



Evaluación de indicadores de bienestar animal de bovinos en un rastro Tipo Inspección Federal



Jaime Noé Sánchez-Pérez ^a

Horacio Dávila-Ramos ^{a*}

Juan Carlos Robles-Estrada ^a

Jesús José Portillo-Loera ^a

Armida Sánchez-Escalante ^b

Daniel Diaz ^c

^a Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Boulevard San Ángel No. 3886, Fraccionamiento San Benito. 80246, Culiacán, Sinaloa, México.

^b Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Laboratorio de Investigación en Carne y Productos Cárnicos. Hermosillo, Sonora, México.

^c Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Ciencias de la Complejidad (C3). Ciudad de México, México.

* Autor de correspondencia: davila-ramos@uas.edu.mx

Resumen:

El proceso de sacrificio es la última etapa de manejo y representa un punto en el que se compromete el bienestar de los bovinos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los indicadores de bienestar animal de bovinos en un rastro Tipo Inspección Federal. Se observó el proceso de sacrificio de 1,167 animales [740 machos (63.8 %) y 420 hembras (36.2 %)] en una planta de sacrificio Tipo Inspección Federal en el noroeste de México. Se registraron variables de manejo y comportamiento, así como indicadores de retorno a la sensibilidad y

se caracterizaron los hematomas observados en las canales. El 10 % del ganado recibió descargas eléctricas con picanas, el 24.3 % fue golpeado por los operarios. Se observó arqueamiento de la columna vertebral (44.5 %), el 62.2 % de los animales mostró sensibilidad durante el sangrado. La prevalencia de hematomas fue del 88.8 %. Las hembras tuvieron 1.62 mayor riesgo de sufrir hematomas que los machos y la presencia de cuernos grandes incrementó el riesgo de presentar hematomas 1.46. Las características de los hematomas observados fueron rojo brillante (93.8 %), moteado (71.5 %), pequeño (82.9 %) y grado 1 (95.7 %). La zona más afectada por hematomas fue la dorso-lumbar con un 58.3 %. Se concluyó que los animales incluidos en el presente estudio estuvieron expuestos a condiciones que propician el estrés, entre estos, el uso de la picana eléctrica por los operarios, las conductas indeseables de los bovinos durante el arreo, el aturdimiento ineficaz y la presencia de hematomas en las canales.

Palabras clave: Bienestar animal, Hematomas, Sacrificio, Aturdimiento.

Recibido: 27/09/2022

Aceptado: 18/01/2023

Introducción

El manejo de los bovinos, previo a la matanza realizada en las plantas de sacrificio, puede comprometer negativamente el bienestar animal⁽¹⁾ y el estrés afecta la calidad del producto final provocando cambios indeseables en la carne⁽²⁾. El proceso de sacrificio es la última etapa que, en términos de bienestar animal, es importante, debido a que éste puede generar miedo, estrés y dolor a los animales si no se efectúa de forma correcta⁽³⁾. Por lo anterior y debido al creciente interés de los consumidores por el bienestar de los animales y, en particular de los destinados al consumo, las plantas de sacrificio han aplicado medidas que disminuyen el riesgo de producir estrés en los animales⁽⁴⁾. Las evaluaciones científicas del funcionamiento de estas plantas de procesamiento han ganado relevancia y cada vez más estudios se enfocan en analizar indicadores de bienestar animal durante el proceso de sacrificio.

En México, el aturdimiento del ganado antes del sangrado es obligatorio en los rastros Tipo Inspección Federal y éste se realiza con una pistola de perno penetrante⁽⁵⁾; en países industrializados, éste es el método de insensibilización humanitario más utilizado, cuyo objetivo es lograr una pérdida profunda del conocimiento a través del daño directo al tejido cerebral⁽⁶⁾; esto debería facilitar la manipulación de los bovinos previa a su izamiento en el riel de traslado en la sala de sacrificio. Debido a que se ha observado la presentación de

movimientos en los bovinos aturdidos, que impiden la manipulación segura⁽⁷⁾. Desde un enfoque de bienestar animal, este procedimiento cobra suma importancia, ya que iniciar un proceso de desangrado sin que el animal haya sido previamente insensibilizado correctamente implica un sufrimiento innecesario, el aturdir provoca una onda de choque que provoca un fallo en el cerebro por daño neuronal impidiendo que se sufra dolor⁽⁸⁾.

Por otra parte, la presencia de hematomas en las canales indica una falta de bienestar animal y puede detectarse en la etapa *post mortem* mediante la inspección visual de las canales, por lo que para su evaluación se han propuesto algunos sistemas⁽⁹⁾. Registrar y caracterizar los hematomas proporciona información del manejo previo al sacrificio, pudiendo ser factores de riesgo para su presentación el manejo en la granja, en el traslado o en su estancia y el manejo en la planta de sacrificio⁽¹⁰⁾; por lo tanto, es importante realizar investigaciones que permitan determinar cuáles son los riesgos a los que se someten los bovinos, y con ello plantear estrategias para disminuir los hematomas; en este sentido, se ha reportado que el uso de instrumentos para el arreo está relacionado con la presentación de hematomas y que un cambio en la utilización de instrumentos, tales como banderas, reducen la prevalencia de hematomas⁽¹¹⁾.

Dada la importancia de la información sobre la evaluación del manejo *ante mortem* en las plantas de sacrificio, la efectividad del aturdimiento y la presencia de hematomas en las canales para asegurar el bienestar de los bovinos, el objetivo del presente trabajo fue evaluar los indicadores de bienestar animal de bovinos en un rastro Tipo Inspección Federal.

Material y métodos

Diseño y localización del estudio

El estudio fue de tipo observacional, se realizó en el estado de Sinaloa, México, durante el periodo de diciembre de 2017 a marzo de 2018 en un rastro Tipo Inspección Federal (TIF), estos establecimientos cumplen con los requisitos de las Normas Oficiales Mexicanas^(5,12,13). Durante el estudio se llevaron a cabo 10 visitas a la línea de producción donde se registraron las variables y se realizaron las evaluaciones de 1,167 animales [740 machos (63.8 %) y 420 hembras (36.2 %)] provenientes de 27 lotes.

Descripción cronológica del proceso de sacrificio

En el establecimiento habitualmente se sacrifican alrededor de 35 a 40 bovinos por hora durante un periodo de 10 h, lo que da como resultado de 350 a 400 bovinos por día de trabajo. El proceso de sacrificio comenzó cuando el ganado ingresó a la rampa de aturdimiento a través de una puerta tipo guillotina, donde permanecieron en grupos de 4 a 5 animales

alineados uno detrás del otro. A continuación, el ganado pasó por una segunda puerta de tipo guillotina para acceder al cajón de aturdimiento; éste carece de inmovilizador de cabezas y posee una puerta giratoria horizontal para la salida de los bovinos insensibilizados. Esta etapa se opera por dos personas, una que dirigió a los bovinos al interior del cajón de aturdimiento, asegurando un avance continuo y un segundo trabajador que insensibilizó a los bovinos usando una pistola neumática de perno penetrante (USSS-1 JARVIS® Jarvis Products Corporation; Middletown, CT, EE.UU.). Después del aturdimiento y una vez que se abre la puerta horizontal, los animales insensibilizados se deslizaron hacia el piso, posteriormente, se izaron por la extremidad trasera izquierda. Consecuente, se pasaron a través de las estaciones de trabajo de desangrado, estimulación eléctrica, lavado de cabeza, desollado, eviscerado y lavado de canal caliente. Al finalizar el proceso en la línea de producción, las canales se llevaron a una sala refrigerada, donde permanecieron hasta cumplir con las condiciones de temperatura y tiempo establecidas por la normativa.

