

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

EFECTO DE DOS MÉTODOS DE ATURDIMIENTO SOBRE LA CALIDAD DE CARNE DE BOVINOS

JAIR CASTRO DE JESÚS

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2020

La presente tesis titulada “Efecto de dos métodos de aturdimiento sobre la calidad de carne de bovinos”, realizada por el alumno: Jair Castro de Jesús, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:


MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA
CONSEJO PARTICULAR

Consejero:



Dra. María Esther Ortega Cerrilla

Asesor:



Dr. José Guadalupe Herrera Haro

Asesor:



Dr. Jorge Ramsy Kawas Garza

Asesor:



Dra. Aleida Sofene Hernández Cázares

Montecillo, Texcoco, Estado de México, mayo de 2020.

EFFECTO DE DOS MÉTODOS DE ATURDIMIENTO SOBRE LA CALIDAD DE CARNE DE BOVINOS

Jair Castro de Jesús, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2020

RESUMEN

El faenado de bovinos de carne, representa una etapa importante para la obtención de carne de buena calidad, además de que la aplicación correcta del método de aturdimiento, puede tener influencia en la calidad de la carne. El objetivo de este trabajo fue evaluar las propiedades físicas, químicas y la composición nutricional de carne proveniente de bovinos aturdidos con puntilla y perno cautivo penetrante. Para ello, se utilizaron 50 bovinos de 550 kg de PV promedio, de cruza cebú con europeo, provenientes de Peña de Bernal y Ezequiel Montes, Querétaro. 25 animales se aturdieron con puntilla (T1) y 25 animales se aturdieron con perno cautivo (T2). Las mediciones físicas y químicas de la carne se hicieron a las 24 h *postmortem*. Se utilizó la prueba no paramétrica de U Mann y Whitney para dos poblaciones utilizando muestras independientes para las variables físicas y químicas y para las variables de color y composición nutricional de la carne, se usó la comparación de medias de Tukey ($P=0.05$). Se mostró un valor de pH_{24} , fuerza de corte en crudo y pérdida por goteo de 5.67, 3.48 kg f^{-1} , 1.708 % para T1 y 5.62, 3.46 kg f^{-1} , 2.33% para T2 respectivamente, sin que se encontraran diferencias significativas. Para el caso de fuerza de corte en crudo, CRA, y pérdida por cocción, para T1 se encontró 8.20 kg f^{-1} , 21.12 %, 27.46 y 9.49 kg f^{-1} , 13.52%, 31.44% para T2, respectivamente, reportándose diferencias significativas ($P<0.05$). No se encontraron diferencias en la variable L^* T1(40.95) T2(39.401). Para las variables a^* y b^* se mostraron diferencias entre tratamientos ($P<0.05$), T1 16.77, 22.80 y T2 8.57, 6.92, respectivamente. Se presentaron diferencias entre tratamientos en el contenido de grasa y humedad ($P<0.05$). Para el contenido de proteína y humedad no se presentaron diferencias ($P>0.05$). Se concluye que el tratamiento de puntilla presentó mejores parámetros en fuerza de corte en cocido y pérdida por cocción en la carne, características deseables para el consumidor. En ambos tratamientos no se modificó la pérdida por goteo, variable de importancia económica. Se recomienda seguir investigando otros factores que afectan la calidad de la carne en México.

Palabras clave: puntilla, perno cautivo penetrante, calidad de carne, bienestar animal.

EFFECT OF TWO STUNNING METHODS ON BEEF MEAT QUALITY

Jair Castro de Jesús, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2020

ABSTRACT

Beef cattle slaughter determines meat quality beside with the stunning method applied. The objective of this work was to evaluate the physical, chemical properties, and the nutritional composition of meat from stunned cattle with puntilla or penetrating captive bolt. Fifty 50 bulls of 550 kg BW average, Zebu x European cross were used in this study. Animals came from feedlots located in Peña de Bernal and Ezequiel Montes, Querétaro. Twenty-five animals were stunned with puntilla (T1), and 25 animals were stunned with captive bolt (T2). Physical and chemical measurements of the meat were made 24 h postmortem. The non-parametric U Mann and Whitney test was used for two populations using independent samples for the physical and chemical variables. For the color and nutritional composition of the meat, the Tukey test was used. A pH₂₄ values for raw shear force and drip loss were 5.67, 3.48 kg f⁻¹, 1,708% for T1 and 5.62, 3.46 kg f⁻¹, 2.33% for T2, respectively (P>0.05). Raw shear force, CRA, and cooking loss were: T1 8.20 kg f⁻¹, 2112%, 27.46 for T1, and 9.49 kg f⁻¹, 13.52%, 31.44% for T2, showing significant differences (P <0.05). Differences were not found for L * T1 (40.95) T2 (39,401) (P<0.05). However, for the variables a * and b *, there were also differences between treatments (P <0.05), but not for protein and moisture content (P>0.05). It is concluded that puntilla treatment showed better cooking force parameters and cooking loss in meat, which are valued by the consumers. Both treatments showed the same drip loss which is important from the economic point of view. It is necessary to continue investigating other factors that affect beef meat quality meat in Mexico.

Keywords: puntilla, captive bolt, meat quality, animal Welfare.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología **CONACYT** por el apoyo económico otorgado para poder realizar mis estudios de maestría en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillos, en el programa educativo Recursos Genéticos y Productividad.

En general a todos los que laboran en el Colegios, que forman parte de esta gran institución educativa.

A la Dra. María Esther Ortega Cerrilla, que me brindo la confianza y apoyo para concluir esta investigación.

A mis asesores, El Dr. Herrera Haro, Dr. Jorge Kawas y en especial, a la Dra. Aleida Hernández por brindarme su apoyo en el laboratorio de cárnicos del Colegios Campus Córdoba.

Al MVZ. Julio Ayala por la ayuda proporcionada.

A Jehová, mi Dios, por permitirme estar en este lugar.

A mis padres, Salomón Castro, Luz Elene de Jesús Hernández.

Para mi hermano Levi Castro y mi sobrinito, nuevo integrante de la familia.

A Reyna Argelia por todo el apoyo que me brindo, para terminar este proyecto.

A todos, gracias por estar conmigo!!!!!!!!!!!!!!

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Producción y consumo de carne de bovino.....	3
2.2 Bienestar animal.....	4
2.3 Welfare Quality®.....	5
2.4 Transporte.....	6
2.4.1 Efecto del estrés provocado por el transporte sobre la calidad de carne.....	8
2.5 Aturdimiento y sacrificio.....	9
2.5.1 Perno cautivo.....	9
2.5.2 Puntilla.....	12
2.6 Calidad de carne.....	13
2.6.1 pH.....	13
2.6.2 Color.....	14
2.6.3 Capacidad de retención de agua.....	14
2.6.4 Textura.....	15
2.6.5 Carne DFD (seca, firme y oscura).....	16
3. JUSTIFICACIÓN	18
4. OBJETIVOS	19
4.1 Objetivo general.....	19
4.2 Objetivos específicos.....	19
5. HIPÓTESIS	20
6. MATERIALES Y MÉTODOS	21
6.1 Localización.....	21
6.1.1 Rastro municipal “La paz”.....	21
6.1.2 Rastro tipo TIF 348 San Luis Aculco.....	21

6.2 Animales	22
6.3 Transporte	22
6.4 Tratamientos.....	22
6.4.1 Puntilla.....	22
6.4.2 Perno cautivo penetrante	23
6.5 Evaluaciones física y química de la carne.....	23
6.5.1 pH.....	23
6.5.2 Capacidad de retención de agua (CRA)	24
6.5.3 Pérdida por goteo (Drip loss)	24
6.5.4 Pérdida por cocción	25
6.5.5 Fuerza de corte	25
6.5.6 Color.....	25
6.5.7 Análisis de humedad, proteína cruda, grasa y cenizas	26
6.6 Análisis estadístico.....	26
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
7.1 pH.....	27
7.2 Fuerza de corte en crudo	29
7.3 Fuerza de corte en cocido.....	30
7.4 Capacidad de retención de agua (CRA).....	31
7.5 Pérdida por goteo (Drip loss)	33
7.6 Pérdida por cocción.....	34
7.7 Color.....	36
7.8 Análisis bromatológico	38
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
9. LITERATURA CITADA	41

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Principios y criterios que son la base de la evaluación de Welfare Quality®.	5
Cuadro 2. Comparación de diferentes densidades de carga establecidas por diferentes Instituciones gubernamentales.	7
Cuadro 3. Densidades recomendadas para la carga de ganado, superficie disponible por cabeza, según el peso.	8
Cuadro 4. Diferentes clasificaciones de resistencia al corte de carne.	16
Cuadro 5. Efecto del aturdimiento con perno y puntilla en el color de la carne de bovino.	36
Cuadro 6. Composición química de carne de bovino aturdido con puntilla y perno.	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Perno cautivo accionado con gatillo. (Human Slaughter Asociation, 2016).....	10
Figura 2. Posición de disparo con perno cautivo penetrante	11
Figura 3. Valores de pH ₂₄ de la carne de bovino aturdidos con perno y puntilla.	27
Figura 4. Valores de textura en carne de bovinos aturdidos con perno y puntilla.....	29
Figura 5. Valores de fuerza de corte en carne cocida de bovinos aturdidos con perno y puntilla.	31
Figura 6. Valores de CRA en carne de bovinos aturdidos con perno y puntilla.....	32
Figura 7. Valores de pérdida por goteo en carne de bovinos aturdidos con perno y puntilla.....	33
Figura 8. Valores de pérdida por cocción en carne de bovinos aturdidos con perno y puntilla.	34

1. INTRODUCCIÓN

El bienestar animal en la producción pecuaria, es un tema que ha tomado interés en los consumidores, así como en la sociedad en general (Seng y Laporte, 2005). Esto se refleja en que los consumidores, tengan mayor interés en saber de dónde provienen los alimentos y como consecuencia, los estándares de bienestar animal, han ido creciendo (Lara y Rostagno, 2018).

