



## Indicadores de estrés en bovinos por el uso de prácticas de manejo en el embarque, transporte y desembarque



Silvia Larios-Cueto <sup>a</sup>

Rodolfo Ramírez-Valverde <sup>a\*</sup>

Gilberto Aranda-Osorio <sup>a</sup>

María Esther Ortega-Cerrilla <sup>b</sup>

Juan Carlos García-Ortiz <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad Autónoma Chapingo, Posgrado en Producción Animal, Km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, México.

<sup>b</sup> Colegio de Postgraduados, Estado de México, México.

\* Autor de correspondencia: [rodolfov@correo.chapingo.mx](mailto:rodolfov@correo.chapingo.mx)

### Resumen:

El objetivo fue evaluar el efecto del estrés producido por prácticas de manejo antes, durante y después del transporte de bovinos, con base en indicadores fisiológicos y los cambios de peso previos al inicio de la etapa de finalización. Se utilizaron 124 toretes provenientes de los Estados de Veracruz y Chiapas, los cuales se transportaron al estado de México para su finalización (500 y 851 km, respectivamente). Los tratamientos fueron: 1) manejo de recepción al embarque en el lugar de origen (ME), 2) ME + aplicación de un  $\beta$ -bloqueador al embarque (ME $\beta$ ), 3) manejo de recepción al desembarque en el corral de finalización (MD), y 4) MD + aplicación de un  $\beta$ -bloqueador al embarque (MD $\beta$ ). Los datos se analizaron con el procedimiento GLM de SAS y el diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial 2 x 4 (dos distancias de traslado y cuatro tratamientos). El peso vivo (PV) promedio disminuyó 42 kg por animal (11.3 %) al desembarque, con una recuperación de 35 kg a los 10 días después del desembarque. Los toretes con ME $\beta$  tuvieron menos pérdidas de

PV (37.6 kg) que los que recibieron ME o MD $\beta$  (47.5 y 44.5 kg), sin diferencias ( $P>0.05$ ) con MD (38.7 kg). Los indicadores de estrés más importantes fueron los cambios en PV, glucosa y cortisol, detectándose diferencias ( $P<0.05$ ) por tratamiento o distancia de traslado; en los demás indicadores (ácidos grasos libres,  $\beta$ -hidroxibutirato, proteínas totales, y concentraciones de sodio y potasio) no se detectaron diferencias por efectos principales ( $P>0.05$ ). Se recomienda aplicar el manejo ME $\beta$  y atender prioritariamente el periodo desde el embarque hasta el desembarque de los animales.

**Palabras clave:** Cortisol, Carazolol, Finalización de toretes, Cambios por transporte.

Recibido: 22/07/2017

Aceptado: 04/06/2019

## Introducción

El transporte de bovinos para su finalización y sacrificio, es un proceso durante el cual el animal es sometido a múltiples factores de estrés, físicos y psicológicos<sup>(1,2)</sup>, lo que repercute en su salud y comportamiento productivo. Ante estos estímulos, la respuesta de los animales al estrés varía de acuerdo con diferentes factores, tales como: la naturaleza del viaje, la agrupación de animales desconocidos, el uso de arreador eléctrico, la presencia de ruidos, la alta densidad de carga, el tipo de vehículo y su forma de conducción, las condiciones de la carretera y duración del viaje, entre otros<sup>(1,3,4,5)</sup>.

Para evaluar el efecto del estrés producido por el transporte en el ganado se han utilizado indicadores conductuales, patológicos y fisiológicos<sup>(2,6)</sup>. En las investigaciones sobre transporte desde el corral de finalización hasta la planta de sacrificio se ha determinado que el estrés incrementa los niveles de cortisol (de 5.2 a 14.3 ng ml<sup>-1</sup>)<sup>(7)</sup> y de proteínas totales en suero sanguíneo (de 67.7 a 74.4 g l<sup>-1</sup>)<sup>(8)</sup>, además del aumento de glucosa en sangre (más de 10 % después de 16 h de transporte)<sup>(9)</sup> y pérdidas de peso vivo de los animales (7.9 a 10.5 %)<sup>(10,11,12)</sup>; sin embargo, los efectos del transporte desde el sistema de crianza hasta el corral de finalización no han sido evaluados en diversidad de condiciones. En Chile, un grupo de investigación publicó<sup>(8)</sup> que en becerros destinados a finalización en pastoreo, el transporte por más de 48 h repercutió en los niveles de cortisol, desde 10 ng ml<sup>-1</sup> antes del embarque hasta 15 ng ml<sup>-1</sup> al desembarque; con pérdidas de peso vivo del 13 %.

Con la finalidad de disminuir los efectos del transporte en animales enviados a rastro, se ha investigado la aplicación de algunos fármacos, como el uso de moduladores alostáticos<sup>(13)</sup>, sedantes y  $\beta$ -bloqueadores. Con el uso de estos últimos se ha mostrado que disminuyen los

niveles de estrés en los animales, debido a su efecto antagónico sobre los  $\beta$ -receptores adrenérgicos que disminuyen los efectos de las catecolaminas, entre ellos su acción glucolítica<sup>(14,15,16)</sup>; sin embargo, los resultados han sido variables y algunas veces opuestos, por lo que en situaciones comerciales específicas, como el transporte a corral de finalización, es importante evaluar los efectos directos en la producción, como la pérdida de peso vivo de los animales y su tiempo de recuperación.

En México, una práctica común en producción de bovinos es la finalización de ganado proveniente de sistemas que comercializan animales después del destete y no hay publicaciones que documenten los efectos del transporte en los animales desde el lugar de la crianza hasta el corral de finalización. En condiciones comerciales, los transportistas de ganado realizan diversas prácticas de manejo al momento de la recepción de los animales para su transporte o al desembarque, incluyendo la aplicación de fármacos, con el fin de reducir los efectos adversos del transporte en los animales, previamente a su entrega en el corral de finalización.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación del manejo de recepción antes o después del transporte y la aplicación de un  $\beta$ -bloqueador comercial (Simpanorm®) en toretes, sobre diferentes indicadores de estrés y la ganancia de peso después de su transporte al corral de finalización.

