

Correlación entre indicadores conductuales de bienestar animal y propiedades fisicoquímicas de la carne bovina

Relationship between behavioral indicators of animal welfare and physicochemical properties of beef

Hurley Quispe^{1,2}, Ilse Cayo-Colca¹, José Saucedo¹

RESUMEN

El estudio se desarrolló en el Centro de Beneficio Municipal de Chachapoyas, Amazonas, Perú, entre enero y octubre del 2017, con el objetivo de determinar la correlación entre los indicadores conductuales de bienestar animal durante el faenado y las propiedades fisicoquímicas de la carne. Se trabajó con 99 bovinos clasificados por sexo, edad y grupo racial. Se relacionó las etapas de faenado (conducción, sujeción, derribo y desangrado) con los indicadores conductuales de bienestar animal (golpes, torceduras de cola, gritos del operario, resbalones, caídas, vocalizaciones, intentos de incorporación, puntillazos al derribo, puntillazos totales, tiempos de cada etapa y tiempo entre derribo y desangrado). Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas en el músculo *Longissimus dorsi* entre la quinta y séptima costilla. Los resultados indican que el derribo fue la etapa más crítica del sacrificio por la mayor ocurrencia de eventos de los indicadores. No hubo diferencias entre pH_0 , pH_1 y pH_{24} entre grupos; sin embargo, hubo diferencias de las pérdidas por goteo según grupo racial ($p < 0.05$). El número de golpes, torceduras de cola, gritos del operario, resbalones, caídas, puntillazos al derribo, vocalizaciones, intentos de incorporación y puntillazos totales están relacionados al tiempo de cada etapa del sacrificio. ($p < 0.05$) Por otro lado, solo el pH_0 estuvo relacionado con el pH_1 ($R = 0.44$, $R^2 = 0.19$), donde las ecuaciones de regresión tuvieron coeficientes de correlación y determinación de medio a bajo ($p < 0.05$). En conclusión, existe correlación significativa de media a baja entre los indicadores conductuales y las propiedades fisicoquímicas de la carne, las cuales pueden ser predichas por tales indicadores conductuales mediante ecuaciones de regresión con coeficientes de correlación y determinación de similar valor.

Palabras clave: bienestar animal; indicadores conductuales; faenado tradicional; calidad de la carne; correlaciones; regresión lineal

¹ Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú

² E-mail: hurleyabelqc@gmail.com

Recibido: 11 de abril de 2018

Aceptado para publicación: 18 de octubre de 2018

ABSTRACT

The study was conducted in the slaughterhouse of Chachapoyas, Amazonas, Peru, between January and October 2017, with the aim to determine the correlation between the behavioral indicators of animal welfare during the slaughter and the physicochemical properties of the beef. Ninety-nine bovines were classified by sex, age and breed group. The slaughter stages (conduction, subjection, shoot down and bleeding) were related with the behavioral indicators of animal welfare (blows, tail twists, operator shouts, slips, falls, vocalizations, attempts to incorporate, punctures to pull down, total punctures, times of each stage and time between pull down and bleeding). The physicochemical properties in the *Longissimus dorsi* muscle between the fifth and seventh ribs were evaluated. The results indicated that shoot down was the most critical stage of the slaughter due to the greater occurrence of indicator events. There were no differences between pH_0 , pH_1 and pH_{24} between groups ($p < 0.05$); however, there were differences in drip losses according to breed group. The number of blows, tail twists, operator shouts, slips, falls, punctures to the pull down, vocalizations, attempts of incorporation and total punctures were related to the time of each stage of the slaughter ($p < 0.05$). On the other hand, only pH_0 was related to pH_1 ($R = 0.44$, $R^2 = 0.19$), where the regression equations had correlation coefficients and determination of medium to low ($p < 0.05$). In conclusion, there is a significant correlation of medium to low between the behavioral indicators and the physicochemical properties of the beef, which can be predicted by such behavioral indicators by means of regression equations with correlation coefficients and determination of similar value.

Key words: animal welfare; behavioral indicators; traditional slaughter; meat quality; correlations; lineal regression

INTRODUCCIÓN

La conceptualización del bienestar animal se fundamenta en las cinco libertades de los animales, como libres de hambre y sed, libres de molestias e incomodidad, libres de dolor, libres de lesiones y enfermedades, y libres para expresar comportamientos normales (miedo y angustia) (Huertas, 2009). Dentro del aspecto científico, la cuantificación del bienestar animal en función al comportamiento se fundamenta en las características anatómicas y etológicas de los animales para la generación de directrices que conlleven un manejo eficiente de acuerdo con su raza, edad, temperamento y experiencias previas. Esta cuantificación solo requiere de un evaluador capacitado, no representa un estrés adicional para los animales, y es viable bajo condiciones comerciales (Sejian *et al.*, 2011; Cobo *et al.*, 2012; OIE, 2016).

Los bovinos son susceptibles al estrés por elementos distractores de los mataderos, como reflejos metálicos, suelos húmedos, zonas oscuras, movimiento de gente, callejones sin salida, objetos que cuelgan, ruidos fuertes, etc. (OIE, 2013). Romero *et al.* (2012a), en Colombia, observaron los signos de insensibilidad, deslizamientos y caídas, duración de sangría, etc., y concluyeron que los centros de beneficio tienen problemas graves que afectan el bienestar animal. Por esta razón, el OIE (2016) presenta algunas directrices para el manejo adecuado durante la descarga, conducción, sujeción, aturdimiento y desangrado.

Por otro lado, las propiedades físico-químicas del músculo como pH y capacidad de retención de agua están sujetas a diversos factores que pueden ocurrir durante las 24 horas previas al sacrificio y en el *post*

mortem. Un pH por debajo del punto isoeléctrico de las proteínas genera liberación del agua extracelular por contracción de las miofibrillas (*rigor mortis*) (Ocampo *et al.*, 2009), que al ser desnaturalizadas no podrán mantenerla ligada (Arango y Restrepo, 2003). Así mismo, un elevado estrés en el *pre-mortem* provocará altos niveles de adrenalina promoviendo la degradación de glucógeno muscular y dependiendo de la velocidad de descenso del pH se distinguirán carnes DFD (*dry, firm and dark*) y PSE (*pale, soft and exudative*) (Braña *et al.*, 2011), las cuales se diferencian por la cantidad de agua liberada.