Las carnes rojas, de la que destaca la carne de bovino, forma parte de la dieta del ser humano a nivel mundial por su contenido nutrimental como proteínas de buena calidad, minerales como son hierro y fosforo principalmente, vitaminas; además que tiene una textura y sabor deseable para el gusto humano (McNeill y Van Elswyk, 2012; Yibar, 2014).

Diversas investigaciones referente al bienestar animal se han realizado en transporte y tiempo de traslado de ganado en la calidad de la carne (Chulayo, Bradley y Muchenje, 2016; Gallo y Tadich , 2005; Huertas *et al.*, 2010; Schwartzkopf-Genswein *et al.*, 2007), tiempo de reposo *antemortem* sobre la calidad de la carne (del Campo *et al.*, 2010; Polkinghorne, Philpott, y Thompson, 2018), eficiencia de aturdimiento con perno cautivo penetrante y no penetrante sobre la calidad de la carne (Gregory y Shaw, 2000; Önenç y Kaya, 2004; Gregory, Lee y Widdicombe, 2007; Sazili *et al.*, 2013; Atkinson, Velarde, y Algers, 2013; Martin *et al.*, 2018).

El método de aturdimiento por puntilla no se encuentra aprobado como un método eficaz por la Organización mundial de Salud Animal (OIE), sin embargo, se sigue utilizando en algunos países de América Latina (Limon, Guitian, y Gregory, 2009, 2010, 2012). Estos autores concluyen que es difícil realizar el método de puntilla de manera eficaz, ya que después de aplicar el puntillero en el aturdimiento del ganado, algunas vías nerviosas son funcionales, por lo tanto, los animales pueden estar conscientes y pueden sentir dolor cuando sigue el procedimiento de faenado, por lo

tanto, es necesario evaluar la eficiencia de aturdimiento del método empleado desde el punto de bienestar animal (Grandin, 1999).

En base a estadísticas del INEGI, hasta el 2017, en rastros municipales de México, se sacrificaron un total de 1, 638, 603 cabezas de ganado bovino, teniendo una producción de carne en canal de 431,390 toneladas (INEGI, 2018), donde los dos principales métodos para aturdir a los animales es la puntilla y el perno cautivo penetrante. Por ello, es importante evaluar el sistema de aturdimiento, ya que puede afectar la calidad de la carne (Gregory, 1998). Por lo tanto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de aturdimiento con perno cautivo penetrante y puntilla sobre la calidad de carne en bovinos.

2. . REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Producción y consumo de carne de bovino

Datos publicados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), a nivel mundial, la producción de carne de bovino, en 2017, alcanzó una total de 330 millones de toneladas y para el 2018 se reportó una producción de 336.2 millones de toneladas, teniendo un aumento de 1.7 % anual, siendo los principales productores EUA, Argentina y la Unión Europea (FAO, 2018).

La producción de bovinos en México, se realiza en tres regiones, a las que corresponden las regiones árida y semiárida donde predominan las razas tipo europeo como Hereford, Angus, Charolais y cruza con razas cebuínas. La región templada, que se encuentra en el centro del país, cuenta con animales de diferentes cruza *Bos Indicus* x *Bos Taurus* y la región tropical, donde predominan bovinos de razas cebuínas, de las que destacan Indobrasil, Brahaman, Guzerat y Gyr (SAGARPA, 2013).

Estadísticas publicadas por el INEGI, en 2017, indican que en México se sacrificaron un total de 1,638,603 de cabezas de ganado bovino, teniendo una producción de carne en canal de 431,390 toneladas, siendo Veracruz, Jalisco, Chihuahua, San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León los estados con mayor aporte (INEGI, 2018).

El consumo per cápita mundial de carne de res, para el año 2017 fue de 6.5 kg año⁻¹; y de manera general el consumo de carne fue de 43.9 kg año⁻¹. Para México, del año 2007 al 2016, se redujo el consumo en 2.1 %, al pasar de 18.0 kg año⁻¹ a 14.8 kg año⁻¹. Esto se debe principalmente a que otra fuente de proteína animal como la carne de pollo o de cerdo, son más accesibles en precio para el consumidor (FIRA, 2017).

2.2 Bienestar animal

Con el uso de estrategias de mercadotecnia, los consumidores están tomando conciencia acerca del origen de los productos alimenticios (Smith y Brower, 2012), por tal motivo, los estándares de calidad y bienestar animal han ido en aumento. El término “bienestar” animal, ha tomado diferentes definiciones según el punto de vista de las organizaciones e investigadores. Broom, (1986), lo define como el estado de un individuo con relación a la adaptación de su entorno y este puede medirse.

Broom y Kirkden, (2004), establecen que un criterio para la definición de bienestar animal es que se puedan evaluar enfermedades, interacciones sociales, condiciones de vivienda, transporte, contacto con humanos, tratamiento veterinario, maltrato. Hartung *et al.* (2009), asumen que está relacionada la salud física con el bienestar animal, esto incluye ausencia de enfermedades infecciosas y no infecciosas, dolor, conductas anormales y la capacidad de llevar a cabo los procesos para conservar la vida.

El principio de las cinco libertades de los animales establecido por el centro de educación para el bien estar animal (FAWEC), es uno de los antecedentes donde se aborda un enfoque científico para la evaluación del bienestar de los animales y el objetivo de esta publicación es evitar el sufrimiento innecesario en los animales, donde establece las posiciones y criterios que se deben de cumplir en los animales. Reitera que el bienestar animal se cumple si los animales no sufren hambre, sed, dolor, lesiones o enfermedades (FAWEC, 1992).

2.3 Welfare Quality®

El proyecto Welfare Quality®, es un proyecto de investigación de la Unión Europea, para ganado lechero y de carne, el cual fue diseñado para integrar el bienestar de los animales en la cadena alimentaria (Cuadro 1). Este protocolo tiene su base científica en lo propuesto de las cinco libertades de los animales.

Cuadro 1. Principios y criterios que son la base de la evaluación de Welfare Quality®.

Principios de Bienestar	Criterios de bienestar
Buena alimentación	1 Ausencia de hambre prolongada
	2 Ausencia de sed prolongada
Buena vivienda	3 Confort al descansar
	4 Comodidad térmica
	5 Facilidad de movimiento
Buena salud	6 Ausencia de lesiones
	7 Ausencia de enfermedades
	8 Ausencia de dolor producido por procedimientos de manejo
Comportamiento apropiado	9 Expresión de comportamientos sociales
	10 Expresión de otros comportamientos
	11 Buena relación humano-animal
	12 Estado emocional positivo

Fuente: (Welfare Quality Network, 2009).

Broom y Kirkden, (2004), establecen que un criterio para la definición de bienestar animal, es que se pueda evaluar enfermedades, interacciones sociales, condiciones de vivienda, transporte, contacto con humanos, tratamiento veterinario, maltrato. Sin embargo, existen condiciones *antemortem* que afectan el bienestar animal y por consecuencia, afectan la calidad de la carne.

2.4 Transporte

Durante la vida productiva de los bovinos, estos son transportados de los corrales de engorda hacia los rastros o plantas faenadoras lo que puede resultar estresante (Broom, 2003; Ferguson y Warner, 2008), se afecta el bienestar animal y la calidad de la carne y genera pérdidas económicas para los productores (Gallo *et al.*, 2003; Romero *et al.*, 2010).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO), recomienda que, durante el transporte de animales, el personal debe estar capacitado, no utilizar picana eléctrica para el arreo, utilizar un vehículo adecuado que cuente con buena ventilación, evitar el hacinamiento, proteger a los animales de las inclemencias del tiempo y durante la llegada a las plantas faenadoras, se les debe proporcionar agua y forraje de buena calidad, corrales cómodos y limpios con un área de 3 m² por animal para el descanso (FAO, 2004) . La OIE, sugiere, que durante el transporte de animales vía terrestre, se debe garantizar el estado general de salud y bienestar animal, además de que los operarios deben estar capacitados para una correcta manipulación de los animales y contar con instalaciones adecuadas para la carga y descarga de animales (OIE, 2011).

Para el transporte del ganado, es necesario utilizar vehículos adecuados, para evitar lesiones y que aumente el estrés provocado por el movimiento del vehículo (Santurtun y Phillips, 2015). La FAO, establece tasas promedio de carga para transporte de bovinos vía terrestre de 1.0-1.4 m² de área de piso/animal para bovinos adultos (FAO, 2001). Tanto la Unión Europea como Australia (Cuadro 2), han definido la densidad de carga adecuada para el transporte de bovinos.

Cuadro 2. Comparación de diferentes densidades de carga establecidas por diferentes Instituciones gubernamentales.

Peso vivo del ganado (Kg)*	Área de piso (m ² /cabeza)	Peso vivo del ganado (Kg)**	Área de piso (m ² /cabeza)
250	0.77	50	0.30-0.40
300	0.86	110	0.40-0.70
350	0.98	200	0.70-0.95
400	1.05	325	0.95-1.30
450	1.13	550	1.30-1.60
500	1.23	>700	>1.60
550	1.34		
600	1.47		
650	1.63		

Fuente: *Departamento de Gobierno Local y Desarrollo Regional de Australia Occidental, (2003).
 **Unión Europea, (2005).

