

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
Colegio de Ciencias Agropecuarias
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

Efecto de las variables climáticas y densidad de carga en indicadores de bienestar y merma del ganado bovino productor de carne durante el transporte

**Que para obtener el Grado de
Maestra en Ciencias Agropecuarias**

PRESENTA:

Alma Carolina Calderón Alonso

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón

CO-DIRECTOR:

Dr. Jesús David Urías Estrada

ASESORES:

Dr. Alfredo Estrada Angulo
Dr. Jesús José Portillo Loera
Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez

Culiacán Rosales, Sinaloa, México; septiembre de 2020

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **ALMA CAROLINA CALDERÓN ALONSO**,
BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO
APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

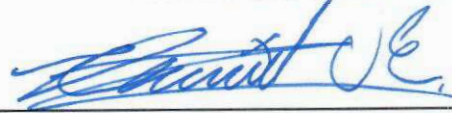
CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR



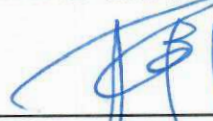
DR. FRANCISCO GERARDO RÍOS RINCÓN

CO-DIRECTOR



DR. JESÚS DAVID URÍAS ESTRADA

ASESOR



DR. ALFREDO ESTRADA ANGULO

ASESOR



DR. JESÚS JOSÉ PORTILLO LOERA

ASESOR



DRA. BEATRIZ ISABEL CASTRO PÉREZ

CULIACÁN ROSALES, SINALOA; SEPTIEMBRE DE 2020



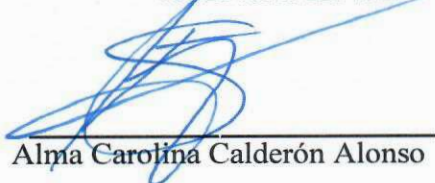
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 20 de enero del año 2020, la que suscribe Alma Carolina Calderón Alonso, alumna del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 07273223, de la Unidad Académica Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dra. Francisco Gerardo Ríos Rincón y del Dr. Jesús David Urías Estrada y cede los derechos del trabajo titulado “Efecto de las variables climáticas y densidad de carga en indicadores de bienestar y merma del ganado bovino productor de carne”, a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE



Alma Carolina Calderón Alonso

DOMICILIO: Calle 22 de Diciembre # 860, Col. Lomas de Guadalupe. Culiacán, Sinaloa, México.
TELÉFONO: 667-3819804
CORREO ELECTRÓNICO: carolina.alonso0293@gmail.com
CURP: CAAA930220MSLLLL00

*Los justos cuidan de sus animales,
pero los perversos siempre son crueles.*

Proverbios 12:10

AGRADECIMIENTOS

Al Dios y Padre de mi Señor Jesucristo por haberlo enviado al mundo a salvarnos; al Señor Jesucristo, porque cumplió su promesa de estar conmigo todos los días de mi vida; y al glorioso Espíritu Santo que sanó mi corazón y me dio la paz que yo necesitaba para seguir adelante, no solo con mis estudios sino con mi vida, muchas gracias Espíritu Santo.

A mi mamá, Ana Isabel Alonso Cruz que ha sido para mí una madre dulce y un padre proveedor. Que ha procurado protegerme y ha estado conmigo en los días más difíciles de mi vida, y por sus largas oraciones y ayunos que ha hecho por toda mi casa.

A mis queridos hermanos Any, Rubén y Marlene; que siempre apoyaron mi decisión de realizar un posgrado, y me ayudaron a culminarlo.

A mi Director de Tesis, el Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón, quien además de ser un académico excelente, es un gran amigo y consejero sabio. Agradezco su paciencia para conmigo.

A mi Comité Tutorial integrado por el Dr. Jesús David Urías Estrada, Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez, Dr. Alfredo Estrada Angulo y el Dr. Jesús José Portillo Loera, por su guía y dirección durante los cuatros semestres que conforman a la Maestría en Ciencias Agropecuarias.

Al programa de Becas CONACYT por su apoyo económico.

A mis compañeros de generación: Dulce Carolina, Gamaliel, Jessica, Yesenia, Roberto, Anabel, Rosalba, Daniel, Mario y Briseida de quienes aprendí, y formé una linda amistad más allá del salón de clases. Espero seguirlos viendo lograr sus metas en todos los aspectos de su vida.

CONTENIDO

PÁGINA

ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Historia y evolución del bienestar animal.....	3
2.2 Principios generales para el bienestar de los animales en los sistemas de producción.....	3
2.3 Indicadores de bienestar animal en bovinos.....	4
2.3.1 Indicadores de comportamiento.....	4
2.3.2 Indicadores fisiológicos. Respuesta neuroendocrina al estrés..	6
2.3.3 Estrés crónico.....	7
2.4 Transporte de animales por vía terrestre.....	7
2.4.1 Consideraciones de carga y descarga.....	8
2.4.2 Características de los vehículos.....	9
2.4.3 Microclima del vehículo.....	10
2.4.4 Zona termoneutral.....	11
2.4.5 Tipos de ventilación.....	12
2.4.6 Densidad de carga.....	12
2.4.7 Duración del viaje.....	13

2.4.8 Edad y talla de los bovinos.....	14
2.4.9 Pérdida de peso.....	14
2.4.10 Provisión de descanso, agua y alimento.....	15
2.4.11 Manejo en la recepción.....	15
2.4.12 Morbilidad y mortalidad durante el transporte.....	16
2.5 Transporte a rastro.....	16
2.5.1 Condiciones en la planta de matanza.....	17
2.5.2 Espera pre-matanza.....	17
2.5.3 Respuesta general al estrés pre-matanza.....	17
2.5.4 Efectos en la calidad de la carne.....	18
III. HIPÓTESIS.....	19
IV. OBJETIVOS.....	20
4.1 Objetivo general.....	20
4.2 Objetivos específicos.....	20
V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	21
5.1 Localización del área de estudio.....	21
5.2 Procedimiento.....	21
5.3 Análisis estadístico.....	24
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
6.1 Variables climáticas.....	25
6.2 Variables de transporte.....	27
6.3 Género del ganado.....	28

6.4 Variables cualitativas.....	30
VII. CONCLUSIONES.....	33
VIII. LITERATURA CITADA.....	34
IX. ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
1	Estadística descriptiva semanal de variables climáticas durante la carga del ganado bovino en la Unidad de Producción Pecuaria.....	25
2	Estadística descriptiva de las variables registradas durante el transporte del ganado bovino a la planta de procesamiento.....	27
3	Merma entre machos y hembras transportados de corral de engorda a planta de matanza.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	TÍTULO	PÁGINA
1	Diagrama esquemático del interior de un tráiler de compartimiento recto (50´)	10
2	Diagrama esquemático del interior de un tráiler con barriga (53´).....	10
3	Índice de temperatura y humedad adaptado de Whittier (1993).....	11
4	Ubicación geográfica y altura sobre el nivel del mar de la UPP por medio de imagen satelital.....	21
5	Jaula transportadora durante la carga de ganado.....	23
6	Jaula transportadora durante la carga de ganado.....	23
7	Limpieza de la jaula transportadora en las categorías: Intermedio, Semisucia y Sucia.....	30
8	Manejo durante la carga del ganado, con las categorías: Excelente, Aceptable y No Aceptable.....	31

RESUMEN

Efecto de las variables climáticas y densidad de carga en indicadores de bienestar y merma del ganado bovino productor de carne durante el transporte

MVZ. Alma Carolina Calderón Alonso

Con el objetivo de evaluar los indicadores de bienestar y merma del peso corporal durante el transporte de bovinos de carne en el trópico seco, se llevó a cabo un estudio observacional durante cinco semanas. Se realizaron visitas semanales a la Unidad de Producción Pecuaria, donde se registraron las condiciones ambientales: temperatura y humedad relativa, para el cálculo de ITH; así como, las condiciones de transporte: limpieza de jaula, manejo durante la carga, número de bovinos transportados, género, tiempo de carga y descarga, distancia y duración de viaje, velocidad, peso neto de carga, hora y peso de llegada a rastro. Para las variables climáticas y densidad de carga se realizó análisis estadístico descriptivo y análisis de regresión para determinar relación entre variables climáticas y densidad de carga con el porcentaje de merma. Para determinar la relación del género y la merma se utilizó Análisis de la Varianza. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey. Las condiciones climáticas no mostraron relación funcional con el porcentaje de merma. Temperatura ($P= 0.964$, $r^2= 0.8 \%$), humedad relativa ($P=0.847$, $r^2= 0.4 \%$) e ITH ($P= 0.939$, $r^2= 0.1 \%$). El análisis de regresión no mostró relación entre la densidad de carga y el porcentaje de merma ($P= 0.918$ y $r^2= 6.5 \%$). El porcentaje de merma fue mayor para machos (1.24) que para hembras (0.95). Se concluye que no hay evidencia de que las condiciones ambientales durante la observación hayan afectado el porcentaje de merma. Las variables de transporte no mostraron relación con el porcentaje de merma, debido posiblemente a que durante el período de observación el tiempo de viaje fue corto y bajo condiciones climáticas seguras. Se concluye que la pérdida de peso inducida por el transporte fue mayor en machos en comparación de las hembras.

Palabras claves: bienestar, bovinos, transporte, merma.

ABSTRACT

Effect of climate variables and load density on welfare indicators and shrink of beef cattle during transport

Alma Carolina Calderón Alonso

With the objective of evaluating welfare indicators and shrink during the transport of beef cattle from the dry tropics, an observational experiment was carried out for five weeks. Five weekly visits to UPP were made; where the environmental conditions were recorded: temperature ($^{\circ}$ C), % relative humidity, for the calculation of the THI. Transport conditions: haul cleanness, loading handling, number of cattle transported, gender, loading time, distance and duration of travel, speed, load net weight, time and weight of arrival to the abattoir. For the climatic variables and load density, descriptive statistical analysis was performed, and regression analysis to determine the relationship between climatic variables and load density with the shrink percentage. The climatic conditions did not show a functional relationship with shrink percentage. Temperature ($P = 0.964$; $r^2 = 0.8\%$), relative humidity ($P = 0.847$; $r^2 = 0.4\%$) and THI ($P = 0.939$, $r^2 = 0.1\%$). The regression analysis did not show relationship between load density and shrink ($P = 0.918$ y $r^2 = 6.5\%$). Then, the variable gender and its relationship with shrink was analyzed using ANOVA. Tukey test was used for the comparison of means. Shrink percentage was found to be higher for males (1.24) than females (0.95). It is concluded that there is no evidence that the environmental conditions during the observation affected the shrink percentage. The transport variables did not show a relationship with the shrink percentage possibly due to the fact that during the observation period the travel time was short and under safe weather conditions. It is concluded that weight loss induced by transport was greater in males compared to females.

Key words: welfare, bovine, transport, shrink.

I. INTRODUCCIÓN

Hasta finales de 2019, México había exportado 800.2 mil cabezas de ganado con un valor de 456.4 millones de USD, lo que representa un aumento de 12.2 % en términos de volumen y aumento del 11.0 % en términos de valor con respecto a 2018. El precio promedio por cabeza exportada fue de 570.3 dólares, mientras que para 2018 era de 576.6 USD, esto representó una disminución del 1.1 % en el precio promedio por cabeza (AMEG, 2019).

La producción de ganado bovino para carne se desarrolla en diferentes contextos agroclimáticos, tecnológicos, de sistemas de manejo, tamaño y finalidad de la unidad de producción, y comprende principalmente la producción de ganado para abasto, la cría de becerros para la exportación y pie de cría (Carrera *et al.*, 2014). El sistema intensivo de producción de carne bovina en México, depende del suministro de becerros para su funcionamiento integral; por lo regular estos proceden de diversas regiones agroclimáticas del país, y deben ser transportados de forma masiva a los corrales de engorda. La logística y el transporte de bovinos tiene una importancia vital para el bienestar animal y la eficiencia productiva, en este sentido, la globalización del comercio asociado a una creciente demanda de proteína de origen animal ha dado lugar a un considerable aumento en el número de animales que son transportados con variados fines en todo el mundo, lo que ha agudizado problemas de bienestar en los diversos puntos de la cadena de suministros (Miranda de la Lama *et al.*, 2012). La etapa de transporte es el episodio más estresante y perjudicial en la cadena de operaciones en la producción de carne bovina (FAO, 2002). Durante el transporte los bovinos son sometidos a factores desencadenantes de estrés que incluyen: i) incremento del manejo, recolección y arreo con elementos punzantes o con el bastón eléctrico, ii) mezcla de animales de diferente procedencia y contacto con personal extraño, iii) transporte y desafíos físicos como rampas, superficies resbaladizas, densidad de carga, movimiento, ruido y vibración del vehículo; iv) contacto con ambientes nuevos y no familiares; v) privación de alimento y agua; vi) cambios en la estructura social, vii) cambios en las condiciones climáticas como temperatura, radiación y humedad relativa, viii) imposibilidad de descanso, entre otros aspectos (Ferguson *et al.*, 2001 De Witte, 2009; Grandin, 2003; Minka y Ayo, 2007). Estos

factores desencadenan reacciones inevitables en el bovino que se traducen en estrés psicológico, desafíos fisiológicos, fatiga, riesgo de lesiones y muerte (Fisher *et al.*, 2009). El argumento de mayor peso para regular el bienestar animal durante el transporte es el impacto en la calidad de la carne, aunque la ausencia de estos efectos no indica ausencia de sufrimiento (María, 2008). Los indicadores de bienestar que tienen que ver directamente con la calidad del producto son: pérdida de peso vivo, hematomas, morbilidad, mortalidad, calidad de la canal y la carne (Miranda de la Lama *et al.*, 2010). La presente investigación plantea conocer el efecto del transporte bajo condiciones ambientales del trópico seco y diversas densidades de carga en la merma y bienestar en el ganado bovino de reciente arribo a la planta de matanza.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Historia y evolución del bienestar animal

Las buenas condiciones de bienestar de los animales exigen que se prevengan enfermedades y se les administren tratamientos veterinarios apropiados; que se les proteja, maneje y alimente correctamente y que se les manipule y mate de manera compasiva (OIE, 2017). Broom (1986), define el bienestar de un individuo como “su estado en relación a sus intentos de afrontar su ambiente”. De igual forma, Hughes (1976), lo define como: “El bienestar es el estado de salud física y mental completo en el que el animal está en armonía con su ambiente”. En 1965, el gobierno británico solicitó una investigación sobre el bienestar de los animales de cría intensiva al profesor Roger Brambell; después de su informe, el gobierno inglés creó en 1967 la entidad conocida como *Farm Animal Welfare Advisory Committee*, que se convertiría más tarde, en el año 1979, en el *Farm Animal Welfare Council*. Las primeras directrices recomendadas por estas instancias fueron las de facilitar que los animales tuvieran libertad suficiente para poder “*darse la vuelta, cuidarse de sí mismos, levantarse, tumbarse y estirar sus extremidades*”. Estas directrices han sido conocidas desde entonces como las “cinco libertades del bienestar animal”: i) no pasar sed ni hambre; ii) no estar en situación de incomodidad; iii) estar libres de dolor, lesiones y enfermedad, debiendo ser prevenidas o tratadas con rapidez; iv) tener libertad para comportarse de forma normal con espacio y recursos adecuados para ello; y v) ausencia de miedo y estrés en tratamientos que eviten sufrimiento psíquico (Moyano *et al.*, 2015).