Las carnes PSE son frecuentes en cerdos severamente estresados justo antes del sacrificio y por predisposición genética a sufrir estrés (gen halotano), provocando procesos bioquímicos en el músculo que descomponen rápidamente el glucógeno y en consecuencia la carne se vuelve pálida y tiene un pH de 5.4-5.6 a los 45 minutos del sacrificio (Chambers y Grandin, 2001). En cambio, las carnes DFD son frecuentes en vacunos y ovinos, producidas por un lento descenso del pH en el *post mortem* generado por escasas reservas de glucógeno muscular por estrés en el prefaenado, logrando un pH final de 6.0-6.8, siendo más susceptibles a la proliferación de microorganismos (Braña *et al.*, 2011), afectando la inocuidad y vida útil de la carne (Blokhuis *et al.*, 2008). Tarrant *et al.* (1992) y Ferguson y Warner (2008) reportaron que la carne de reses estresadas tiene menor calidad manifestada en su coloración oscura (DFD), que es motivo de rechazo por el consumidor, decomisos a nivel industrial y disminución del valor comercial (Linares *et al.*, 2007).

En ese sentido, evaluar indicadores conductuales durante el sacrificio ayuda a identificar malas prácticas de manejo y comportamientos abusivos de los operarios hacia los animales en los centros de beneficio (Sejian *et al.*, 2011), y pueden servir para evaluar su impacto sobre el bienestar animal, así como sobre la calidad e inocuidad de la

carne (Romero *et al.*, 2012b). Por lo tanto, en este estudio se planteó determinar el grado de correlación existente entre los indicadores conductuales de bienestar animal durante el faenado y las propiedades fisicoquímicas de la carne (pH y pérdidas por goteo).

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del Estudio y Animales

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Beneficio Municipal (CBM) de Chachapoyas, Amazonas, Perú, entre enero y octubre de 2017. Se evaluaron 99 canales de bovinos procedentes de ferias ganaderas locales, que fueron clasificadas y agrupadas por sexo (25 machos y 74 hembras), edad (según cronometría dentaria, 22 bovinos hasta los 2 años, 20 bovinos entre 2.5 y 3.5 años y 19 bovinos de 4 años a más) y grupo racial (51 bovinos Brown Swiss cruzados y 48 bovinos criollos).

Proceso de Faenado

Se registró el proceso de faenado con una cámara filmadora (Canon PowerShot SX710HS, Japón) a una distancia razonable para no perturbar la labor de los operarios. Los animales fueron seleccionados al azar por los operarios. Se utilizó el sistema de faenado tradicional del CBM de Chachapoyas, que consistió en las siguientes etapas: conducción (del área de descanso al área de faenado), sujeción (método de sogá en el cuello), derribo (impacto de puntillazo en la articulación atlanto-occipital) y desangrado (inserción de cuchillo en el tórax).

Indicadores Conductuales de Bienestar Animal

Se registraron, según Romero *et al.* (2012a) y a criterio de los autores, los siguientes indicadores conductuales:

Efectuados por el operario

- Golpes: impactos con el uso de fuerza por parte de los operarios, con las manos, pies (patadas) o utilizando varas, palos, sogas, etc., para estimular el avance de los bovinos.
- Torceduras de cola: arqueamientos intencionales de la cola de los bovinos respecto a su eje vertebral, ejercida por los operarios para causarles dolor y promover su avance.
- Gritos del operario: silbidos y gritos fuertes emitidos por los operarios para producir miedo en los bovinos y promover su avance.
- Puntillazos para el derribo: número de impactos de una puntilla o cuchillo en la articulación atlanto-occipital y que provocó desplome irreversible del animal.
- Puntillazos totales: número de impactos de una puntilla o cuchillo en la articulación atlanto-occipital después del desplome irreversible, para asegurar la inmovilidad durante el desangrado.

Efectuados por el animal (presente o ausente)

- Resbalones: pérdida de equilibrio temporal de los bovinos interfiriendo con su marcha natural, sin que otra parte del animal aparte de las pezuñas toque el suelo.
- Caídas: pérdidas severas de equilibrio como consecuencia de algunos resbalones, donde otras partes del animal diferentes a las pezuñas tocan el suelo.
- Vocalizaciones: mugidos intencionales (excluye jadeos, suspiros o gemidos) durante el puntillazo y el desangrado.
- Intentos de incorporación: flexiones de extremidades para intentar ponerse de pie, elevaciones de cabeza o cuello, incluso luego del aparente desplome irreversible de los animales.

En el proceso de faenado

- Tiempo de conducción: desde el área de descanso hasta el área de faenado.
- Tiempo de sujeción: desde el ingreso al área de faenado hasta la sujeción del cuello del bovino.
- Tiempo de sujeción con puntilla: desde la sujeción del cuello hasta el desplome irreversible de los bovinos.
- Tiempo entre derribo y desangrado: desde el desplome irreversible de los bovinos hasta la sección de los vasos que irrigan el corazón.
- Tiempo de desangrado: desde la sección de los vasos que irrigan el corazón hasta el cese visible del flujo continuo de sangre o inicio de actividades posteriores.

Propiedades Físicoquímicas de la Carne

pH

Se evaluó según lo descrito por Mariño *et al.* (2005), mediante la inserción del electrodo del potenciómetro portátil para carnes y embutidos (HI99163, Hanna Instruments), con precisión de 0.01 y corrección automática de temperatura, en un corte de aproximadamente 1 cm de largo por 5 cm de profundidad dentro del músculo *Longissimus dorsi* en la porción entre la quinta y séptima costilla. El pH inicial (pH_0) se midió en la sala de oreo. Posteriormente, se midió en el laboratorio a la primera hora (pH_1) y a las 24 h *post mortem* (pH_{24}), en muestras de 35 g obtenidas de la misma canal y que fueron refrigeradas a 4 °C. Se tomó el promedio de dos lecturas por muestra, calibrando el equipo para cada día de evaluación.

Pérdidas por goteo

Se utilizó el método de goteo por gravedad (*drip loss*) empleado por Honikel y Hamm (1994), y Morón-Fuenmayor y Zamorano (2004) con las mismas muestras

obtenidas para la evaluación del pH. Las muestras fueron trozadas (3.0 cm de largo, 0.5 cm de ancho y 0.5 cm de espesor), longitudinalmente a la fibra muscular, pesadas en balanza analítica (Sartorius ED224S, Alemania) con precisión de 0.1 mg, y suspendidas en el centro de frascos herméticos de polietileno para evitar que rocen con las paredes. Se almacenaron en refrigeración a 4 °C por 24 h. Finalmente las muestras fueron pesadas para calcular las pérdidas por goteo (PG) con la siguiente fórmula: $PG (\%) = ((\text{peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial}) * 100$.