Evaluación de las prácticas de manejo e indicadores de bienestar animal en la rampa y cajón de aturdimiento

En la rampa de aturdimiento se registró el sexo de los bovinos y para definir el tamaño de los cuernos y no interferir en el proceso de sacrificio, se realizó de manera visual por personal entrenado para esta tarea (las instalaciones en la planta de sacrificio imposibilitan la medición instrumental por riesgo a la seguridad de los evaluadores) definiendo las categorías de pequeño (≤ 10 cm) y mediano a largo (> 10 cm). También se consideró la edad aproximada de los bovinos, misma que fue evaluada en función de la dentición, la cual fue establecida de acuerdo con dos categorías: ≤ 30 o > 30 meses de edad.

Para el arreo del ganado, el operario disponía de un tubo de plástico y una picana eléctrica. Durante las operaciones previas al sacrificio en la rampa de aturdimiento se evaluaron la frecuencia del uso de la picana eléctrica, la frecuencia de golpes que los trabajadores infringían con el tubo de plástico a los animales y la frecuencia en la que se observó la torsión de la cola para movilizar al ganado. Para los indicadores de bienestar animal que se observaron en la rampa, se registró la frecuencia de vocalizaciones y resbalones que presentaron los bovinos.

En el cajón de aturdimiento, se registraron los golpes causados al animal al bajar la puerta tipo guillotina, la liberación de aire comprimido de la pistola para llamar la atención de los animales y la cantidad de animales atorados en la puerta abatible al salir del cajón de aturdimiento. Como parte de la evaluación de indicadores de bienestar animal se registró el número de animales que inclinaron la cabeza, intentaron retroceder y escapar.

Evaluación de los indicadores de efectividad del aturdimiento

La efectividad del aturdimiento se evaluó inmediatamente después de que el bovino salió del cajón de aturdimiento a través de la puerta abatible, para ello se registró cuando un bovino mostró signos de retorno a la sensibilidad tales como, movimiento ocular, fases tónica y clónica, respiración rítmica, arqueo de la columna vertebral y sensibilidad al degüello. El intervalo de aturdimiento al desangrado se estableció de acuerdo con las siguientes categorías: 0-30, 31-60 y >60 seg. Adicionalmente, en el área de inspección de cabezas, se registró el número de agujeros causados por el perno penetrante en la cabeza de cada animal. Además, mediante una plantilla transparente colocada en la región frontal del cráneo, se evaluó la precisión del disparo (0-2, 2.1-5 y 5.1-8 cm), ésta correspondió a la distancia que se tiene desde el centro definido por la plantilla hasta la ubicación del orificio encontrado; la plantilla tenía una línea de referencia que se hacía coincidir con la base de los globos oculares del cráneo. La trayectoria (perpendicular o diagonal con respecto al hueso frontal del cráneo) y la profundidad del disparo se evaluaron al introducir por el orificio que produjo el perno un tubo de silicón graduado en centímetros, teniendo las categorías de 0-3, 3.1-6, 6.1-9 y 9.1-12 cm para su medición. Para la orientación del disparo, se utilizó la misma plantilla transparente, para lo cual se registró la posición del tiro (centro, noreste, sureste, suroeste y noroeste)⁽¹⁴⁾. Para proporcionar una métrica de la efectividad del aturdimiento (aturdimiento efectivo o inefectivo), se consideraron tres criterios que incluyeron 1) El intervalo de tiempo desde el aturdimiento hasta el sangrado ≤ 60 seg, 2) Una precisión de disparo ≤ 2 cm y 3) Una trayectoria perpendicular del disparo.

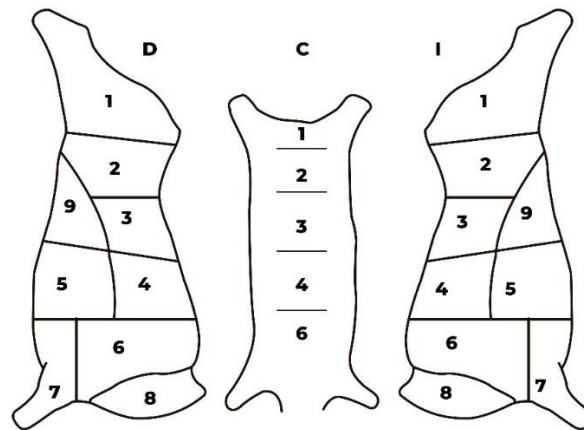
Prevalencia y características de los hematomas

Para determinar la prevalencia y características de los hematomas en las canales, éstas se inspeccionaron visual y sistemáticamente para registrar y clasificar los hematomas en un formato diseñado para ello (Figura 1)⁽¹⁵⁾. La inspección visual se realizó de manera sistemática y en la línea de producción, iniciando en el plano derecho, seguido por la región dorso-lumbar (centro) y finalizando en el plano izquierdo de la canal y siguiendo un trayecto de anterior a posterior.

Los hematomas se clasificaron visualmente de acuerdo con el color (antigüedad), forma, tamaño en cm y grado de severidad. El color del hematoma se categorizó en rojo brillante (0 a 10 h), rojo oscuro (24 h) y amarillento (3 días)⁽¹⁶⁾; la forma del hematoma se categorizó como moteado (hematoma donde el área afectada aparece cubierto de manchas en forma de puntos definidos), irregular (hematoma sin dimensiones claras y con márgenes irregulares), lineal (hematoma en forma de línea), circular (hematoma en forma de círculo o casi un círculo) y vías de tren (dos hematomas lineales paralelos separados por un área más pálida sin daños) y el tamaño se consideró como pequeño (≥ 2 cm a ≤ 8 cm), mediano (> 8 cm a ≤ 16

cm) y grande (>16 cm). La severidad del hematoma se clasificó en grado 1 (afecta tejido subcutáneo y presenta hemorragia leve), grado 2 (afecta tejido subcutáneo y muscular y presenta hemorragia importante), grado 3 (afecta tejido óseo, se observa como fractura)⁽¹⁷⁾ y hematoma generalizado que fue asignado a canales con múltiples hematomas, difusos y grandes que no pudieron clasificarse individualmente. Adicionalmente, para ubicar anatómicamente cada uno de los hematomas, se dividió la canal en las siguientes regiones: 1) pierna, 2) sacro, 3) dorso-lumbar, 4) dorso-costal, 5) costal, 6) espalda, 7) brazo, 8) lateral del cuello, 9) lateral del abdomen y 10) caudal.

Figura 1: Esquema adaptado y utilizado para ubicar anatómicamente y caracterizar a los hematomas en las canales⁽¹⁵⁾



Análisis estadístico

Los datos obtenidos de cada observación se codificaron en una hoja de cálculo de Excel y se filtraron para detectar errores de registro o captura de datos. El software Minitab versión 18 se utilizó para elaborar tablas de frecuencias, expresadas como porcentajes e intervalos de confianza al 95 %. Para determinar la asociación de los factores de riesgo con los indicadores de retorno a la sensibilidad, y para la presencia de hematomas se aplicó un análisis de regresión logística multivariado con el procedimiento LOGISTIC, de SAS⁽¹⁸⁾.