2.2 Principios generales para el bienestar de los animales en los sistemas de producción

El Código Sanitario para los Animales Terrestres de la Organización Mundial de la Salud Animal, indica las siguientes pautas generales de bienestar para los animales en los sistemas de producción: 1) Los bovinos escogidos para ser introducidos en nuevos ambientes deberán pasar por un proceso de adaptación al clima local y ser capaces de adaptarse a las enfermedades, parásitos y nutrición del lugar; 2) Los

aspectos ambientales, incluyendo las superficies (para caminar, descansar, etc.), deberán adaptarse a las especies con el fin de minimizar los riesgos de heridas o de transmisión de enfermedades o parásitos a los animales; 3) Los aspectos ambientales deberán permitir un descanso confortable, movimientos seguros y cómodos incluyendo cambios en las posturas normales, así como permitir que los animales muestren un comportamiento natural; 4) El consentir el agrupamiento social de los animales favorece comportamientos sociales positivos y minimiza heridas, trastornos o miedo crónico; 5) En el caso de los animales estabulados, la calidad del aire, la temperatura y la humedad deberán contribuir a una buena sanidad animal y no ser un factor negativo, cuando se presentan condiciones extremas, no se debe impedir que los animales utilicen sus métodos naturales de termorregulación; 6) Los animales deberán tener acceso a suficientes alimentos y agua, acorde con su edad y necesidades, para mantener una sanidad y productividad normales y evitar hambre, sed, malnutrición o deshidratación prolongadas; 7) Las enfermedades y parásitos se deberán evitar y controlar, en la medida de lo posible, a través de buenas prácticas de manejo, los animales con problemas serios de sanidad deberán aislarse y tratarse de manera rápida o matarse en condiciones adecuadas, en caso de que no sea viable un tratamiento o si tiene pocas posibilidades de recuperarse; 8) Cuando no se puedan evitar procedimientos dolorosos, el dolor deberá manejarse en la medida en que los métodos disponibles lo permitan (OIE, 2019).

2.3 Indicadores de bienestar animal en bovinos.

Las bases para determinar las necesidades de los animales se deducen a menudo de situaciones en las cuales hay alguna alteración en su ambiente (Albright y Arave, 1997). Por lo tanto, el Bienestar Animal (BA) es una variable que se puede evaluar de manera objetiva y medirse con una escala que va desde deficiente o bajo, hasta muy bueno, pasando por niveles intermedios.

2.3.1 Indicadores de Comportamiento.

A pesar de que el comportamiento individual o social de los bovinos varía según su raza, sexo, temperamento y edad, y según como hayan sido criados y manipulados

(OIE, 2011), existen ciertos comportamientos naturales que permiten comprender su conducta, facilitar su manejo y formular indicadores de bienestar. Entre estos, es importante resaltar que los bovinos son animales de manada (Grandin, 2000), por lo tanto, se debe evitar la separación o mezclado de los grupos de bovinos, pues esto ocasiona una ruptura de la estructura social, situación que aumenta los encuentros agonísticos entre los animales con el fin de establecer una nueva jerarquía social (Mounier *et al.*, 2005). Dentro de esta estructura social, el liderazgo es una condición que permite la movilización sincronizada de los rebaños o grupos de bovinos, debido a que seguirán instintivamente al líder de la manada. De igual manera, se debe considerar que son animales de presa, por lo tanto, permanecen en estado vigilante, para escapar de los predadores, situación que produce estrés, miedo y agitación durante el manejo (Grandin y Gallo, 2007).

Un animal es considerado estresado cuando es forzado a hacer cambios anormales o extremos en su fisiología o conducta para soportar los aspectos ambientales perjudiciales (Stermer *et al.*, 1982). En bovinos se reconocen tres tipos de comportamiento: el primero corresponde a aquellos que directamente reducen el bienestar de los animales, comportamientos nocivos tales como las peleas (Mounier *et al.*, 2005) y las montas repetidas de uno o varios animales a otros animales (Taylor *et al.*, 1997); la segunda categoría incluye comportamientos que por sí mismos no reducen el bienestar pero que pueden ser un signo indirecto que el bienestar animal está siendo amenazado, entre estos destacan la vocalización (Manteuffel *et al.*, 2004), comportamientos indicativos de miedo o ansiedad (Van Reenen *et al.*, 2004) y comportamientos denominados anormales como estereotipias (Mason y Latham, 2004). El tercer tipo de comportamiento incluye aquellos como el juego que pueden indicar que el estado de bienestar del animal es bueno (Jensen *et al.*, 2000).

El bovino depende en gran medida de la visión para ubicarse en un ambiente determinado; las sombras y luces, charcos, cambios de suelo, objetos móviles, personas, tipo de corral, paredes, puertas y techos sólidos, alteran su comportamiento habitual (Canosa y Acuña, 1996). El hecho de que un animal evite un objeto y/o un evento, ofrece información acerca de sus sentimientos y por lo tanto de su bienestar, mientras más fuerte sea la evasión, peor es el bienestar en cuanto el evento esté

ocurriendo o el objeto esté presente. Un individuo que es completamente incapaz de adoptar su postura preferida de descanso a pesar de hacer repetidos intentos tendrá menor bienestar que uno que pueda adoptarla (Broom, 2011).

2.3.2 Indicadores fisiológicos. Respuesta neuroendocrina al estrés.

El estrés ha sido utilizado como indicador de la pérdida de BA y es definido como, la acción de estímulos nerviosos y emocionales provocados por el ambiente sobre los sistemas nervioso, endócrino, circulatorio y digestivo de un animal, produciendo cambios medibles en los niveles funcionales de estos sistemas, en especial altera la homeostasis interna induciendo cambios en la actividad del sistema nervioso autónomo y el eje hipotálamo-pituitaria-adrenal (HPA) (Broom, 2005). Se ha denominado “Distrés” cuando la repuesta del animal al factor estresante pone realmente en riesgo su bienestar (Mormède *et al.*, 2007). De acuerdo con la duración y sus efectos el estrés puede ser agudo (transitorio) o crónico (de largo efecto) (Trevisi y Bertoni, 2009). Dentro de la respuesta neuroendocrina tienen vital importancia los sistemas: simpático suprarrenal (SS) y el HPA, donde la activación de cualquiera de los dos depende del factor estresante que está produciendo el estímulo (Gupta *et al.*, 2007; Herskin *et al.*, 2004).

En la activación del primero denominado “Síndrome de emergencia”, el organismo se prepara para hacer frente a peligros súbitos generando una respuesta de carácter rápida y breve, que conlleva a la activación neuronal del hipotálamo y la liberación de adrenalina y noradrenalina desde la médula adrenal, encargadas de poner al animal en estado de alerta, preparándolo para luchar o huir, provocando un aumento de la frecuencia cardiaca, vasoconstricción periférica, hiperglicemia, midriasis, hiperventilación, aumento del volumen sanguíneo y del gasto cardiaco. En el eje HPA se presenta la liberación del Factor Liberador de Corticotropina (CRH) y la vasopresina en el hipotálamo, que actúan sobre la hipófisis anterior estimulando la liberación de la Hormona Adenocorticotrópica (ACTH), la cual es liberada al torrente sanguíneo para estimular la síntesis y secreción de glucocorticoides (GC), especialmente cortisol desde la corteza adrenal. Simultáneamente se estimula la liberación de catecolaminas (adrenalina, noradrenalina y dopamina) desde la médula

adrenal, así como hormonas tiroideas. El cortisol aumenta la disponibilidad de energía y las concentraciones de glucosa en la sangre, porque estimula la proteólisis, lipólisis, la gluconeogénesis en el hígado, e inhibe la liberación de insulina. En esta compleja respuesta fisiológica se presenta un proceso de retroalimentación negativa, permitiendo que el cortisol actúe sobre el hipotálamo y la hipófisis disminuyendo la producción de CRH y ACTH. En esta etapa el organismo intenta adaptarse o afrontar la presencia de los factores que percibe como amenaza, en donde se presenta una normalización de los niveles de GC y en consecuencia la desaparición del estado de estrés, etapa que se ha denominado “de resistencia o relajación” (Trevisi y Bertoni, 2009).

2.3.3 Estrés crónico

Consiste en un estado de activación fisiológica en curso, que se presenta cuando el animal se expone a varios factores o a la exposición repetida a los mismos estresores agudos, etapa en la cual el sistema nervioso autónomo rara vez tiene la oportunidad de activar la respuesta de relajación. En este caso, se presenta una sobreexposición a las hormonas del estrés, que produce un costo biológico suficiente para alterar las funciones biológicas y producir distrés. El estrés crónico coincide con un estado de larga duración del animal, como un problema de salud grave, que no permite su recuperación satisfactoria, en donde la intensidad y duración del sufrimiento contribuye a la severidad de la respuesta del animal. Por lo tanto, el estrés crónico es una condición de mala adaptación que puede estar asociada con una reducción directa en el nivel de BA; por otra parte, esta condición puede afectar la susceptibilidad a las enfermedades o favorecer su progresión (Trevisi y Bertoni, 2009).

2.4 Transporte de animales por vía terrestre

Las preocupaciones referentes al bienestar animal durante el transporte incluyen el potencial de los animales a experimentar estrés, lesiones, cansancio, mortalidad y morbilidad debida al acceso limitado de agua y alimento, exposición a condiciones climáticas cambiantes, exposición a ruido, vibraciones, agentes patógenos, así como

un manejo deficiente y la mezcla con animales no familiares (Schwartzkopf-Genswein, 2012).

Para la movilización de ganado bovino en México, obligatoriamente se solicitan documentos oficiales de acuerdo a la normativa vigente en las entidades federativas o fuera de estas; estos documentos incluyen:

- Certificado Zoosanitario de Movilización
- Guía de Tránsito
- Constancia de Baño Garrapaticida
- Dictamen de Prueba NEGATIVA a Tuberculosis o Constancia de Hato Libre
- Dictamen de Prueba NEGATIVA a Brucelosis o Constancia de Hato Libre

Estos requisitos deben ser consultados por un Médico Veterinario Oficial de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y Médicos Veterinarios Terceros Especialistas Autorizados o en un Centro de Certificación Zoosanitaria dependiente de un Organismo de Certificación aprobado SENASICA (2014).

2.4.1. Consideraciones de carga y descarga

Una vez que se ha decidido y autorizado movilizar ganado bovino y se han cumplido las especificaciones reglamentarias, el primer paso, antes de transportar bovinos consiste en seleccionar aquellos que estén en buenas condiciones para afrontar un viaje, contemplando el estatus nutricional, fisiológico y sanitario de los mismos (Broom, 2008). Una condición indispensable para el transporte es conformar lotes de bovinos que sean uniformes en tamaño y sexo, porque al mezclar bovinos grandes con chicos genera el riesgo de que estos últimos resulten aplastados o pisoteados (Alende *et al.*, 2009). Tampoco es recomendable la mezcla de bovinos que no estén familiarizados entre sí, ya que esto conduce a un aumento en la peleas y montas (Manteca, 2008). La presencia de bovinos astados en el rebaño aumenta la incidencia de lesiones superficiales y profundas (Alende *et al.*, 2009; Ghezzi *et al.*, 2008).

La carga es un evento estresante en sí mismo: la frecuencia cardíaca de los bovinos aumenta de 93 a 123 latidos/minuto cuando tienen que subir una rampa (Chacón *et al.*, 2005), resultado del movimiento, agitación y excitación nerviosa. Las rampas de carga y descarga deben tener una pendiente suave, nunca mayor a 20° (Grandin, 2000; María, 2008), ya que pendientes mayores generan temor, retrasan el trabajo y generan amontonamientos en la entrada del embarcadero. Se debe tener cuidado de alinear los vehículos correctamente en la rampa de embarque, evitando huecos que puedan ocasionar un daño físico al bovino o que éste escape o se caiga. En las instalaciones nuevas, conviene que el piso de concreto tenga surcos cada 20 cm, con un diseño romboidal o cuadrado, y que esos surcos tengan 3 cm de profundidad (SENASICA, 2014).

2.4.2. Características de los vehículos

Los vehículos para el transporte de ganado deben ser lavados minuciosamente, de manera que se elimine todo residuo de excremento, tierra, sangre, etc., y desinfectados con productos adecuados antes de embarcar al ganado (SENASICA, 2014). Los camiones utilizados para el transporte de ganado deben ser diseñados especialmente para transportar bovinos en condiciones micro-ambientales aceptables y salvaguardando su integridad física (Miranda de la Lama, 2013). Los pisos deben ser antideslizantes para reducir el riesgo de caídas, se sugiere que el material sea metálico para facilitar las operaciones de limpieza y descontaminación (Lapworth, 2008). Otra característica importante es que el piso tenga ligera inclinación, para ayudar al equilibrio de los animales durante el viaje. En vehículos o contenedores con techo, el espacio mínimo entre el piso y techo será de aproximadamente un tercio más alto de la altura promedio a la cruz de los bovinos del embarque, por ejemplo: bovinos con altura promedio a la cruz de 1.50 m, el espacio interior del piso al techo será de 2.00 m (NOM-051-ZOO-1995). El ganado es normalmente transportado ya sea en un tráiler de compartimiento recto, o un tráiler con barriga (Mitchell y Kettlewell, 2008).

En las figuras 1 y 2 se muestran modelos de jaulas especializadas para el transporte de ganado bovino. Ambas jaulas tienen agujeros o rejillas a lo largo de sus lados para la entrada de luz y el intercambio de aire. El flujo de aire natural de un tráiler

con barriga estándar es un sistema de ventilación pasiva que es impulsado por el empuje interno del aire y los gradientes de presión del tráiler (Mitchell y Kettlewell, 2008).

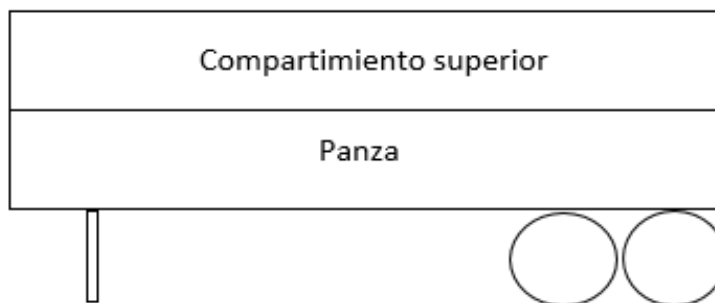


Figura 1. Diagrama esquemático del interior de un tráiler de compartimiento recto (50').

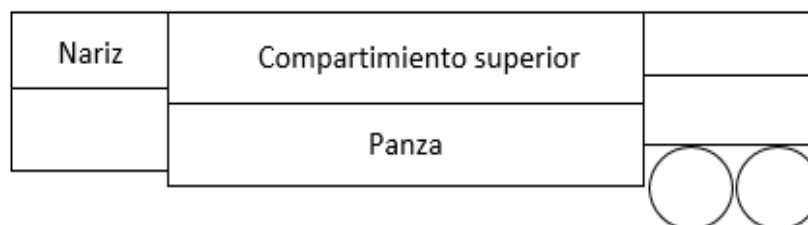


Figura 2. Diagrama esquemático del interior de un tráiler con barriga (53').

2.4.3. Microclima del vehículo

Este término es usado para describir el clima interno de la jaula especializada al cual los animales son sometidos. Factores que componen al microclima son: calor, humedad, concentración de dióxido de carbono, concentración de amoníaco, otros gases nocivos, y sobre todo calidad del aire (Randall, 1993; EFSA, 2006). La temperatura de la jaula transportadora ha sido identificada como uno de los factores más estresantes durante el transporte de ganado (Mitchell y Kettlewell, 2008). La temperatura normal del ganado adulto de carne es 37.8 °C, y puede variar de 36.7 a 39.1 °C (Merck, 2008). El ganado regula su temperatura corporal mediante el enfriamiento evaporativo donde el calor es intercambiado a los alrededores por un gradiente de vapor a través de la producción de humedad (Gaughan *et al.*, 2000). La habilidad del ganado de usar efectivamente el enfriamiento evaporativo es severamente obstaculizada por la presencia de alta humedad, que puede provocar estrés calórico y potencialmente volverse fatal (Hahn, 1999; Brown-Brandl *et al.*, 2005).