Análisis Estadístico

Se analizó la normalidad de las variables cuantitativas con la prueba de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene para determinar el uso de pruebas paramétricas y no paramétricas. Los indicadores conductuales de bienestar animal fueron analizados con estadística descriptiva y con la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$) y U de Mann-Whitney ($p < 0.05$) según el número de grupos comparables. El pH inicial y a la primera hora fueron sometidos a un análisis de varianza y comparados con la prueba de t para muestras independientes ($p < 0.05$). El pH final y la PG fueron analizados con la prueba de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney. Las correlaciones fueron analizadas con coeficientes de Pearson ($p < 0.05$) y la regresión lineal con el método de pasos sucesivos y los residuos estandarizados, en la versión de prueba del programa SPSS v.15.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestra el porcentaje de bovinos que experimentaron al menos un evento de los indicadores conductuales de bienestar animal evaluados durante el proceso de faenado. La mayor frecuencia de golpes se registró durante el derribo ($p < 0.05$). Además, durante esa etapa, el 30.3% de los animales emitieron vocalizaciones y el 42.4%

intentaron incorporarse. Por lo tanto, se podría considerar a la etapa del derribo como crítica para el bienestar animal, en concordancia con lo reportado por Ferguson y Warner (2008). No hubo diferencias entre el porcentaje de animales que recibieron torceduras de cola, gritos del operario o sufrieron resbalones durante las etapas del faenado.

Tomando en cuenta los estándares para la evaluación del bienestar animal en plantas de faenado (Grandin, 1998), la ocurrencia de eventos indica «problemas graves» en el CBM, principalmente respecto a resbalones y caídas, que tienen una tolerancia máxima de $< 3\%$ y $< 1\%$, respectivamente. Los altos porcentajes de resbalones y caídas registradas en este estudio podrían mejorarse instalando retículas en el piso del área de faenado. De igual forma, la tolerancia máxima de vocalizaciones ($< 10\%$) (Grandin, 1998), está muy lejos de lo hallado en este estudio, reflejando un «problema grave» durante el derribo, posiblemente por la ausencia de un método de aturdimiento o falta de capacitación de los operarios.

En el Cuadro 2 se muestra la media del número de eventos de los indicadores conductuales durante el faenado, así como el tiempo que demandó cada fase del faenado. En general, la desviación estándar de la media de eventos fue alta, lo que es corroborado por Romero *et al.* (2012a), quienes afirman que la eficiencia o ineficiencia del faenado depende del manejo del operario y la variabilidad de su temperamento, así como el de los animales. Por otro lado, los resbalones, caídas, vocalizaciones, torceduras de cola, golpes y gritos del operario fueron menores a los reportados por Romero *et al.* (2017) en una planta de beneficio convencional, probablemente debido a que la velocidad de procesamiento del CBM de Chachapoyas es menor por la cantidad de bovinos beneficiados diariamente. El tiempo promedio entre el derribo y el desangrado fue de 46 ± 33 segundos.

Cuadro 1. Frecuencia (%) de animales con uno o más eventos de indicadores conductuales durante el faenado (n=99)

	Etapas del faenado				P-valor
	Conducción	Sujeción	Derribo	Desangrado	
Golpes	12.1	15.2	30.3	-	0.00
Torceduras de cola	36.4	27.3		-	0.36
Gritos del operario	15.2	21.2	13.1	-	0.70
Resbalones	-	24.2	30.3	-	0.34
Caídas	-	6.1	-	-	-
Vocalizaciones	-	-	30.3	4.0	0.00
Intentos de incorporación	-	-	42.4	3.0	0.00

Cuadro 2. Media de indicadores conductuales de bienestar animal (número por animal) en el proceso de faenado

	Conducción	Sujeción	Derribo	Desangrado
Golpes	0.79±3.22	0.52±1.49	0.88±2.04	
Torceduras de cola	1.51±2.84	0.83±1.87		
Gritos del operario	0.39±1.13	0.60±1.68	0.33±1.15	
Resbalones		0.30±0.60	0.64±1.27*	
Caídas		0.07±0.29		
Puntillazos al derribo			2.06±1.48	
Vocalizaciones			1.10±2.63	0.10±0.65
Intentos de incorporación			0.79±1.36	0.05±0.30
Puntillazos totales			7.57±4.23	
Tiempo (minutos)	00:43±00:39	00:55±00:58	02:05±02:23	02:28±00:43

Cuadro 3. Correlaciones entre propiedades fisicoquímicas de la carne bovina e indicadores conductuales de bienestar animal durante la conducción en el proceso de faenado

	Conducción			
	Golpes	Torcedura de cola	Gritos	Tiempo
pH ₀	0.05	0.08	-0.08	-0.10
pH ₁	0.18*	0.20*	-0.02	0.04
pH ₂₄	0.09	0.02	0.25*	0.33*
Pérdida por goteo	0.12	0.13	-0.01	0.04
Golpes		0.46*	0.26*	0.37*
Torcedura de cola			0.20*	0.47*
Gritos				0.41*

(*) Indica correlación significativa (p<0.05) mediante prueba de Pearson

Cuadro 4. Correlaciones entre propiedades fisicoquímicas de la carne bovina e indicadores conductuales de bienestar animal durante la sujeción en el proceso de faenado

	Sujeción					
	Golpes	Resbalones	Caídas	Torcedura de cola	Gritos	Tiempo
pH ₀	0.09	0.02	0.03	-0.00	0.02	0.21*
pH ₁	-0.04	-0.18*	-0.00	-0.07	-0.12	0.02
pH ₂₄	0.09	0.07	-0.04	-0.07	-0.07	0.11
Pérdida por goteo	0.05	0.02	0.20*	0.14	-0.03	-0.01
Golpes en conducción	0.22*	-0.00	0.54*	0.36*	-0.06	0.27*
Torcedura de cola en conducción	-0.01	0.02	0.15	0.44*	-0.12	0.12
Gritos en conducción	-0.07	0.09	0.04	0.11	-0.08	0.01
Tiempo de conducción	-0.05	0.01	0.12	0.30*	-0.02	0.11
Golpes en sujeción		0.32*	0.26*	0.38*	0.47*	0.23*
Resbalones en sujeción			0.05	0.29*	0.34*	0.31*
Caídas en sujeción				0.45*	0.06	0.26*
Torceduras de cola en sujeción					0.27*	0.26*
Gritos en sujeción						0.14