Para los hematomas, se determinaron los factores de riesgo asociados a la presencia de estos en la canal mediante un análisis de regresión logística multivariado con el procedimiento LOGISTIC, de SAS⁽¹⁸⁾. Para considerar que un factor estaba incluido en el modelo de regresión, se fijó un valor de alfa de 0.20, para ambos grupos de variables.

El modelo de regresión logística multivariado fue:

$$\pi(y) = \frac{\exp(\alpha + \sum \beta_i \chi_i)}{1 + \exp(\alpha + \sum \beta_i \chi_i)}$$

Donde: $\pi(y)$ es la probabilidad de un resultado positivo, β_i son los valores de la regresión y χ_i representa el vector de la variable independiente.

Resultados

De los 1,167 animales sacrificados durante el estudio, se registró el sexo y la presencia de cuernos en 1,160, de los cuales el 63.8 % eran machos (740) y el 36.2 % hembras (420). Con respecto a la presencia de cuernos, los bovinos con cuernos de tamaño pequeño (<10 cm) fueron los más frecuentes (50.6 %, 587), seguidos de los de tamaño grande (>15 cm) con un 45.0 % (522). En cambio, el ganado sin cuernos fue menos frecuente, correspondiendo a 4.4 % (51). En cuanto a la edad del ganado, de 1,090 animales evaluados el 85.2 % de los bovinos tenían menos de 30 meses (929) y el 14.8 % superó los 30 meses (161).

Evaluación de las prácticas de manejo e indicadores de bienestar animal en la rampa y cajón de aturdimiento

De acuerdo con el Cuadro 1, de los 371 bovinos evaluados en la rampa de aturdimiento, el 10 % recibió una descarga eléctrica con picana, el 24.3 % recibió al menos un golpe en el cuerpo del animal con el tubo de plástico por parte del operario y se registró torsión de la cola en el 0.5 % de los bovinos. En cuanto a los indicadores de bienestar se observó que de 371 animales evaluados solo el 1.3 % resbalaron y el 3.0 % vocalizó dentro de la rampa de aturdimiento.

En los 1,160 animales evaluados en el cajón de aturdimiento el 10.9 % fue golpeado con la puerta de la guillotina durante su paso de la rampa de aturdimiento al cajón de aturdimiento, mientras que la práctica de liberación de aire comprimido de la pistola aturdidora para llamar la atención del animal fue muy frecuente (41.2 %) y el 1.4 % de los bovinos quedaron atrapados en la puerta abatible después del aturdimiento; en cuanto a los indicadores de bienestar animal registrados en el cajón de aturdimiento, el retroceso fue el comportamiento más observado (30.9 %), seguido de la inclinación de la cabeza para esquivar el perno de la pistola (15.5 %) y del intento de escape de animales (20 %).

Cuadro 1: Prácticas de manejo e indicadores de bienestar animal en la rampa y el cajón de aturdimiento

Lugar	Acción	Frecuencia (%)
Rampa de aturdimiento (n=371):		
Prácticas de manejo	Uso de picana eléctrica	37 (10.0)
	Golpe por operario	90 (24.3)
	Torsión de la cola	2 (0.5)
Indicadores de bienestar animal	Resbalón	5 (1.3)
	Vocalización	11 (3.0)
Cajón de aturdimiento (n=1,160):		
Prácticas de manejo	Golpe con puerta tipo guillotina	127 (10.9)
	Liberación de aire comprimido	478 (41.2)
	Atorado en puerta abatible	16 (1.4)
Indicadores de bienestar animal	Retroceso	358 (30.9)
	Cabeza inclinada	180 (15.5)
	Intento de escape	23 (2.0)

Un bovino pudo haber presentado una o más acciones en un mismo lugar.

Evaluación de los indicadores de efectividad del aturdimiento

El Cuadro 2 resume los resultados de la evaluación realizada a los bovinos inmediatamente después de que salieron del cajón de aturdimiento. Los resultados mostraron que 0.4 % de los bovinos presentaron movimientos oculares, 96.7 % presentaron fase tónica, 28.2 % fase clónica, 0.9 % respiración rítmica, mientras que en un 4.5 % se observó arqueado de columna y 62.2 % presentaron sensibilidad al desangrado. Por otra parte, la evaluación mostró que el intervalo de aturdimiento al desangrado estuvo en el rango de 31-60 seg en 54.6 % de los bovinos, mientras que en el 45.4 % restante el intervalo superó los 60 seg. Además, al evaluar los cráneos de los bovinos, se observó que el 96.5 % de los bovinos recibieron un disparo, el 82.3 % de los disparos se desviaron 0-2 cm del centro y el 64.4 % de los disparos siguieron una trayectoria perpendicular. Adicionalmente, se observó que los impactos con una profundidad entre 6.1 y 9.0 cm estuvieron presentes en el 79.7 % de los cráneos evaluados, los disparos orientados al sureste y suroeste fueron los más frecuentes (31.9 y 24.6 %, respectivamente) seguidos por el 18.7 % de las cabezas que presentaron un impacto en el centro.

Cuadro 2: Resultados de la evaluación de los indicadores post aturdimiento

Indicador	Categoría	Frecuencia (%)
Movimientos oculares, n=1,160	-	5 (0.4)
Fase tónica, n=1,160	-	1,122 (96.7)
Fase clónica, n=1,160	-	327 (28.2)
Respiración rítmica, n=1,160	-	10 (0.9)
Arqueo de columna, n=1,160	-	516 (44.5)
Sensibilidad al desangrado, n=1,160	-	722 (62.2)
Intervalo de aturdimiento al desangrado (n=1,142)	0-30 seg	0 (0)
	31-60 seg	624 (54.6)
	>60 seg	518 (45.4)
Número de disparos (n=1,158)	1	1,118 (96.5)
	2-3	40 (3.5)
Precisión del disparo (n=1,139)	0-2 cm	937 (82.3)
	2.1-5 cm	196 (17.2)
	5.1-8 cm	6 (0.5)
Trayectoria del disparo (n=1,147)	Perpendicular	739 (64.4)
	Diagonal	408 (35.6)
Profundidad del disparo (n=1,139)	0-3 cm	0 (0)
	3.1-6 cm	132 (11.6)
	6.1-9 cm	908 (79.7)
	9.1-12 cm	99 (8.7)
Orientación del disparo (n=1,156)	Centro	216 (18.7)
	Nuca	24 (2.1)
	Noreste	124 (10.7)
	Noroeste	139 (12.0)
	Sureste	369 (31.9)
	Suroeste	284 (24.6)

También se evaluaron los indicadores de retorno a la sensibilidad de los animales por sexo y edad según la efectividad de su aturdimiento (Cuadro 3). Los machos tuvieron mayores probabilidades de arqueamiento de la columna vertebral (OR= 1.46, 47.8 %) y sensibilidad

al sangrado (OR= 1.31, 64.6 %) en comparación con las hembras (38.6 y 58.1 %, respectivamente).

El ganado más joven (<30 meses de edad) mostró una mayor incidencia de arqueamiento de la columna vertebral y tuvo 1.44 probabilidades (1.03 a 2.05) más altas de presentar este indicador en comparación con el ganado de mayor edad (45.5 y 36.6 %, respectivamente). Mientras que la incidencia de sensibilidad al sangrado fue similar (OR= 1.05, 0.74 a 1.48) en ambas categorías de edad (60.9 y 62.1 % para >30 y <30 meses, respectivamente).