## Material y métodos

### Descripción del estudio

El estudio se realizó bajo situaciones comerciales de julio de 2013 a julio de 2014, con el transporte de toretes provenientes de Acayucan, Veracruz (17° 56' N y 94° 54' O) y Pichucalco, Chiapas (17° 31' N y 93° 05' O); los cuales fueron movilizados a corrales de finalización ubicados en Texcoco, Estado de México (19° 30' N y 98° 52' O)<sup>(17)</sup>. Se evaluaron tres viajes por cada lugar de procedencia (6 animales para el primer viaje-tratamiento, y 5 en los dos restantes), con un total de 124 toretes de “media ceba” (provenientes de sistemas de recría en pastoreo) con un peso promedio de  $375 \pm 44$  kg, cruce comercial (*Bos taurus* - *Bos indicus*). Los animales provenientes de Acayucan, Veracruz fueron embarcados en el predio de crianza, por lo que no se transportaron previamente, mientras que los animales provenientes de Pichucalco, Chiapas tuvieron una movilización previa (se desconocieron las condiciones específicas de esas movilizaciones) desde pequeñas unidades de producción cercanas al acopio donde se embarcaron.

## Condiciones de transporte

La duración precisa del transporte estuvo determinada por la distancia de traslado y las condiciones particulares de cada uno de los tres viajes, por lo que los viajes de Acayucan, Veracruz (500 km) duraron 16, 16 y 13 h, y de Pichucalco, Chiapas (821 km) 18, 17 y 25 h<sup>(17)</sup>. El transporte se realizó por carretera pavimentada y autopista de cuota, en tracto-camiones provistos de jaulas ganaderas de 14.2 m (48 ft) con seis divisiones; para remover parte del efecto de la división en la que fueron transportados los animales, estos viajaron en las dos divisiones de la panza del remolque, con un espacio asignado de 0.83 m<sup>2</sup> por animal para aquellos provenientes de Veracruz y 0.86 m<sup>2</sup> para los de Chiapas.

Las condiciones ambientales durante este estudio abarcaron un rango de temperaturas desde 10 hasta 32 °C, durante el transporte de los animales provenientes de Pichucalco, Chiapas; y de 12 a 31 °C en los animales provenientes de Acayucan, Veracruz. En ambos sitios, la temperatura más alta pertenece al lugar de origen.

## Tratamientos y variables de respuesta

La definición de los tratamientos se realizó considerando las diferentes prácticas rutinarias realizadas por los transportistas comerciales cooperantes. Los animales evaluados (124) fueron distribuidos aleatoria y equitativamente a cada uno de los cuatro tratamientos: 1) manejo de recepción al embarque en el lugar de origen (ME), 2) ME + aplicación de un  $\beta$ -bloqueador al embarque (ME $\beta$ ), 3) manejo de recepción al desembarque de los animales en el corral de finalización (MD), y 4) MD + aplicación de un  $\beta$ -bloqueador al embarque en el lugar de origen (MD $\beta$ ).

Las variables de respuesta fueron generadas en dos periodos: P1) los cambios ocurridos del embarque al desembarque (valores al embarque menos al desembarque), y P2) los cambios del desembarque a los 10 d después de su llegada al corral de finalización (valores al desembarque menos valores 10 d después del desembarque). Los cambios estimados se realizaron en las variables: peso vivo (PV), glucosa (GLU),  $\beta$ -hidroxibutirato ( $\beta$ HB), ácidos grasos libres (AGL), proteínas totales (PTS), cortisol (COR), y concentración de sodio (Na) y potasio (K).

## Descripción de la fase de campo

Durante el pre-embarque se pesaron los toretes de manera individual en una báscula ganadera con capacidad de 5,000 kg, al mismo tiempo se identificaron y se asignaron a los

tratamientos, aplicando el manejo de recepción a los animales de los tratamientos ME y ME $\beta$ . Adicionalmente se determinó y registró el grupo racial de cada animal de acuerdo con sus características fenotípicas externas, en cebú, europeo o cruza, así como la presencia de cuernos.

El manejo de recepción consistió en desparasitar (Ivomec F®, Merial ivermectina 1 ml 50 kg<sup>-1</sup> de PV), vacunar (Protector 5®, Lapisa, Michoacán, México y Blacklegol®, Bayer, Renania del Norte-Westfalia, Alemania, vitaminar (Synt A D E®, Zoetis, Nueva Jersey, Estados Unidos) e implantar el ganado (Revalor, MSD, Nueva Jersey, Estados Unidos; un implante por animal de acetato de trembolona 140 mg más 17  $\beta$  estradiol 20 mg). El  $\beta$ -bloqueador utilizado en los animales de los tratamientos ME $\beta$  y MD $\beta$  fue hidrocloreuro de carazolol (Simpanorm®, Schütze-Segen, Ciudad de México, México), el cual se aplicó por vía intramuscular en una dosis de 0.02 ml kg<sup>-1</sup> de PV, 30 min antes de subir a la jaula ganadera.

El embarque de los animales se realizó por la tarde (1600-1900 h) en todos los viajes evaluados, con un ayuno de 8 h. Durante el transporte se registraron las horas de recorrido, temperatura ambiental dentro de la jaula (se realizaron 8 mediciones durante el recorrido con un termómetro digital, Mod. 445702, Extech, Taiwán, Hong Kong, China) y la posición de la división en la jaula donde viajaron los animales (clasificándolas como 1 o 2).

Durante el desembarque, los animales fueron transbordados a camiones torton con redilas ganaderas para su traslado a los corrales de finalización (duración del viaje aproximada de 15 min y un espacio asignado por animal de 1.1 m<sup>2</sup>), en donde se les realizó el manejo de recepción a los animales de los tratamientos MD y MD $\beta$ . A la llegada al corral de finalización, los animales muestreados en cada viaje permanecieron juntos, iniciando su adaptación, para lo cual recibieron agua *ad libitum*, de 1 a 2 días forraje henificado exclusivamente (paja de cebada) y posteriormente alimento concentrado (PC = 14% y EM = 2.8 MCal), incrementado gradualmente en un 15 % del total de la ración por día.