(*) Indica correlación significativa ($p < 0.05$) mediante prueba de Pearson

No hubo diferencias significativas entre el número de golpes, torceduras de cola, gritos de operario, caídas, puntillazos al derribo, vocalizaciones, intentos de incorporación, puntillazos totales, tiempo entre derribo y desangrado, y tiempo de cada etapa, según sexo, grupo etario o grupo racial. Solo se encontraron diferencias ($p < 0.05$) entre el número de resbalones de machos (1.2) y hembras (0.5) durante el derribo, observándose que el 56% de los toros sufrieron al menos un resbalón en esta etapa; frecuencia similar al reporte de Romero *et al.* (2012b). Los resbalones son movimientos bruscos que se dan en superficies deslizantes como los pisos de concreto lisos y húmedos del área de faenado (Romero *et al.*, 2017) y a las características podales de los bovinos. Posiblemente, el impacto del puntillazo durante el derribo produce sobresaltos debido al dolor, el cual aunado al peso del animal generan mayor desequilibrio y más resbalones.

No hubo diferencias significativas entre el número de vocalizaciones entre grupos, pero si se halló asociación significativa ($p < 0.05$) entre vocalizaciones y edad, donde el 47.4% de bovinos de 4 años a más emitieron al menos una vocalización durante el derribo. Romero *et al.* (2012b) reportan menos vocalizaciones (0.13) y menor porcentaje de bovinos que vocalizaron al menos una vez (9.8%), posiblemente debido al método de insensibilización empleado. Las vocalizaciones pueden ser emitidas por animales muy excitados e indican reactividad, pero también dependen de la eficiencia del puntillazo, la conducta individual del bovino (por ejemplo, bovinos con altos niveles de estrés podrían no vocalizar ni intentar incorporarse), o el umbral de dolor diferente en cada individuo que desencadena vocalizaciones (Grandin, 1998, 2010).

Cuadro 5. Correlaciones entre propiedades fisicoquímicas de la carne bovina e indicadores conductuales de bienestar animal durante el derribo en el proceso de faenado

	Derribo							
	Resb.	Torc. y golpes	Gritos	Puntillazo	Vocal.	Int. incorp	Punt. total	Tiempo
pH ₀	0.02	0.15	-0.01	-0.10	0.01	-0.42*	-0.25*	0.24*
pH ₁	-0.08	0.13	-0.02	-0.16	0.00	-0.17*	0.00	0.29*
pH ₂₄	0.30*	0.12	0.05	0.17*	0.02	-0.09	0.05	0.22*
Pérdida por goteo	0.05	0.05	0.01	0.15	0.11	-0.04	-0.00	0.00
Golpes en conducción	-0.03	-0.05	-0.06	0.01	0.02	-0.02	-0.05	-0.11
Torcedura de cola en conducción	-0.01	0.09	-0.02	-0.06	-0.05	0.03	-0.10	0.16
Gritos en conducción	0.21*	-0.12	-0.10	0.00	-0.05	-0.06	-0.08	-0.00
Tiempo de conducción	0.14	-0.07	-0.08	0.00	-0.10	-0.02	-0.11	-0.04
Golpes en sujeción	-0.07	0.25*	0.14	-0.06	0.01	0.00	0.09	-0.08
Resbalones en sujeción	0.13	0.01	-0.06	0.04	0.02	-0.01	0.00	-0.01
Caídas en sujeción	0.07	-0.09	-0.04	0.04	0.16	-0.01	-0.02	-0.10
Torceduras de cola en sujeción	-0.16	-0.09	-0.08	-0.11	-0.15	-0.12	-0.18*	-0.16
Gritos en sujeción	-0.11	-0.09	-0.09	-0.09	0.06	0.06	0.01	-0.11
Tiempo en sujeción	0.17*	0.15	0.03	0.02	0.31*	-0.00	0.09	-0.02
Resbalones en puntillazo		0.08	0.21*	0.36*	0.39*	-0.00	0.24*	0.36*
Torceduras de cola y golpes en puntillazo			0.60*	0.02	-0.03	0.07	-0.01	0.22*
Gritos en puntillazo				0.05	0.11	0.10	0.13	0.13
Puntillazos para el derribo					0.20*	0.09	0.45*	0.28*
Vocalizaciones en puntillazo						0.23*	0.41*	0.01
Intentos de incorporación							0.33*	-0.03
Puntillados totales							1.00	0.15

(*) Indica correlación significativa ($p < 0.05$) mediante prueba de Pearson

Cuadro 6. Correlaciones entre propiedades fisicoquímicas de la carne bovina e indicadores conductuales de bienestar animal durante el desangrado en el proceso de faenado

	Desangrado			
	Tiempo desangrado derribo	Vocal.	Int. Incorp.	Tiempo
pH ₀	-0.26*	-0.01	-0.02	-0.14
pH ₁	0.04	-0.09	-0.08	-0.10
pH ₂₄	0.01	-0.00	-0.10	-0.03
Pérdida por goteo	0.06	-0.09	-0.12	-0.05
Golpes en conducción	0.10	-0.04	-0.04	-0.08
Torcedura de cola en conducción	-0.01	-0.08	-0.09	-0.05
Gritos en conducción	-0.05	-0.01	0.00	0.05
Tiempo de conducción	-0.07	-0.04	-0.06	-0.20*
Golpes en sujeción	0.24*	-0.03	-0.06	-0.11
Resbalones en sujeción	0.16	-0.00	-0.09	-0.15
Caídas en sujeción	0.01	-0.04	-0.04	-0.03
Torceduras de cola en sujeción	-0.14	-0.04	-0.04	-0.11
Gritos en sujeción	0.16	-0.06	-0.06	0.05
Tiempo en sujeción	0.13	-0.04	-0.01	-0.09
Resbalones en puntillazo	0.10	-0.04	0.05	0.01
Torceduras de cola y golpes en puntillazo	-0.03	-0.07	-0.07	0.06
Gritos en puntillazo	0.09	-0.05	-0.05	0.07
Puntillazos para el derribo	0.15	0.15	-0.03	0.13
Vocalizaciones en puntillazo	0.37*	-0.03	-0.07	-0.01
Intentos de incorporación	0.57*	-0.07	-0.05	0.08
Puntillados totales	0.64*	0.05	0.04	0.12
Tiempo de derribo	0.09	-0.09	0.06	0.05
Tiempo entre derribo y desangrado		0.01	0.02	-0.07
Vocalizaciones en desangrado			0.03	0.10
Intento de incorporación				0.05