En 1,108 bovinos se observó que 29.5 % tuvieron un aturdimiento efectivo, lo que indica que el aturdimiento inefectivo fue más frecuente con un 70.5 %. Finalmente, el ganado que tuvo un aturdimiento inefectivo presentó una probabilidad 1.47 mayor (1.13 a 1.92) de presentar arqueamiento de la columna vertebral en comparación con el ganado que fue aturdido de manera efectiva (47.4 y 37.9 %, respectivamente). En contraste, no hubo asociación (OR= 1.04, 0.79 a 1.36) entre la efectividad del aturdimiento y la incidencia de sensibilidad al desangrado.

Cuadro 3: Indicadores de recuperación de la sensibilidad por sexo, edad y efectividad del aturdimiento

Variable	Categoría (n)	Arqueo de columna		Sensibilidad al desangrado	
		Frecuencia (%)	OR (IC)	Frecuencia (%)	OR (IC)
Sexo (n=1,160)	Hembra (420)	162 (38.6)	Referencia 1.46 (1.14-	244 (58.1)	Referencia 1.31 (1.03-
	Macho (740)	354 (47.8)	1.86)	478 (64.6)	1.68)
Edad (n=1,090)	>30 m (161)	59 (36.6)	Referencia 1.44 (1.03-	98 (60.9)	Referencia 1.05 (0.74-
	≤30 m (929)	423 (45.5)	2.05)	577 (62.1)	1.48)
Aturdimiento* (n=1,108)	Efectivo (327)	124 (37.9)	Referencia 1.47 (1.13-	201 (61.5)	Referencia 1.04 (0.79-
	Inefectivo (781)	370 (47.4)	1.92)	488 (62.5)	1.36)

*Un aturdimiento efectivo se consideró cuando se registraron los siguientes tres criterios: 1) intervalo de aturdimiento a desangrado ≤60 seg, 2) precisión del disparo ≤2 cm, y 3) trayectoria perpendicular del disparo.
OR= odd ratio. IC= intervalo de confianza 95 %.

Prevalencia y características de los hematomas

Con relación en la evaluación de hematomas se observó una prevalencia de 88.8 % (IC 95 %, 86.8 a 90.5). Las canales de las hembras presentaron una mayor incidencia de hematomas que las de los machos ($P<0.05$). Además, los animales con cuernos de mediano a largo (>10 cm), tuvieron más hematomas en comparación con los de cuernos pequeños (≤ 10 cm; $P<0.05$). El sexo resultó ser un factor de riesgo para la presencia de hematomas, las hembras fueron 1.6 veces más propensas a presentar canales con hematomas en comparación con los machos ($P<0.05$). Un segundo factor de riesgo para la presencia de hematomas fue el tamaño de los cuernos, ya que los animales con cuernos grandes tuvieron un riesgo 1.5 veces mayor de sufrir hematomas que los animales con cuernos pequeños ($P<0.05$) (Cuadro 4).

Cuadro 4: Prevalencia de hematomas observados en las canales y sus factores de riesgo

Factor de riesgo	Categoría (n)	Frecuencia de hematomas (%)	OR (IC)
	(n=1,167)	1,036 [(88.8), IC: 86.8–90.5]	
Edad (n=1,090)	≤ 30 meses (929)	820 (88.3)	Referencia
	> 30 meses (161)	150 (93.2)	1.0
Sexo (n=1,160)	Macho (740)	645 (87.2)	Referencia
	Hembra (420)	385 (91.7)	1.62 (1.061-2.433)
Tamaño de los cuernos, cm (n=1,160)	Pequeño ≤ 10 (638)	556 (87.1)	Referencia
	Mediano a largo > 10 (522)	474 (90.8)	1.46 (1.003-2.13)

OR= odd ratio. IC= intervalo de confianza 95 %.

Con respecto a las características de los hematomas en las canales de bovino (Cuadro 5), se observó que, en cuanto al color, el rojo brillante se encontró en 960 canales (93.8 %), rojo oscuro (29.9 %) y 54 (5.2 %) canales presentaron hematomas amarillentos. Al registrar la forma, predominaron las canales que presentaron hematomas moteadas (71.5 %), seguidas de circulares (56.5 %), irregular (29.9 %), lineales (4.0 %) y 1.8 % en forma de vías de tren.

En cuanto al tamaño de los hematomas, se observaron pequeños en el 82.9 % de las canales, medianos en el 51.6 % y grandes en el 26.5 %. En cuanto a la severidad, el grado 1 se presentó en 980 canales (95.7 %), grado 2 se presentó en 233 canales (22.7 %), sólo una canal con grado 3, y 12 canales presentaron hematomas generalizados. Finalmente, con relación en la distribución de hematomas por planos anatómicos se observó que las canales presentaron

más hematomas en el lado derecho (73.1 %), seguido del centro (62.1 %), mientras que el lado izquierdo de las canales se vio afectado con un 58.6 %.

Cuadro 5: Caracterización de los hematomas encontrados en las canales

Tipo y ubicación del hematoma		Sin hematomas	Frecuencia (%)
Color	Rojo brillante	64	960 (93.8)
	Rojo oscuro	718	306 (29.9)
	Amarillenta	970	54 (5.2)
	Moteada	291	733 (71.5)
Forma	Irregular	717	307 (29.9)
	Lineal	983	41 (4.0)
	Circular	445	579 (56.5)
	Vías de tren	1,005	19 (1.8)
Tamaño (cm)	Pequeña (>2 a ≤8)	175	849 (82.9)
	Media (>8 a ≤16)	495	529 (51.6)
	Grande (>16)	752	272 (26.5)
Grado de severidad	1	44	980 (95.7)
	2	791	233 (22.7)
	3	1,023	1 (0.1)
Plano de la canal	Derecha	275	747 (73.1)
	Centro	387	635 (62.1)
	Izquierda	423	599 (58.6)

En el Cuadro 6 se muestran los resultados del área anatómica afectada por los hematomas, así como el grado y número de hematomas por canal. El 58.3 % de las canales presentaron hematomas en la zona dorso-lumbar. En cuanto a la distribución por grado de severidad, el grado 1 se presentó en un 93.2 %, seguido del grado 2 (6.8 %), el número de hematomas registrados en esta zona fueron 1,106, lo que corresponde a un 26.4 %. Asimismo, cabe mencionar que el 95.5 % de los hematomas se clasificaron como grado 1 y el resto (4.4 %) como grado 2. La zona sacra fue la siguiente zona de importancia con 52.8 % de las canales con hematomas, la tercera y última fue la zona dorso costal con el 45.1 %.