De igual manera Petherick y Phillips, (2009), establecen una ecuación alométrica con la cual se calcula el espacio necesario para el transporte de ganado. Establecen la fórmula para animales que permanecen parados durante el trayecto, $\text{área (m}^2\text{)} = 0.020 W^{0.66}$ donde W es el peso vivo (PV) del animal y para animales que se les permita echar durante el trayecto, está dada por la ecuación, $\text{área (m}^2\text{)} = 0.027 W^{0.66}$ donde W es el PV del animal. Broom, (2008) propone para calcular el espacio mínimo requerido para el transporte de ganado la siguiente fórmula, $\text{área (m}^2\text{)} = 0.021 W^{0.67}$ donde W es el PV del animales representado en kg. Por su parte Grandin, (2000), propone tomar en cuenta el PV del animal, así como la presencia de animales con cuernos, lo cual provocaría daño a otros animales, haciendo necesario el aumento de superficie por animal (Cuadro 3).

Cuadro 3. Densidades recomendadas para la carga de ganado, superficie disponible por cabeza, según el peso.

Peso promedio (bovinos engordados en corral)	Ganado con cuernos (hasta el 10% del embarque)	Ganado sin cuernos
360 kg	1 m ²	0.95 m ²
454 kg	1.20 m ²	1.10 m ²
545 kg	1.40 m ²	1.35 m ²
635 kg	1.74 m ²	1.70 m ²

Fuente: Grandin, 2000.

2.4.1 Efecto del estrés provocado por el transporte sobre la calidad de carne

El tiempo de reposo antes del proceso de faenado, después de recorrer distancias prolongadas es importante. Teke *et al.* (2014), realizaron un estudio donde compararon el tiempo de reposo *antermortem* (24h, 48h y 72 h) después de un traslado prolongado, donde se encontró que a mayor tiempo de reposo *antermortem* (72h) las variables pH y color presentan mejores valores en comparación con los demás tratamientos.

Pérez-Linares *et al.*, (2008), determinaron que la presencia de carnes con una condición oscura, firme y seca (DFD por sus siglas en inglés), aumenta cuando los animales fueron transportados más de 45 minutos (OR=24.23). Así mismo, Pérez-Linares *et al.* (2013), estudiaron el efecto de factores de manejo en relación a la presencia de carnes DFD y demostraron que el tiempo y la forma de conducción del ganado hacia la carga, el tiempo de transporte a la planta de faenamiento, así como factores ambientales como la humedad relativa, aumenta la presencia de carnes DFD en bovinos. De igual manera Pérez-Linares *et al.* (2015) informan, que durante el embarque y transporte de ganado a las plantas faenadoras se presentan factores estresantes causando el aumento de carnes DFD en bovinos.

2.5 Aturdimiento y sacrificio

La Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), define el bienestar animal, como el estado físico y mental de un animal, en relación con las condiciones en las que vive y muere. También señala que un animal debe estar sano, bien alimentado, seguro, protegido y tener manipulación correcta y humanitaria al momento del sacrificio (OIE, 2011).

La Asociación Humana de Sacrificio (HSA por sus siglas en inglés), señala que el aturdimiento efectivo se puede definir como uno que deja al animal inconsciente o insensible al dolor inmediatamente y los signos físicos son que el animal cae colapsado, no tiene respiración rítmica, sin reflejo corneal, mandíbula relajada y la lengua le cuelga (HSA, 2016). Así mismo, se han utilizado otros signos para evaluar un buen aturdimiento en los animales como cabeza totalmente floja y mirada en blanco. Los movimientos de las extremidades a menudo se presentan después del aturdimiento, pero no se consideran como un signo de retorno a la sensibilidad (Grandin, 1998).

A nivel mundial, se aplican diversos métodos de aturdimiento y sacrificio en el faenado de animales. El aturdimiento eléctrico en combinación con CO₂ se aplica para aves, ovinos, cerdos, conejos (Channon, Payne y Warner, 2002; Lafuente y López, 2014; Sabow *et al.*, 2017; Lambooij y Hindle, 2018; Xu *et al.*, 2018; Marcon *et al.*, 2019), sacrificio religioso Kosher y Halal (Farouk *et al.*, 2014; Gibson, Dadios y Gregory, 2015; Rubayet Bostami *et al.*, 2018) en rumiantes perno cautivo para bovinos (Gregory y Shaw, 2000) y puntilla en alpacas y bovinos (Limon *et al.*, 2010, 2012).

2.5.1 Perno cautivo

La función principal de aturdir ganado con perno cautivo penetrante es causar de forma contundente e irreversible conmoción cerebral (Gregory *et al.*, 2007). El dispositivo (Figura 1),

consiste en una pistola accionada por gatillo o contacto, que contiene un perno o proyectil, el cual es impulsado por la detonación de un cartucho o por aire comprimido (FAO, 2001).

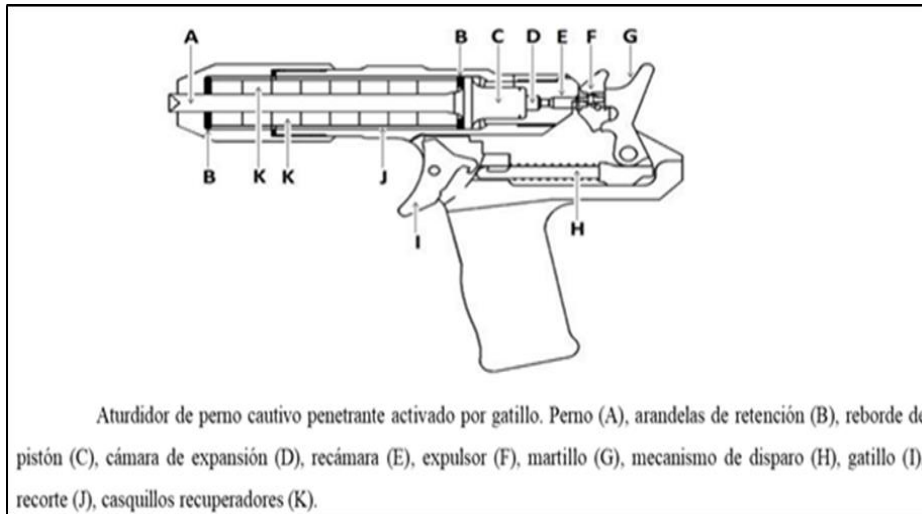


Figura 1. Perno cautivo accionado con gatillo. (Human Slaughter Association, 2016).

El perno penetra el cráneo, produciendo una conmoción, al lesionar el cerebro o incrementar la presión intracraneal, (Gregory *et al.*, 2007), causando hemorragia interna cerebral (Atkinson *et al.*, 2013), seguido de una fase tónica o contracción de las extremidades que oscila de 10 a 20 segundos, posteriormente se presenta la fase clónica o movimiento involuntario de las extremidades que disminuye gradualmente, de lo contrario, si un animal presenta signos de intentar patear o remar al colapsar, son signos de que no recibió un correcto aturdimiento (HSA, 2016).

La funcionalidad y eficacia del perno cautivo depende de diversos factores, como la raza del animal y la longitud del perno cautivo. Martin *et al.* (2018), indican que los animales de raza Holstein tienden a presentar mayor actividad en los movimientos de las extremidades en comparación con animales de razas cebuínas, además de que animales aturdidos con perno de 15.24 cm de longitud de perno, tienden a presentar más movimientos en el tren de faenamiento.

Para el uso de perno cautivo penetrante accionado neumáticamente, se debe considerar la línea de presión, como lo reportado por Oliveira *et al.* (2017), quienes compararon dos líneas de presión (160-175 vs 190 PSI), concluyendo que para animales de la raza cebú, es necesario utilizar líneas de presión arriba de 190 PSI, ya que usando líneas de presión bajas, los animales presentan mayor respiración rítmica.

La precisión y dirección del disparo toma un rol importante para determinar la eficiencia del aturdimiento. La opinión del Panel Científico sobre Salud y Bienestar Animal (AHAW por sus siglas en inglés), recomienda que, para un buen aturdimiento, el disparo, se debe de colocar en el punto de cruce de líneas imaginarias dibujadas entre la base de los cuernos y los ojos (Figura 2), no excediendo un radio mayor a 2 cm de este punto (AHAW, 2004). Por ello, el uso impreciso de la pistola podría afectar la eficiencia de aturdimiento, por consiguiente, la evaluación de los puntos de impacto, así como la dirección de disparo se pueden tomar como estándares para el control del aturdimiento (Fries *et al.*, 2012).

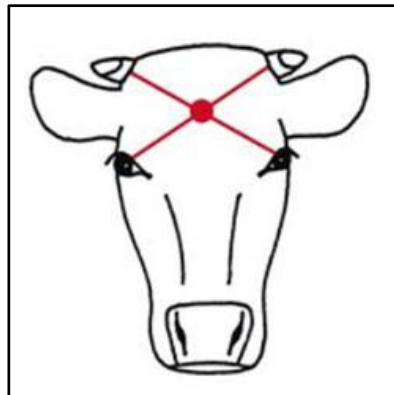


Figura 2. Posición de disparo con perno cautivo penetrante

Otros factores a los que algunos autores atribuyen la falla en el aturdimiento de los animales con perno cautivo, es la falta de experiencia del operario, falta de mantenimiento de la pistola, almacenar los cartuchos en lugares húmedos y animales de talla grande que presentan cráneos más

difíciles de penetrar, así como el calibre del cartucho usado y la frecuencia de uso de la pistola (Grandin, 2002; Gibson *et al.*, 2015).

2.5.2 Puntilla

La información publicada acerca del aturdimiento con puntilla es limitada. La OIE, no tiene registrado el método de puntilla, debido a que se considera como un método ineficaz e inhumano para sacrificar animales (OIE, 2011).