Las variables de PV, GLU y  $\beta$ HB se determinaron en tres ocasiones: al embarque, al desembarque y a los 10 d de llegada al corral de finalización. Para GLU y  $\beta$ HB se obtuvo una gota de sangre de la vena coxígea, la cual se analizó mediante un glucómetro (Mod. Optium Xceed, Laboratorios Abbott, Chicago, Estados Unidos), el cual utiliza tiras reactivas específicas para cada determinación. Las tiras para  $\beta$ HB contenían la enzima deshidrogenasa hidroxibutirato que se oxida a acetoacetato, con la reducción simultánea de NAD<sup>+</sup> a NADH, lo que es proporcional a la concentración de  $\beta$ HB; el sistema es válido para las concentraciones de 0 a 6 mmol l<sup>-1</sup>(18).

## Muestras de sangre y análisis de laboratorio

Las muestras de sangre se obtuvieron al embarque, desembarque y 10 d después de llegar al corral de finalización, por punción de la vena coccígea de los toretes, utilizando tubos de vacío sin anticoagulante (20 ml por animal); se dejaron coagular a temperatura ambiente y se centrifugaron a 3,500 rpm durante 15 min, los sueros fueron separados del coágulo para evitar hemólisis, se depositaron en tubos de almacenamiento y se transportaron en hieleras (temperatura no mayor a 4 °C) para la realización de los diferentes análisis de laboratorio. Para determinar el COR se utilizó la técnica de ELISA (inmunoabsorbencia de unión enzimática) a partir de anticuerpo de conejo y como antígeno peroxidasa de rábano picante (Cat. No. 6101-17, Diagnostic Automation, Inc., Calabazas, California, Estados Unidos); las lecturas se realizaron a una longitud de onda de 410  $\mu\text{m}$ , la determinación se realizó por duplicado. Los AGL se determinaron por el método enzimático colorimétrico con acil-CoA-oxidasa (ACOD) (Randox kit, Mod. FA115, Crumlin, County Antrim, Irlanda), la determinación se realizó por duplicado.

Las PTS se determinaron por medio de la técnica de refractometría, con un refractómetro ATAGO®, utilizando como blanco agua desionizada<sup>(19)</sup>, cada determinación se realizó por triplicado. Para el análisis de electrolitos (Na y K) se utilizó espectrofotometría de absorción atómica<sup>(20)</sup>.

## Análisis estadístico

Para el análisis de las variables de respuesta (cambios en las variables indicadoras de estrés) se utilizó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 4. Se consideraron cuatro tratamientos (ME, ME $\beta$ , MD y MD $\beta$ ) y dos distancias de traslado (500 y 851 km), así como la interacción de ambos efectos. Adicionalmente, con el propósito de remover variabilidad por otros efectos detectados como importantes en estudios similares<sup>(3,21,22)</sup>, se consideraron otras variables independientes como: grupo racial de los animales, de acuerdo con sus características fenotípicas externas (cebú, europeo o cruza); presencia de cuernos (sí o no); horas de recorrido de cada viaje (covariable); temperatura ambiental promedio dentro de la jaula durante el recorrido; valor inicial (al embarque) de la variable respuesta (covariable), y posición de la división en la jaula donde viajaron los animales durante el transporte (dos posiciones). Estos efectos y sus interacciones simples fueron incluidos inicialmente en el análisis de cada variable y los no significativos ( $P>0.05$ ) fueron removidos de los análisis finales.

Para las condiciones en las cuales se desarrolló el presente estudio, en el P1 las variables inicialmente incluidas en los modelos estadísticos que fueron removidas de los análisis finales en todas las variables de respuesta fueron: raza y presencia de cuernos. Las horas de recorrido fueron removidas en los modelos finales para los cambios de PV y  $\beta$ HB; mientras que el valor inicial de la variable sólo para cambios en AGL. La temperatura ambiental dentro de la jaula sólo fue considerada para los cambios en GLU y PTS; mientras que la posición de la división en la jaula sólo para los cambios en PV y AGL. En el P2, sólo la presencia de cuernos fue removida de todos los modelos en todas las variables de respuesta. Las horas de recorrido sólo fueron removidas para los cambios en  $\beta$ HB, Na y K. La raza de los animales sólo fue considerada en los modelos finales para cambios en AGL y COR; mientras que la temperatura dentro de la jaula sólo para cambios en GLU, COR y PTS; el valor inicial de la variable sólo para cambios en GLU y PTS; y la posición de la división de la jaula sólo para cambios en PV y PTS.

Los datos se analizaron por periodo P1 (del embarque al desembarque) y P2 (del desembarque a 10 días en corral). Los valores de las variables de respuesta no violaron los supuestos de normalidad (test de W Shapiro-Wilk), por lo que se utilizó el procedimiento GLM de SAS y la prueba de Tukey para la comparación de medias<sup>(23)</sup>.

## **Resultados**

### **Estadísticos descriptivos en los momentos de muestreo**

Con el propósito de documentar el registro general de los indicadores de estrés estudiados en la investigación, en el Cuadro 1 se muestran algunos de los estadísticos descriptivos obtenidos, para los tres momentos en que se realizaron los muestreos (al embarque, al desembarque y 10 d después del desembarque). Como era de esperarse, la variabilidad de los valores en los indicadores de estrés fue alta (CV entre 12 y 84 %), debido a la influencia de los diversos factores (tratamientos, distancia de traslado, etc.).

**Cuadro 1:** Promedios generales  $\pm$  desviaciones estándar (coeficiente de variación, %) de los indicadores de estrés registrados en el transporte de toretes en el embarque, desembarque y 10 d post-desembarque (10dPD)

Indicador	Embarque	Desembarque	10dPD
Peso vivo, kg	375 $\pm$ 44.3 (12)	333 $\pm$ 45.5 (14)	368 $\pm$ 51.2 (14)
Glucosa, mg·dl <sup>-1</sup>	78 $\pm$ 21.1 (27)	91 $\pm$ 21.3 (23)	69 $\pm$ 12.5 (18)
$\beta$ HB, mmol·l <sup>-1</sup>	0.39 $\pm$ 0.21 (55)	0.38 $\pm$ 0.23 (61)	0.28 $\pm$ 0.18 (65)
AGL, mmol·l <sup>-1</sup>	0.58 $\pm$ 0.36 (63)	0.71 $\pm$ 0.22 (31)	0.23 $\pm$ 0.18 (78)
PTS, g·dl <sup>-1</sup>	8.05 $\pm$ 1.32 (16)	8.83 $\pm$ 1.08 (12)	7.94 $\pm$ 0.92 (12)
Cortisol, pg·dl <sup>-1</sup>	3.33 $\pm$ 2.12 (64)	3.79 $\pm$ 2.48 (65)	2.47 $\pm$ 2.07 (84)
Na, mg·dl <sup>-1</sup>	4407 $\pm$ 1747 (40)	4718 $\pm$ 2075 (44)	5020 $\pm$ 2126 (42)
K, mg·dl <sup>-1</sup>	147 $\pm$ 32 (22)	145 $\pm$ 34 (23)	162 $\pm$ 37 (23)

$\beta$ hB=  $\beta$ -hidroxibutirato; AGL= ácidos grasos libres; PTS= proteínas totales; Na= sodio; K= potasio.