Cuadro 6: Distribución de los hematomas encontrados en las canales por región anatómica

Área anatómica	Canales con hematomas (%)	Grado 1 (%)	Grado 2 (%)	Número de hematomas (%)
Dorso lumbar	604 (58.3)	563 (93.2)	41 (6.8)	1,106 (26.4)
Sacro	547 (52.8)	500 (91.4)	47 (8.6)	1,053 (25.1)
Dorso costal	467 (45.1)	432 (92.5)	35 (7.5)	736 (17.6)
Piernas	331 (31.9)	259 (78.3)	72 (21.7)	450 (10.7)
Espalda	285 (27.5)	245 (85.9)	40 (14.0)	367 (8.8)
Caudal	133 (12.8)	120 (90.2)	13 (9.8)	215 (5.1)
Costal	102 (9.9)	84 (82.4)	18 (17.7)	126 (3.0)
Brazo	82 (7.9)	61 (74.4)	21 (25.6)	90 (2.1)
Lateral del abdomen	38 (3.7)	24 (63.2)	14 (36.8)	42 (1.0)
Lateral del cuello	3 (0.3)	3 (100)	0	3 (0.1)

Discusión

Evaluación de las prácticas de manejo e indicadores de bienestar animal en la rampa y cajón de aturdimiento

En el presente estudio, al evaluar las prácticas de manejo en la rampa de aturdimiento, se observó que en 10.0 % de los bovinos se utilizó la picana eléctrica (37/371) y que 24.3 % recibieron al menos un golpe por el operario (90/371). Por otra parte, la torsión de la cola para obligar al ganado a avanzar fue una actividad poco observada (0.5 %). Así, el uso de un instrumento tal como la picana eléctrica y actividades que provocan dolor como la torsión de la cola causan estrés en los animales, por lo que reducir el uso de picanas eléctricas podría mejorar el manejo del ganado⁽¹⁹⁾. En la rampa de aturdimiento hubo una baja proporción de ganado que resbaló (1.3 %) o vocalizó (3.0 %). Los resbalones y vocalizaciones se presentaron con una frecuencia relativamente baja; sin embargo, están relacionados con los momentos previos al sacrificio que, aunque el buen manejo calmó a los bovinos, siguen estando expuestos a situaciones que les provocan miedo⁽²⁰⁾. Además, los resbalones pueden relacionarse con instalaciones mal diseñadas, por ejemplo, en un estudio realizado en dos plantas de sacrificio, se observó en la primera que un 17.6 % de los animales resbalaron dentro del cajón de aturdimiento, en la segunda los resbalones llegaron hasta el 31.7 %. Asimismo, reportaron que 11.2 % de los animales vocalizaron en la primera planta y 9.7 % lo hicieron en el segundo matadero⁽²¹⁾. En los bovinos, las vocalizaciones que se presentan momentos previos al sacrificio se relacionan con un estrés severo⁽²²⁾.

Una vez dentro del cajón de aturdimiento y debido a que éste no contaba con inmovilizador los animales podían moverse, 10 % de ellos fueron golpeados con la puerta de guillotina mientras intentaban retroceder hacia la rampa de aturdimiento. También, debido a que los bovinos se mostraron inquietos dentro del cajón de aturdimiento se utilizaba el sonido del aire comprimido liberado por la pistola para llamar su atención y así realizar el disparo con la pistola de perno penetrante. Por otra parte, después de recibir el disparo 1.4 % de los bovinos se atoraron en la puerta abatible al ser liberados del cajón de aturdimiento. Lo anterior, podría mejorarse con la correcta formación y capacitación del personal responsable del manejo de los animales⁽²³⁾, así como con la implementación de un sistema de retención de cuerpo completo e inmovilizador de cabezas para los animales y se mejorarían los indicadores de bienestar animal⁽²⁴⁾. En el presente trabajo, se observó una proporción considerablemente alta de bovinos que retrocedieron en el cajón de aturdimiento (30.9 %, 358/1,160) y un 15 % inclinaron la cabeza dentro del cajón, lo que dificultaba el posicionamiento de la pistola de perno penetrante para realizar el disparo; además, un número reducido de animales intentó escapar de éste. Los retrocesos e intentos de escape del cajón de aturdimiento están relacionados con estados de reactividad y miedo que, además del estrés, pueden retrasar las actividades y ralentizar el flujo en los procesos de producción⁽²⁵⁾. En ese sentido, en un estudio realizado con 40 novillos el 50 % movieron la cabeza de arriba hacia abajo dentro del cajón de aturdimiento, además al momento de apuntarles todos los novillos mostraron conductas en la que evitaron la pistola aturdidora, ninguno estuvo tranquilo en el interior de cajón y 5 % de estos vocalizaron⁽²⁶⁾.

Evaluación de los indicadores de efectividad del aturdimiento

En la evaluación de la efectividad del aturdimiento se observó un porcentaje relativamente bajo (0.4 %) de bovinos con movimientos oculares, contrariamente un 96.7 % de los animales presentó fase tónica, en el 28.2 % fase clónica y menos del 1 % de los animales mostraron respiración rítmica. Por otra parte, los signos más evidentes de un aturdimiento inefectivo fueron el arqueado de la columna y la sensibilidad al desangrado. El hecho de que el cajón de aturdimiento carezca de un sistema para inmovilizar adecuadamente al animal, implica que el operario encargado de aturdir al animal no pueda dirigir la pistola de una manera certera, debido a un movimiento excesivo del animal. Al respecto, en un estudio realizado en bovinos aturridos con pistola de perno penetrante, en el que usaron dos diferentes presiones de aire, descubrieron que menos del 2 % de los animales presentaron algún tipo de reflejo ocular. Además, del 58 al 62 % de los bovinos presentaron fase tónica y 20 % fase clónica, la respiración fue rítmica en 27 % de los animales con alta presión de la pistola y 8 % con baja presión⁽²⁷⁾. Un aturdimiento efectivo implica el colapso inmediato, sin intentos de ponerse de pie, con el cuerpo y los músculos rígidos (fase tónica), sin respiración rítmica normal, los parpados permanecerían abiertos con los ojos mirando hacia adelante y sin ninguna rotación ocular⁽²⁸⁾.

En este estudio, también se observó un intervalo de tiempo relativamente alto, mayor de 60 seg desde el aturdimiento del bovino hasta el desangrado en, al menos, el 45.4 % de los animales. Se requiere que el operario sea hábil para realizar de manera correcta el corte que provoca el desangrado de los bovinos, sobre todo, para no superar los 60 seg entre el aturdimiento y el desangrado, ya que este lapso es crucial para evitar un posible retorno a la sensibilidad. En este mismo sentido, un estudio reportó un porcentaje similar con 41.6 % de los animales desangrados antes de un minuto después del aturdimiento, en una de tres plantas de sacrificio que fueron evaluadas⁽²⁹⁾. En el presente trabajo, un porcentaje relativamente alto (96.5 %) de los animales recibieron un único disparo con la pistola de perno penetrante, mientras que para la precisión del disparo la distancia al objetivo ideal (éste se consideró como un orificio a una distancia ≤ 2 cm del centro) se observó en una frecuencia elevada (937/1,139, 82.3 %); por otra parte, la trayectoria seguida por el perno y la profundidad de los impactos se consideraron relativamente aceptables, ya que la frecuencia de cráneos con trayectoria perpendicular fue de 739/1,147 (64.4 %). La mayoría de los orificios medidos en los cráneos (79.7 %) presentaron una profundidad de 6 a 9 cm, estos se orientaron principalmente al sureste del punto ideal. El 18.7 % de las cabezas evaluadas presentaban el orificio en el centro del cráneo (sin desviación). A pesar de que el cajón de aturdimiento no contaba con un sistema inmovilizador para los bovinos, el operario encargado de realizar el disparo con la pistola de perno penetrante fue, aparentemente, hábil para realizarlo, ya que tanto el número de disparos por bovino, la precisión del disparo y la profundidad de este fueron relativamente aceptables. Respecto a lo mencionado, la utilización del método de aturdimiento con perno penetrante ha mostrado ser efectiva para insensibilizar a los bovinos cuando se compara contra el método de aturdimiento con perno no penetrante, debido a que el primero provoca más daño en estructuras cerebrales específicas⁽³⁰⁾. En un estudio realizado en una planta de sacrificio sin sujetador de cabeza y cuello en el cajón de aturdimiento, se reportó que el 87.5 % de los bovinos recibieron un solo disparo y un 92 % de los orificios se encontraron en el punto ideal. Los autores del estudio también mencionan que cuando la pistola de perno penetrante no se coloca completamente perpendicular a la cabeza, la fuerza del impacto se reduce, afectando la profundidad del orificio, lo que contribuye a disminuir el efecto de aturdimiento⁽³¹⁾.