(*) Indica correlación significativa ($p < 0.05$) mediante prueba de Pearson

El pH de la carne fue de 6.50 ± 0.25 , 6.60 ± 0.27 y 5.69 ± 0.22 a las 0, 1 y 24 h *post mortem*, respectivamente. El pH final fue similar a los reportados en bovinos *Bos taurus* (Aldai *et al.*, 2012; Ripoll *et al.*, 2013), en cerdos (Alarcón *et al.*, 2006) y en conejos (Cornejo-Espinoza *et al.*, 2016). Sin embargo, fue mayor a lo reportado por otros autores en bovinos *Bos taurus* (Sañudo *et al.*,

1998; Mariño *et al.*, 2005; Bispo *et al.*, 2010) y en cerdos (López *et al.*, 2016), posiblemente debido a la presencia de aturdimiento en el proceso o al tipo de músculo evaluado. Así mismo, tampoco hubo diferencias significativas entre los valores de pH según sexo, grupo etario o grupo racial (Figura 1), coincidiendo con Onega (2003) y Sañudo *et al.* (1998). Sin embargo, Hargreaves *et al.*

(2004) afirman diferencias entre machos y hembras debido a la conducta sexual y social, así como entre edades.

Se halló pérdidas por goteo (PG) de $3.10 \pm 2.20\%$ con alta desviación estándar en los grupos evaluados (Figura 2). Este resultado es similar a los reportados en cerdos (Loneragan *et al.*, 2001; Genot, 2003; Ocampo *et al.*, 2009; López *et al.*, 2016), pero mayor a los reportes en bovinos (Morón-Fuenmayor y Zamorano, 2004; Hernández *et al.*, 2013). Esta diferencia podría deberse al método de sacrificio empleado o al tipo de músculo evaluado.

Se encontró diferencia significativa en PG por efecto del grupo racial ($p < 0.05$), mas no así debido al sexo o grupo etario (Figura 2). Las PG de carne de bovinos Brown Swiss cruzados (2.74%) fue significativamente menor ($p < 0.05$) al de bovinos criollos (3.48%) (Figura 2). Esta diferencia podría deberse a una mayor susceptibilidad de los bovinos criollos a episodios estresantes (como en la aplicación del puntillazo durante el derribo). Al respecto, Romero *et al.* (2017) mencionan que el estrés incrementa la secreción de adrenalina y causa reacciones que generan descenso del glucógeno muscular produciendo un pH final alto y, por lo tanto, se evita la liberación del agua extracelular. Sin embargo, en este caso se produjo mayor PG, probablemente debido a que las catecolaminas estimulan el metabolismo del glucógeno y aceleran la producción y acumulación de ácido láctico en el músculo, desestabilizando las membranas lisosomales y activando proteasas, catepsinas y glucoronidasas, que finalmente se traducen en la desnaturalización de las proteínas y liberación de mayor cantidad de agua (Calkins *et al.*, 1987).

Las correlaciones entre los indicadores conductuales y las propiedades fisicoquímicas de la carne se muestran en los cuadros 3, 4, 5 y 6. Durante la conducción, el tiempo está directamente correlacionado ($p < 0.05$) al número de golpes, torceduras de cola y gritos del operario. Lo mismo sucede con el tiempo

de sujeción y derribo, agregando los resbalones, caídas y número de puntillazos al derribo. Así mismo, el tiempo entre derribo y desangrado está correlacionado con las vocalizaciones, intentos de incorporación y número de puntillazos totales.

La correlación significativa entre la mayor cantidad de ocurrencia de eventos de los indicadores conductuales con el mayor tiempo de cada etapa coincide con lo reportado por Romero *et al.* (2017) y Muñoz *et al.* (2012), donde a mayor tiempo se incrementa la probabilidad de forcejeo y ocurrencia de eventos estresantes. Generalmente, los eventos de golpes, torceduras de cola y gritos del operario durante la etapa de conducción están relacionados con la ocurrencia de estos durante la sujeción y el derribo (Cuadros 3, 4 y 5). Por otro lado, la relación entre los golpes, torceduras de cola y gritos del operario con los resbalones y caídas de los bovinos se explica por la interacción negativa de los animales con los humanos por un manejo violento e intensas señales acústicas (Waynert *et al.*, 1999), causándoles miedo, mayor riesgo de lesiones en los animales y riesgos al operario (Drudi, 2000; Romero *et al.*, 2013). Durante el derribo, más resbalones están relacionados al número de puntillazos ineficaces que no consiguen el derribo, y más vocalizaciones e intentos de incorporación están relacionados al número de puntillazos totales. Además, los bovinos vocalizan e intentan incorporarse más veces, luego del derribo aparentemente irreversible y aumentan cuando el intervalo entre derribo y desangrado es mayor. Según Gregory *et al.* (2010) el tiempo entre aturdimiento y desangrado mayor a 60 segundos incrementa el sufrimiento.

Se halló correlación significativa ($p < 0.05$) entre el pH_0 y el pH_1 ($R = 0.44$, $R^2 = 0.19$); y se determinó la siguiente ecuación de regresión: $Y = 3.413 + 0.491X$, donde Y es el pH_1 y X es el pH_0 . Otras correlaciones entre pH en diferentes momentos o entre pH y PG no fueron significativas, contrastando con el reporte de Lee *et al.* (2000), quienes indican que la PG puede ser predicha por la