Limon *et al.* (2009), examinaron el método de puntilla aplicado en llamas (N=20), donde reportaron que el 45% de los casos, fue necesario repetir el aturdimiento y el 95% de los animales presentaban reflejo palpebral, llegando a la conclusión de que es difícil lograr un buen aturdimiento con una sola punción de puntilla.

En otro estudio publicado por Limon *et al.* (2010), se evaluó la aplicación de puntilla en bovinos (N=309), donde los autores reportan que fue necesario repetir el aturdimiento en el 24% de los animales, presentándose con mayor frecuencia en animales pesados (>380 kg), y la presencia de función cerebral y espinal fue del 91 %, concluyendo que a menudo, las vías nerviosas son funcionales después del puntillado, por lo tanto, es muy probable que los animales aun estén conscientes durante el faenado. Esto conlleva a evaluar la funcionalidad del cerebro y de la médula espinal después del puntillado, además que es necesario tomar en cuenta factores como sexo, raza, peso vivo del animal, condición corporal y la experiencia del operario, esto para determinar una estrategia para el uso de un método eficaz para el aturdimiento y que sea accesible para el uso diario en los rastros (Limon *et al.*, 2012).

2.6 Calidad de carne

Al definir “calidad de carne”, Grunert, 2005 y Purslow, 2017 señalan que abarca parámetros o propiedades organolépticas como color, olor, sabor, textura, apariencia, marmoleo, libre de agentes infecciosos y actualmente se le están añadiendo parámetros como bienestar animal, calidad nutricional y sustentabilidad ecológica de los sistemas de producción

Las propiedades organolépticas o sensoriales son percibidas directamente por el consumidor al momento de comprar y degustar la carne. Factores como la mercadotecnia, cultura, percepción y degustación, afectan el consumo individual de carne por el consumidor (Font-i-Furnols y Guerrero, 2014), siendo color, olor y marmoleo las propiedades más importantes para el consumidor al momento de comprar carne (Verbeke *et al.*, 2005).

2.6.1 pH

Durante el periodo *postmortem*, se producen cambios energéticos, químicos y físicos que da lugar a la conversión de músculo a carne. El pH del tejido muscular, empieza a descender gradualmente en un rango de 7.2- 5.3 durante las primeras 12 h posteriores al sacrificio, dependiendo del tipo de fibra muscular, especie y factores *antemortem*, estableciéndose el *rigor mortis* (Matarneh *et al.*, 2017)

La energía necesaria para la actividad muscular se obtiene de los carbohidratos (glucógeno) presente en el músculo. En el periodo *postmortem*, el ácido láctico es indispensable para producir carne tierna, de buen sabor y color. Sin embargo, cuando el animal es estresado antes del sacrificio, las reservas de glucógeno se agotan rápidamente disminuyendo la producción de ácido láctico (FAO, 2014), resultando en un pH elevado en la carne (Mounier *et al.*, 2006), produciendo carne DFD (oscura, firme y seca).

2.6.2 Color

El color de la carne, es uno de los factores más importantes para el consumidor al momento de comprar carne (Ngapo *et al.*, 2007). Como lo demostraron Carpenter *et al.*, (2001), los consumidores prefieren comprar carne de bovino con un color rojo brillante en lugar de carne que presente color marrón u oscuro. Posiblemente se asocie a que los consumidores asumen que el color rojo brillante, representa una carne más fresca y saludable, en comparación con carne más decolorada (Mancini y Hunt, 2005).

La mioglobina sarcoplasmática, es la proteína que da el color a la carne. Dentro de los factores *antemortem* que afectan el color de la carne son la dieta, el estrés sufrido por el animal (Mancini, 2009) y otros factores como la edad del animal, sexo, disminución del pH postmortem tienen efecto sobre el color final de la carne (Seidemani *et al.*, 1984).

2.6.3 Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua (CRA), es un parámetro económico importante en la industria de la carne debido a que afecta directamente a la palatabilidad y ganancia económica. La CRA es definida como la capacidad de la carne para retener agua dentro de los tejidos musculares, así como la agregada posteriormente mediante su procesamiento (Huuf-Lonergan, 2009). Brewer, (2014), por su parte, define la CRA como la capacidad de la carne para conservar su propia agua o agua adicional cuando se le aplica presión o calor, además que la CRA se ve afectada por la presencia de cationes Mg^{2+} y Ca^{2+} y disminución rápida del pH cuando la temperatura sigue siendo alta.

El agua representa del 65-85 % del peso total de la carne. Algunos factores que se asocian con la CRA son el color, textura en carne cruda, jugosidad y blandura en carne cocida (Rengifo *et al.*, 2010), genotipo (Ocampo *et al.*, 2009), tipo de alimentación, manejo previo al sacrificio y uso de promotores de crecimiento (Meischke *et al.*, 1997).

2.6.4 Textura

La textura de los alimentos está influenciada por el contenido de humedad, grasa, y la presencia de proteínas y carbohidratos estructurales (Aktaş y Kaya, 2001). La ternura o terneza es un factor de gran importancia que está asociado con la aceptación de la carne al consumidor. Vásquez *et al.* (2007), definen la terneza como la facilidad o dificultad con la que se puede cortar o masticar la carne.

La carne se puede clasificar² según la fuerza de corte o resistencia al corte que oponen las fibras musculares. La cuchilla Warner Bratzler (FCWB), indica la fuerza requerida para hacer un corte y otros autores han modificado la clasificación de la carne según la fuerza requerida para hacer un corte (Cuadro 3).

Diversos factores afectan la resistencia al corte en la carne de res. Nair *et al.*, (2019), evaluaron el efecto de envejecimiento o maduración (0, 7, 14, 21 días) y el tipo de músculo en la terneza. Reportaron que influye el tipo de musculo, así como el tiempo de maduración ($p=0.05$), además de que existe una correlación positiva entre el tiempo de maduración y la terneza.

Cuadro 4. Diferentes clasificaciones de resistencia al corte de carne.

Warner Bratzler (FCWB), (Shackelford et al., 1997). Representada en KgF*	Belew et al., (2003). Representada en KgF*
Ligeramente tierna < 6	Muy tierna < 3.2
Terneza intermedia 6-9	Tierna (3.2- 3.9)
Dura > 9	Intermedia (3.9- 4.6)
	Dura > 4.6

*Kilogramos fuerza

Diversos factores afectan la resistencia al corte en la carne de res. Nair *et al.*, (2019), evaluaron el efecto de envejecimiento o maduración (0, 7, 14, 21 días) y el tipo de músculo en la terneza. Reportaron que influye el tipo de musculo, así como el tiempo de maduración (p=0.05), además de que existe una correlación positiva entre el tiempo de maduración y la terneza.

2.6.5 Carne DFD (seca, firme y oscura)

La industria cárnica, se encamina hacia la producción de animales que sean más eficientes en la producción de carne magra, de bajo costo y un rápido crecimiento, esto ha causado que los animales sean más propensos al estrés, produciendo carnes PSE (pálida, suave y exudativa) y DFD (Adzitey y Nurul, 2011), siendo la carne DFD, la menos aceptada por los consumidores (Viljoen *et al.*, 2002).

Leyva *et al.* (2012), realizaron un estudio en México, donde evaluaron las pérdidas económicas por la presencia de carnes DFD en bovinos (n= 8,467), resultando una pérdida individual por canal de 88.58 dólares. Mientras que, en EUA, la Auditoria Nacional de la Calidad de la Carne (NBQA), por sus siglas en inglés, reportan una pérdida de 6.08 dólares por canal, debido a la presencia de carne DFD (Smith *et al.*, 1995).

Factores antemortem, tienen efecto directo sobre la presencia de carnes DFD y se asocia con el tiempo de transporte, densidad de carga y la temporada en la que son sacrificados los animales (Bethancourt-Garcia *et al.*, 2019), raza, sexo y edad del animal al momento del sacrificio (Arik y Karaca, 2017), la mezcla con animales desconocidos, mayor contacto con el humano, cambios bruscos de temperatura (Chen *et al.*, 2015; Ferguson *et al.*, 2001), lo que causa que la carne DFD tiene efectos negativos en el color de la carne, disminuyendo la aceptación por el consumidor (Rosa *et al.*, 2016).

3. JUSTIFICACIÓN

- Utilizar el método de aturdimiento adecuado para insensibilizar a bovinos, puede disminuir el estrés generado por el manejo previo y durante el faenado, cuidando el bienestar animal, esto con la finalidad de mejorar la calidad de carne.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Evaluar la calidad de carne proveniente de bovinos aturdidos con puntilla y perno cautivo penetrante

4.2 Objetivos específicos

- Determinar pH, color, capacidad de retención de agua, textura, pérdidas por goteo, pérdidas por cocción, actividad de agua y análisis químico proximal de la carne provenientes de bovinos aturdidos con perno cautivo y puntilla 24 h *postmortem*.

5. HIPÓTESIS

- La carne de animales aturcidos con perno cautivo penetrante tendrá mejor calidad que la de animales aturcidos con puntilla.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Localización

6.1.1 Rastro municipal “La paz”

Se acudió al rastro tipo municipal “Rastro y frigorífico la Paz, S.A de C.V” ubicado en Carretera federal México-Puebla Km 21, Los Reyes Acuilpan, estado de México El rastro cuenta con cadena de sacrificio de 200-500 animales por día. La hora de matanza empieza a las 9:00 am, dependiendo de la demanda del mercado. Cuenta con instalaciones necesarias para la recepción y descarga de ganado. Posteriormente, los animales son arreados hacia el cajón de aturdimiento en grupos de 45-50 animales. Son pesados en una báscula y marcados según el dueño correspondiente. El tipo de aturdimiento que presenta es puntilla y en algunas ocasiones, perno cautivo penetrante. Después del aturdimiento son colgados del tendón de Aquiles seguido del faenamamiento.