En promedio, el transporte provocó pérdidas de peso en los animales, por lo que el PV promedio disminuyó al desembarque en 42 kg por animal (11.3 %), con una recuperación 35 kg en el corral de finalización a 10 días después del desembarque. El COR y  $\beta$ HB se encontraron dentro del rango biológico normal (0-20 ng·ml<sup>-1</sup> y 0.02-0.46 mmol·L<sup>-1</sup>, respectivamente)<sup>(24,25)</sup>, aunque el COR tuvo mucha variación (CV > 63 %). Los valores promedio de GLU se encontraron por arriba del rango normal (50-70 mg·dl<sup>-1</sup>)<sup>(24)</sup> durante el embarque y desembarque, alcanzando valores normales a los 10 días de su llegada al corral. Los valores de PTS se encontraron por arriba del valor normal (6.8 g·dl<sup>-1</sup>)<sup>(26)</sup> en todos los momentos de muestreo. Los valores obtenidos para Na se encontraron por arriba del rango propuesto como biológico normal (3,105 - 3,405 ppm)<sup>(27)</sup>, con incrementos (311 ppm) después del transporte de los animales; por el contrario, los niveles de K fueron bajos durante el embarque y desembarque, inclusive menores que el rango normal (160 - 200 ppm)<sup>(27)</sup>.

### Comportamiento de los indicadores durante el transporte (P1)

En P1, los indicadores de estrés más importantes fueron los cambios en PV, GLU y COR, ya que se detectaron diferencias ( $P < 0.05$ ) por el efecto del tratamiento (Cuadro 2) y la distancia de traslado (Cuadro 3). En los demás indicadores de estrés no se detectaron diferencias por efectos principales ( $P > 0.05$ ).

En este estudio se detectaron diferencias entre los tratamientos ( $P < 0.05$ ) para el cambio de PV de los animales (Cuadro 2), en los toretes que se aplicó ME $\beta$  se tuvieron 26.3 % menos pérdidas de PV ( $P < 0.05$ ) que en los que recibieron ME (21 %) o MD $\beta$  (16 %), sin diferencias ( $P > 0.05$ ) con MD. La pérdida de PV en los animales que no recibieron ME $\beta$  durante el P1



fue 9.9 kg por animal. La distancia en el traslado de los animales fue un factor principal que determinó la pérdida de peso durante el transporte ( $P<0.05$ ; Cuadro 3), los animales que viajaron 500 km perdieron menos peso que los que viajaron 851 km. Además, los animales que viajaron 851 km incrementaron su concentración de COR 2.5 veces en comparación con los animales que sólo viajaron 500 km ( $P<0.05$ ).

**Cuadro 2:** Medias de cuadrados mínimos  $\pm$  errores estándar de los cambios en los indicadores de estrés, por efecto de los tratamientos, desde el embarque hasta el desembarque de los toretes (P1)

Indicador	Tratamiento			
	ME	ME $\beta$	MD	MD $\beta$
Peso vivo, kg	-47.5 $\pm$ 3.0 <sup>b</sup>	-37.6 $\pm$ 2.5 <sup>a</sup>	-38.7 $\pm$ 1.9 <sup>ab</sup>	-44.5 $\pm$ 3.8 <sup>b</sup>
Glucosa, mg·dl <sup>-1</sup>	15.1 $\pm$ 5.2 <sup>ab</sup>	20.1 $\pm$ 5.9 <sup>a</sup>	8.8 $\pm$ 4.3 <sup>b</sup>	7.2 $\pm$ 6.8 <sup>b</sup>
$\beta$ HB, mmol·l <sup>-1</sup>	-0.03 $\pm$ 0.08	-0.01 $\pm$ 0.06	-0.02 $\pm$ 0.05	-0.01 $\pm$ 0.06
AGL, mmol·l <sup>-1</sup>	0.04 $\pm$ 0.80	0.13 $\pm$ 0.70	0.25 $\pm$ 0.60	0.05 $\pm$ 0.70
PTS, g·dl <sup>-1</sup>	0.71 $\pm$ 0.30	0.64 $\pm$ 0.18	0.67 $\pm$ 0.20	0.82 $\pm$ 0.28
Cortisol, pg·dl <sup>-1</sup>	0.75 $\pm$ 0.53	1.01 $\pm$ 0.56	0.11 $\pm$ 0.36	0.28 $\pm$ 0.63
Na, mg·dl <sup>-1</sup>	496 $\pm$ 487	186 $\pm$ 457	556 $\pm$ 680	-32 $\pm$ 457
K, mg·dl <sup>-1</sup>	-12.2 $\pm$ 9.1	-5.2 $\pm$ 6.8	12.2 $\pm$ 7.8	-3.0 $\pm$ 11.8

ME= manejo de recepción al embarque en el lugar de origen; ME $\beta$ = ME + aplicación del  $\beta$ -bloqueador; MD= manejo de recepción al desembarque de los animales en el corral de finalización; MD $\beta$ = MD + aplicación del  $\beta$ -bloqueador al embarque;  $\beta$ hB=  $\beta$ -hidroxibutirato; AGL= ácidos grasos libres; PTS= proteínas totales; Na= sodio; K= potasio.

<sup>ab</sup> Letras diferentes en el mismo renglón indican diferencia ( $P<0.05$ ).