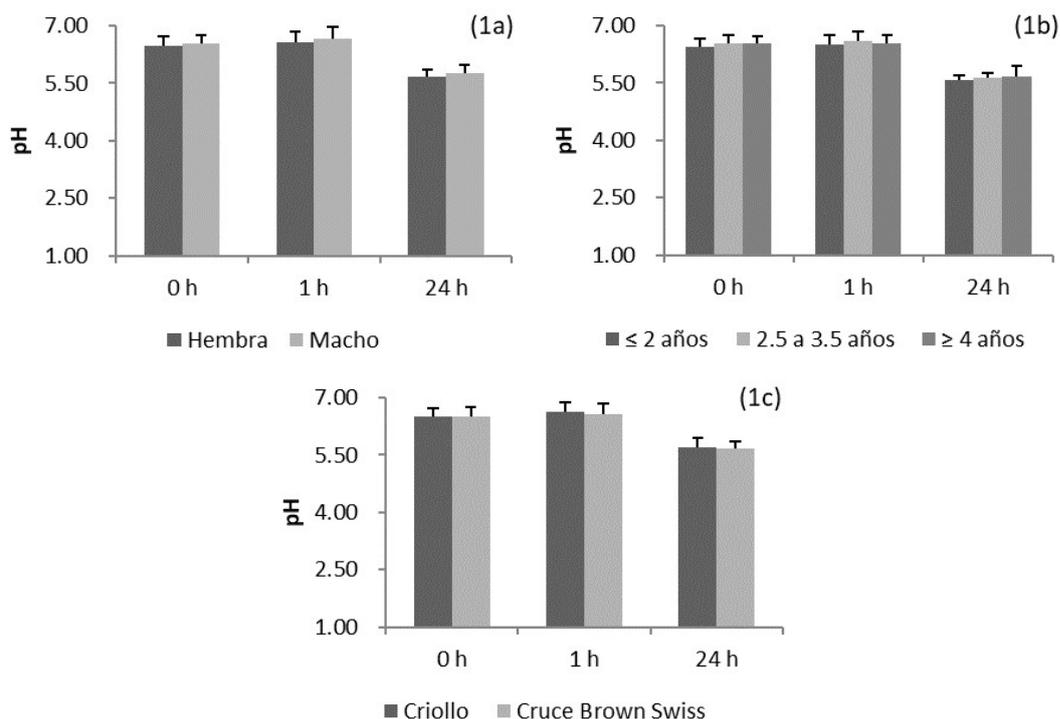


Figura 1. pH de la carne bovina (+DS) a las 0, 1 y 24 horas *post mortem*, según sexo (1a), grupo etario (1b) y grupo racial (1c)

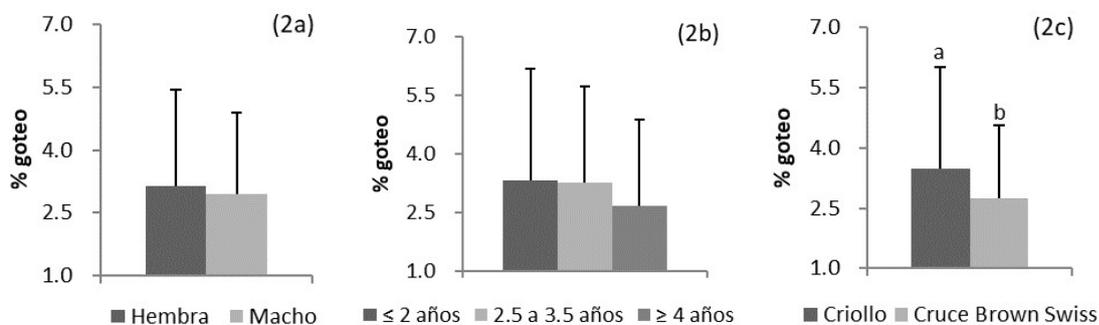


Figura 2. Pérdidas por goteo de la carne bovina (+DS), según sexo (2a), edad (2b) y grupo racial (2c). ^{a,b} indican diferencias significativas ($p < 0.05$) en columnas agrupadas mediante U de Mann-Whitney

conductividad eléctrica y el pH final, probablemente porque el proceso tradicional de faenado y ausencia de aturdimiento alteran el patrón de descenso del pH, dificultando la estimación de su efecto sobre las pérdidas por goteo (PG).

Según los indicadores conductuales de bienestar animal, el pH_0 ($p < 0.05$) puede ser determinado por la ecuación: $pH_0 = 6.523 - 0.062$ intentos de incorporación en derribo + 0.0004 tiempo de derribo (en segundos) + 0.001 tiempo de sujeción (en segundos) - 0.011

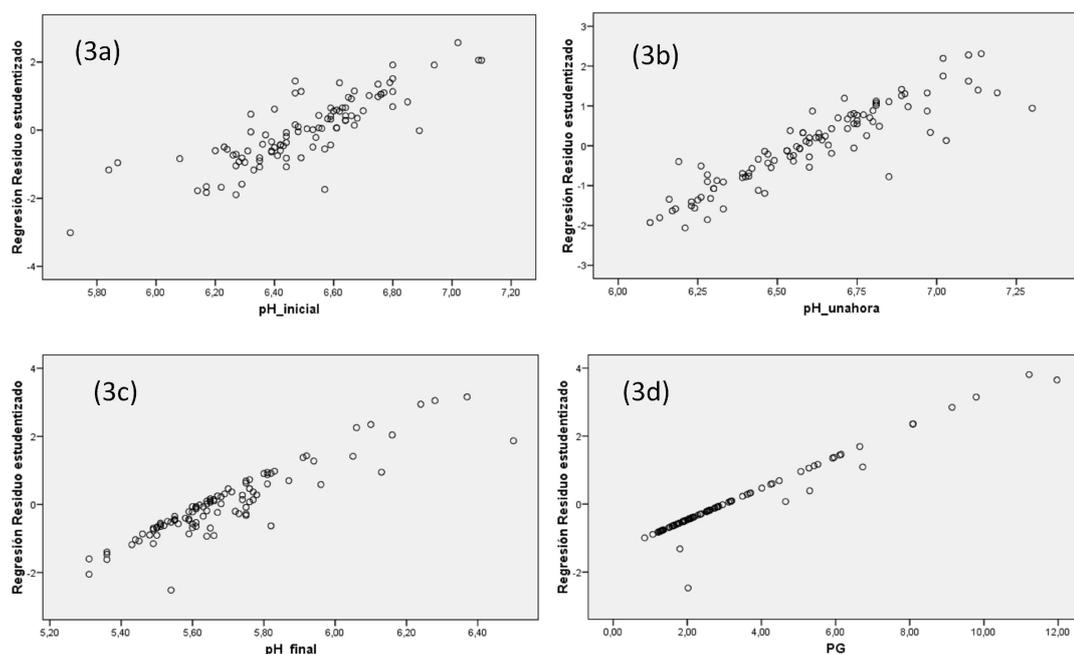


Figura 3. Diagrama de dispersión de pH_0 , pH_1 , pH_{24} y pérdida por goteo (PG) de la carne bovina, según regresión de residuo estandarizado de los indicadores conductuales de bienestar animal (SPSS v. 15.0)

puntillazos totales ($R = 0.56$, $R^2 = 0.31$) (Figura 3a). Asimismo, el pH_1 puede ser determinado ($p < 0.05$) por la ecuación: $pH_1 = 6.598 + 0.001$ tiempo de derribo - 0.049 puntillazos al derribo + 0.019 golpes en la conducción ($R = 0.44$, $R^2 = 0.19$) (Figura 3b), y el pH_{24} ($p < 0.05$) por la ecuación: $pH_{24} = 5.587 + 0.002$ tiempo de conducción + 0.044 resbalones en derribo ($R = 0.42$, $R^2 = 0.17$) (Figura 3c).