6.1.2 Rastro tipo TIF 348 San Luis Aculco

El rastro tipo TIF 348 “Rancho San Luis Aculco S.A de C.V” ubicado en carretera Chalco-Juchitepec km 6.5, Tenango del Valle perteneciente al estado de México. Cuenta con capacidad de faenado de 100 bovinos por hora. La hora de faenado empieza a las 13:00 horas. Cuenta con el registro de operación emitido por SENASICA y se encuentra en la lista de rastros tipo TIF para el sacrificio de ganado bovino, porcino, ovino o caprino emitido por la SADER antes SAGARPA en el 2009. Cuenta con las instalaciones necesarias para la recepción, desembarque y arreo hacia la sala de faenado. El método de aturdimiento utilizado es exclusivamente con perno cautivo, ya sea accionado neumáticamente o con gatillo.

6.2 Animales

Los animales provenían de engordas ubicadas en el estado de Querétaro, de los municipios Ezequiel Montes y Peña de Bernal. 50 bovinos, machos, enteros, de cruza de razas europeas con cebú, de peso promedio de 550 ± 50 kg de peso vivo, fueron asignados en 2 tratamientos, 25 animales por tratamiento correspondientes a bovinos aturdidos con perno cautivo penetrante y puntilla.

6.3 Transporte

Los animales se transportaron en jaulas tipo PotBelly con una densidad de carga de 45 a 50 animales por jaula. La hora de llegada de los animales es aproximadamente de 6:00 a 11:00 am, con un tiempo medio de recorrido de 4 h desde que salen del corral de engorda, hasta que llegan al rastro. El periodo de transporte fue en los meses de julio-agosto. La experiencia del conductor varia de 5 a 15 años, además de que ellos son los encargados del desembarque de los bovinos.

6.4 Tratamientos

6.4.1 Puntilla

El método de aturdimiento por puntilla se realizó mediante punción en la parte de la nuca del animal, utilizando un cuchillo de 25 cm de largo. Para ello, los animales se introdujeron en un cajón que no contaba con sujetador de cabeza, para realizar el aturdimiento. El tiempo promedio que tardaba el operador en derribar los animales fue de 30 segundos a 3 minutos. La experiencia del operario es de 30 años. Los animales asignados a este tratamiento se sacrificaron en el rastro “La paz”.

6.4.2 Perno cautivo penetrante

Se utilizó un perno cautivo, marca PATMAN Cash Especial, calibre .22, número de serie 1704027, accionado y cargado manualmente. El disparo se colocó en la frente del animal en el punto de cruce de líneas imaginarias dibujadas entre la base de los cuernos y los ojos. Cuando el animal presentaba signos de retomar a la sensibilidad, el operario repitió el disparo. Los animales asignados al tratamiento de perno cautivo, fueron sacrificados en el rastro tipo TIF “Aculco”.

6.5 Evaluaciones física y química de la carne

El efecto de los tratamientos sobre la calidad de la carne se evaluó en 50 bovinos procedentes de los dos rastros. Las canales fueron almacenadas durante 5 horas en cámaras de refrigeración del rastro correspondiente, posteriormente fueron vendidas a los comerciantes. Las canales fueron transportadas en camionetas o vehículos sin cajas refrigerantes. La compra de la carne se hizo al día siguiente del sacrificio. Se compró la pieza del lomo llamada entrecot, correspondiente al *Longissimus dorsi* y se almacenó en hieleras y posteriormente se obtuvieron 2 kg para realizar los análisis los cuales se llevaron a cabo en el laboratorio de ciencias de los alimentos del Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Todos los análisis de acuerdo al manual de análisis de carne publicado por la SAGARPA-INIFAP, 2012, por triplicado.

6.5.1 pH

El pH de las muestras de lomo se determinó a las 24 h *postmortem*, utilizando el método de homogenizado de carne establecido por Guerrero *et al.*, (2002). Para este procedimiento se utilizó un potenciómetro marca THERMO®, previamente calibrado con los estándares del equipo.

6.5.2 Capacidad de retención de agua (CRA)

Muestras de 5 gr de carne finamente picada, sin tendones, grasa, se homogenizaron con 8 ml de cloruro de sodio (NaCl) 0.6 M, después se agitaron con una varilla durante 1 minuto, se dejaron reposar durante 30 min y se nuevamente se agitaron. Posteriormente se colocaron en una centrifugadora Marca Lambcomco® a 10,000 rpm durante 15 min. Terminando la centrifugación, mediante decantación, se midió el sobrenadante en una probeta de 10 ml utilizando la siguiente fórmula (Guerrero *et al.*, 2002).

$$ml \text{ de NaCl } 0.6 \text{ M retenidos por } 100 \text{ g de carne} = \frac{(8 \text{ ml} - ml \text{ recuperados}) * 100}{5}$$

6.5.3 Pérdida por goteo (Drip loss)

Para determinar la pérdida por goteo, se utilizó el método descrito por Honikel, (1998). Para ello, se pesaron de 100 a 150 g de carne, libre de grasa y fascias y se colocaron dentro de una bolsa tipo Ziploc®, sujeta con un hilo de nylon de tal manera que quede suspendida sin tocar el fondo de la bolsa. Posteriormente, se colocaron en refrigeración a 4°C durante 24 h. Transcurridas las 24 h, se pesó el exudado, y para el cálculo de la muestra, se utilizó la siguiente fórmula. Los valores son expresados en porcentaje de exudado.

$$\% \text{ de exudado} = \frac{(\text{peso de bolsa con exudado} - \text{peso de la bolsa})}{\text{peso inicial de la muestra}} * 100$$

6.5.4 Pérdida por cocción

Para realizar esta técnica se utilizaron aproximadamente de 300 a 500 g de lomo, envuelta en aluminio, previamente identificadas. Las muestras se introdujeron en un horno de convección (Hobart), calentado previamente a 180 °C, hasta alcanzar una temperatura interna de la carne de 72 °C, que se obtenía en aproximadamente en 15 a 20 min. Posteriormente, las muestras se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se registró el peso. Los valores se reportaron en porcentaje según la siguiente fórmula propuesta por Sazili *et al.* (2013).

$$\text{Pérdida por cocción \%} = \frac{(\text{peso carne cruda} - \text{peso carne cocida})}{\text{peso carne cruda}} * 100$$

6.5.5 Fuerza de corte

Para la medición de fuerza de corte en carne cruda y cocinada se utilizó un texturómetro SHIMADZU® con la navaja Warner Bratzler calibrado a una velocidad de corte de 5 mm s⁻¹ y las unidades se reportaron en kg fuerza⁻¹. Para las muestras de carne fresca y cocinada se obtuvieron 3 sacabocados de carne de 3 cm de ancho x 5 cm de largo, tomadas en dirección perpendicular a las fibras musculares. Para la clasificación de la fuerza al corte, se utilizó la clasificación de Warner Blazter®. (Guerrero et al., 2002)

6.5.6 Color

Un colorímetro HUNTER LAB®, se utilizó para la determinación de color, según el método desarrollado por Hunter (1948), donde se reportan valores de L* (luminosidad), a* (rojo-verde) y b*(amarillo-azul). Se inició la calibración del equipo de acuerdo con lo descrito en el manual del equipo. Posteriormente, se hizo la lectura en la carne fresca, retirando los excesos de grasa, sin tendones o fascia a temperatura ambiente a las 24 h *postmortem*, esto para disminuir errores en la

lectura. Se obtuvieron tres mediciones por muestra y se reportaron las unidades que marcaba el equipo.

6.5.7 Análisis de humedad, proteína cruda, grasa y cenizas

Para determinar proteína, grasa y humedad, se utilizó un equipo Food Scan marca FOSS®, que operaba con un software YSY SCAN, ubicado en el Postgrado de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Para la preparación de la muestra, se pesaron 160 gr de carne, molida con una criba de 5 mm de tamaño de poro, seleccionada, de tal manera que se le retiraron el exceso de grasa, cartílago y fascia. Se calibró el equipo como lo marca el manual de operación. El equipo realizó 3 mediciones por muestra y los valores se reportan en porcentaje.

Para la determinación de cenizas, se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados Campus Montecillos, utilizó la metodología propuesta por AOAC (2000).

6.6 Análisis estadístico

Al probar las suposiciones de normalidad y homogeneidad de varianzas de la variable: pH, CRA, pérdida por goteo, pérdida por cocción, TPA, se llegó a la conclusión de los supuestos no se cumplían, por lo tanto, se utilizó la prueba no paramétrica de U Mann y Whitney para dos poblaciones utilizando muestras independientes o en su caso, los datos fueron sometidos a una t student para grupos independientes.

Para las variables de color L*, a*, b* y análisis químico de la carne proteína, grasa, humedad y cenizas se analizaron mediante análisis ANOVA y se realizó la comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 pH

Durante las 24 h postmortem se registró un pH_{24} de 5.62 ± 0.21 y 5.67 ± 0.28 para perno y puntilla respectivamente. Los resultados mostraron un valor estadístico de $P=0.3570$ lo cual indica que no hubo diferencias entre tratamientos en el pH_{24} de la carne entre los tratamientos evaluados (Figura 2). Valores de $\text{pH} \geq 5.8$ son característicos de carne DFD (Van De Water *et al.*, 2003), los valores reportados en esta investigación son inferiores a este valor, por lo cual, el aturdimiento con puntilla y perno cautivo, no provocó la presencia de carnes DFD en bovinos en este estudio.