El sexo de los animales se relacionó con la presencia de algunos signos de retorno a la sensibilidad, pues los machos presentaron mayor arqueado de la columna vertebral y sensibilidad al desangrado que las hembras. Los bovinos machos de mayor edad presentan cráneos más gruesos en la frente, lo que resulta en una mayor resistencia a la fuerza cinética liberada por el perno, lo cual reduce la eficacia del aturdimiento⁽³¹⁾. Sin embargo, en los resultados del presente estudio los bovinos <30 meses tuvieron mayor probabilidad de presentar arqueado de la columna, este factor pudiera relacionarse con el retorno a la sensibilidad debido a un tiempo más prolongado entre el aturdimiento y el desangrado. El aturdimiento inefectivo aumentó las probabilidades de que un bovino presentara arqueado de la columna vertebral (OR=1.47). En este sentido, se ha documentado que el daño a las

estructuras cerebrales que provocan la insensibilización del bovino debe de realizarse de forma efectiva; por lo tanto, un aturdimiento mal realizado, provocaría que los bovinos experimenten reflejos involuntarios no relacionados con la sensibilidad durante un tiempo posterior, debido a una inconciencia parcial, entonces se realiza un segundo disparo inmediatamente⁽³²⁾. Esto podría explicar el hecho de que no se observó asociación entre el aturdimiento inefectivo y la sensibilidad al desangrado. Adicionalmente a las mediciones anteriormente descritas, se consideraron tres criterios para evaluar la efectividad del aturdimiento que incluyeron el intervalo entre el tiempo de aturdimiento y de desangrado, la precisión del disparo y la trayectoria seguida por el mismo. Con ello se determinó un porcentaje relativamente alto (70.7 %) de animales con aturdimiento inefectivo. El aturdimiento efectivo de los animales es fundamental para evitarles sufrimiento innecesario debido a que si éste se realiza correctamente, el animal quedará inconsciente y dejará de sentir dolor⁽³³⁾. En la actualidad existe una constante presión sobre las empresas alimentarias para asegurar el bienestar animal, especialmente en los mataderos debido a que se sabe que un manejo inadecuado durante el sacrificio resulta en mala calidad de la carne⁽³⁴⁾.

Prevalencia y características de los hematomas

Para estimar el bienestar en los animales se han usado diversos indicadores, en los bovinos uno de estos es la valoración de los hematomas en las canales⁽³⁵⁾. Un hematoma es una acumulación de sangre causada por una hemorragia focalizada que es causada por el impacto de un instrumento contundente en el cuerpo del animal, esta corresponde a un hallazgo *post mortem* por lo que se observa en la superficie de la canal⁽³⁶⁾. Los hematomas en las canales de bovino representan una preocupación en la industria cárnica por su impacto negativo en el bienestar animal y porque reducen la calidad de los productos cárnicos⁽³⁷⁾. La prevalencia de 88.8 % de hematomas en este estudio resultó inferior a la reportada en un estudio realizado en México (92 %) ⁽²³⁾, pero superior a la encontrada en otro trabajo en el que reportaron un 75.8 % ⁽³⁸⁾. Por otra parte, en Estados Unidos observaron un porcentaje del 42.6 %, resultado inferior al de la presente investigación⁽³⁹⁾.

En el presente estudio se observó una relación entre la prevalencia de hematomas en las canales con el sexo de los animales, las hembras presentaron más hematomas que los machos; también, hubo influencia del tamaño de los cuernos, pues los bovinos con cuernos de tamaño mediano a largo presentaron más hematomas, estos fueron factores de riesgo significativos. En diferentes estudios se ha reportado el sexo de los bovinos como un factor de riesgo para la presentación y severidad de los hematomas, estos estudios coinciden en que las hembras presentan un riesgo mayor que los machos^(15,40,41). Por otra parte, la presencia de animales con cuernos en remolques de traslado ha mostrado una correlación positiva con la prevalencia de hematomas en la canal⁽⁴²⁾. Las hembras y la presencia de bovinos con cuernos mayores a 10 cm como factores relacionados con la presencia de hematomas es debido, en parte, a la

reactividad del animal como un reflejo en respuesta a las prácticas de manejo realizadas en el pre-sacrificio. Las diferencias físicas y estructurales entre los sexos, como el grosor de la piel y la cobertura de grasa, pueden influir en la percepción de hematomas en las canales. Los bovinos con cuernos tienden a ser dominantes, por lo que se incrementa la probabilidad de tener canales con hematomas⁽⁴³⁾. Debido a que los hematomas se pueden originar en la planta de sacrificio por instalaciones deficientes (salientes, puertas abatibles, etc.) y por un manejo inadecuado como golpes por parte de los operarios, golpes con las puertas de tipo guillotina y uso de picanas eléctricas, se pueden presentar características variables en los hematomas tales como diferencias en el color, la forma, el tamaño y el grado de severidad, así como variación en el sitio anatómico donde estas se observan⁽⁴⁴⁾. La variación en el color se usa como una referencia del tiempo transcurrido desde que se ocasionó el hematoma; el rojo brillante indica un hematoma reciente (0 a 10 h), el rojo oscuro aproximadamente 24 h y un hematoma amarillento es más antiguo (3 días)⁽¹⁶⁾. En este estudio prevalecieron los hematomas de color rojo brillante (93.8 %), con forma moteada (71.5 %), de tamaño pequeño (82.9 %) y de severidad grado 1, lo que sugiere que algunos hematomas con estas características pudieron ocasionarse previo al sacrificio en las mangas de arreo cuando los bovinos se dirigían al cajón de aturdimiento, al uso de dispositivos como tubos de plástico y picana eléctrica. La forma y el tamaño que presentan los hematomas al momento de la inspección de las canales indican el tipo de objeto que infligió el hematoma; además, el grado de severidad se relaciona con la intensidad con que se produjo⁽⁴⁵⁾. Al respecto, en un estudio encontraron hematomas que tenían forma circular en un 61.3 %, de tamaño pequeño en un 73.7 % y el 54.3 % de los hematomas fueron de grado 2⁽⁴⁶⁾.

