventualidad	lugar	tiempo					

Apéndice 2. Descripción de los indicadores de bienestar y salud para el transporte de ganado bovino

Indicador	Descripción
Animales echados (AE)	Se encuentra descansando de manera común, con las patas delanteras flexionadas hacia atrás y las traseras hacia adelante, las cuatro debajo del animal y la cabeza levantada. Responde a un estímulo, puede ponerse de pie
Animales caídos (AC)	Se encuentra totalmente acostado en posición lateral con la cabeza recargada sobre el piso y las cuatro patas estiradas. Responde a un estímulo y logra ponerse de pie.
Animales no ambulatorios (AN)	Se encuentran caídos, sin la posibilidad de mantenerse de pie. No responde a ningún estímulo.
Animales muertos (AM)	Sin funciones vitales.
Problemas respiratorios (PR)	Dos o más signos de los siguientes: Moco nasal, tos, ojos con presencia de lagaña y/o lagrimeo, cabeza inclinada hacia abajo con la boca abierta.
Cojeras (PC)	El animal tiene problemas para apoyar alguna de sus extremidades sobre el piso. Muestra signos de incomodidad o dolor al caminar.
Aislamiento (PA)	El animal se aparta del grupo dentro del corral, no se acerca al comedero.

Adaptado de Merck, 2000 y Barros, 2007.

Apéndice 3. Hoja utilizada en el registro del comportamiento (posturas corporales) de los bovinos durante el transporte.

Lugar	Hora llegada	Interna		Externa		ID animal	Jaula Div.	***Comportamiento			
		*T	**HR	T	HR			AE	AC	NA	AM
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											

*Temperatura ambiental (T) y **Humedad Relativa (HR)***Comportamiento: Echados (AE), Caídos (AC), No ambulatorios (NA), Muertos (AM)

Apéndice 4. Hoja utilizada en la identificación de animales con signos de problemas respiratorios o cojeras después del transporte.

No Viaje				Fecha		Origen			
Chofer						Destino			
No.	ID	Raza	TC	Signo	No.	ID	Raza	TC	Signo
1					36				
2					37				
3					38				
4					39				
5					40				
6					41				
7					42				
8					43				
9					44				
10					45				
11					46				
12					47				
13					48				
14					49				
15					50				
16					51				
17					52				
18					53				
19					54				
20					55				
21					56				
22					57				
23					58				
24					59				
25					60				
26					61				
27					62				
28					63				
29					64				
30					65				
31					66				
32					67				
33					68				
34					69				
35					70				

Apéndice 5. Nivel de significancia de los factores asociados con el transporte.

Factor	Pr	Significancia
Tiempo de transporte	0.01	**
Espacio disponible	0.01	**
Arreador eléctrico durante el transporte	0.02	*
Arreador eléctrico durante el embarque	0.02	*
Confort térmico: tiempo de transporte	0.00	***
Origen	0.07	NS
Raza del animal	0.09	NS
Conductor	0.11	NS

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, ^{ns} no significativo ($p > 0.05$).