Los bovinos transportados a altas densidades de carga, en ambientes cálidos tienen menos aire alrededor de ellos y pueden ser incapaces de disipar suficiente calor, provocando así el estrés calórico (Jury, 2013).

2.4.4. Zona termoneutral

El índice de temperatura y humedad (ITH) ha sido formulado como una manera de asegurar la seguridad del animal y creando un valor comparable a la “temperatura que se siente realmente”, es decir la sensación térmica (Nienaber *et al.*, 1993; Gaughan *et al.*, 2002). Esta fórmula es utilizada como un gráfico estándar de la industria para distinguir las zonas de severidad para los valores de ITH. Estas zonas son definidas como confortable (<75), alerta (75 a 78), peligro (79 a 83) y emergencia (>84) (Whittier, 1993).

		Índice de temperatura y humedad (ITH)							
		Humedad Relativa (%)							
Temperatura (°C)		20	30	40	50	60	70	80	90
		40	84	86	89	91	94	96	99
38	82	84	86	89	91	93	96	98	
36	80	82	84	86	88	90	93	95	
34	78	80	82	84	85	87	89	91	
32	76	77	79	81	83	84	86	88	
30	74	75	77	78	80	81	83	84	
28	72	73	74	76	77	78	80	81	
26	70	71	72	73	74	75	77	78	
24	68	69	70	71	72	73	74	74	
22	66	66	67	68	69	69	70	71	
		Normal <75		Alerta 75-78		Peligro 79-83		Emergencia >84	

Figura 3. Índice de temperatura y humedad adaptado de Whittier (1993).

Esta fórmula y el subsecuente gráfico demuestra el hecho que el ganado es mucho más tolerante a las temperaturas frías que a condiciones de humedad relativa y temperatura altas (EFSA, 2006).

2.4.5 Tipos de ventilación

Existen dos sistemas de ventilación en el diseño de camiones especializados para ganado, la ventilación pasiva (aberturas) y la activa (ventiladores). La pasiva está dada por la cantidad de aberturas a lo largo del chasis, aunque en algunos modelos hay dispositivos para bloquear estas aberturas (Dalley *et al.*, 1996). Este sistema es muy variable y depende principalmente del diseño exterior del vehículo y de la velocidad promedio del viento (Baker *et al.*, 1996).

2.4.6 Densidad de carga

Se refiere al espacio que los bovinos tienen disponible dentro del compartimento de un tráiler, y es expresado como kg/m^2 o m^2/res . Como se ha mencionado anteriormente, factores como: presencia de cuernos, edad y condición del bovino, distancia de transporte, clima y tamaño del compartimento del tráiler deben ser considerados a la hora de cargar ganado (Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2008; Swanson y Morrow-Tesch, 2001). La alta densidad no permite que los bovinos viajen cómodamente, debido al espacio reducido que les impide situarse en alguna área cómoda para mantener el balance, lo cual es más grave en viajes largos (Gallo y Tadich., 2005). Se encontró que los niveles sanguíneos de creatina quinasa aumentan cuando la densidad de carga es alta, lo que indica alto grado de daño muscular (Tarrant *et al.*, 1988, 1992). A menor espacio asignado por bovino es mayor la incidencia de contusiones, caídas y lesiones (Ferguson y Warner., 2008; Gallo y Tadich, 2005). White *et al.* (2009), descubrieron que el bienestar de los becerros medido por la morbilidad dentro de los primeros 40-60 días después del transporte fue mayor en becerros en compartimentos con 15 cabezas o menos y tendieron a reducirse probabilidades de ser tratados por enfermedad comparado con el ganado en compartimentos con 16 a 30 cabezas. Cuando la densidad durante el transporte es baja, los bovinos pueden recostarse y moverse; sin embargo, si las técnicas de

conducción y la carretera son malas, es probable que el conductor pierda el balance del vehículo (Eldridge y Winfield, 1988b). Romero *et al.* (2010) estableció las siguientes densidades de carga considerando el espacio/animal en m²; así que, para los terneros de 50 a 70 kg, la densidad de carga será de 0.23 y 0.28 m² respectivamente, en tanto que, para bovinos adultos de 300, 500, 600 y 700 kg, la densidad de carga será de 0.84, 1.27, 1.46 y 1.75 m², respectivamente. Aunque estas densidades pueden variar de acuerdo a las condiciones climáticas, tiempo de traslado y características del camino (Miranda de la Lama *et al.*, 2012).

2.4.7 Duración del viaje

Es definido como el tiempo en el que están confinados los bovinos en un vehículo de transporte (Tucker *et al.*, 2015). La duración del viaje es uno de los tópicos más discutidos en términos de BA, debido a que se asume que las largas distancias afectan el estatus fisiológico y conductual de los bovinos (Miranda de la Lama, 2013). A medida que la distancia aumenta, se incrementa el consumo de glucógeno y el riesgo de reses caídas durante el viaje es mayor (Broom, 2008). Además, viajes más largos suponen un mayor tiempo de privación de agua, generando condiciones de mayor deshidratación y hemoconcentración, sobre todo en la estación de verano (Tadich *et al.*, 2005).

Gran número de experimentos han investigado los efectos de la duración del viaje en el bienestar del ganado. La mayoría de ellos establece que a medida que la duración del tiempo de transporte aumenta, aumentan los efectos negativos en el bovino tales como: pérdida de peso corporal, aumento de creatina quinasa, ácidos grasos no esterificados, ácido D-β-hidroxitútrico y proteínas totales, etc. (Broom, 2008). Un período de privación de agua y alimento de 14 h resulta en vigorosos intentos por obtenerlos cuando exista la oportunidad; aunque se requiere una privación de hasta 24 h antes de que los cambios fisiológicos de la sangre en calcio, fósforo, potasio, sodio, osmolaridad y urea sean evidentes (Chupin *et al.*, 2000). González *et al.* (2012a), encontraron que viajes con duración mayor a 30 horas tienen mayor probabilidad de que el ganado se vuelva no ambulatorio, claudique o muera. En el mismo estudio se encontró que la reducción de peso aumenta rápidamente en

condiciones climáticas superiores a los 30°C. La experiencia y habilidad del chofer también puede tener un gran impacto sobre el bienestar del ganado, ya sea por la calidad del manejo a la hora de carga y descarga y la calidad de su conducción (Grandin, 2007).

2.4.8 Edad y talla de los bovinos

Está bien documentado que el transporte produce mayores efectos adversos al bienestar de los becerros, a comparación del ganado adulto (>17 a 19 meses de edad) esto debido a un desarrollo incompleto del eje hipotálamo-pituitaria (Eicher *et al.*, 2006) y combinado al factor que los becerros son expuestos a múltiples eventos estresantes, incluyendo destete, manejo, etc., al mismo tiempo que son transportados (Grandin, 2001). Un estudio realizado por González *et al.* (2012a), sugiere que los efectos adversos del transporte varían según el tipo de animal. Por ejemplo, ganado adulto o gordo (>500 kg) transportados por 400 km para ser matado tuvo pocos problemas cuantificables de bienestar (pérdida de peso, muerte, cojera) comparado con becerros y bovinos en engorda más ligeros (275 < 500 kg aprox.). El ganado con menor peso tuvo el doble de probabilidad de morir en comparación con el ganado gordo, mostrando una reducción de peso mayor (8 % vs. 5 % respectivamente). Se especuló que el ganado gordo se encuentra en una mejor condición corporal y tiene una respuesta inmune mejor en comparación con los becerros y el ganado en engorda.

2.4.9 Pérdida de peso

La pérdida de peso que los bovinos experimentan durante el transporte está directamente relacionada con sus niveles de hidratación, condición corporal y peso de canal (Jones *et al.*, 1990; Warriss, 1990; Schaefer *et al.*, 1992), esta pérdida ocurre principalmente en las primeras 15 h, y dependerá del tipo de alimentación y del tiempo de viaje (Knowles, 1999). El ganado puede experimentar dos tipos de pérdida, el de disminución de contenido gastrointestinal y de vejiga; y la disminución de tejido o canal. Se ha estimado que la pérdida de los contenidos gastrointestinales y de vejiga son de aproximadamente 3.2 % del peso corporal y ocurre a una tasa de 1 %/h durante las primeras 3 horas a 4 horas de transporte y disminuye hasta 0.1 %/h después de 10

horas o más (Coffey *et al.*, 2001). Self y Gay (1972), reportaron que menos de la mitad (46.7 %) del peso corporal perdido durante transportes de 966 km fue contado como pérdida del llenado intestinal, el resto de la pérdida del peso corporal (53.3 %) fue tejido corporal (canal, piel, etc.). Cernicchiaro *et al.* (2012), reportaron que la disminución de peso aumenta el riesgo de enfermedades respiratorias en becerros ligeros a comparación de aquellos más pesados. La merma es fácil de obtener y puede ser utilizada como un indicador de las condiciones durante el transporte comercial porque la mayoría de los camiones son pesados antes y después del transporte (González, 2012b).

2.4.10 Provisión de descanso, agua y alimento

El estrés producido durante un viaje largo puede ser disminuido con la adición de períodos de descanso y provisión de agua y alimento durante el transporte (Cooke *et al.*, 2013) estos autores observaron que el ganado que había sido transportado continuamente tenía una disminución de peso del 10.17 %, mientras que ganado que fue proveído de dos sesiones de dos horas de descanso cada uno durante un viaje de 24 horas disminuyeron solamente el 5.82 %, en el cual el agua y el alimento fueron administrados *ad libitum*.

2.4.11 Manejo en la recepción

El objetivo principal de esta actividad es permitir que el ganado se recupere del estrés al que fue sometido durante el transporte y prepararlos para la transición a la engorda. El primer día en el corral es crítico ya que el ganado llega cansado, deshidratado y expuesto a diferentes agentes patógenos, por lo que es susceptible a enfermarse (SENASICA, 2014). El manejo debe ser tranquilo, sin gritos ni golpes para conducir al ganado; para ello deben seguirse las siguientes recomendaciones:

- No utilizar arreadores eléctricos (chicharras).
- Se recomienda el uso de banderitas y sonajas.
- Constatar que el ganado arribado cuente con Certificado Zoosanitario de Movilización, identificación individual y cotejar que el número de animales y su arete correspondan al registrado en los documentos.

- Verificar la condición corporal del ganado y registrar el peso a la recepción, con la finalidad de mantener un registro de mermas durante el traslado.
- Suministrar agua abundante, limpia y fresca y forraje a libre acceso.
- Permitir al ganado descansar de 24 a 48 horas después de su ingreso al corral antes de llevar a cabo las actividades de manejo.

2.4.12 Morbilidad y mortalidad durante el transporte

Las pérdidas más comunes pueden dividirse en tres categorías: bovinos heridos, enfermos y muertos en el viaje (Pilcher *et al.*, 2011). La mortalidad durante el transporte es un indicador indiscutible de bienestar, porque es esperado que cada animal que murió durante el transporte, haya experimentado un alto grado de sufrimiento antes de su muerte (Nielsen *et al.*, 2011). Entre sus causas principales están: la sobrecarga, pisoteo por caídas, asfixia por malas condiciones de ventilación y deshidratación (Gallo y Tadich, 2005). Una de las afecciones relacionadas con el transporte son las enfermedades respiratorias agrupadas en un conjunto multifactorial conocido como Complejo Respiratorio Bovino (Trigo, 1987).

Los efectos del transporte sobre los indicadores de bienestar animal no han sido estudiados a fondo. En términos de densidad de carga, se necesita conducir ensayos científicos para comparar los indicadores conductuales y fisiológicos de salud y bienestar.

2.5. Transporte a rastro

El transporte de bovinos incluye puntos intermedios (mercados de subastas, clasificación de centros logísticos, puntos de control de salud, escalas logísticas y paradas de descanso) y la planta de matanza (Miranda de la Lama *et al.*, 2013). En este contexto, Romero *et al.* (2013), observaron que bovinos provenientes de mercados o que hicieron paradas durante el viaje tenían niveles de pH en carne mayores a 5.8 comparados con aquellos transportados directamente de la granja hacia el rastro. María *et al.* (2003) y Ferreira *et al.* (2006), no encontraron cambios significativos en el pH de la carne en términos de la duración del viaje, pero pocos efectos son notados cuando el estrés es moderado o los animales tienen buena salud.

2.5.1. Condiciones en la planta de matanza

Miranda de la Lama *et al.* (2010), describieron el diseño de los rastros, generalmente basados en criterios de arquitectura convencional, como la optimización de espacios y la facilidad de movimiento de los operarios y no en las características de comportamiento de los animales. La percepción y respuesta del animal a las condiciones adversas en el rastro dependen de sus experiencias previas (Terlouw, 2005; Grandin, 1993). Grandin (2006) también refiere que el ganado bovino percibe el ambiente del rastro de la misma manera que el manejo durante las vacunaciones y cualquier otro manejo que incluya mover a los animales por las mangas durante el arreo.

2.5.2. Espera pre-matanza

Es el periodo de descanso posterior al transporte y antes de la matanza, donde los bovinos no son alimentados, pero tienen acceso al agua. Este descanso permite la recuperación del estrés experimentado en la carga, el transporte y la descarga de los bovinos (Toohey y Hopkins, 2006). Desde el punto de vista logístico, este tiempo es vital para la planificación de la matanza por lotes (por destino y horas de estancia), ya que permite el vaciamiento gastrointestinal (Gallo y Tadich, 2008) y da tiempo para que se realice la inspección veterinaria estática y dinámica (Villanueva y Aluja, 1998). El tiempo de descanso es un tema en discusión permanente. Diversos estudios indican que un descanso de entre 3 y 12 horas es necesario para la estabilización de las variables fisiológicas y contribuye a la calidad de la carne (Knowles *et al.*, 1996).

2.5.3. Respuesta general al estrés pre-matanza

Todos los animales destinados a la producción de carne experimentarán algún nivel de estrés previo a la matanza, y esto puede generar efectos negativos en la calidad de la carne. Generalmente se cree que la magnitud de cualquier efecto negativo va en función del tipo, duración e intensidad de cada uno de los estresores pre-matanza y la susceptibilidad del animal a ellos (Ferguson *et al.*, 2001).

2.5.4. Efectos en la calidad de la carne

El proceso de conversión de músculo en carne comienza inmediatamente después de la matanza del animal. En ese momento, debido a la interrupción de la circulación sanguínea, cesa el aporte de oxígeno a los tejidos y se detiene el proceso de respiración aeróbica, lo que conduce a que las células musculares utilicen el metabolismo anaeróbico y consuman las reservas de glucógeno, con la consiguiente acumulación de ácido láctico. Este mecanismo es responsable del descenso de pH en la carne durante las primeras horas *postmortem*. El pH final de la carne es inversamente proporcional a la concentración de ácido láctico, que depende de la concentración inicial de glucógeno. Si la concentración de glucógeno inicial es limitante (menor a 10 mg/g de músculo), la acumulación de ácido láctico se detendrá por falta de sustrato (Warriss, 2000). Esto impedirá alcanzar pH finales bajos, lo cual repercute sobre ciertos parámetros importantes de la calidad de la carne, como la terneza, el color y la capacidad de retención de agua, relacionada con la jugosidad (Gregory, 2008). Un pH final mayor a 5.8 aumenta la incidencia de carnes duras, secas y oscuras (en inglés "dark, firm and dry, DFD"). Además, se ha demostrado que carnes con un pH final alto tienen mayor riesgo de contaminación bacteriana (Silva *et al.*, 1999). Jones y Tong (1989) reportaron un incremento en la frecuencia del corte oscuro a medida que la distancia de transporte aumentaba de menos de 100 km a más de 300 km. El corte oscuro no tiene un valor nutricional diferente al corte normal, pero la textura granosa, consistencia pegajosa y la vida de anaquel reducida producen el rechazo de los minoristas y consumidores, produciendo que se castigue el precio \$6.08 dólares por canal (Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012).