**Cuadro 3:** Medias de cuadrados mínimos  $\pm$  errores estándar de los cambios en los indicadores de estrés, por efecto del lugar de origen, desde el embarque hasta el desembarque de los toretes (P1)

Indicador	Distancia de traslado (km)	
	500	851
Peso vivo, kg	-39.2 $\pm$ 1.8 <sup>a</sup>	-45.1 $\pm$ 2.1 <sup>b</sup>
Glucosa, mg·dl <sup>-1</sup>	25.6 $\pm$ 3.3 <sup>a</sup>	-3.0 $\pm$ 3.5 <sup>b</sup>
$\beta$ HB, mmol·l <sup>-1</sup>	0.05 $\pm$ 0.06	-0.03 $\pm$ 0.04
AGL, mmol·l <sup>-1</sup>	0.12 $\pm$ 0.05	0.11 $\pm$ 0.05
PTS, g·dl <sup>-1</sup>	0.71 $\pm$ 0.15	0.69 $\pm$ 0.20
Cortisol, pg·dl <sup>-1</sup>	0.28 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>	0.81 $\pm$ 0.31 <sup>b</sup>
Na, mg·dl <sup>-1</sup>	586 $\pm$ 441	97 $\pm$ 333
K, mg·dl <sup>-1</sup>	-11.9 $\pm$ 6.8	-8.1 $\pm$ 6.1

$\beta$ hB=  $\beta$ -hidroxibutirato; AGL= ácidos grasos libres; PTS= proteínas totales; Na= sodio; K= potasio.

<sup>ab</sup> Letras diferentes en el mismo renglón indican diferencia ( $P<0.05$ ).

En GLU se detectaron diferencias entre tratamientos ( $P<0.05$ ); sin embargo, también fue importante ( $P<0.05$ ) la interacción tratamiento por distancia de traslado para esta variable y para AGL. En los animales que se aplicó ME y ME $\beta$  provenientes de Veracruz (500 km) se estimó un aumento en la GLU mayor que en MD y MD $\beta$ , mientras que en los de Chiapas (851 km) para todos los tratamientos hubo disminución en GLU, excepto en ME, donde prácticamente se mantuvieron sin cambios. Por el contrario, las concentraciones de AGL se comportaron de manera prácticamente inversa, ahora los animales provenientes de Chiapas (851 km) tuvieron aumentos mayores en todos los tratamientos, mientras que en los de Veracruz (500 km), excepto en ME, los demás tratamientos tuvieron aumentos pequeños e inferiores ( $P<0.05$ ) a los obtenidos en ME.

En el presente estudio, el COR se incrementó en todos los tratamientos; sin embargo, en ningún caso se detectaron diferencias ( $P>0.05$ ). En forma similar, no se detectaron diferencias debidas al tratamiento o a la distancia de traslado para  $\beta$ HB, PTS, Na y K ( $P>0.05$ ; Cuadros 2 y 3); sin embargo, la concentración de K fue afectada por la interacción entre el tratamiento y la distancia de traslado ( $P<0.05$ ), por lo que los animales del tratamiento ME $\beta$  provenientes de Veracruz (500 km) presentaron un mayor nivel que los otros tratamientos (ME= 5.3, ME $\beta$ = 21.6, MD= 5.3 y MD $\beta$ = 12.6 mg·dl<sup>-1</sup>), mientras que en los provenientes de Chiapas (851 km) se detectó una disminución generalizada en el nivel de K, y en mayor grado para los tratamientos MD $\beta$  y ME $\beta$  (ME= -14.5, ME $\beta$ = -38.2, MD= -17.5 y MD $\beta$ = -38.6 mg·dl<sup>-1</sup>).

## **Comportamiento de los indicadores posterior al transporte (P2)**

En el Cuadro 4 se muestran los valores de los cambios en los indicadores por efecto de los tratamientos desde el desembarque hasta los 10 días de recepción (P2). En ninguno de los indicadores se detectaron diferencias entre tratamientos ( $P>0.05$ ). En la información se puede observar que independientemente del tratamiento, los animales recuperaron prácticamente el 85 % del peso perdido durante el transporte, lo que representó una ganancia diaria de peso promedio de 3.5 kg por animal por día, mientras que la concentración de otros indicadores fisiológicos (COR, GLU,  $\beta$ HB, AGL y PTS) disminuyó.

**Cuadro 4:** Medias de cuadrados mínimos  $\pm$  errores estándar de los cambios en los indicadores de estrés, por efecto de los tratamientos, desde el desembarque de los toretes hasta 10 días después (P2)

Indicador	Tratamiento			
	ME	ME $\beta$	MD	MD $\beta$
Peso vivo, kg	33.8 $\pm$ 15.6	33.1 $\pm$ 19.6	35.5 $\pm$ 6.4	39.4 $\pm$ 25.9
Glucosa, mg·dl <sup>-1</sup>	-20.9 $\pm$ 4.7	-21.9 $\pm$ 3.0	-15.8 $\pm$ 4.5	-26.4 $\pm$ 3.8
$\beta$ HB, mmol·l <sup>-1</sup>	-0.12 $\pm$ 0.05	-0.13 $\pm$ 0.07	-0.11 $\pm$ 0.05	-0.01 $\pm$ 0.07
AGL, mmol·l <sup>-1</sup>	-0.47 $\pm$ 0.04	-0.50 $\pm$ 0.05	-0.54 $\pm$ 0.04	-0.45 $\pm$ 0.06
PTS, g·dl <sup>-1</sup>	-0.61 $\pm$ 0.25	-1.18 $\pm$ 0.24	-0.71 $\pm$ 0.23	-1.13 $\pm$ 0.23
Cortisol, pg·dl <sup>-1</sup>	-1.78 $\pm$ 0.43	-1.71 $\pm$ 0.54	-1.55 $\pm$ 0.44	-1.73 $\pm$ 0.59
Na, mg·dl <sup>-1</sup>	-4 $\pm$ 515	651 $\pm$ 836	-106 $\pm$ 410	-1093 $\pm$ 619
K, mg·dl <sup>-1</sup>	18.1 $\pm$ 7.0	14.5 $\pm$ 9.5	17.2 $\pm$ 7.8	21.3 $\pm$ 11.9

$\beta$ hB=  $\beta$ -hidroxibutirato; AGL= ácidos grasos libres; PTS= proteínas totales; Na= sodio; K= potasio. ME= manejo de recepción al embarque en el lugar de origen; ME $\beta$ = ME + aplicación del  $\beta$ -bloqueador; MD= manejo de recepción al desembarque de los animales en el corral de finalización; MD $\beta$ = MD + aplicación del  $\beta$ -bloqueador al embarque.