La ecuación de predicción del pH_{24} con los indicadores conductuales como variables es corroborada por los hallazgos de Romero *et al.* (2017), quienes afirman que el pH final no solo depende del aturdimiento, sino también del manejo y otros factores del pre-faenado, y que un mayor tiempo en cualquier etapa incrementa la probabilidad de sufrir estrés en los animales y obtener un pH final alto. Sin embargo, la habilidad, el nivel de

entrenamiento y temperamento de cada operario pueden influir en el manejo (faenado y pre-faenado) (Jarvis *et al.*, 1995). Además, durante la conducción se podría identificar subjetivamente el temperamento de los bovinos (tranquilo o nervioso), lo que pudo tener cierta influencia en el pH.

Finalmente, las PG ($p < 0.05$) fueron determinadas por la ecuación: $PG = 2.993 + 1.505$ caídas en sujeción ($R = 0.20$, $R^2 = 0.04$) (Figura 3d). Estos hallazgos coinciden con los reportes de Toledo y Vargas (2016), quienes mencionan que diferentes tipos de estrés (crónico y agudo) generan menor descenso del pH por limitadas reservas glucogénicas, pero, por otro lado, generan un descenso acelerado del pH por degradación del glucógeno en ácido láctico debido al dolor intenso y liberación de catecolaminas (Foury *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

- En el sistema de faenado tradicional del CBM de Chachapoyas se encontraron coeficientes de correlación ($p < 0.05$) de medio a bajo, entre algunos indicadores conductuales de bienestar animal y las propiedades fisicoquímicas de la carne.
- Para la predicción de tales propiedades de la carne se pueden diseñar ecuaciones que incluyan los indicadores conductuales: golpes en la conducción, tiempo de conducción, caídas en la sujeción, tiempo de sujeción, resbalones en el derribo, número de puntillazos para el derribo, intentos de incorporación en el derribo, número de puntillazos totales y tiempo de derribo, que ofrecen mayores coeficientes de determinación para pH_0 ($R^2=0.56$), pH_1 ($R^2=0.44$), pH_{24} ($R^2 = 0.42$) y pérdidas por goteo ($R^2 = 0.20$).

Agradecimientos

Al programa de becas y cofinanciamiento de CONCYTEC, CIENCIACTIVA del Ministerio de Educación del Perú por el apoyo brindado para culminar los estudios de maestría en producción animal y financiar la presente investigación.

LITERATURA CITADA

1. **Alarcón AD, Gamboa JG, Rodríguez FA, Grado JA, Jaracua H. 2006.** Efecto de variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo. *Tec Pecu Mex* 44: 53-66.
2. **Aldai N, Lavín P, Kramer JKG, Jaroso R, Mantecón AR. 2012.** Breed effect on quality veal production in mountain areas: emphasis on meat fatty acid composition. *Meat Sci* 92: 687-696. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.06.024
3. **Arango MC, Restrepo MD. 2003.** Estructura, composición química y calidad industrial de la carne. En: *Industria de la carne*. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. p 16-75
4. **Bispo E, Monserrat L, González L, Franco D, Moreno D. 2010.** Effect of weaning status on animal performance and meat quality of Rubia Gallega calves. *Meat Sci* 86: 832-838. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.07.005
5. **Braña D, Ramírez E, Rubio M, Sánchez A, Torrescano G, Arenas M, Partida J, et al. 2011.** Manual de análisis de calidad en muestras de carne. Folleto Técnico N.º 11. DF México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 89 p.
6. **Blokhuis HJ, Keeling LJ, Gavinelli A, Serratos J. 2008.** Animal welfare's impact on the food chain. *Trends Food Sci Tech* 19: 79-87. doi: 10.1016/j.tifs.2008.09.007
7. **Calkins CR, Seideman SC, Crouse JD. 1987.** Relationships between rate of growth, cathaptic enzymes and palatability in young bulls. *J Anim Sci* 64: 1448-1457.
8. **Chambers P, Grandin T. 2001.** Directrices para el manejo, transporte y sacrificio humanitario del ganado. FAO. [Internet]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/x6909S/x6909S00.HTM>
9. **Cobo-Ángel C, Varón-Álvarez L, Vélez J. 2012.** Indicadores conductuales de bienestar animal durante el pre-sacrificio bovino. *Vet Zootec* 6: 112-124.
10. **Cornejo-Espinoza JG, Rodríguez-Ortega LT, Pro-Martínez A, Gonzales-Cerón F, Conde-Martínez VF, Ramírez-Guzmán ME, López-Pérez E, et al. 2016.** Efecto del ayuno *ante mortem* en el rendimiento de la canal y calidad de la carne de conejo. *Arch Zootec* 65: 171-175. doi: 10.21071/az.v65i250.484
11. **Drudi D. 2000.** Are animals occupational hazards? *Compens Working Cond* 5: 15-22.
12. **Ferguson DM, Warner RD. 2008.** Have we underestimated the impact of pre-slaughter on meat quality in