III. HIPÓTESIS

Las variables climáticas y densidad de carga superior a 500 kg/m² durante el transporte de los bovinos de la engorda al rastro, impactan negativamente en los indicadores de bienestar y merma en el trópico seco mexicano.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Evaluar los indicadores de bienestar y merma durante el transporte de bovinos productores de carne de la engorda al rastro del trópico seco mexicano.

4.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto de la temperatura ambiental y humedad relativa durante el transporte, en los indicadores de bienestar y merma del ganado bovino productor de carne.

Evaluar el efecto de la densidad de carga en los indicadores de bienestar y merma del ganado bovino productor de carne.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Localización del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Unidad de Producción Pecuaria (UPP) Agropecuaria JS, S.A. de C.V., ubicada en el km 18 de la carretera Internacional al sur de la ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, en el poblado Los Becos. La UPP se localiza entre las coordenadas $24^{\circ} 38' 58''$ N y $107^{\circ} 17' 10''$ O; con una altitud de 70 m sobre el nivel del mar y condiciones de trópico seco, de acuerdo con la clasificación climática de Koppen se trata de un clima $BS_1(h')w(w)(e)$, el cual se define como un clima semiseco, muy cálido, extremoso, con lluvias de verano.



Figura 4. Ubicación geográfica y altura sobre el nivel del mar de la UPP por medio de imagen satelital.

5.2 Procedimiento

El estudio observacional prospectivo tuvo una duración de cinco semanas a partir de febrero de 2020. Se realizaron cinco visitas semanales a la zona de carga de la UPP con base al programa de movilización de ganado. Previo a la carga de los bovinos en la jaula transportadora, se registraron las condiciones ambientales: temperatura

(°C), humedad relativa (%) para calcular el índice de temperatura y humedad (ITH), mediante la fórmula: $ITH = 0.81 \times T + HR (T - 14.40) + 46.40$ (Mader *et al.*, 2007), donde T es la temperatura ambiente en grados Celsius y HR es la humedad relativa expresada en porcentaje.

A las 6:00 am iniciaron las actividades con la llegada a la zona de carga de la UPP para monitorear el momento de la carga del ganado. Los bovinos reciben su último alimento a la 1 pm, la tarde anterior a la carga, presentando un ayuno de 17 horas.

Cada camión es pesado vacío y después que el ganado se carga, se pesa una vez más, y se calcula el peso neto de carga, al restar el peso total de la carga menos el peso del camión.

Se registraron las condiciones de transporte: identificación de la jaula, limpieza de jaula, manejo durante la carga, número de bovinos transportados, género de ganado, tiempo de carga, distancia recorrida, duración de viaje, velocidad de conducción, peso neto de la carga, hora de llegada a planta de matanza, peso de llegada, espera para descarga, manejo a la descarga y tiempo de descarga.

Para el registro de la variable limpieza de jaula se modificó la escala de limpieza de instalaciones establecida en el protocolo Welfare Quality® (2009), de acuerdo a lo siguiente:

Jaula limpia: piso y paredes ausentes de lodo y estiércol; Jaula semisucia: paredes y piso regularmente manchados con lodo y estiércol, presencia ligera de suciedad; Jaula sucia: paredes sucias, profundidad de lodo y estiércol en el piso.

Y para el registro de la variable manejo durante la carga, se adaptó la escala propuesta por Grandin (2008) de la siguiente manera: Excelente: cuando el ganado no resbaló o cayó, no fue movido con picada eléctrica y no se golpeó con objetos adyacentes a la manga de manejo; Aceptable: Cuando menos del 3 % cayó o resbaló, 5 % movido con picana eléctrica y cuando el 1 % del ganado se golpeó contra un objeto; No aceptable: 1 % de bovinos cayó, el 20 % movido con picana eléctrica y 2 a 5 % se golpeó contra un objeto.



Figura 5. Jaula transportadora durante la carga de ganado.



Figura 6. Jaula transportadora durante la carga de ganado.

La variable densidad de carga (kg/m^2) se calculó con base al peso neto de carga entre la superficie total disponible del tráiler (m^2).

5.3 Análisis estadístico

Para las variables climáticas (temperatura, humedad relativa y valor de ITH) y densidad de carga se realizó en base a un análisis estadístico descriptivo, los resultados se presentan con la media, desviación estándar, valor mínimo y máximo. Posteriormente, se generaron histogramas en Minitab (Minitab, 2000) para observar la distribución de los datos, enseguida se utilizó la prueba Kolmogorov-Smirnov (K-S) para conocer su aproximación a la distribución normal.

Se realizó análisis de regresión lineal simple para determinar si los datos mostraban evidencia de relación entre variables climáticas y densidad de carga con el porcentaje de merma (Minitab, 2000). Y al no encontrarse significancia estadística entre estas variables y la merma, se analizó la variable género de ganado y su relación con el porcentaje de merma mediante análisis de la varianza.

La comparación de medias para el género del ganado se realizó con la prueba de Tukey. Los resultados en los cuadros se presentan con la media, desviación estándar e IC al 95 %. El nivel de alfa para aceptar diferencia estadística fue máximo de 0.05.

Las variables cualitativas, limpieza de jaula y manejo durante carga se presentan con porcentajes en gráficas de barras.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Variables climáticas

En el cuadro 1, se muestran los valores descriptivos de las variables climáticas (temperatura, humedad relativa e ITH) durante la carga del ganado bovino en la Unidad de Producción Pecuaria.

Cuadro 1. Estadística descriptiva semanal de variables climáticas durante la carga del ganado bovino en la Unidad de Producción Pecuaria.

Semana	Temperatura °C			Humedad relativa %			ITH ¹		
	Mín.	Máy.	Media	Mín.	Máy.	Media	Mín.	Máy.	Media
1	9.8	12.7	11.5	53	58	56	51.9	55.72	54.12
2	9.8	17.8	13.06	57	84	69.63	51.39	63.67	56.18
3	12.1	19.1	16.04	41	81	56.86	54.34	64.46	60.18
4	14	19.1	16.6	49	60	52	57.69	64.5	61.10
5	8.90	24.3	16.8	50	66	58.5	50.14	71.03	61.23
General	9.80	19.50	15.22	49	84	59	51.90	65.56	59.24

¹Índice de temperatura y humedad

Los valores registrados durante la estación invernal (febrero y marzo) para esta ubicación geográfica (24° 38' 58" N y 107° 17' 10" O) del hemisferio norte, muestran que el ganado no fue sometido a condiciones climáticas que impidieran su homeostasis interna pues el valor de ITH calculado máximo fue de 71.03, considerado según Whittier (1993) como un estado de confort para el ganado.

En un estudio realizado por González *et al.* (2012b), determinaron la relación entre las condiciones del transporte y el bienestar del ganado, los autores observaron que a medida que la temperatura desciende por debajo de 15 °C, la probabilidad de que el ganado muera es alta. Una posible explicación de esto, es que la falta de alimento y actividad física se ven agravados por el transporte bajo condiciones

climáticas frías. La anterior afirmación es también fue sustentada por Schrama *et al.* (1995) quienes mostraron que los animales cuando ayunan, producen menos calor y el costo energético de la actividad física es mayor bajo condiciones de baja temperatura. Por otra parte, González *et al.* (2012b) observaron que el ganado se vuelve no ambulatorio cuando la temperatura asciende más de 30°C.

En el presente estudio, los resultados no mostraron relación funcional entre la merma durante el transporte y la temperatura ambiental ($P= 0.964$, $r^2= 0.8 \%$), humedad relativa ($P=0.847$, $r^2= 0.4 \%$) e ITH ($P= 0.939$, $r^2= 0.1 \%$). Debido a que durante el período de observación el ganado no fue sometido a estrés térmico de ningún tipo y la duración de los viajes fue corta, por ello no se manifestó un efecto negativo de las variables climáticas con respecto al porcentaje de merma.

Bajo condiciones de estrés por calor, en los mamíferos se caracteriza por aumento en la frecuencia respiratoria, temperatura rectal y sudoración debido a cambios de disipación del calor sensible al enfriamiento evaporativo (Habeeb *et al.*, 1992) en un intento por termo regularse, y por la pérdida del equilibrio entre la producción de calor metabólico y la disipación de calor al ambiente (Robinson, 2013; Scharf *et al.*, 2010).

Al respecto cabe destacar que el microambiente generado en el interior de la jaula transportadora, es resultado de varios factores y sus diversas interacciones, estos incluyen la temperatura ambiental, ventilación, producción de calor y agua por parte de los animales y cualquier otro factor externo de humedad y calor, siendo estos dos últimos factores los más importantes para desencadenar estrés por calor en el bovino. El transporte de animales hacinados genera grandes cantidades de calor y humedad dentro de la jaula transportadora, el efecto que este ambiente húmedo y caliente hace que el animal se los esfuerce más en termo regularse para mantener la homeostasis (Mitchell y Kettlewell, 2008).

Mitchell y Kettlewell (2008) sugieren que el diseño del vehículo juega un papel crucial para controlar las condiciones micro climáticas dentro de él y por lo tanto sobre el bienestar animal y calidad de la carne. En un estudio realizado en Texas, Estados Unidos de América, se compararon vehículos convencionales contra vehículos modificados para una mejor ventilación; se transportaron 160 vaquillas durante 11 a

12 horas en el verano, el estudio reportó que los vehículos modificados lograron disminuir su temperatura interna hasta 4 °C y las concentraciones de amoníaco, además se encontró que las pérdidas de peso fueron menores en estos vehículos (Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012).

6.2 Variables de transporte

En el cuadro 2 se muestran los valores descriptivos de las variables registradas durante el transporte de ganado bovino a la planta de procesamiento.

Cuadro 2. Estadística descriptiva de las variables registradas durante el transporte del ganado bovino a la planta de procesamiento.

Variable	Media	EEM ¹	D.E. ²	Mínimo	Máximo
Velocidad (km/h)	83.23	1.55	8.62	60	100
Distancia recorrida (km)	59.72	1.84	9.92	46	72
Duración de viaje (min)	59.32	4.94	30.45	15	150
Densidad de carga (kg/m ²)	546.3	12.4	84.4	457	535
Merma (%)	1.4	0.060	0.33	0.51	1.62

¹ Error Estándar de la Media

² Desviación Estándar

En el presente trabajo se registraron las variables durante el recorrido desde el corral de finalización hasta la planta de matanza; para el cálculo de la densidad de carga se midieron los metros cuadrados del área del tráiler entre el número de animales transportados y luego analizar su relación con la merma ocasionada durante el transporte. Se observó que el análisis de regresión lineal simple no mostró relación entre la densidad de carga durante el transporte y la merma ($P= 0.918$; $r^2= 6.5 \%$).

Según Tarrant y Grandin (1993) la densidad de carga superior a 455 kg/m² se califica como alta; al respecto, el Consejo de Bienestar de los Animales de Granja (Farm Animal Welfare Council; FAWC 1991) en Europa, recomienda 1.16 m² para bovinos de 400 kg. Entonces, con base en lo anterior, la densidad de carga registrada

durante el período de observación se puede considerar como alta, al oscilar entre 457 kg/m² y 535 kg/m².

Eldridge *et al.* (1988a) encontraron que bovinos de 350 kg transportados a densidades de carga de 0.9 m²/animal tuvieron una frecuencia cardiaca de 70 latidos/minuto, mientras que bovinos transportados a densidades de 1 m²/animal tuvieron una frecuencia de 74 latidos/minuto.

Densidades muy altas durante el transporte son perjudiciales para el bienestar animal, además impiden que los animales se echen, lo que puede causar fatiga y daño muscular ya que éstos tienden a echarse luego de aproximadamente 4 horas de viaje. En un estudio realizado por Gallo *et al.*, (2005) se registraron densidades de hasta 693 kg/m², se observó que los animales sufren mayor estrés y producen inferior calidad de carne y mayor prevalencia de contusiones; al respecto, se afirma que la tendencia a usar altas densidades de carga en el transporte de ganado bovino, se explica por razones económicas, ya que al cargar el máximo número de animales posible en los camiones se disminuyen los costos del transporte.

En el presente estudio, la falta de relación entre la densidad de carga y la merma, probablemente se debe a que las condiciones ambientales no influyeron negativamente, y fueron seguras para el ganado bovino durante todo el período de observación, además la distancia y duración del viaje fue breve, nunca mayor a 100 km y 150 minutos.

6.3 Género del ganado

En el Cuadro 3 se presentan el promedio y desviación estándar del porcentaje de merma, obtenidos de distintas cargas de acuerdo al género del ganado. Estos valores indican que la pérdida de peso inducida por el transporte es mayor en los machos.

Se ha estimado que la pérdida del contenido gastrointestinal y de vejiga son de aproximadamente 3.2 % del peso corporal y ocurre a una tasa de 1 %/h durante las primeras 3 horas a 4 horas de transporte y disminuye hasta 0.1 %/h después de 10 horas o más (Coffey *et al.*, 2001).

Según Tarrant (1990), las hembras y los animales jóvenes son más susceptibles al estrés en comparación de los machos y animales adultos. La hembra posee un carácter más temperamental, el cual se ve agravado bajo las condiciones previas al arribo a la planta de matanza (Voisinet *et al.*, 1997; Adzitey, 2011).

Al respecto, en un estudio conducido por Bolado (2014), se observó que la pérdida de peso inducida por el transporte a la planta de matanza durante un promedio de 28 minutos fue de 1.22 % en hembras y de 1.08 % en machos.

Cuadro 3. Merma entre machos y hembras transportados de corral de engorda a planta de matanza.

Tipo de ganado	n	Media	D.E. ¹	IC de 95 % ²
Macho	20	1.24 ^a	0.30	(1.10, 1.38)
Hembra	11	0.95 ^b	0.32	(0.76, 1.14)

a, b Literales diferentes muestran diferencia estadística

¹ Desviación Estándar

² Intervalo de Confianza

En un experimento realizado por Bass *et al.* (2010), para examinar los efectos del tipo de género y suplementación de magnesio en la respuesta al estrés y la calidad del músculo *Longissimus dorsi*, se suplementaron a 72 becerras y 72 becerros de raza criolla con 4 niveles (0, 0.25, 0.50 y 0.75 %) de Mg durante los 14 últimos días de finalización y fueron mezclados un día antes para inducir estrés debido a la mezcla de ganado que no era familiar entre sí. Las becerras se mostraron más nerviosas que los becerros durante el manejo previo a la matanza.

La diferencia en el porcentaje de merma entre machos y hembras de este estudio se atribuyó al vaciado del contenido intestinal, debido a que las hembras son más temperamentales ante el manejo previo a la carga, y tienden a vaciar su contenido digestivo antes de subir a la jaula transportadora y de que ocurra el pesaje, lo que resulta así en porcentajes de merma menores en comparación de los machos.