La distancia de traslado en los animales sólo afectó ( $P < 0.05$ ) la concentración de COR y PTS durante P2 (Cuadro 5). Los animales provenientes de Chiapas (851 km) disminuyeron más su nivel de COR que los de Veracruz (500 km), lo que fue opuesto para PTS, donde los animales que se movilizaron 500 km disminuyeron más que los movilizadas 851 km. En los demás indicadores de estrés, no se detectaron diferencias después del transporte por efecto de la distancia de traslado ( $P > 0.05$ ).

**Cuadro 5:** Medias de cuadrados mínimos  $\pm$  errores estándar de los cambios en los indicadores de estrés, por efecto del lugar de origen, desde el desembarque de los toretes hasta 10 días después (P2)

Indicador	Distancia de traslado (km)	
	500	851
Peso vivo, kg	36.6 $\pm$ 2.8	34.2 $\pm$ 4.0
Glucosa, mg·dl <sup>-1</sup>	-24.8 $\pm$ 3.0	-18.8 $\pm$ 3.0
$\beta$ HB, mmol·l <sup>-1</sup>	-0.11 $\pm$ 0.05	-0.09 $\pm$ 0.04
AGL, mmol·l <sup>-1</sup>	-0.50 $\pm$ 0.04	-0.48 $\pm$ 0.03
PTS, g·dl <sup>-1</sup>	-1.21 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	-0.53 $\pm$ 0.17 <sup>b</sup>
Cortisol, pg·dl <sup>-1</sup>	-1.29 $\pm$ 0.23 <sup>a</sup>	-2.17 $\pm$ 0.44 <sup>b</sup>
Na, mg·dl <sup>-1</sup>	601.2 $\pm$ 467.2	54.4 $\pm$ 314.4
K, mg·dl <sup>-1</sup>	16.6 $\pm$ 6.8	16.2 $\pm$ 5.5

$\beta$ hB=  $\beta$ -hidroxibutirato; AGL= ácidos grasos libres; PTS= proteínas totales; Na= sodio; K= potasio.

<sup>ab</sup> Letras diferentes en el mismo renglón indican diferencia ( $P < 0.05$ ).

## Discusión

### Estadísticos descriptivos en los momentos de muestreo

Las pérdidas de PV estimadas en este estudio son similares a las publicadas por otros autores<sup>(4,8,9)</sup>. Esto pudo ser consecuencia de la privación prolongada de alimento y agua, por lo que se ha asociado con el incremento en los niveles de deshidratación, además de un aumento en la micción y defecación por efecto del estrés producido<sup>(24)</sup>. Marques *et al*<sup>(28)</sup> estimaron que más del 80 % de la pérdida de peso durante el transporte por 24 h se debe a la privación de agua y alimento, y el otro 20 % por efecto del estrés del transporte, lo que fisiológicamente se podría explicar<sup>(25)</sup> por lipólisis del tejido graso, deshidratación y degradación del músculo para suplir las deficiencias energéticas. Las pérdidas de PV durante el traslado en este estudio fueron superiores a las reportadas en los EE. UU. (4-7 %)<sup>(3)</sup>. Este autor menciona que en los EE. UU., el costo económico de la movilización de animales de los sistemas de cría al corral de finalización, se debe principalmente a la mortalidad del ganado durante el transporte, debido a las largas distancias y a la presencia de enfermedades respiratorias, representando una pérdida de 624 millones de dólares anuales para la industria cárnica. En México no se conocen datos precisos del impacto económico de esta enfermedad en el ganado destinado a corral de finalización; sin embargo, en este estudio no se presentaron problemas respiratorios en los animales, lo que sugiere que las pérdidas económicas están más relacionadas con la pérdida en el PV de los animales.

La recuperación de PV obtenida en este estudio 10 d posterior al desembarque, es superior al 43 % estimado en bovinos bajo condiciones de pastoreo después de 14 d de haber realizado el transporte<sup>(8)</sup>.

Las diferencias en pérdidas de PV entre los animales que viajaron 500 y 851 km (5.9 kg) desde el lugar de origen hasta los corrales de finalización, confirman las mayores mermas en el PV por mayor distancia y tiempo durante el transporte, debido probablemente un mayor nivel de estrés producido, agotamiento físico y la privación de alimento y agua<sup>(6)</sup>, con las posibles implicaciones económicas para los transportistas de ganado en la comercialización de los animales.

El comportamiento de los indicadores en este estudio para PV, PTS, Na, COR y AGL durante los diferentes momentos de muestreo fue similar al descrito en otro estudio<sup>(24)</sup>. Los valores normales de COR y  $\beta$ HB del presente estudio sugieren apropiadas condiciones previas al transporte y adaptación de los animales a los estímulos estresores, como el arreo, la carga y descarga, y el contacto con personas y otros animales no pertenecientes al hato de origen<sup>(29,30)</sup>. Los pequeños aumentos de COR en sangre por efecto del transporte, como en este estudio, también han sido reportados por otros investigadores<sup>(31,32)</sup>. Las pequeñas

disminuciones en  $\beta$ HB de este estudio pudieron deberse a efectos de alimentación y manejo de animales previo al transporte, ya que la concentración de este compuesto no es un buen indicador del estrés agudo y está más relacionada con el estrés crónico<sup>(9)</sup>.

El aumento en los niveles de GLU al desembarque, posiblemente se debió a la interacción de los procesos de glucólisis y gluconeogénesis estimulados por el estrés producido durante el transporte y el tiempo de ayuno de los animales<sup>(32)</sup>; lo que concuerda con lo estimado por otros investigadores<sup>(9)</sup>, quienes señalaron que después del transporte o ayuno por 3 y 16 h en bovinos, estos incrementaron los niveles de GLU, lo que atribuyeron principalmente a las catecolaminas liberadas en respuesta al estrés y no al tiempo de ayuno. La concentración de AGL se ha propuesto como un indicador de ayuno<sup>(24)</sup>, lo que es acorde con lo obtenido en este estudio, al incrementar en el desembarque y disminuir posteriormente. Los valores de Na por encima de lo normal<sup>(27)</sup> en todos los momentos de muestreo podría indicar deshidratación o hemoconcentración ocasionada por la privación de agua; sin embargo, el valor más alto se registró al momento del desembarque, comportamiento similar a lo observado después de la movilización de toretes por 36 h<sup>(8)</sup>. La privación prolongada de agua y la consecuente deshidratación favorecen el incremento de Na sérico<sup>(33)</sup>, lo que concuerda con lo obtenido en el presente estudio.