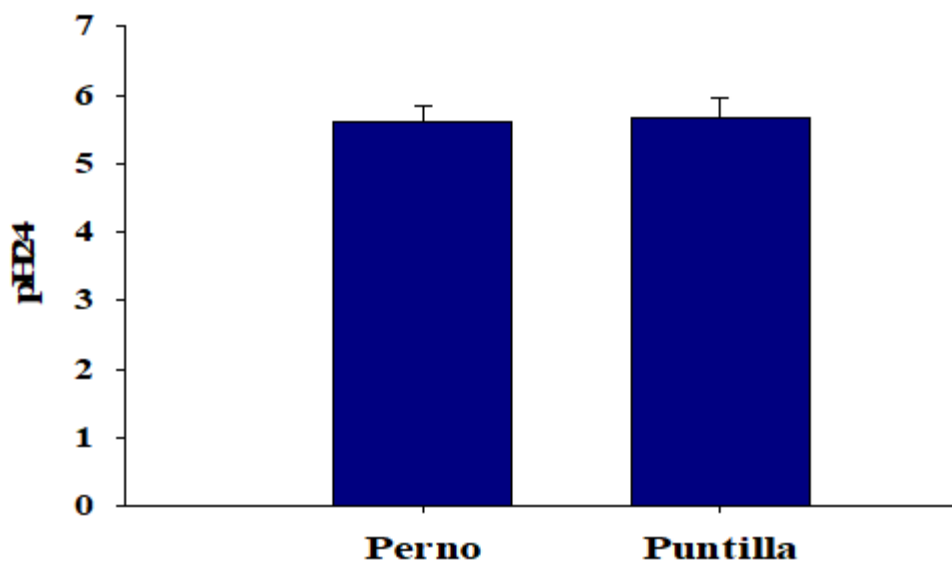


Figura 3. Valores de pH_{24} de la carne de bovino aturridos con perno y puntilla.

Önenç y Kaya, (2004), compararon el aturdimiento en bovinos entre perno cautivo pentrante, aturdimiento eléctrico y sin aturdir, reportando valores de pH_{24} de 5.75, 5.96 y 5.99 respectivamente, concluyendo que no existieron diferencias entre los tratamientos. En relación con la presente investigación, los valores de pH_{24} son superiores. Kim *et al.*, (2013), reportaron valores

de pH de 5.47, 5.43 y de 5.42, 5.38 para bovinos aturridos con perno cautivo penetrante y CO₂ con un rango de peso de 620-710 kg y 720-790 kg respectivamente. Además, Rubayet-Bostami *et al.* (2018), encontraron valores de pH₂₄ de 5.67 para bovinos sacrificados con corte tipo Halal seguido de perno cautivo y pH₂₄ de 5.68 para bovinos sacrificados con corte no Halal seguido de perno cautivo. Así mismo, Sazili *et al.* (2013), observaron que no hubo diferencias significativas en los valores de pH al hacer un estudio comparativo con perno cautivo penetrante (Cash especial, calibre 0.25) y perno cautivo no penetrante (Cash magnum Knocker, calibre .25) en combinación con corte tipo Halal en vaquillas. De igual manera, Anil *et al.* (2006), compararon el sacrificio tipo Halal y aturdimiento con perno cautivo, reportando un valor de pH₂₄ de 6.17 y 6.20 respectivamente, superando a los valores reportados en esta investigación.

Los valores de pH de la carne, pueden ser afectados por diversos factores, como el manejo previo al sacrificio (Öneç y Kaya, 2004), el tiempo y la forma de conducción del ganado, carga y descarga, tiempo de transporte a la planta de sacrificio, la humedad relativa en los corrales de espera, el tiempo de espera entre la manga de conducción y pasillo hacia el cajón de aturdimiento, el tiempo para ingresar al cajón de aturdimiento puede resultar en presencia de carnes DFD (Pérez-Linares *et al.*, 2010). Además, Mounier *et al.* (2006), reportaron un pH de 5.71, indicando estos autores que factores como la falta de instalaciones para carga y descarga, transportar a los animales en días calurosos y el estrés provocado durante el faenamiento de los animales, puede provocar agotamiento del glucógeno muscular teniendo baja producción de ácido láctico *postmortem* lo que resulta en un elevado pH. Así mismo, Węglarz, (2010), comparó el efecto de la época del año en el pH₄₈ en bovinos, reportando un valor de pH₄₈ de 6.10 y 5.94 para verano e invierno respectivamente, lo que evidencia que la época del año, tiene efectos sobre el pH final de la carne. Por ello, es necesario transportar y descargar el ganado por las mañanas y no extender el periodo

de descanso por más de 4 horas previos al sacrificio en temporadas de calor (Pérez-Linares *et al.*, 2015).

7.2 Fuerza de corte en crudo

Los datos del análisis de textura en carne cruda (Figura 4), tuvieron un promedio de 3.46 ± 0.987 kg f¹ para el tratamiento de perno y 3.48 ± 1.153 kg F para el tratamiento de puntilla. Los datos muestran un valor de $P=0.4616$ lo cual indica que no se encontraron diferencias entre tratamientos.

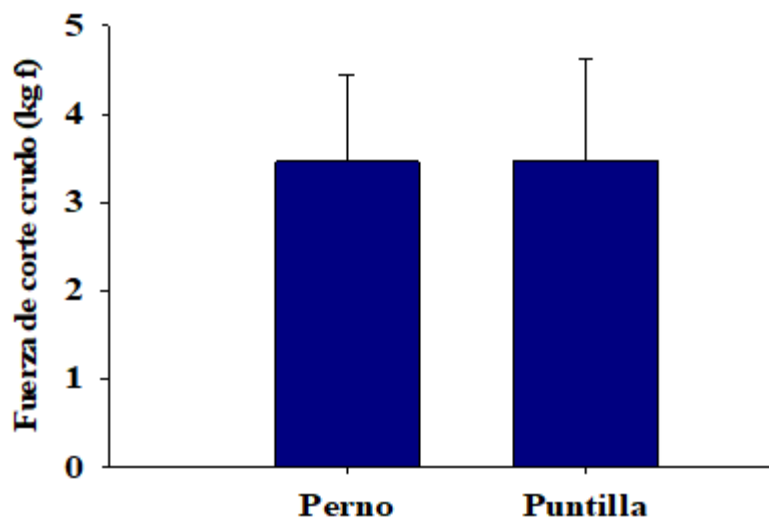


Figura 4. Valores de textura en carne de bovinos aturdidos con perno y puntilla.

Dentro de la clasificación dada por Warner Bratzler (Shackelford *et al.*, 1997), los resultados obtenidos en esta investigación están dentro de la clasificación “ligeramente tierna” puesto que los valores son <6 kg f.

Önenç y Kaya, (2004), reportaron valores de 9.80, 13.83 y 9.12 Kg para carne de bovinos aturdidos electricamente, utilizando procedimientos turcos y con perno cautivo no penetrante respectivamente. Los autores señalan que hubo diferencias ($P<0.05$) entre tratamientos y el que

presentó mejores parámetros fue el tratamiento de perno cautivo. Siendo los valores superiores a los reportados en esta investigación.

En bovinos aturdidos con y sin método Halal, seguido de insensibilización con perno cautivo para ambos tratamientos, reportaron valores de textura de 4.32 y 4.57 kg respectivamente (Rubayet Bostami *et al.*, 2018), los cuales, son superiores a los reportados en esta investigación. Kim *et al.* (2013), no reportaron diferencias ($P > 0.05$) en la textura de animales aturdidos con perno cautivo no penetrante y CO₂ con un rango de peso de 620-710 kg con valores de 4 kg/cm², sin embargo, para animales con pesos de 720-790 kg, se observaron diferencias, siendo el perno cautivo el que presentó mayor fuerza de corte en comparación con CO₂ con valores de 4 y 3.5 kg/cm² respectivamente. Otros autores han reportado valores de 4.55 ± 0.63 kg/cm² evaluando el músculo *Biceps femoris* en terneros machos de la raza Holstein criados en sistema extensivo. En novillos de cruza Cebú con pardo suizo y cebú con razas criollas (Ramosinuano), los autores reportaron valores de 3.05 y 3.95 kg/cm², además, animales que recibieron suplementación nutricional en forma de premezclas, mostraron valores de 2.65 ± 0.33 kg/cm² (Vásquez *et al.*, 2008).

7.3 Fuerza de corte en cocido

Los datos del análisis de textura en carne cocida (Figura 5), muestran un promedio de 9.49 ± 1.011 kg f⁻¹ para el tratamiento de perno y 8.20 ± 1.708 kg f⁻¹ para el tratamiento de puntilla. Los datos muestran un valor $P = 0.0014$ lo cual indica que hay diferencias entre tratamientos, siendo el tratamiento de puntilla, el tratamiento que presentó menos resistencia al corte en comparación con el tratamiento de perno.

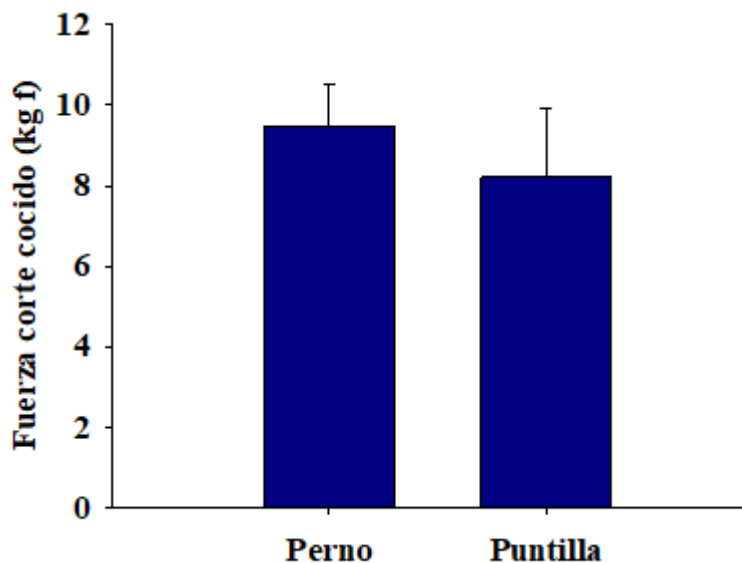


Figura 5. Valores de fuerza de corte en carne cocida de bovinos aturdidos con perno y puntilla.