6. 4. Variables cualitativas

En las figuras 7 y 8 se muestra el número de observaciones obtenidas para las categorías de las variables limpieza de jaula y manejo durante la carga.

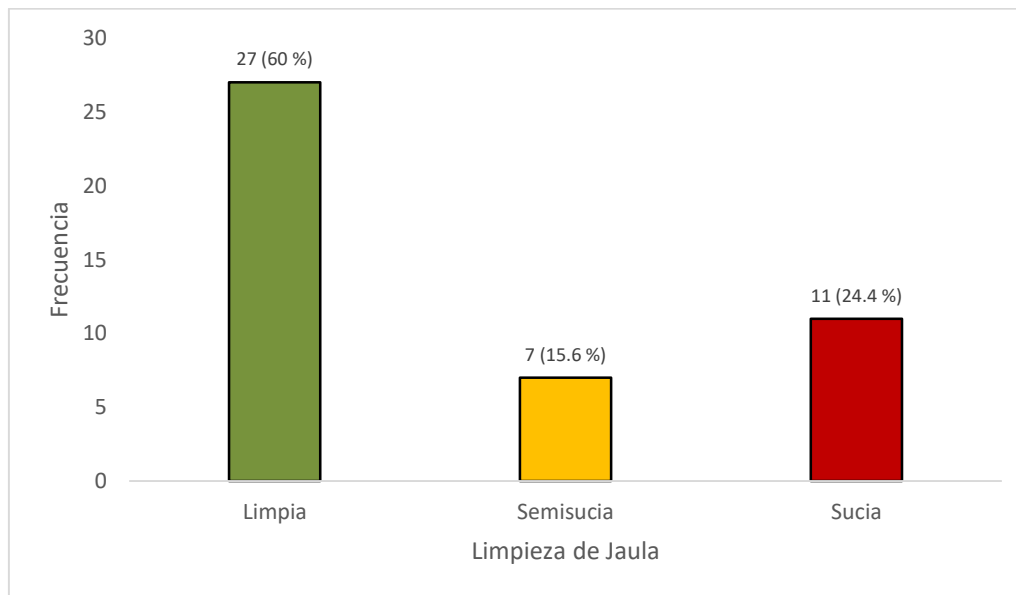


Figura 7. Limpieza de la jaula transportadora en las categorías Limpia, Semisucia y Sucia. n= 45.

De acuerdo a la gráfica, las condiciones de limpieza de la jaula transportadora prevalecieron durante el período de observación. Se debe a que al terminar los transportes programados, las jaulas son limpiadas cuando los choferes regresan a la UPP; y así al día siguiente están listas para ser cargadas de nuevo.

La limpieza y desinfección de la jaula de transporte es de suma importancia para la eliminación de suciedad y agentes patógenos, evitando así la propagación de enfermedades y manteniendo un adecuado nivel de higiene y sanidad animal. Los vehículos deben ser lavados y desinfectados después de cada viaje (Ros, 2008).

Condiciones de suciedad reducen la comodidad y el bienestar de los animales en términos de lesiones cutáneas, comezón, dolor, inquietud, malestar, una termorregulación pobre y enfermedades secundarias (Hultgren, 2003).

Davies *et al.* (2015) encontraron que la suciedad del camión aumenta a medida que incrementa la duración del viaje, lo cual produce efectos negativos en la higiene y bienestar del ganado.

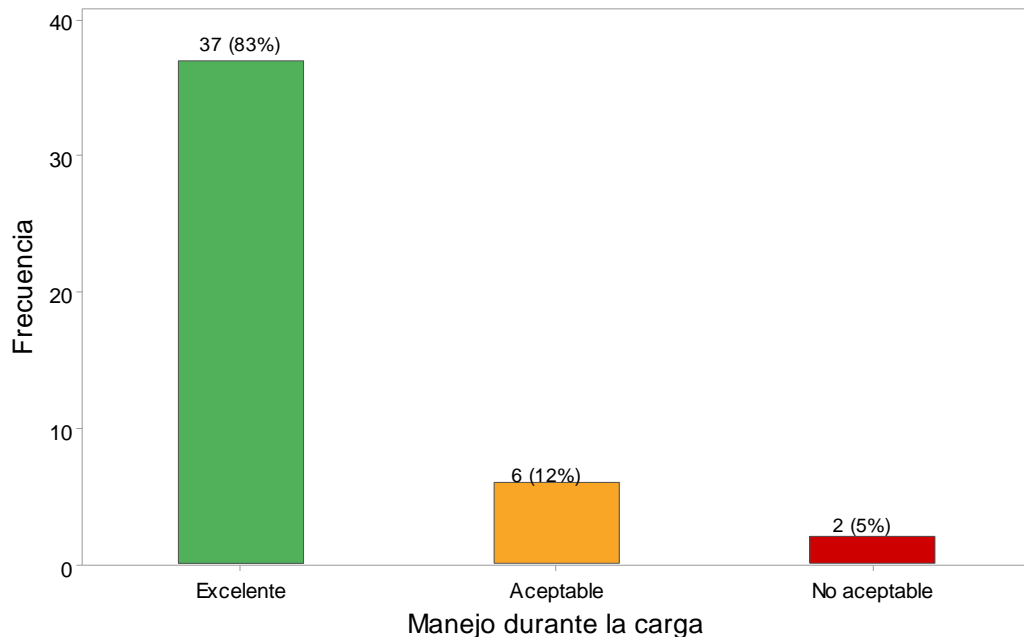


Figura 8. Manejo durante la carga del ganado, con las categorías: Excelente, Aceptable y No aceptable.

Durante el período de observación, el ganado fue manejado de manera excelente el 83 % de las ocasiones, 12 % de manera aceptable y 5 % de manera no aceptable, considerándose, así como un manejo excelente durante el período de observación siguiendo las recomendaciones para el arreo de ganado previo al transporte (Grandin, 2008).

Jerlström *et al.* (2013), encontraron que a medida que las técnicas de manejo por los operarios se vuelven más molestas incrementa el nivel de agresividad, estrés y conductas de resistencia del ganado.

Según Broom (2008), el manejo es considerado como un estresor significativo en el transporte de ganado. María *et al.* (2004), valoraron un sistema de puntuación en España para evaluar el estrés en el ganado y observaron que la carga resulta ser más

estresante que la descarga. Estos autores concluyeron que una carga sin problemas de manejo produce niveles más bajos de estrés.

Para mejorar el manejo durante la carga se recomienda mantener al ganado tranquilo, puesto que animales tranquilos son más sencillos de movilizar y cargar; mover al ganado caminando, reducir el ruido durante el momento de la carga y evitar el uso de la picana eléctrica (Grandin, 2008).

Los cambios en el comportamiento animal, como el cojeo, incremento en la vocalización, abortos espontáneos y patrones de sueño inusuales, son indicadores de estrés y temor, estos minimizan la ganancia de peso y el comportamiento anormal incrementa los desórdenes neuróticos, niveles de corticoides y la presión arterial además de suprimir el sistema inmune. Se dice que entre más joven el animal su sistema nervioso esta menos desarrollado, por lo tanto la respuesta de estrés es mitigada (Lanier, 2010).

VII. CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales no mostraron relación funcional con el porcentaje de merma durante el transporte debido a que estas fueron seguras durante todo el período de observación; por lo tanto, en esta etapa, el ganado no mostró repercusiones asociadas al estrés térmico. Las variables de transporte no mostraron relación funcional con el porcentaje de merma, y esto se puede atribuir a que la duración de los viajes durante el período de observación fueron cortos, a pesar de que el ganado fue transportado bajo densidades de carga altas. La pérdida de peso inducida por el transporte fue mayor en los machos; posiblemente debido a que estos son subidos al camión y pesados juntamente con su contenido gastrointestinal; el cual es vaciado durante el transporte y al momento del arribo a la planta de matanza se vuelven a pesar, reflejando así un porcentaje de merma más alto; a diferencia de las hembras que al poseer un carácter más nervioso vacían su contenido gastrointestinal antes de ser transportadas y pesadas, y al momento del arribo a la planta de matanza se registra un bajo porcentaje de merma.

VIII. LITERATURA CITADA

- Adzitey F. 2011. Effect of pre-slaughter animal handling on carcass and meat quality. *Int. Food Res. J.* 18: 485-491 ISSN: 2231 7546.
- Albright L. y Arave W. 1997. *The Behaviour of Cattle*. CAB International. ISBN-10: 0851991963.
- Alende M., Volpi, L. Pordomingo, A. 2009. Bienestar animal: Aspectos relativos al transporte de bovinos por carretera. *Engormix .p.7*. ISBN: 978-607-28-1031-0
- AMEG. Carne Mexicana. 2019. <https://ameg.org.mx/>. (Consulta Noviembre 2019).
- Archana, P. R., V. Sejian, W. Ruban, M. Bagath, G. Krishnan, J. Aleena, G. B. Manjunathareddy, V. Beena, and R. Bhatta. 2018. Comparative assessment of heat stress induced changes in carcass traits, plasma leptin profile and skeletal muscle myostatin and HSP70 gene expression patterns between indigenous Osmanabadi and Salem Black goat breeds. *Meat Sci.* 141:66–80. ISSN: 0309-1740 DOI:10.1016/j.meatsci.2018.03.015.
- Baker, C. J., S. Dalley, X. Yang, P. Kettlewell, and R. Hoxey. 1996. An Investigation of the Aerodynamic and Ventilation Characteristics of Poultry Transport Vehicles: Part 2, Wind Tunnel Experiments. *J. Agric. Eng. Res.* 65:97–113. ISSN 0021-8634 DOI:10.1006/jaer.1996.0083.
- Bass, P. D., T. E. Engle, K. E. Belk, P. L. Chapman, S. L. Archibeque, G. C. Smith, and J. D. Tatum. 2010. Effects of sex and short-term magnesium supplementation on stress responses and longissimus muscle quality characteristics of crossbred cattle. *J. Anim. Sci.* 88:349–360. ISSN 1525-3163 DOI:10.2527/jas.2009-2264.
- Blaine, K. L., and I. V. Nsahlai. 2011. The effects of shade on performance, carcass classes and behaviour of heat-stressed feedlot cattle at the finisher phase. *Trop Anim Health Prod.* 43:609–615. ISSN: 1573-7438 DOI: 10.1007/s11250-010-9740-x.
- Bolado, S. J. L. 2014. Componentes del embarque, transporte y desembarque asociados a contusiones y calidad de la carne en bovinos durante la época cálida. Tesis de Maestría en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California.
- Broom, D. M. 1986. Indicators of poor welfare. *Br. Vet. J.* 142:524–526. ISSN: 0007-1935 DOI: 10.1016/0007-1935(86)90109-0.
- Broom, D. M. 2005. The effects of land transport on animal welfare. *Rev. Sci. Tech.* 24:683-691. ISSN 1608-0637 683-691 DOI: 10.20506/rst.24.2.1605.

- Broom, D. 2008. The welfare of livestock during road transport. In: Long Distance Transport and Welfare of Farm Animals. p. 57–181. DOI: 10.1079/9781845934033.0157 · CABI. ISBN 978-1-84593-403-3.
- Broom, D. M. 2011. A history of animal welfare science. *Acta Biotheor.* 59:121–137. ISSN: 0001-5342 DOI: 10.1007/s10441-011-9123-3.
- Brown-Brandl, T. M., R. A. Eigenberg, J. A. Nienaber, and G. L. Hahn. 2005. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 1: Analyses of Indicators. *Biosyst. Eng.* 90:451–462. ISSN: 1537-5110 DOI:10.1016/j.biosystemseng.2004.12.006.
- Canosa, M. R. y C. M. Acuña. 1996. Comportamiento bovino. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. www.produccion-animal.com.ar
- Carrera C. B., Rindermann S. R. y M. A. Gómez. 2014. La Ganadería Bovina de Carne en México: Un Recuento Necesario Después de la Apertura Comercial. ISBN-13 (15)978-607-520-106-1.
- Chacón, G., S. Garcia-Belenguer, M. Villarroel, and G. A. Maria. 2005. Effect of transport stress on physiological responses of male bovines. *DTW.* 112:465–469. ISSN: 0341-6593. <https://europepmc.org/article/med/16425633>.
- Cernicchiaro, N., B. J. White, D. G. Renter, A. H. Babcock, L. Kelly, and R. Slattery. 2012. Effects of body weight loss during transit from sale barns to commercial feedlots on health and performance in feeder cattle cohorts arriving to feedlots from 2000 to 2008. *J. Anim. Sci.* 90:1940–1947. ISSN 1525-3163 DOI: 10.2527/jas.2011-4600.
- Chupin, J. M., Sarignac, C., Aupiais, A, and J. Lucbert. 2000. Influence d'un jeûne hydrique et alimentaire prolongé sur le comportement, la dénutrition, la déshydratation et le confort des bovins. *Rencontres autour des recherches sur les ruminants.* ISSN: 1279-6530. http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/2000_bien_etre_09_chupin.pdf
- Coffey, K. P., W. K. Coblenz, J. B. Humphry, and F. K. Brazle. 2001. REVIEW: Basic Principles and Economics of Transportation Shrink in Beef Cattle¹. *Prof Ani Sci.* 17:247–255. ISSN: 1080-7446 DOI: 10.15232/S1080-7446(15)31636-3.
- Cooke, R. F., T. A. Guarnieri Filho, B. I. Cappellozza, and D. W. Bohnert. 2013. Rest stops during road transport: impacts on performance and acute-phase protein responses of feeder cattle. *J. Anim. Sci.* 91:5448–5454. ISSN 1525-3163 DOI:10.2527/jas.2013-6357.
- Dalley, S., C. J. Baker, X. Yang, P. Kettlewell, and R. Hoxey. 1996. An Investigation of the Aerodynamic and Ventilation Characteristics of Poultry Transport Vehicles:

Part 3, Internal Flow Field Calculations. *J. Agric. Eng. Res.* 65:115–127. ISSN: 0021-8634 DOI:10.1006/jaer.1996.0084.

Davies, M. H., S. D. Webster, P. J. Hadley, and P. J. Stosic. 2000. Production factors that influence the hygienic condition of finished beef cattle. *Vet. Rec.* 146:179–183. ISSN 2042-7670 DOI:10.1136/vr.146.7.179.

De Witte, K. 2009. Development of the Australian Animal Welfare Standards and Guidelines for the Land Transport of Livestock: Process and philosophical considerations. *J. Vet. Behav.* 4:148–156. ISSN: 1558-7878 DOI:10.1016/j.jveb.2009.04.014.

EFSA 2006. Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) on a request from the Commission related with the risks of poor welfare in intensive calf farming systems. Vol. 4.Num. 6 DOI:10.2903/j.efsa.2006.366.

Eicher, S. D., H. W. Cheng, A. D. Sorrells, and M. M. Schutz. 2006. Short Communication: Behavioral and Physiological Indicators of Sensitivity or Chronic Pain Following Tail Docking¹. *J. Dairy Sci.* 89:3047–3051. ISSN: 0022-0302 DOI:10.3168/jds.S0022-0302 (06)72578-4.

Eldridge, G. A., C. G. Winfield, and D. J. Cahill. 1988. Responses of cattle to different space allowances, pen sizes and road conditions during transport. *Aust. J. Exp. Agric.* 28:155–159. ISSN: 0816-1089 DOI: 10.1071/ea9880155.

Eldridge, G. A., and C. G. Winfield. 1988. The behaviour and bruising of cattle during transport at different space allowances. *Aust. J. Exp. Agric.* 28:695–698. ISSN: 0816-1089 DOI: 10.1071/ea9880695.

FAO 2002. Transporte de ganado. www.fao.org (Consulta Septiembre 2019).