En general, la información presentada en esta sección es importante para documentar los cambios en indicadores fisiológicos y de PV que ocurren durante el transporte de bovinos bajo condiciones específicas en el país.

### **Comportamiento de los indicadores durante el transporte (P1)**

Las menores pérdidas de PV para el tratamiento ME $\beta$  en P1 pudieron deberse a que el  $\beta$ -bloqueador (carazolol) ejerce su acción sobre los  $\beta$ -receptores adrenérgicos, reduciendo el efecto del sistema nervioso simpático a través de la acción de la epinefrina, en corazón, vasos sanguíneos y músculo liso, evitando el efecto glucolítico de las catecolaminas y reduciendo la respuesta al estrés<sup>(16,34)</sup>. Esto sugiere que económicamente podría ser redituable la adición del  $\beta$ -bloqueador al manejo de los animales antes del embarque, dado que el precio por dosis del carazolol fue aproximadamente la mitad del precio de un kg de PV en los animales.

Las mayores pérdidas de PV de los animales que fueron transportados 851 km, fueron reflejadas por el mayor incremento en la concentración de COR de los animales, en comparación con los que sólo viajaron 500 km. En este estudio, independientemente de las diferencias entre tratamientos y distancias de traslado, en general se detectaron aumentos en GLU. Algunos autores<sup>(25)</sup> atribuyen el incremento de la GLU después del transporte, a la acción de las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) en respuesta inicial al estrés, ya que

estimulan la gluconeogénesis hepática, lo que es favorecido por el incremento de hormonas como el COR, por sus efectos opuestos a la insulina (afectando los transportadores de GLU), lo que disminuye la eficiencia e utilización en tejidos, incrementando su concentración en sangre<sup>(35)</sup>.

## **Comportamiento de los indicadores posterior al transporte (P2)**

En este periodo, la recuperación del PV perdido en los animales durante el P1, pudiera explicarse parcialmente, por el hecho que parte del peso perdido durante el transporte era por deshidratación y llenado gastrointestinal<sup>(36)</sup>, lo que puede representar entre un 12 y 25 % del peso del animal<sup>(37)</sup>, así como por el proceso de recuperación regulado por mecanismos de homeostasis después de un proceso estresante donde hay pérdida de tejido corporal, y el posible crecimiento compensatorio<sup>(38)</sup>. En este estudio, el ganado provenía de sistemas de cría con pobre alimentación (pastoreo estacional), los que al arribar al corral fueron alimentados con raciones balanceadas altas en proteína y energía, por lo que los animales posiblemente mejoraron la eficiencia en el uso de los nutrientes<sup>(37,38,39)</sup>.

La ausencia de diferencias ( $P>0.05$ ) en cambios de PV, y de otros indicadores fisiológicos de estrés por transporte por efecto de los tratamientos o distancias de traslado en los animales para el periodo después del desembarque (P2), sugiere, para las condiciones estudiadas, la ausencia de diferencias económicas por estos efectos; por tanto, deben establecerse implicaciones prácticas y dar prioridad a la etapa del embarque hasta el desembarque de los animales, que es donde se tienen pérdidas económicas importantes.

## **Conclusiones e implicaciones**

El transporte de toretes hacia corrales de finalización produce cambios importantes en los animales, lo que puede cuantificarse a través de algunos indicadores fisiológicos y productivos. Algunos de los principales indicadores de estrés en los animales son los cambios de peso vivo y las concentraciones de cortisol, glucosa y ácidos grasos libres. Existen diferencias en las respuestas a los indicadores, principalmente en función de la distancia de transporte y de las prácticas de manejo implementadas (momento de aplicar el manejo de recepción y uso del  $\beta$ -bloqueador) para reducir los efectos negativos en los animales. De las prácticas rutinarias utilizadas por los transportistas mexicanos, económicamente es más redituable la aplicación de manejo y un  $\beta$ -bloqueador previo al embarque, ya que disminuye las pérdidas de peso vivo de los animales durante su transporte; sin embargo, independientemente de las prácticas de manejo consideradas, después de su atención en el corral de finalización, los animales recuperan en 10 días casi todo el peso vivo perdido. Lo anterior implica que se debe atender prioritariamente el periodo desde el embarque hasta el desembarque de los animales.

## Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento otorgado para los estudios de Maestría en Ciencias del primer autor.

### Literatura citada:

1. Tarrant PV. Transportation of cattle by road. *Appl Anim Behav Sci* 1990;28(1):153-170.
2. Swanson JC, Morrow-Tesch J. Cattle transport: Historical, research, and future perspectives. *J Anim Sci* 2001;79(E-Suppl): E102-E109.
3. Grandin T. Introduction: Management and economic factors of handling and transport. In: *Livestock handling and transport*. 2<sup>nd</sup> ed. Grandin T. editor. New York, USA: CABI International; 2000:1-14.
4. González LA, Schwartzkopf-Genswein KS, Bryan M, Silasi R, Brown F. Relationships between transport conditions and welfare outcomes during commercial long haul transport of cattle in North America. *J Anim Sci* 2012;90: 3640-3651.
5. Miranda-de la Lama GC. Transporte y logística pre-sacrificio: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne. *Vet Méx* 2013;44(1):31-56.
6. Adenkola AY, Ayo JO. Physiological and behavioural responses of livestock to road transportation stress: A review. *Afr J Biotechnol* 2010;9(31):4845-4856.
7. Odore R, Badino P, Re G, Barbero R, Cuniberti B, D'Ángelo A, *et al.* Effects of housing and short-term transportation on hormone and lymphocyte receptor concentrations in beef cattle. *Res Vet Sci* 2011;90:341-345.
8. Werner M, Hepp C, Soto C, Gallardo P, Bustamante H, Gallo C. Effects of a long distance transport and subsequent recovery in recently weaned crossbred beef calves in Southern Chile. *Livest Sci* 2013;152:42-46.
9. Tadich N, Gallo C, Echeverría R, Van Schaik G. Efecto del ayuno durante dos tiempos de confinamiento y de transporte terrestre sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en novillos. *Arch Med Vet* 2003;35:171-185.
10. Gallo C, Pérez VS, Sanhueza VC, Gasic YJ. Efectos del tiempo de transporte de novillos previo al faenamiento sobre el comportamiento, las pérdidas de peso y algunas características de la canal. *Arch Med Vet* 2000;32(2):157-170.