- ruminants? *Meat Sci* 80: 12-19. doi: 10.1016/j.meatsci.2008.05.004
13. **Foury A, Lebret B, Chevillon P, Vautier A, Terlouw C, Mormede P. 2011.** Alternative rearing systems in pigs: consequences on stress indicators at slaughter and meat quality. *Animal* 5: 1620-1625. doi: 10.1017/S1751731-111000784
 14. **Genot C. 2003.** Congelación y calidad de la carne. 2º ed. Zaragoza: Acribia. 112 p.
 15. **Grandin T. 1998.** Buenas prácticas de manejo para el arreo e insensibilización de animales. *Informativo sobre carne y productos cárneos* 22: 124-128.
 16. **Grandin T. 2010.** Auditing animal welfare at slaughter plants. *Meat Sci* 86: 56-65. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.04.022
 17. **Gregory NG, Fielding HR, Von Wenzlawowicz M, Von Holleben K. 2010.** Time to collapse following slaughter without stunning in cattle. *Meat Sci* 85: 66-69. doi: 10.1016/j.meatsci.2009.12.005
 18. **Hargreaves A, Barrales L, Larrain R, Zamorano L. 2004.** Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales de bovinos. *Cienc Investig Agrar* 31: 155-166.
 19. **Hernández J, Aquino JL, Ríos FG. 2013.** Efecto del manejo pre-mortem en la calidad de la carne. *Nacameh* 7: 41-64.
 20. **Honikel KO, Hamm R. 1994.** Measurement of water-holding capacity and juiciness. In: Pearson AM, Dutson TR (eds). *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products*. Adv Meat Res Vol 9. USA: Springer. p 125-161.
 21. **Huertas SM. 2009.** El bienestar animal: un tema científico, ético, económico y político. *Agrociencia* 18: 45-50.
 22. **Jarvis AM, Selkirk L, Cockram MS. 1995.** The influence of source, sex class and pre-slaughter handling on the bruising of cattle at two slaughterhouses. *Livest Prod Sci* 43: 215-224. doi: 10.1016/0301-6226(95)00055-P
 23. **Lee S, Norman JM, Gunasekaran S, van Laack RLJM, Kauffman RG, Kim R. 2000.** Use of electrical conductivity to predict water holding capacity in post-rigor pork. *Meat Sci* 55: 385-389. doi: 10.1016/S0309-1740(99)00166-7
 24. **Linares MB, Bornez R, Vergara H. 2007.** Effect of different stunning systems on meat quality of light lamb. *Meat Sci* 76: 657- 681. doi: 10.1016/j.meatsci.2007.02.007
 25. **Loneragan SM, Hugg-Loneragan E, Rowe LJ, Kuhlers DL, Jungst SB. 2001.** Selection for lean growth efficiency in Duroc pigs influences pork quality. *J Anim Sci* 79: 2075-2085.
 26. **López LH, Gonzales ME, Carrillo AL, Cruz MG, Anaya AM. 2016.** Clasificación de carne de cerdo por atributos de calidad a partir de una escala de color descriptiva nacional. *Invest Desarrollo Cienc Tecnol Alimentos* 1: 553-558.
 27. **Mariño G, Vilca M, Ramos D. 2005.** Evaluación del pH en canales de toros Holstein (*Bos taurus*) y Nelore (*Bos indicus*). *Rev Inv Vet Peru* 16: 90-95. doi: 10.15381/rivep.v16i1.1545
 28. **Morón-Fuenmayor OE, Zamorano L. 2004.** Pérdida por goteo en carne cruda de diferentes tipos de animales. *Rev Cient-Fac Cien Vet* 14: 36-39.
 29. **Muñoz D, Strappini A, Gallo C. 2012.** Indicadores de bienestar animal para detectar problemas en el cajón de insensibilización de bovinos. *Arch Med Vet* 44: 297-302. doi: 10.4067/S0301-732X2012000300014
 30. **Ocampo ID, Bermúdez MF, Díaz H. 2009.** Efecto del tiempo de almacenamiento, el tipo de músculo y el genotipo del animal sobre las pérdidas por goteo en carne cruda de cerdo. *Acta Agronómica* 58: 180-188.
 31. **[OIE] Organización Mundial de Salud Animal. 2013.** Normas de bienestar animal de la OIE en el marco de una política de comercio multilateral. [Internet]. Disponible en: http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Animal_Welfare/docs/pdf/Otros/

- Animal_welfare_and_Trade/E_WTO_-Paper.pdf
32. [OIE] *Organización Mundial de Salud Animal*. 2016. Sacrificio de animales. Código sanitario para los animales terrestres. [Internet]. Disponible en: http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/chapitre_aw_slaughter.pdf
 33. **Onega M. 2003.** Evaluación de la calidad de carnes frescas: aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales. Tesis Doctoral. Madrid, España: Univ. Complutense de Madrid. 472 p.
 34. **Ripoll G, Albertí P, Casasús I, Blanco M. 2013.** Instrumental meat quality of veal calves reared under three management systems and color evolution of meat stored in three packaging systems. *Meat Sci* 93: 336-343. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.09.012
 35. **Romero M, Uribe L, Sánchez J. 2012a.** Evaluación de la conducta y las prácticas de manejo durante el sacrificio bovino, como indicadores de bienestar animal. *Rev CES Med Vet Zootec* 7: 22-29.
 36. **Romero M, Gonzales L, Cobo C. 2012b.** Evaluación del bienestar animal por medio de indicadores conductuales durante el sacrificio de bovinos. *Luna Azul* 35: 48-59
 37. **Romero MH, Uribe-Velásquez LF, Sánchez JA, Miranda-de la Lama GC. 2013.** Risk factors influencing bruising and high muscle pH in Colombian cattle carcasses due to transport and pre-slaughter operations. *Meat Sci* 95: 2256-2263. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.05.014
 38. **Romero MH, Uribe-Velásquez LF, Sánchez JA, Rayas-Amor AA, Miranda-de la Lama GC. 2017.** Conventional versus modern abattoirs in Colombia: impacts on welfare indicators and risk factors for high muscle pH in commercial Zebu young bulls. *Meat Sci* 123: 173-181. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.10.003
 39. **Sañudo C, Alberti P, Campo MM, Olleta JL, Panea B. 1998.** Calidad instrumental de la carne de bovino de siete razas españolas. *Arch Zootec* 48: 397-402.
 40. **Sejian V, Lakritz J, Ezeji T, Lal R. 2011.** Assessment methods and indicators of animal welfare. *Asian J Anim Vet Adv* 6: 301-315. doi: 10.3923/ajava.2011.301.315
 41. **Tarrant P, Kenny F, Harrington D, Murphy M. 1992.** Long distance transportation of steers to slaughter: effect of stocking density on physiology behavior and carcass quality. *Livest Prod Sci* 30: 223-238. doi: 10.1016/S0301-6226(06)80012-6
 42. **Toledo VM, Vargas ML. 2016.** Bienestar animal y calidad de la carne En: Martínez R (ed). *Bioética, inocuidad y bienestar animal: producción de carne y leche*. México: Univ. de Guanajuato. México. p 1-24.
 43. **Waynert DF, Stookey JM, Schwartzkopf-Genswein KS, Watts JM, Waltz CS. 1999.** The response of beef cattle to noise during handling. *Appl Anim Behav Sci* 62: 27-42. doi: 10.1016/S0168-1591(98)00211-1