Farm Animal Welfare Council (FAWC). 1991. Report on the European Commission Proposals on the Transport of Animals. London: MAFF Publications, United Kingdom.

Ferguson, D. M., H. L. Bruce, J. M. Thompson, A. F. Egan, D. Perry, and W. R. Shorthose. 2001. Factors affecting beef palatability — farmgate to chilled carcass. *Aust. J. Exp. Agric.* 41:879–891. ISSN: 0816-1089 DOI: 10.1071/ea00022.

Ferguson, D. M., and R. D. Warner. 2008. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Sc.* 80:12–19. ISSN: 0309-1740 DOI:10.1016/j.meatsci.2008.05.004.

Ferreira, G. B., C. L. Andrade, F. Costa, M. Q. Freitas, T. J. P. Silva, and I. F. Santos. 2006. Effects of transport time and rest period on the quality of electrically

- stimulated male cattle carcasses. *Meat Sci.* 74:459–466. ISSN: 0309-1740 DOI:10.1016/j.meatsci.2006.04.006.
- Fisher, A., G. Colditz, C. Lee, and D. Ferguson. 2009. The influence of land transport on animal welfare in extensive farming systems. *J. Vet. Behav.* 4:157–162. ISSN: 1558-7878 DOI:10.1016/j.jveb.2009.03.002.
- Gallo, C., P. Warriss, T. Knowles, R. Negrón, A. Valdés, and I. Mencarini. 2005. Densidades de carga utilizadas para el transporte de bovinos destinados a matadero en Chile. *Arch. Med. Vet.* 37:155–159. ISSN 0301-732X DOI 10.4067/S0301-732X2005000200010.
- Gallo, C. y Tadich T. 2005. Transporte terrestre de bovinos: efectos sobre el bienestar animal y calidad de la carne. *Agrociencia* 21: 37-49 ISSN 2521-9766.
- Gallo, C., Tadich T. 2008. Long distance transport and welfare of farm animals. Wallingford, UK: CABI Publishing. ISBN 978-1-84593-403-3.
- Gaughan, J. B., S. M. Holt, G. L. Hahn, T. L. Mader, and R. Eigenberg. 2000. Respiration rate - is it a good measure of heat stress in cattle? *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 13:329–332. ISBN: 1011-2367.
- Gaughan, J., T. Mader, S. M. Holt, G. Hahn, and B. Young. 2002. Review of current assessment of cattle and microclimate during periods of high heat load. *Anim. Prod. Aust.* 24, 77-80 ISSN: 1836-5787.
- Ghezzi D., Acerbi R., Ballerio M., Rebagliatti E., Díaz D. 2008. Evaluación de las prácticas relacionadas con el transporte terrestre de hacienda que causan perjuicios económicos en la cadena de ganados y carnes. IPCVA, Cuadernillo Técnico Número 5. Buenos Aires, Argentina. <http://www.ipcva.com.ar/files/ct5.pdf>
- González, L., K. Schwartzkopf-Genswein, M. Bryan, R. Silasi, and F. Brown. 2012. Factors affecting body weight loss during commercial long haul transport of cattle in North America. *J. Anim. Sci.* 90:3630–9. ISSN 1525-3163 DOI: 10.2527/jas.2011-4786.
- González, L. A., K. S. Schwartzkopf-Genswein, M. Bryan, R. Silasi, and F. Brown. 2012. Relationships between transport conditions and welfare outcomes during commercial long haul transport of cattle in North America. *J. Anim. Sci.* 90:3640–3651. ISSN 1525-3163 DOI: 10.2527/jas.2011-4796.
- Grandin, T. 1993. Behavioral agitation during handling of cattle is persistent over time. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 36:1–9. ISSN: 0168-1591 DOI: 10.1016/0168-1591(93)90094-6.

- Grandin, T. 2000. Effect of animal welfare audits of slaughter plants by a major fast food company on cattle handling and stunning practices. *J. Am. Vet. Med. A.* 216:848–851. ISSN: 00031488 DOI: 10.2460/javma.2000.216.848.
- Grandin, T. 2001. Perspectives on transportation issues: The importance of having physically fit cattle and pigs. *J. Anim. Sci.* 79. ISSN 1525-3163 DOI:10.2527/jas2001.79E-SupplE201x.
- Grandin, T. 2003. Transferring results of behavioral research to industry to improve animal welfare on the farm, ranch and the slaughter plant. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 81:215–228. ISSN: 0168-1591 DOI: 10.1016/S0168-1591(02)00282-4.
- Grandin, T. 2006. Progress and challenges in animal handling and slaughter in the U.S. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 100:129–139. ISSN: 0168-1591 DOI:10.1016/j.applanim.2006.04.016.
- Grandin, T. 2007. Handling facilities and restraint of range cattle. In: *Livestock Handling and Transport*. Tercera Edición. CABI. ISBN-13: 978-1780643212.
- Grandin T., Gallo C. 2007. *Livestock Handling and Transport*. Tercera Edición. CABI. ISBN-13: 978-1780643212.
- Grandin T. 2008. Cattle transport guidelines for meat packers, feedlots, and ranches. Department of Animal Science, Colorado State University. <https://www.grandin.com/meat.association.institute.html>
- Gregory, N. G. 2008. Animal welfare at markets and during transport and slaughter. *Meat Sci.* 80:2–11. ISSN: 0309-1740 DOI:10.1016/j.meatsci.2008.05.019.
- Gupta, S., B. Earley, and M. A. Crowe. 2007. Effect of 12-hour road transportation on physiological, immunological and haematological parameters in bulls housed at different space allowances. *Vet. J.* 173:605–616. ISSN: 1090-0233 DOI: 10.1016/j.tvjl.2006.03.002.
- Habeeb, A. A. Marai, I. F. M., & Kamal T. H. 1992. Heat Stress. In C. Phillips & D. Piggens (Eds.), *Farm Animals and the Environment*. CABI Int. ISBN 0851987885.
- Hahn, G. L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Anim. Sci.* 2:10–20. ISSN 1525-3163 DOI:10.2527/1997.77suppl_210x.
- Herskin, M. S., L. Munksgaard, and J. Ladewig. 2004. Effects of acute stressors on nociception, adrenocortical responses and behavior of dairy cows. *Physiol. Behav.* 83:411–420. ISSN: 0031-9384 DOI: 10.1016/j.physbeh.2004.08.027.

- Hughes, B. O. 1976. Preference decisions of domestic hens for wire or litter floors. *Appl. Anim. Ethol.* 2:155–165. ISSN: 1878-0741 DOI: 10.1016/0304-3762(76)90043-2.
- Hultgren, J. D. 2003 Cattle welfare aspects of animal hygiene. In: Proceedings, XI International Congress ISAH pp. 23-27. www.isah-soc.org
- Jensen, M., and R. Kyhn. 2000. Play behaviour in group-housed dairy calves, the effect of space allowance. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 67:35–46. ISSN: 0168-1591 DOI: 10.1016/S0168-1591(99)00113-6.
- Jerlström, J. 2013. Animal welfare in Ethiopia: Transport to and handling of cattle at markets in Addis Abeba and Ambo. Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Jones, S. D., A. L. Schaefer, W. M. Robertson, and B. C. Vincent. 1990. The effects of withholding feed and water on carcass shrinkage and meat quality in beef cattle. *Meat Sci.* 28:131–139. ISSN: 0309-1740 DOI: 10.1016/0309-1740(90)90037-7.
- Jones, S. D. M., and A. K. W. Tong. 1989. Factors Influencing the Commercial Incidence of Dark Cutting Beef. *Can. J. Anim. Sci.* 69:649–654. ISSN: 0008-3984 DOI: 10.4141/cjas89-078.
- Jury R. 2013. Effect of trailer stocking density on cattle behavior during truck transport. MS Thesis. Mississippi State Univ.
- Knowles, T. G., P. D. Warriss, S. N. Brown, S. C. Kestin, J. E. Edwards, A. M. Perry, P. E. Watkins, and A. J. Phillips. 1996. Effects of feeding, watering and resting intervals on lambs transported by road and ferry to France. *Vet. Rec.* 139:335–339. ISSN 2042-7670 DOI: 10.1136/vr.139.14.335.
- Knowles, T. G. 1999. A review of the road transport of cattle. *Vet. Rec.* 144:197–201. ISSN 2042-7670 DOI:10.1136/vr.144.8.197.
- Lanier, J. L. 2008. El estrés y el miedo en procedimientos estándares agropecuarios. *REDVET.* 9:1-13. ISSN: 1695-7504.
- Lapworth, J. W. 2008. Engineering and design of vehicles for long distance road transport of livestock: the example of cattle transport in northern Australia. *Vet. Ital.* 44:215–222. ISSN: 1828-1427.
- Mader T., Griffin D., Hahn L. 2007. Managing feedlot heat stress. Institute of Agriculture and Natural Resources. University of Nebraska-Lincoln. <http://www.thecattlesite.com/articles/1062/managing-feedlot-heat-stress/>

- Manteca X. 2008. Physiology and disease. In: Long distance transport and welfare of farm animals. Segunda Edición. CAB International. Oxfordshire. ISBN-13: 978-1845934033.
- Manteuffel, G., B. Puppe, and P. C. Schön. 2004. Vocalization of farm animals as a measure of welfare. *Appl. Anim. Behav. Sci* 88:163–182. ISSN: 0168-1591 DOI:10.1016/j.applanim.2004.02.012.
- María, G. A., M. Villarroel, C. Sañudo, J. L. Olleta, and G. Gebresenbet. 2003. Effect of transport time and ageing on aspects of beef quality. *Meat Sci.* 65:1335–1340. ISSN: 0309-1740 DOI: 10.1016/S0309-1740(03)00054-8.
- María, G. A., M. Villarroel, G. Chacón, and G. Gebresenbet. 2004. Scoring system for evaluating the stress to cattle of commercial loading and unloading. *Vet. Rec.* 154:818–821. ISSN 2042-7670 DOI:10.1136/vr.154.26.818.
- María A. 2008. Meat quality. En: Long distance transport and welfare of farm animals. Segunda 2008. CAB International. Oxfordshire. ISBN-13: 978-1845934033.
- Mason G., Latham N. 2004. Can't stop, won't stop: is stereotypy a reliable animal welfare indicator? *Anim. Welfare*, p.57-69 ISSN 0962-7286.
- Merck. 2008. Merck Veterinary Manual. 9th ed. Merck Co. Inc., Whitehouse Station, NJ. ISBN-13: 978-0911910506.
- Minitab INC. 2000. MINITAB statistical software. Minitab Release. Ver. 13.
- Minka, N. S., and J. O. Ayo. 2007. Effects of loading behaviour and road transport stress on traumatic injuries in cattle transported by road during the hot-dry season. *Livest Sci.* 107:91–95. ISSN: 1871-1413 DOI:10.1016/j.livsci.2006.10.013.
- Miranda-de la Lama, G. C., M. Villarroel, G. Liste, J. Escós, and G. A. María. 2010. Critical points in the pre-slaughter logistic chain of lambs in Spain that may compromise the animal's welfare. *Small Ruminant Res.* 90:174–178. ISSN: 0921-4488 DOI:10.1016/j.smallrumres.2010.02.011.
- Miranda-de la Lama, G. C., I. G. Leyva, A. Barreras-Serrano, C. Pérez-Linares, E. Sánchez-López, G. A. María, and F. Figueroa-Saavedra. 2012. Assessment of cattle welfare at a commercial slaughter plant in the northwest of Mexico. *Trop Anim Health Prod.* 44:497–504. ISSN: 1573-7438 DOI: 10.1007/s11250-011-9925-y.
- 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. *Vet. Méx.* 44:31–56. ISSN 0301-5092.

- Mitchell, M. A., and P. J. Kettlewell. 1998. Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solutions not problems! *Poult. Sci.* 77:1803–1814. ISSN: 0032-5791 DOI:10.1093/ps/77.12.1803.
- Mitchell, M. A., and P. J. Kettlewell. 2008. Engineering and design of vehicles for long distance road transport of livestock (ruminants, pigs and poultry). *Vet. Ital.* 44:201–213. ISSN 1828-1427 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20405426/>
- Mormède, P., S. Andanson, B. Aupérin, B. Beerda, D. Guémené, J. Malmkvist, X. Manteca, G. Manteuffel, P. Prunet, C. G. van Reenen, S. Richard, and I. Veissier. 2007. Exploration of the hypothalamic–pituitary–adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiol. Behav.* 92:317–339. ISSN: 0031-9384 DOI:10.1016/j.physbeh.2006.12.003.
- Mounier, L., I. Veissier, and A. Boissy. 2005. Behavior, physiology, and performance of bulls mixed at the onset of finishing to form uniform body weight groups. *J. Anim. Sci.* 83:1696–704. ISSN 1525-3163 DOI:10.2527/2005.8371696x.
- Moyano Estrada, E., F. Castro, and J. Prieto Gómez. 2015. Bases sociales y políticas del bienestar animal en la Unión Europea. ISSN: 1577-9491.
- Nienaber J., Hahn G., Ehrlmark A. 1993. Heat and Moisture Production and Dissipation in Beef Cattle. Roman L. Huskra US Meat Animal Research Center. Paper 141. Accessed Nov. 20, 2016. <https://digitalcommons.unl.edu/hruskareports/141/>
- Nielsen, B. L., L. Dybkjær, and M. S. Herskin. 2011. Road transport of farm animals: effects of journey duration on animal welfare. *Animal.* 5:415–427. ISSN: 1751-7311 DOI: 10.1017/S1751731110001989.
- NOM-051-ZOO-1995 (1995). Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995, Sobre el trato humanitario en la movilización de animales. (Consulta Junio 2019). <http://publico.senasica.gob.mx>
- OIE Organización Mundial de Sanidad Animal. 2011. Código Sanitario para los Animales Terrestres. <https://www.oie.int/doc/ged/D6435.PDF>
- OIE Organización Mundial de Sanidad Animal. 2017. Transporte de animales por vía terrestre. www.oie.int (Consulta Enero 2019).
- OIE Organización Mundial de Sanidad Animal. 2019. Introducción a las recomendaciones para el bienestar de los animales. www.oie.int (Consulta Agosto 2019).