El efecto de los tratamientos puede influir sobre la resistencia al corte de la carne. Se ha reportado que animales aturdidos con perno cautivo presentan valores de 9.12 kg y animales aturdidos utilizando procedimientos religiosos presentan valores de 9.80 kg. Sin embargo, cuando los animales son aturdidos eléctricamente (200 volts), presentan valores de 13.83 kg (Önenç y Kaya, 2004), lo que sugiere, que los valores de textura obtenidos en este estudio, están dentro del rango publicado por otros autores. Factores que afectan la ternura son variaciones genéticas, físicas y biológicas, factores *antemorten* y *posmortem* así como el porcentaje de proteína, grasa, humedad y colágeno de la carne (Carvajal *et al.*, 2008).

7.4 Capacidad de retención de agua (CRA)

El tratamiento de perno cautivo presentó un valor de 13.52 ± 3.78 % y el tratamiento de puntilla presentó un valor de 21.12 ± 12.08 % (Figura 6). Con un valor de $P=0.0017$, si se muestran diferencias entre tratamientos.

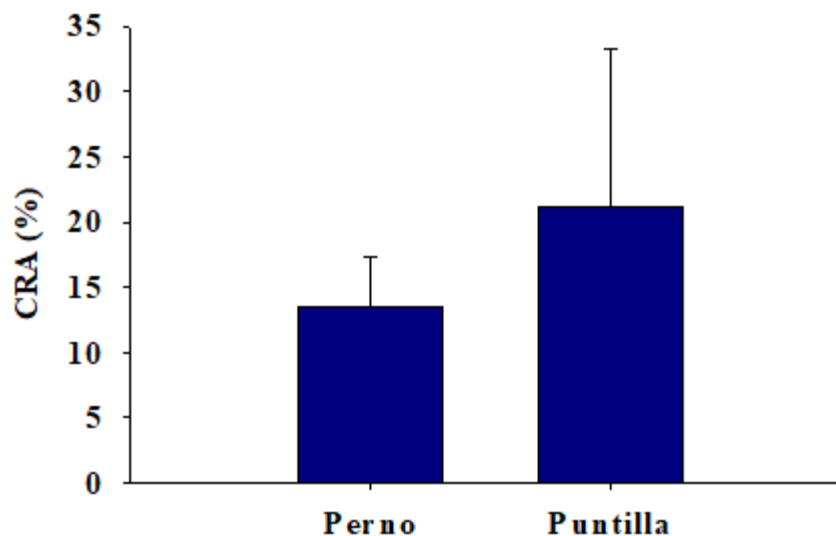


Figura 6. Valores de CRA en carne de bovinos aturridos con perno y puntilla.

Önenç y Kaya, (2004), reportaron valores de CRA de 16.32%, 17.99% y 15.08% para tratamientos sin previo aturdimiento al sacrificio, aturdimiento eléctrico y aturdimiento con perno cautivo no penetrante respectivamente. De igual manera, Rubayet Bostami *et al.*, (2018), reportaron valores de 10.73% y 15.39% para animales sacrificados utilizando el método Halal y animales sacrificados con método Halal seguido de perno cautivo. Existen investigaciones realizadas donde se compara la CRA en diferentes procesos a los que se somete la carne como lo publicado por Rengifo y Ordóñez (2010), donde lo autores reportan valore de CRA de 22.91%, 3.967% y 29.667% para carne fresca, descongelada y cocida a 77° C respectivamente.

La CRA, es la capacidad de la carne para conservar su propia agua o agua adicional cuando se aplica fuerza ya sea calor o presión (Brewer, 2014), además, determina la aceptabilidad visual, lo que influye en los consumidores para decidir la adquisición de la carne. También determina la pérdida de agua durante el transporte, almacenamiento, procesamiento, así como su influencia sobre la textura de la carne (Warner, 2017).

7.5 Pérdida por goteo (Drip loss)

Durante las 48 h *postmortem* se registraron pérdidas por goteo de $2.33 \pm 1.134\%$ y $1.7098 \pm 1.0711\%$ para los tratamientos de perno y puntilla respectivamente. Los valores muestran un valor $P=0.0609$, lo cual, indica que no se mostraron diferencias entre tratamientos.

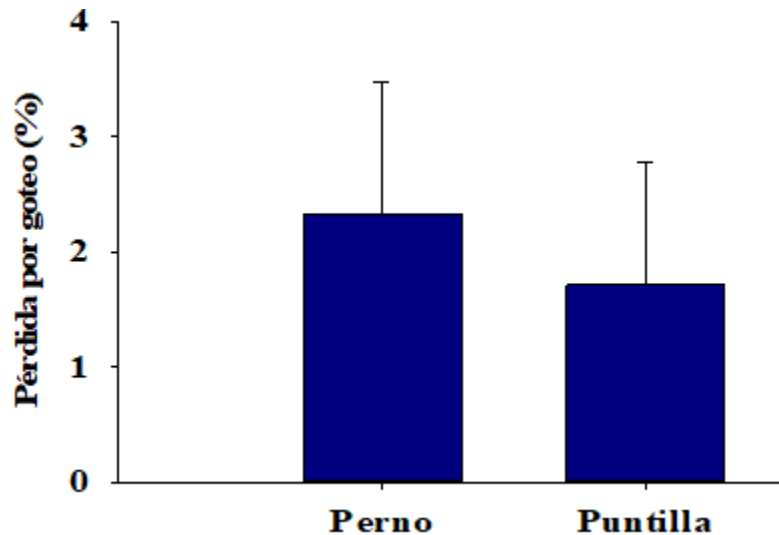


Figura 7. Valores de pérdida por goteo en carne de bovinos aturridos con perno y puntilla.

En un estudio publicado por Rubayet Bostami *et al.*, (2018), reportaron pérdidas por goteo de 20.97% para bovinos sacrificados únicamente con el método religioso Halal y 16.88% para bovinos sacrificados con el método Halal seguido de perno cautivo. Siendo estos valores superiores a los reportados en esta investigación.

Además, Kim *et al.* (2013) al comparar el efecto de aturdimiento utilizando CO₂ y perno cautivo penetrante, reportaron que no existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) en bovinos con pesos de 722-790 kg, sin embargo, en bovinos con peso de 620-710 kg, el tratamiento de CO₂ aumentó la pérdida por goteo en comparación con el tratamiento de perno cautivo no penetrante reportando valores de 2% y 1.5% respectivamente. Morón y Zamorano (2004), al hacer un estudio

comparativo de carne de diferentes especies, la carne de bovino mostró un valor de 2.699% y además, a través del tiempo se observaron valores de 2.9% y 3.4% a las 48 y 72 h. La pérdida por goteo, es una variable económica importante para la industria cárnica, ya que representa cuantiosas pérdidas de peso en la canal (Huuf-Lonergan, 2009), además de que se pierden proteínas sarcoplasmáticas solubles en agua como la mioglobina.

7.6 Pérdida por cocción

Los valores de pérdida por cocción (Figura 8), mostrarán valores para el tratamiento con perno $31.4410 \pm 3.8312\%$ y para el tratamiento con puntilla se observó $27.4635 \pm 5.9082\%$. Con un valor de $P=0.0091$, siendo el de perno cautivo, el tratamiento que tiende a perder significativamente más agua durante la cocción de la carne.

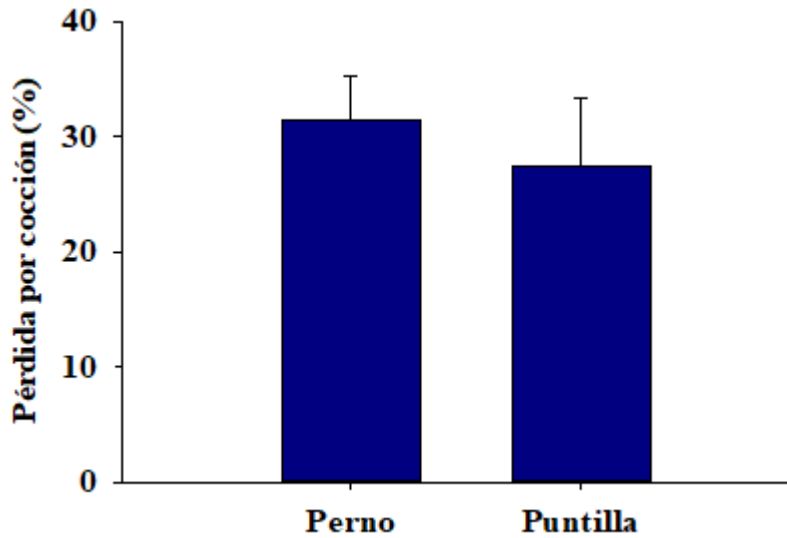


Figura 8. Valores de pérdida por cocción en carne de bovinos aturdidos con perno y puntilla.