En cuanto a la ubicación de los hematomas por planos anatómicos de la canal, los resultados obtenidos en el presente estudio mostraron que el plano derecho fue el más afectado, el hecho de que se presenten un mayor número de hematomas en el plano derecho de la canal, podría deberse a las posiciones de los operarios en las mangas de arreo y rampa de aturdimiento del rastro, puesto que se observó el uso frecuente de instrumentos de arreo. Al respecto, en un estudio en Uruguay se observó que el 58 % de las canales solo tenían hematomas en un lado, mientras que el 42 % de las canales presentaron hematomas en ambos lados⁽⁴⁷⁾. En otro trabajo, se observó que los hematomas observados en la zona de la espalda (90.5 %) se infringieron dentro del cajón de aturdimiento⁽⁴⁸⁾. En otro estudio, observaron que el lomo (29.7 %), costillar (14.4 %), flanco y espaldilla fueron las áreas anatómicas de las canales con mayor frecuencia de hematomas⁽⁴⁹⁾. Las regiones anatómicas que fueron frecuentemente más afectadas por hematomas corresponden a las regiones que están más expuestas al manejo en el rastro debido a la utilización de dispositivos y a sufrir golpes con la infraestructura de los mataderos, tales como las puertas de tipo guillotina. Algunos de los hallazgos de hematomas en las canales estarían relacionados con factores de manejo en la planta de sacrificio e infraestructura, sobre todo si se toma en cuenta que prevalecieron los hematomas causados por golpes de baja intensidad (moteados, pequeños y de grado 1) y en áreas anatómicas bien delimitadas.

Conclusiones e implicaciones

En el rastro se presentaron eventos relacionados con malas prácticas de manejo que impactan el bienestar de los bovinos sacrificados. Además, las fallas en la infraestructura propiciaron un comportamiento inadecuado de los animales en la rampa y el cajón de aturdimiento, lo anterior impidió que se realizara un aturdimiento efectivo, reflejándose en que los bovinos presentaron signos de retorno a la sensibilidad. Por otra parte, los hallazgos de los hematomas en las canales sugieren que algunos fueron causados durante el manejo previo al sacrificio en la planta. Las implicaciones de los resultados de la presente investigación indican que es necesaria la capacitación constante de los operarios y se requiere de inversiones en mejoras de la infraestructura, lo cual podría mejorar el proceso de aturdimiento de los bovinos y reducir las pérdidas económicas causadas por la presencia de hematomas, para así asegurar el bienestar animal y una mejor calidad e inocuidad de la carne de los bovinos faenados.

Literatura citada:

1. Da Silva-Frasão B, De Mattos-Nascimento MRB, De Oliveira-Costa HC, Morais HR, De Fátima-Carrijo K, Biase NG. Quantity, location, and description of bruises in beef cattle slaughtered under sanitary inspection. *Acta Sci Vet* 2014;42(1).
2. Steel CC, Lees AM, Tarr G, Dunshea FR, Bowler D, Cowley F, *et al.* Feedlot factors influencing the incidence of dark cutting in Australian grain-fed beef. *Animal* 2022;(12):1989. doi.org/ 10.3390/ani12151989.
3. Sánchez-Hidalgo M, Rosenfeld C, Gallo C. Associations between Pre-slaughter and cull cows. *Animals* 2019;(9):642. doi:10.3390/ani9090642.
4. Miranda-de la Lama GC, Estévez-Moreno LX, Sepúlveda WS, Estrada-Chavero MC, Rayas-Amor AA, Villorreal M, *et al.* Mexican consumers' perceptions and attitudes towards farm animal welfare and willingness to pay for welfare friendly meat products. *Meat Sci* 2017;(125):106-113. doi:10.1016/j.meatsci.2016.12.001.
5. NOM-033-SAG/ZOO-2014. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres.
6. Regatieri-Casagrande R, Alexander L, Edwards-Callaway LN. Effects of penetrating captive bolt gun model and number of stuns on stunning-related variables of cattle in a commercial slaughter facility. *Meat Sci* 2020;170:108231. doi:10.1016/j.meatsci.2020.108231.
7. Kline HC, Wagner DR, Edwards-Callaway LN, Alexander LR, Grandin T. Effect of captive bolt gun length on brain trauma and post-stunning hind limb activity in finished cattle *Bos taurus*. *Meat Sci* 2019;155:69-73. doi:10.1016/j.meatsci.2019.05.004.

8. Claudia-Terlouw EM, Bourguet C, Deiss V, Mallet C. Origins of movements following stunning and during bleeding in cattle. *Meat Sci* 2015;110:135-144. doi:10.1016/j.meatsci.2015.07.010.
9. Grandin T. Welfare problems in cattle, pigs, and sheep that persist even though scientific research clearly shows how to prevent them. *Animal* 2018;8(7). doi:10.3390/ani8070124.
10. Teiga-Teixeira P, Moura D, García-Díez J, Esteves A. Characterization of carcass bruises in cattle in Northern Portugal, a preliminary study. *Ital J Anim Sci* 2021;20(1):1168-1174. doi:10.1080/1828051X.2021.1957030.
11. Huertas SM, Kempener REAM, van Eerdenburg FJCM. Relationship between methods of loading and unloading, carcass bruising, and animal welfare in the transportation of extensively reared beef cattle. *Animal* 2018;8(7):3-10. doi:10.3390/ani8070119.
12. NOM-009-ZOO-1994. Proceso sanitario de la carne.
13. NOM-008-ZOO-1994. Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos.
14. Humane Slaughter Association. HSA, Humane Slaughter Association. Unit 10: Using the captive bolt. Wheathampstead, UK. 1995.
15. Hoffman LC, Lühl J. Causes of cattle bruising during handling and transport in Namibia. *Meat Sci* 2012;92(2):115-124. doi:10.1016/j.meatsci.2012.04.021.
16. Collins D, Huey RJ. Gracey's Meat Hygiene. 11th ed. UK, John Wiley & Sons; 2015.
17. Strappini AC, Frankena K, Metz JHM, Gallo B, Kemp B. Prevalence and risk factors for bruises in Chilean bovine carcasses. *Meat Sci* 2010;86(3):859-864. doi:10.1016/j.meatsci.2010.07.010.
18. Statistical Analysis System Institute. 2002 (SAS). Versión 9.0. USA.
19. Simon GE, Hoar BR, Tucker CB. Assessing cow-calf welfare. Part 2: Risk factors for beef cow health and behavior and stockperson handling. *J Anim Sci* 2016;94:3488-3500. doi:10.2527/jas2016-0309.
20. Özdemir S, Ekiz EE, Ekiz B. Effect of lairage duration on cattle behaviors and stockperson actions in the slaughter corridor in Simmental and Swiss Brown breeds. *Trop Anim Health Prod* 2022;54(2):1-7. doi:10.1007/s11250-022-03136-4.