- Pilcher, C. M., M. Ellis, A. Rojo-Gómez, S. E. Curtis, B. F. Wolter, C. M. Peterson, B. A. Peterson, M. J. Ritter, and J. Brinkmann. 2011. Effects of floor space during transport and journey time on indicators of stress and transport losses of market-weight pigs. *J. Anim. Sci.* 89:3809–3818. ISSN 1525-3163 DOI: 10.2527/jas.2010-3143.
- Randall, J. M. 1993. Environmental parameters necessary to define comfort for pigs, cattle and sheep in livestock transporters. *Anim. Sci.* 57:299–307. ISSN: 1748-748X DOI: 10.1017/S0003356100006929.
- Robinson, N. E. 2013. Thermoregulation. In: Cunninham's Textbook of Veterinary Physiology. 5 th Edition Elsevier. pp. 559-568. ISBN: 9788491136293.
- Romero M., Velásquez U., Valencia S. 2010. El transporte terrestre de bovinos y sus implicaciones en el bienestar animal: Revisión. *Biosalud* 9: 67-83. ISSN: 1657-9550.
- Romero, M. H., L. F. Uribe-Velásquez, J. A. Sánchez, and G. C. Miranda-de la Lama. 2013. Risk factors influencing bruising and high muscle pH in Colombian cattle carcasses due to transport and pre-slaughter operations. *Meat Sci.* 95:256–263. ISSN: 0309-1740 DOI:10.1016/j.meatsci.2013.05.014.
- Ros, P. J, M. 2008. Bienestar animal durante el transporte. Consejería de Agricultura y Agua. www.carm.es.
- Schaefer, A. L., S. D. M. Jones, A. K. W. Tong, B. A. Young, N. L. Murray, and P. Lepage. 1992. Effects of post-transport electrolyte supplementation on tissue electrolytes, hematology, urine osmolality and weight loss in beef bulls. *Livest. Prod. Sci.* 30:333–346. ISSN: 1871-1413 DOI: 10.1016/0301-6226(92)90042-3.
- Scharf, B., J. A. Carroll, D. G. Riley, C. C. Chase, S. W. Coleman, D. H. Keisler, R. L. Weaber, and D. E. Spiers. 2010. Evaluation of physiological and blood serum differences in heat-tolerant (Romosinuano) and heat-susceptible (Angus) *Bos taurus* cattle during controlled heat challenge. *J. Anim. Sci.* 88:2321–2336. ISSN 1525-3163 DOI: 10.2527/jas.2009-2551.
- Schrama, J. W., J. P. Roefs, J. Gorssen, M. J. Heetkamp, and M. W. Verstegen. 1995. Alteration of heat production in young calves in relation to posture. *J. Anim. Sci.* 73:2254–2262. ISSN: 15944077 DOI: 10.2527/1995.7382254x.
- Schwartzkopf-Genswein S., Haley B., Church S., Woods J., O'Byrne T. 2008. An education and training program for livestock transporters in Canada. *Vet. Ital.* 44: 271–281. ISSN: 1828-1427.
- Schwartzkopf-Genswein, K. S., L. Faucitano, S. Dadgar, P. Shand, L. A. González, and T. G. Crowe. 2012. Road transport of cattle, swine and poultry in North America

and its impact on animal welfare, carcass and meat quality: a review. *Meat Sci.* 92:227–243. ISSN: 0309-1740 DOI:10.1016/j.meatsci.2012.04.010.

SENASICA. Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de carne de ganado bovino en confinamiento. Edición 2014. <http://publico.senasica.gob.mx/?doc=21454>

Self, H. L., and N. Gay. 1972. Shrink during Shipment of Feeder Cattle. *J. Anim Sci.* 35:489–494. ISSN: 1871-1413 DOI:10.2527/jas1972.352489x.

Silva, J. A., L. Patarata, and C. Martins. 1999. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during ageing. *Meat Sci.* 52:453–459. ISSN: 0309-1740 DOI: 10.1016/s0309-1740(99)00029-7.

Stermer, R. A., T. H. Camp, and D. G. Stevens. 1982. Feeder Cattle Stress During Handling and Transportation. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 25, pp. 246–249. ISSN 0001-2351 DOI:10.13031/2013.33513.

Swanson, J. C., and J. Morrow-Tesch. 2001. Cattle transport: Historical, research, and future perspectives. *J. Anim Sci.* 79:E102–E109. ISSN 1525-3163 DOI: 10.2527/jas2001.79E-SupplE102x.

Tadich, N., C. Gallo, H. Bustamante, M. Schwerter, and G. van Schaik. 2005. Effects of transport and lairage time on some blood constituents of Friesian-cross steers in Chile. *Livest. Prod. Sci.* 93:223–233. ISSN: 1871-1413 DOI:10.1016/j.livprodsci.2004.10.004.

Tarrant, P. V. 1990. Transportation of cattle by road. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 28:153–170. ISSN: 0168-1591 DOI: 10.1016/0168-1591(90)90051-E.

Tarrant, P. V., F. J. Kenny, and D. Harrington. 1988. The effect of stocking density during 4 hour transport to slaughter on behaviour, blood constituents and carcass bruising in Friesian steers. *Meat Sci.* 24:209–222. ISSN: 0309-1740 DOI: 10.1016/0309-1740(88)90079-4.

Tarrant, P. V., F. J. Kenny, D. Harrington, and M. Murphy. 1992. Long distance transportation of steers to slaughter: effect of stocking density on physiology, behaviour and carcass quality. *Livest. Prod. Sci.* 30:223–238. DOI: 10.1016/S0301-6226(06)80012-6.

Tarrant V., Grandin T. 1993. Cattle transport. En: *Livestock handling and transport*, ed. Por T. Grandin. CAB International, pp.109-126. ISBN 0851988555.

Taylor, L. F., E. D. Janzen, J. A. Ellis, J. V. van den Hurk, and P. Ward. 1997. Performance, survival, necropsy, and virological findings from calves persistently infected with the bovine viral diarrhoea virus originating from a single Saskatchewan beef herd. *Can. Vet. J.* 38:29–37. ISSN: 0008-5286.

- Terlouw, C. 2005. Stress reactions at slaughter and meat quality in pigs: genetic background and prior experience: A brief review of recent findings. *Livest. Prod. Sci.* 94:125–135. ISSN: 1871-1413 DOI:10.1016/j.livprodsci.2004.11.032.
- Toohey, E. S., and D. L. Hopkins. 2006. Effects of lairage time and electrical stimulation on sheep meat quality. *Aust. J. Exp. Agric.* 46:863–867. ISSN: 0816-1089 DOI: 10.1071/EA05312.
- Trevisi, E., and G. Bertoni. 2009. Some physiological and biochemical methods for acute and chronic stress evaluation in dairy cows. *Ital. J. Anim. Sci.* 8:265–286. ISSN: 15944077 DOI:10.4081/ijas.2009.s1.265.
- Trigo J. 1987. El complejo respiratorio infeccioso de los bovinos y ovinos. *Ciencia Veterinaria*, 4, pp. 1-36. ISSN 1853-8495 <http://www.fmvz.unam.mx>
- Tucker, C. B., J. F. Coetzee, J. M. Stookey, D. U. Thomson, T. Grandin, and K. S. Schwartzkopf-Genswein. 2015. Beef cattle welfare in the USA: identification of priorities for future research. *Anim. Health Res. Rev.* 16:107–124. ISSN: 1475-2654 DOI: 10.1017/S1466252315000171.
- Van Reenen, C. G., B. Engel, L. F. M. Ruis-Heutinck, J. T. N. Van der Werf, W. G. Buist, R. B. Jones, and H. J. Blokhuis. 2004. Behavioural reactivity of heifer calves in potentially alarming test situations: a multivariate and correlational analysis. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 85:11–30. ISSN: 0168-1591 DOI: 10.1016/j.applanim.2003.09.007.
- Villanueva V., Aluja S. 1998. Estado actual de algunas plantas de sacrificio de animales para consumo humano en México. *Vet. Méx.* 29, pp. 273-278. ISSN 0301-5092.
- Voisinet, B. D., T. Grandin, J. D. Tatum, S. F. O'Connor, and J. J. Struthers. 1997. Feedlot cattle with calm temperaments have higher average daily gains than cattle with excitable temperaments. *J. Anim. Sci.* 75:892–896. ISSN 1525-3163 DOI:10.2527/1997.754892x.
- Warriss, P. D. 1990. The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 28:171–186. ISSN: 0168-1591 DOI: 10.1016/0168-1591(90)90052-F.
- Warriss, P. D. 2000. Meat Science: An Introductory Text. 2nd Edition. CAB International. ISBN: 978-1-84593-593-1.
- Welfare Quality® Assesment protocol cattle. 2009. 6th Framework Research. European Commission.

White, B. J., D. Blasi, L. C. Vogel, and M. Epp. 2009. Associations of beef calf wellness and body weight gain with internal location in a truck during transportation. *J. Anim. Sci.* 87:4143–4150. ISSN 1525-3163 DOI:10.2527/jas.2009-2069.

Whittier C. 1993. Hot weather livestock stress. Univ. Missouri Ext. <https://digitalcommons.unl.edu/extensionhist/1658/>

IX. ANEXOS

Artículo publicado en revista “Agroproductividad”

AGRO
PRODUCTIVIDAD

AAP

Micro minerales en hígado de
***Ovis canadensis mexicana* Merriam,**
y *Odocoileus hemionus eremicus* Mearns
en Sonora, México

pág. 59

Año 13 • Volumen 13 • Número 6 • junio, 2020

La avifauna de la región de las Altas Montañas de Veracruz, México	3
Diversidad de aves de un paisaje semiárido del Altiplano Mexicano	27
Metodologías para estimar calidad de hábitat de fauna silvestre: revisión y ejemplos	37
Avances científicos del búho manchado mexicano (Sistris occidentalis lucida Nelson)	43
Composición de la dieta del venado cola blanca (<i>Odocoileus virginianus leucurus</i> Mearns) identificada en contenido ruminal en Coahuila, México	49
Impacto económico del turismo cinegético en unidades de manejo (UMA) en el Área Natural Protegida Sierra Fria, Aguascalientes, México	55

y más artículos de interés...


Colegio de Postgrado

Effect of transport on welfare indicators in beef cattle; an analysis

Efecto del transporte en los indicadores de bienestar en bovinos productores de carne; un análisis

Calderón-Alonso Alma, C., Romo-Valdez, Ana M., Romo-Rubio, Javier, A., Ríos-Rincón, Francisco, G.*

Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Culiacán, Sinaloa, México, C.P. 80246.

*Autor para correspondencia: fgrios@uas.edu.mx

ABSTRACT

Objective: review different factors related to cattle transport associated with welfare indicators.

Approach: During transport, cattle is subject to stressors. This document reviews the effects of transport on the welfare indicators of cattle and the effects of temperature, load density, duration of travel, resting frequency, water and food provision among others.

Results: The transport of cattle, contributes to the effective supply chain for the livestock industry; by reviewing the various aspects that make up the logistics of transporting livestock to reception center and processing plants, the improvement in welfare indicators will be the result of having implemented procedures in accordance with livestock physiology, environmental conditions, and type of vehicle, among others no less important.

Implications: The implementation and supervision of livestock transport procedures imply a reduction of mortality as well of injuries and therefore favourably results in the welfare of the cattle and finally in the economy of the producers.

Conclusions: Providing welfare conditions reduces the risks of morbidity and mortality, as well as weight loss in the animal during transport; in addition to avoiding bruises and wounds, which together with the physiological changes caused by stress, reduce the quality of the carcass and meat.

Keywords: bovine, welfare indicators, transport, welfare, cattle.

RESUMEN

Objetivo: revisar distintos factores relacionados con el transporte de ganado bovino asociados a los indicadores de bienestar.

Aproximación: durante el transporte los bovinos son sometidos a factores desencadenantes de estrés. En este documento se revisan los efectos del transporte en los indicadores de bienestar del ganado bovino y los efectos de la temperatura, la densidad de carga, duración del viaje, frecuencia de descanso, agua y alimento entre otros.

Resultados: el transporte de ganado bovino por vía terrestre contribuye a que la cadena de suministros funcione de manera efectiva; al revisar los diversos aspectos que integran la logística del transporte del ganado hacia los centros de recepción y plantas de procesamiento, la mejora de los indicadores de bienestar serán el resultado de haber implementado procedimientos acordes con la fisiología del ganado, condiciones ambientales, tipo de vehículo, entre otras no menos importantes.



Implicaciones: la implementación y supervisión de procedimientos de transporte de ganado implica menor mortalidad, reducción de lesiones y por lo tanto redundan favorablemente en el bienestar de los bovinos y en la economía de los productores.

Conclusiones: proveer condiciones de bienestar reduce los riesgos de morbilidad y mortalidad, así como de pérdida de peso en el animal durante el transporte; además de evitar contusiones y heridas, que, junto con los cambios fisiológicos provocados por el estrés, reducen la calidad de la canal y de la carne.

Palabras clave: bienestar; transporte; indicadores; bovino.

INTRODUCCIÓN

La producción de ganado para carne se desarrolla en diferentes contextos agroclimáticos, tecnológicos, de sistemas de manejo, tamaño y finalidad de la unidad de producción, y comprende principalmente la producción de ganado para abasto, la cría de becerros para la exportación y pie de cría (Schwentenius *et al.*, 2014). En México, el sistema intensivo de producción de carne bovina depende del suministro de becerros para su funcionamiento integral, por lo regular, estos proceden de diversas regiones agroclimáticas del país, y deben ser transportados de forma masiva a los corrales de engorda. La logística y el transporte de bovinos tiene una importancia vital para el bienestar animal y la eficiencia productiva; en este sentido, la globalización del comercio, asociado a una creciente demanda de proteína de origen animal ha dado lugar a un considerable aumento en el número de animales que son transportados con diversos fines en todo el mundo, lo que ha agudizado problemas de bienestar en los diversos puntos de la cadena de suministros (Miranda-de la Lama, 2013). Existen una variedad de factores que desencadenan reacciones inevitables en el bovino que se traducen en estrés psicológico, desafíos fisiológicos, fatiga, riesgo de lesiones y muerte (Fisher *et al.*, 2009). Con base en lo anterior, el objetivo del presente análisis, fue revisar distintos factores relacionados con el transporte de ganado bovino asociados a los indicadores de bienestar, por ello, en este documento se revisan los efectos del transporte en los indicadores de bienestar del ganado bovino y los efectos de la tempe-

ratura, la densidad de carga, duración del viaje, provisión de descanso, agua y alimento entre otros.

Transporte de animales por vía terrestre

Las preocupaciones referentes al bienestar animal durante el transporte incluyen factores, tales como el potencial de experimentar estrés, lesiones, cansancio, mortalidad y morbilidad, debidas al acceso limitado de agua y alimento, exposición a condiciones climáticas cambiantes, exposición a ruido, vibraciones, agentes patógenos, manejo deficiente y mezcla con animales no familiares (Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2012).

Características de los vehículos

Los vehículos utilizados para el transporte de ganado deben ser diseñados especialmente para transportar bovinos en condiciones micro ambientales aceptables, salvaguardando su integridad física (Miranda-de la Lama, 2013). Los pisos deben ser antideslizantes para reducir el riesgo de caídas; se sugiere que el material sea metálico, para facilitar las operaciones de limpieza y descontaminación (Lapworth, 2008). Otra característica importante es que el piso tenga ligera inclinación, para ayudar al equilibrio de los animales durante el viaje. En vehículos o contenedores con techo, el espacio mínimo entre el piso y techo, debe ser aproximadamente un tercio más alto que la altura promedio a la cruz de los bovinos del embarque, por ejemplo, bovinos con altura promedio a la cruz de 1.50 m, el espacio interior del piso al techo será de 2.0 m (NOM-051-ZOO-1995).

Consideraciones previas a la carga

Una condición indispensable para el transporte, es conformar lotes de bovinos que sean uniformes en tamaño y sexo; mezclar bovinos grandes con chicos genera el riesgo de que estos últimos resulten aplastados o pisoteados (Alende, 2009). Tampoco es recomendable la mezcla de bovinos que no estén familiarizados entre sí, ya que esto conduce a un aumento en las peleas y montas entre ellos (Manteca, 2009). La presencia de bovinos astados en el rebaño aumenta la incidencia de lesiones superficiales y profundas en las reses (Alende, 2009; Ghezzi *et al.*, 2008). La carga de los bovinos al camión es un evento estresante en sí mismo. Se ha registrado que la frecuencia cardíaca de los bovinos aumenta considerablemente cuando tienen que subir una rampa (Chacón *et al.*, 2005), indicando nerviosismo y agitación. Las rampas de carga y descarga deben tener una pendiente suave, nunca mayor a 20° (Grandin, 2000; María, 2008), ya que pendientes mayores generan temor,

retrasan el trabajo y generan amontonamientos de bovinos en la entrada del embarcadero. En opinión de algunos autores, se ha sugerido que el estrés experimentado durante el transporte es el resultado de un mal manejo durante la carga y descarga en lugar (Camp et al., 1981; Cole et al., 1988).