11. Broom DM. The effects of land transport on animal welfare. *Rev Off Int Epizoot* 2005;24(2):683-691.
12. Liotta L, Nanni LC, Chiofalo B, Ravarotto L, Chiofalo V. Effect of lairage duration on some blood constituents and beef quality in bulls after long journey. *Ital J Anim Sci* 2007;6:375-384.
13. Rubio-Lozano MS, Méndez-Medina RD, Reyes-Mayorga K, Rubio-García ME, Ovando MA, Ngapo TM, Galindo-Maldonado FA. Effect of an allostatic modulator on stress blood indicators and meat quality of commercial young bulls in Mexico. *J Meat Sci* 2015;105:63-67.
14. Ashmore CR, Carroll F, Doerr L. Effects of propranolol on characteristics of beef carcasses. *J Anim Sci* 1973;37:435-437.
15. Cooper J, Philippe D, Fodey TL, Elliot CT. Development of a rapid screening test for veterinary sedatives and the beta-blocker carazolol in porcine kidney by ELISA. *Analist* 2004;129:169-174.
16. Mota-Rojas D, Orozco-Gregorio H, González-Lozano M, Roldan-Santiago P, Martínez-Rodríguez R, Sánchez-Hernández M, *et al.* Therapeutic approaches in animals to reduce the impact of stress during transport to the slaughterhouse: A review. *Int J Pharmacol* 2011;7(5):568-578.
17. SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes). Ruta Pichucalco, Chiapas, Pasando por Acayucan Veracruz. [www.sct.gob.mx](http://www.sct.gob.mx). Consultado 29 mayo, 2013.
18. Rodríguez-Merchán B, Casteras A, Domingo E, Novoa FJ, López Y, Cabezas-Agrícola JM, *et al.* Capillary beta-hydroxybutyrate determination for monitoring diabetic ketoacidosis. *Endocrinol Nutr* 2011;58(7):347-352.
19. Briend-Marchal A, Médaille C, Braun JP. Comparison of total protein measurement by biuret method and refractometry in canine and feline plasma. *Rev Med Vet* 2005;156(12):615-619.
20. Fick KR, McDowell LR, Miles PH, Wilkinson NS, Funk JD, Conrad JH, *et al.* Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. 2nd ed. Gainesville, USA: Universidad de Florida; 1979.
21. Grandin T. Evaluation of stress during handling and transport. *J Anim Sci* 1997;75:249-257.
22. Browning R, Leite-Browning ML. Comparative stress responses to short transport and related events in Hereford and Brahman steers. *J Anim Sci* 2013;91:957-969.



23. SAS. SAS/STAT User's Guide (Release 9.4). Cary, NC, USA: SAS Inst. Inc. 2014.
24. Knowles TG, Warriss PD. Stress physiology of animals during transport. In: Livestock handling and transport. 2<sup>nd</sup> ed. Grandin T, editor. New York, USA: CABI International; 2000:385-407.
25. Romero PHM, Uribe-Velásquez FL, Sánchez VJ. Biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar animal en ganado de carne. *Biosalud* 2011;10(1):71-87.
26. Doornenbal HA, Tong KW, Murray NL. Reference values of blood parameters in beef cattle of different ages and stages of lactation. *Can J Vet Res* 1988;52:99-105.
27. Puls, R. Mineral levels in animal health. Diagnostic data. British Columbia, CA: Clearbook; 1988.
28. Marques RS, Cooke RF, Francisco CL, Bohnert DW. Effects of twenty-four hour transport or twenty-four hour feed and water deprivation on physiologic and performance responses of feeder cattle. *J Anim Sci* 2012;90:5040–5046.
29. Kent JE, Ewbank R. The effect of road transportation on the blood constituents and behaviour of calves. *Br Vet J* 1983;139:228-235.
30. Warriss PD, Brown SN, Knowles TG, Kestin SC, Edwards JE, Dolan SK, *et al.* Effects on cattle of transport by road for up to 15 hours. *Vet Rec* 1995;136:319-323.
31. Fell LR, Shutt DA. Adrenocortical response of calves to transport stress as measured by salivary cortisol. *Can J Anim Sci* 1986;66:637-641.
32. García LA, Rodríguez MJA. Metabolismo en el ayuno y la agresión, su papel en el desarrollo de la desnutrición relacionada con la enfermedad. *Nutr Hosp* 2013;6:1-9.
33. Minka NS, Ayo JO. Physiological responses of food animals to road transportation stress. *Afr J Biotechnol* 2009;8(25):7415-7427.
34. Bristow MR. Mechanism of action of beta-blocking agents in heart failure. *Am J Cardiol* 1997;80:26L-40L.
35. Mamza YP, Udoh AE, Etukudo MH. Evaluation of serum cortisol and growth hormone in type 2 diabetic subjects attending University of Maiduguri Teaching Hospital, Nigeria. *IOSR-JDMS* 2013;7:53-57.
36. Gallo CS, Gatica MV. Efecto del tiempo de ayuno sobre el peso vivo, de la canal y algunos órganos en novillos. *Arch Med Vet* 1995;27:69-77.

37. Carstens G, Johnson D, Ellenberger M, Tatum J. Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. *J Anim Sci* 1991;69:3251-3264.
38. Hornick JL, Van Eenaeme CGO, Dufrasne I, Istasse L. Mechanisms of reduced compensatory growth. *Domest Anim Endocrinol* 2000;19:121-132.
39. Molina F, Carmona D, Ojeda A. Evaluación del crecimiento compensatorio como estrategia de manejo en vacunos de carne a pastoreo. *Zootecnia Trop* 2007;25(3):149-155.