21. Romero MH, Uribe-Velásquez LF, Sánchez JA, Rayas-Amor AA, Miranda-de la Lama GC. Conventional versus modern abattoirs in Colombia: Impacts on welfare indicators and risk factors for high muscle pH in commercial Zebu young bulls. *Meat Sci* 2017;123:173-181. doi:10.1016/j.meatsci.2016.10.003.
22. Hultgren J, Arvidsson-Segerkvist K, Berg C, Karlsson AH, Algiers B. Animal handling and stress-related behaviour at mobile slaughter of cattle. *Prev Vet Med* 2020;177:104959. doi:10.1016/j.prevetmed.2020.104959.
23. Miranda-de la Lama GC, Leyva IG, Barreras-Serrano A, Perez-Linarez C, Sánchez-Lopez E, María GA, *et al.* Assessment of cattle welfare at a commercial slaughter plant in the northwest of Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2012;44(3):497-504. doi:10.1007/s11250-011-9925-y.
24. Muñoz D, Strappini AC, Gallo C. Indicadores de bienestar animal para detectar problemas en el cajón de insensibilización de bovinos. *Arch Med Vet* 2012;44:297-302.
25. Miranda-de la Lama G, Genaro C. Transport and pre-slaughter logistics: definitions and current tendencies in animal welfare and meat quality. *Vet Mex* 2013;51(728):31-56.
26. Njisane YZ, Muchenje V. Pre-slaughter effects on bleed-out times and some behavioural and physiological responses of Nguni and non-descript steers. *South African J Anim Sci* 2017;47(1):79-90. doi:10.4314/sajas.v47i1.12.
27. Oliveira SEO, Gregory NG, Dalla Costa FA, Gibson TJ, Paranhos da Costa MJR. Efficiency of low versus high airline pressure in stunning cattle with a pneumatically powered penetrating captive bolt gun. *Meat Sci* 2017;130:64-68. doi:10.1016/j.meatsci.2017.04.007.
28. Humane Slaughter Association. International training workshop on welfare standards concerning the stunning and killing of animals in slaughterhouses or for disease control. *Hum Slaught Assoc* 2006;232.
29. Pérez-Linares C, Figueroa-Saavedra F, Estrada-Angulo A, Sanchez-Lopez E, Barreras-Serrano A, Bolado-Sarabia JL, *et al.* Indicadores de bienestar animal durante el aturdimiento de bovinos sacrificados en establecimientos Tipo Inspección Federal del noroeste de México. *Arch Med Vet* 2015;47(3):375-380. doi:10.4067/s0301-732x2015000300015.
30. Oliveira SEO, Gregory NG, Dalla Costa FA, Gibson TJ, Dalla Costa OA, Paranhos da Costa MJR. Effectiveness of pneumatically powered penetrating and non-penetrating captive bolts in stunning cattle. *Meat Sci* 2018;140(2017):9-13. doi:10.1016/j.meatsci.2018.02.010.

31. Atkinson S, Velarde A, Algers B. Assessment of stun quality at commercial slaughter in cattle shot with captive bolt. *Anim Welf* 2013;22(4):473-481. doi:10.7120/09627286.22.4.473.
32. Terlouw C, Bourguet C, Deiss V. Consciousness, unconsciousness and death in the context of slaughter. Part I. Neurobiological mechanisms underlying stunning and killing. *Meat Sci* 2016;118:133-146. doi:10.1016/j.meatsci.2016.03.011.
33. Oliveira SEO, Dalla Costa FA, Gibson TJ, Costa OAD, Coldebella A, Gregory NG. Evaluation of brain damage resulting from penetrating and non-penetrating stunning in Nelore Cattle using pneumatically powered captive bolt guns. *Meat Sci* 2018;145:347-351. doi:10.1016/j.meatsci.2018.07.016.
34. Wigham EE, Butterworth A, Wotton S. Assessing cattle welfare at slaughter – Why is it important and what challenges are faced? *Meat Sci* 2018;145:171-177. doi:10.1016/j.meatsci.2018.06.010.
35. EFSA. Statement on the use of animal-based measures to assess the welfare of animals. *EFSA J*. 2012;10(6):1-29. doi:10.2903/j.efsa.2012.2767.
36. Cruz-Monterrosa RG, Reséndiz-Cruz V, Rayas-Amor AA, López M, Miranda-de la Lama GC. Bruises in beef cattle at slaughter in Mexico: implications on quality, safety and shelf life of the meat. *Trop Anim Health Prod* 2017;49:145-152. doi:10.1007/s11250-016-1173-8.
37. Zanardi E, De Luca S, Alborali GL, Ianieri A, Varrà MO, Romeo C, *et al.* Relationship between bruises on carcasses of beef cattle and transport-related factors. *Animal* 2022;1997. doi:10.3390/ani12151997.
38. Sánchez-Pérez JN, Robles-Estrada JC, Portillo-Loera JJ, Rios-Rincon FG, Leyva-Medina KH, Acuña-Melendrez OS, *et al.* Prevalencia, caracterización y factores de riesgo asociados a contusiones en canales bovinas en una planta de sacrificio en Sinaloa, México. *Biotecnia* 2019;21(3):114-120. doi:10.18633/biotecnia.v21i3.1041.
39. Kline HC, Weller ZD, Grandin T, Algino RJ. From unloading to trimming: studying bruising in individual slaughter cattle. *Transl Anim Sci* 2020;(2017):1-9. doi:10.1093/tas/txaa165.
40. Bethancourt-Garcia JA, Vaz RZ, Vaz FN, Barros-Silva W, Pascoal LL, Sousa-Mendonça F, *et al.* Pre-slaughter factors affecting the incidence of severe bruising in cattle carcasses. *Livest Sci* 2019;41-48. doi:10.1016/j.livsci.2019.02.009.

41. Mendonça FS, Vaz RZ, Cardoso FF, Restle J, Vaz FN, Pascoal LL, Reinman FA, *et al.* Pre-slaughtering factors related to bruises on cattle carcasses. *Anim Prod Sci* 2018;58(2):385-392. doi:10.1071/AN16177.
42. Huertas SM, Gil AD, Piaggio JM, Van Eerdenburg FJCM. Transportation of beef cattle to slaughterhouses and how this relates to animal welfare and carcasses bruising in an extensive production system. *Anim Welf* 2010;19(3):281-285.
43. Mendonça FS, Vaz RZ, Leal WS, Restle J, Pascoal LL, Vaz MB, *et al.* Genetic group and horns presence in bruises and economic losses in cattle carcasses. *Cien Agrar* 2016;37(6):4265-4274. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n6p4265.
44. Mpakama T, Chulayo AY, Muchenje V. Bruising in slaughter cattle and its relationship with creatine kinase levels and beef quality as affected by animal related factors. *Asian-Australasian J Anim Sci* 2014;27(5):717-725. doi:10.5713/ajas.2013.13483.
45. Strappini AC, Frankena K, Metz JHM, Gallo C, Kemp B. Characteristics of bruises in carcasses of cows sourced from farms or from livestock markets. *Animal* 2012;6(3):502-509. doi:10.1017/S1751731111001698.
46. Romero MH, Uribe-Velásquez LF, Sánchez JA, Miranda-de la Lama GC. Risk factors influencing bruising and high muscle pH in Colombian cattle carcasses due to transport and pre-slaughter operations. *Meat Sci* 2013;95(2):256-263. doi:10.1016/j.meatsci.2013.05.014.
47. Huertas SM, van Eerdenburg F, Gil A, Piaggio J. Prevalence of carcass bruises as an indicator of welfare in beef cattle and the relation to the economic impact. *Vet Med Sci* 2015;1(1):9-15. doi:10.1002/vms3.2.
48. Strappini AC, Metz JHM, Gallo C, *et al.* Bruises in culled cows: When, where and how are they inflicted? *Animal* 2013;7(3):485-491. doi:10.1017/S1751731112001863.
49. Eastwood LC, Boykin CA, Harris MK, *et al.* National Beef Quality Audit-2016: Transportation, mobility, and harvest-floor assessments of targeted characteristics that affect quality and value of cattle, carcasses, and by-products. *Transl Anim Sci* 2017;1(2):229-238. doi:10.2527/tas2017.0029.