Densidad de carga durante el viaje

Se refiere al espacio que los bovinos tienen disponible dentro del compartimento de una jaula transportadora, y es expresado en razón de kg m^{-2} o m^2 bovino⁻¹ (Schwartzkopf-Genswein et al., 2008). Petherick y Phillips (2009) y González et al. (2012) concluyeron que un coeficiente alométrico (valor de k) calculado como m^2 por bovino/peso corporal^{0.6667}, era el mejor indicador del espacio disponible del animal, porque no requiere considerar el peso del bovino para hacer comparaciones entre estudios. Como se ha mencionado anteriormente, factores como: presencia de cuernos, edad y condición del bovino, distancia de transporte, clima y tamaño del compartimento del tráiler deben ser considerados a la hora de cargar ganado (Schwartzkopf-Genswein et al., 2008; Swanson y Morrow-Tesch, 2001). La alta densidad no permite a los bovinos viajar cómodamente, debido al espacio reducido que les impide situarse en alguna área cómoda para mantener el balance, lo cual es más grave en viajes largos (Gallo y Tadich, 2005). Se ha indicado que los niveles sanguíneos de creatina quinasa aumentan cuando la densidad de carga es alta, lo que indica alto grado de daño muscular (Tarrant et al., 1988). A menor espacio asignado por bovino, es mayor la incidencia de contusiones, caídas y lesiones (Ferguson y Warner, 2008; Gallo y Tadich, 2005). Cuando la densidad es baja, los bovinos pueden recostarse y moverse; sin embargo, si las técnicas de conducción y la carretera son malas, es probable que el conductor pierda el balance del vehículo (Eldridge y Winfield, 1988) y se afecte este indicador. Romero et al. (2010) estableció las siguientes densidades de carga: Espacio/animal (m^2): terneros (50 y 70 kg de peso vivo; 0.23 y 0.28 m^2 , respectivamente), y en bovinos adultos (300, 500, 600 y 700 kg; 0.84, 1.27, 1.46 y 1.75 m^2 , respectivamente).

Duración del viaje

Es definido como el tiempo en el que están confinados los bovinos en un vehículo de transporte (Tucker et al., 2015). La duración del viaje es uno de los tópicos más discutidos en términos de bienestar animal debido a que se asume que las largas distancias afectan el estatus fisiológico y conductual de los bovinos (Miranda-de

la Lama, 2013). A medida que la distancia aumenta, se eleva el consumo de glucógeno y es mayor el riesgo de reses caídas durante el viaje (Broom, 2008). Además, viajes más largos suponen un tiempo más prolongado de privación de agua, generando condiciones de mayor deshidratación y hemoconcentración, sobre todo en la estación calurosa (Tadich et al., 2005). González et al. (2012) observaron que viajes con duración mayor a 30 h aumentan la probabilidad de que el ganado se vuelva no ambulatorio, cojo o muera durante el viaje; también observaron, que la reducción de peso en el ganado aumenta rápidamente en condiciones climáticas altas, por lo anterior concluyen que viajes con duración mayor a treinta horas deben evitarse durante estas condiciones climáticas particulares.

Condiciones ambientales

La temperatura termo neutral de los bovinos productores de carne puede ser muy variada; en bovinos jóvenes la zona de confort oscila de 7 a 26 °C, mientras que en vacas maduras y bovinos pesados el rango es de -17 °C en invierno y 23 °C durante el verano, y se relaciona estrechamente con la condición corporal, nutrición, y estado de salud, que presenten los bovinos; y llegan a tener dificultad para tolerar temperaturas superiores a los 27 °C, especialmente cuando los valores de humedad relativa son mayores a 40% (Mader et al., 2007). La temperatura de la jaula transportadora ha sido identificada como uno de los factores más estresantes durante el transporte de animales (Mitchell y Kettlewell, 1998), toda vez que la temperatura corporal del ganado bovino adulto sano fluctúa entre 37.8 y 40 °C; en consecuencia, el bovino manifiesta incapacidad para disipar el calor metabólico, tanto por efecto de la temperatura ambiental extrema, como por el hacinamiento de los bovinos en el camión. De igual forma, condiciones de alta humedad ambiental contribuyen al incremento del estrés calórico (Mitchell y Kettlewell, 1998). Estimaciones teóricas realizadas por Kettlewell et al. (2001), indican que en un remolque típico (13 x 6 m = 78 m^2), con densidades recomendadas, con peso aproximado de 500 kg para bovinos, el calor producido en el interior sería de 13400 watts, por lo cual un sistema de ventilación es una necesidad operativa vital (Miranda-de la Lama, 2013).

Tipo de ventilación

Para mitigar el exceso de temperatura y humedad relativa, las jaulas especializadas para transporte de ganado bovino, disponen de dos sistemas de ventilación: a) la ventilación pasiva (aberturas) y b) la activa (ventiladores).

La pasiva está dada por la cantidad de aberturas a lo largo del chasis, aunque en algunos modelos hay dispositivos para bloquear estas aberturas (Dalley *et al.*, 1996).

Provisión de descanso, agua y alimento

El estrés producido durante un largo viaje puede ser disminuido proporcionando períodos de descanso, y proveyendo agua y alimento durante el transporte (Cooke *et al.*, 2013). Dichos autores observaron que el ganado que había sido transportado continuamente el peso disminuyó en 10.17%, mientras que el ganado que fue proveído de dos sesiones de descanso (dos horas sesión) durante un viaje de 24 h, registraron disminución del 5.82%; administrando agua y alimento *ad libitum*.

Pérdidas de peso

La pérdida de peso vivo durante el transporte, que ocurre principalmente en las primeras 15 h, está dada básicamente por disminución de contenido intestinal y dependerá del tipo de alimentación y del tiempo de viaje (Knowles, 1998). Tiempo de transporte de 2 a 48 h han dado como resultado reducciones de entre 0 a 8% del peso corporal (Lofgreen *et al.*, 1975).

Morbilidad y mortalidad durante el transporte

Las pérdidas más comunes pueden dividirse en tres categorías: bovinos heridos, enfermos, y muertos en el viaje (Pilcher *et al.*, 2011). La mortalidad durante el transporte es un indicador indiscutible de bienestar, porque es esperado que cada animal que murió durante el transporte haya experimentado un alto grado de sufrimiento antes de su muerte (Nielsen *et al.*, 2011); y entre las causas principales están, la sobrecarga,

pisoteo por caídas, asfixia por malas condiciones de ventilación, deshidratación y fiebre de embarque (Gallo y Tadich, 2005). Se ha indicado, que una de las afecciones relacionadas con el transporte son las enfermedades respiratorias bovinas, como el Complejo Respiratorio Bovino (Broom, 2005).

CONCLUSIONES

Aún en las mejores condiciones, el transporte de animales es el episodio más estresante en la cadena de producción. Pocos estudios han evaluado el efecto de la adición de tiempos de descanso para proveer alimento y agua al ganado, para reducir el impacto que tiene el transporte en indicadores conductuales y productivos del ganado. Proveer condiciones de bienestar reduce los riesgos de morbilidad y mortalidad y pérdida de peso en el animal durante el transporte; además de evitar contusiones y heridas, que junto con los cambios fisiológicos provocados por el estrés, reducen la calidad de la canal y de la carne.

LITERATURA CITADA

- Alende, M., Volpi, L.G., & Pordomingo, A.J. (2009). Aspectos relativos al transporte de bovinos por carretera: Bienestar animal. Sitio argentino de producción animal, 1-7. http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/comercializacion/51-ransporte.pdf
- Broom, D. (2005). The effects of land transport on animal welfare. *Revue scientifique technical Office Internationale des Epizooties*, 24(2): 683-691. <https://doi.org/10.20506/rst.24.2.1605>
- Broom, D. (2008). The welfare of livestock during road transport. In book: Long Distance Transport and the Welfare of Farm Animals, Edition: 1 Publisher: Wallingford: CABI. Editors: M. Appleby, V. Cussen, L. Garcés, L. Lambert, J. Turner, pp. 157-181. <https://doi.org/10.1079/9781845934033.0157>
- Camp, H., Stevens, G., Stermer, A., & Anthony, P. (1981). Transit factors affecting shrink, shipping fever, and subsequent performance of feeder calves. *Journal of Animal Science*, 52, 1219-1224. <https://doi.org/10.2527/jas1981.5261219x>
- Chacón, G., García-Belenguer, S., Villarroel, M. & María, G.A. (2005). Effect of transport stress on physiological responses of male bovines. *German Veterinary Journal*, 112: 465-469. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0108>
- Cole, A., Camp, H., Rowe, D., Stevens, G., & Hutcheson, P. (1988). Effect of transport on feeder calves. *American Journal of Veterinary Research*, 49:178-183. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3348528>
- Cooke, F., Guarnieri, A., Cappelozza, I., & Bohnert, D. W. (2013). Rest stops during road transport: Impacts on performance and acute-phase protein responses of feeder cattle. *Journal of Animal Science*, 91(11):5448-5454. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6357>
- Dalley, J., Baker, J., Yang, X., Kettlewell, J. & Hoxey, P. (1996). An investigation of the aerodynamic and ventilation characteristics of poultry transport vehicles. Part III: Internal flow field calculations. *J Agric Eng Res*, 65:115-127. <https://doi.org/10.1006/jaer.1996.0084>
- Eldridge, A. & Winfield G. (1988). The behaviour and bruising of cattle during transport at different space allowances. *Aust J Expt Agric*, 28: 695-698. <https://doi.org/10.1071/EA9880695>
- Ferguson, D.M., & Warner, R.D. (2008). Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Science*, 80(1): 12-19. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.004>
- Fisher, D., Colditz, G., Lee, C., & Ferguson, M. (2009). The influence of land transport on animal welfare in extensive farming systems. *Journal of Veterinary Behavior*, 4(4): 157-162. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2009.03.002>
- Gallo, C. y Tadich, N. (2005). Transporte terrestre de bovinos: efectos sobre el bienestar animal y calidad de la carne. *Agro-ciencia* 21:37-49. ISSN 0716 - 1689
- González, L. A., Schwartzkopf-Genswein, K. S., Bryan, M., Silasi, R., & Brown, F. (2012). Factors affecting body weight loss during commercial long haul transport of cattle in North America. *Journal of Animal Science*, 90(10):3630-3639. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4786>

- Grandin, T. (2000). El transporte de ganado: guía para las plantas de faena. www.grandin.com/spanish/transporte.ganado.html
- Kettlewell, J., Hoxey, P., Hampson, J., Green, R., Veale, M. & Mitchell A. (2001). Design and operation of a prototype mechanical ventilation system for livestock transport vehicles. *J Agric Eng Res*, 79: 429-439. <https://doi.org/10.1006/jaer.2001.0713>
- Knowles T.G. (1998). A review of the road transport of slaughter sheep. *Veterinary Record*, 143:212-219. https://www.researchgate.net/publication/13514952_A_review_of_the_road_transport_of_slaughter_sheep
- Lapworth W. (2008). Engineering and design of vehicles for long distance road transport of livestock: the example of cattle transport of Northern Australia. *Vet Ital*, 44 (1): 215-222. http://www.izs.it/vet_italiana/2008/215_222.pdf
- Lofgreen, P., Dunbar, G., Addis D., & Clark J. (1975). Energy level in starting rations for calves subjected to marketing and shipping stress. *J. Anim. Sci.* 41:1256-1265. <https://doi.org/10.2527/jas1975.4151256x>
- Mader T., Griffin D., Hahn L. (2007). Managing feedlot heat stress. Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln. <http://extensionpublications.unl.edu/assets/html/g1409/build/g1409.htm>
- Manieca, X. (2009). Physiology and disease. En: Long distance transport and welfare of farm animals. Appleby, M.C., Cussen, V.A., Garcés, I., Lambert, I.A. and Turner, J. 2008, Ed. CAB International, Oxfordshire, UK. ISBN-13: 978-1845934033
- Maria, G.A. (2008). Meat quality. En: Long distance transport and welfare of farm animals. Appleby, M.C., Cussen, V.A., Garcés, I., Lambert, I.A. and Turner, J. 2008, Ed. CAB International, Oxfordshire, UK. ISBN-13: 978-1845934033
- 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. <http://www.scielo.org.mx/pdf/vetmex/v44n1/v44n1a4.pdf>
- Mitchell, A. & Kettlewell, J. (1998). Physiological stress and welfare of broiler chickens in transit: solutions not problems? *Poultry Sci*, 77: 1803-1814. <https://doi.org/10.1093/pas/77.12.1803>
- Nielsen B.L., Dybbjær L. and Herskin M.S. (2011). Road transport of farm animals: effects of journey duration on animal welfare. *Animal*, 5(3): 415-427. <https://doi.org/10.1017/S1757171110001989>
- NOM-051-ZOO-1995. Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995. Trato humanitario en la movilización de animales. http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_bioet/051zoo_movilizacion.pdf
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.09.008>
- Plicher, C.M., Ellis, M., Rolo-Gómez, A., Curtis, S.E., Wolter, B.F., Peterson, C.M., Peterson, I.A., Ritter, M.J., Brinkmann, J. (2011). Effects of floor space during transport and journey time on indicators of stress and transport losses of market-weight pigs. *J. Anim. Sci.*, 89:3809-3818. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3143>
- Romero, H., Uribe, F. & Sánchez, A. (2010). El transporte terrestre de bovinos y sus implicaciones en el bienestar animal: revisión. *Biosalud (Manizales)*, 9(2):67-82. <http://www.scielo.org.co/pdf/biosal/v9n2/v9n2a08.pdf>
- Schwemsius R. R., Carrea C. B. & Gómez C.M.A. (2014). La Ganadería Bovina de Carne en México: Un Recuento Necesario Después de la Apertura Comercial. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. https://www.researchgate.net/publication/280100179_La_Ganaderia_Bovina_de_Carne_en_Mexico_Un_Recuento_Necesario_Después_de_la_Apertura_Comercial
- Schwartzkopf-Genswein K.S., Haley, B., Church, S., Woods, J. & O'Byrne, T. (2008). An education and training programme for livestock transporters in Canada. *Vet Ital*, 44(1): 273-283. http://www.izs.it/vet_italiana/2008/44_1/273.pdf
- Schwartzkopf-Genswein, K.S., Fauchiano, L., Dadgar, S., Shand, P., González, I.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(3): 227-243. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.010>
- Swanson, J. C. & Monrow-Tesch, J. (2001). Cattle transport: Historical, research, and future perspectives. *Journal of Animal Science*, 79:E102-E109. <https://doi.org/10.2527/jas2001.79e-supple102x>
- Tadich, N., Gallo, C., Buzamante, H., Schwerter, M., & van Schaik G. (2005). Effects of transport and lairage time on some blood constituents of Friesian-cross steers in Chile. *Livest Prod Sci*, 93:223-233. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.10.004>
- Tarrant, P.V., Kenny F.J. & Harrington D. (1988). The effect of stocking density during 4 hour transport to slaughter on behaviour blood constituents and carcass bruising in Friesian steers. *Meat Sci.*, 24:209-222. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(88\)90079-4](https://doi.org/10.1016/0309-1740(88)90079-4)
- Tucker, B., Coetzee, F., Stookey, M., Thomson, U., Grandin, T., & Schwartzkopf-Genswein, S. (2015). Beef cattle welfare in the USA: identification of priorities for future research. *Animal health research reviews*, 16(2):107-124. <https://doi.org/10.1017/S1466252315000171>