Al comparar el efecto de aturdir bovinos utilizando CO₂ y perno cautivo, los autores reportaron pérdidas por cocción de 34 y 33% respectivamente para bovinos con pesos de 620-710 kg, y para bovinos con pesos de 722-790 kg los autores reportaron 32 y 33% para tratamientos con perno cautivo y CO₂, respectivamente (Kim *et al.*, 2013). Los valores reportados en esta investigación, son inferiores a los reportados por los autores antes mencionados. Rubayet Bostami *et al.* (2018), compararon el sacrificio religioso tipo Halal, en combinación con perno cautivo. Para el tratamiento unicamente utilizando el sacrificio tipo Halal, reportaron pérdidas de 20.97% y para el tratamiento utilizando el sacrificio tipo Halal seguido de perno cautivo, reportaron 16.88%. Estos valores son inferiores a los reportados en esta investigación. Otros investigadores han estudiado la pérdida por cocción a través del tiempo. Önenç y Kaya, (2004), estudiaron la pérdida por cocción comparando tratamientos sin aturdir, aturdimiento eléctrico y perno cautivo, observando pérdidas de 22.04, 20.01 y 20.82% a los 4 días postmortem y 23.01, 26.42 y 29.04% los 7 días *potmortem* respectivamente.

El método de cocción de la carne, puede tener efectos sobre la calidad de la misma. Fabre *et al.*, (2018), evaluaron el efecto de cocción en horno (oven), plancha (griddle plate) y baño maria (water bath) en los músculos *Longissimus thoracis*, *semitendinoso*, *semimenbranosus* y *bíceps femoral* de novillos Angus, reportando valores de 39.9, 39.6, 35.4 y 38.1% respectivamente, utilizando la cocción en horno y 16, 25, 25, 23.2% utilizando el tratamiento de cocción a baño maria. Cabe mencionar que los valores reportados en la presente investigación, son inferiores a los reportados por los autores antes mencionados.

7.7 Color

Los valores de L* de carne en crudo (Cuadro 5), mostraron una media de 40.95L*, 39.40L* para puntilla y perno respectivamente, sin que se observarán diferencias (P>0.05) entre tratamientos. De acuerdo con la clasificación propuesta por la SADER (antes SAGARPA), el color de la carne es este estudio se clasifica como “Rojo ligeramente oscuro” ya que se encuentra dentro del rango 38.7-40.0 L* (SAGARPA, 2013)

Cuadro 5. Efecto del aturdimiento con perno y puntilla en el color de la carne de bovino.

Variable	Puntilla	Perno	EEM		P	L*:
			T1	T2		
L*	40.953	39.401	0.9525	0.5449	0.1665	
a*	16.7761 ^b	22.8023 ^a	0.7533	0.2199	<0.0001	
b*	8.5753 ^a	6.9220 ^b	0.3611	0.2272	<0.0002	

Luminosidad, a*: rojo-verde, b*: amarillo-azul. T1= Puntilla, T2= Perno cautivo. EEM= Error Estándar de la Media. Medias con diferente letra en la misma fila indican diferencias significativas.

Al sacrificar bovinos con el método Halal seguido de perno cautivo se reportó un valor de 30.39 L* y cuando solo se aplicó el método Halal el valor fue de 27.86L* (Rubayet-Bostami *et al.*, 2018). Estos valores son inferiores a los encontrados en esta investigación. Kim *et al.*, (2013), al aturdir bovinos con CO2 en comparación con perno cautivo, reportaron 36.01L* y 37.49L* respectivamente en bovinos con un rango de 620-710 Kg de PV y valores de 37.08L* y 34.66L* respectivamente en bovinos con un rango de 722-790 kg de PV mostrando diferencias en ambos grupos (P<0.001). Siendo los valores respotados en esta investigación, superiores a los reportados por estos autores.

La mioglobina sarcoplasmática, es la proteína responsable de dar color a la carne, siendo el color rojo cereza brillante el que se utiliza como indicador de inocuo en la carne fresca (Suman y Joseph, 2013). Factores como el pH muscular, oxidación lipídica, actividad antioxidante y la actividad mitocondrial contribuyen al color de la carne (Mancini y Hunt, 2005), así como el estrés provocado por el manejo de los animales, alimentación y genética (Faustman y Cassens 1990).

La variable a^* , mostró diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 5), siendo el tratamiento correspondiente a perno, el que presentó los valores más altos. Önenç y Kaya, (2004), reportaron valores para a^* de 14.87, 15.08, 16.51 en animales sin autrdir, aturdimeinto eléctrico y perno cautivo, respectivamente, a las 48 h *postmortem*. Estos valores son inferiores a los reportados en esta investigación. Rubayet-Bostami *et al.* (2018), al comparar el efecto de aturdimiento usando perno cautivo seguido de corte tipo Alal y perno cautivo seguido de corte no Halal, reportaron valores de 15.43 a^* y 17.96 a^* respectivamente.

Para el caso de b^* , se encontraron diferencias ($P < 0.05$) significativas (Cuadro 5), siendo el tratamiento con puntilla el que presentó mayores valores. Se han reportado valores b^* 13.16, 13.32, 15.70 en bovinos sin previo auturdimiento, aturdimiento eléctrico y utilizando perno cautivo respectivamente, sin encontrar diferencias significativas entre tratamientos (Önenç y Kaya, 2004). De igual manera, no se produjo efecto significativo en la variable b^* , cuando se comparó el efecto de utilizar corte tipo Halal en combinación con perno cautivo y corte no Halal en combinación con perno cautivo (Rubayet-Bostami *et al.* (2018).

7.8 Análisis bromatológico

El porcentaje de proteína (Cuadro 6), fue similar entre los dos tratamientos. Rubayet-Bostami *et al.* (2018), reportaron 22.62% y 23.66% de proteína en carne de animales aturdidos con sacrificio Halal en combinación con perno cautivo y corte no Halal en combinación con perno cautivo, sin que se observaran diferencias entre tratamientos. Factores como edad del animal (Schönfeldt, Naudé y Boshoff, 2010) y la dieta que se le proporciona al ganado (Freitas *et al.*, 2014) puedan afectar en la composición nutricional de la carne.

Cuadro 6. Composición química de carne de bovino aturdido con puntilla y perno.

Variable (%)	Puntilla	Perno	EEM		P
			T1	T2	
Proteína	24.3916	24.4268	0.0760	0.09	0.7950
Grasa	2.9863 ^a	1.7812 ^b	0.1120	0.4799	<0.001
Humedad	72.1956 ^b	73.3048 ^a	0.1440	0.0915	<0.001
Cenizas	1.1416	1.1346	0.0274	0.0072	0.8047

T1= Puntilla, T2= Perno. EEM= Error Estándar de la Media. Medias con diferente letra en la misma fila, indican diferencias significativas.

El porcentaje de grasa (Cuadro 6), mostró diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$), siendo el tratamiento con puntilla el que presentó valores más altos. En México la media en el porcentaje de grasa se considera en 2.5% (SAGARPA, 2011). Los valores obtenidos están dentro de este rango. El contenido de grasa puede ser afectado por la raza y la composición nutricional de la dieta (Dannenberger *et al.*, 2005), ya que al proporcionar dietas altas en forraje, hay un mayor porcentaje de lípidos en la carne, en comparación con concentrado (Alfaia *et al.*, 2009).

Kim *et al.* (2013) reportaron valores de grasa de 12.10-14.06 % en bovinos aturdidos con CO₂ y perno cautivo respectivamente. Rubayet-Bostami *et al.* (2018), reportaron 15.04%, 14.02% de grasa cruda en carne de bovino aturdidos con métodos Halal y no Halal en combinación con perno cautivo, respectivamente.

El contenido de humedad en la carne fue mayor (Cuadro 6) en aturdimiento con perno cautivo. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), señala que la carne cruda de bovino, debe contener 73% de humedad (USDA, 2007). Los valores reportados en esta investigación, se encuentran dentro del rango óptimo establecido por instituciones internacionales. Otros autores han reportado 71.53% de humedad en carne de res (Hamed *et al.*, 2020).

No se observaron diferencias ($P>0.05$) en el porcentaje de cenizas (Cuadro 6). Kim *et al.* (2013), reportaron valores de 1.03- 1.25% al aturdir bovinos con CO₂ y perno cautivo. Se ha reportado que el sacrificio tipo Halal y no Halal en combinación con perno cautivo, tiene efectos sobre el contenido de cenizas ($P=0.001$) reportando valores de 1.13 y 1.34% (Rubayet-Bostami *et al.*, 2018). El contenido de mineral en la carne, puede deberse por la composición nutricional de la dieta y la raza (Cabrera *et al.*, 2010; Ramos *et al.*, 2012).

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El tratamiento con puntilla fue el que presentó mejores porcentajes de CRA, pérdida por goteo y pérdida por cocción. Estas variables son de importancia para el productor.
- Los tratamientos no modificaron la terneza de la carne (TPA) en crudo, sin embargo, después de la cocción, el tratamiento de puntilla presentó menos resistencia al corte, característica deseable para el consumidor.
- Los datos de calidad nutricional de la carne, mostraron características que indican buena calidad, de acuerdo con lo publicado por diferentes instituciones relacionadas con calidad de carne.
- Se recomienda seguir analizando otros factores que pueden influir sobre calidad de carne, durante todo el proceso de faenado, transporte y distribución de carne en México.

9. LITERATURA CITADA

- AHAW (Panel Científico sobre Salud y Bienestar Animal). (2004). Welfare aspects of the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals. *EFSA Journal*, 45, 1–29. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2004.122>.
- Adzitey, F., y Nurul, H. (2011). Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats : causes and measures to reduce these incidences - a mini review. *International Food Research Journal*, 20, 11–19.
- Aktaş, N., y Kaya, M. (2001). The influence of marinating with weak organic acids and salts on the intramuscular connective tissue and sensory properties of beef. *European Food Research and Technology*, 213(2), 88–94. <https://doi.org/10.1007/s002170100329>.
- Alfaia, C. P. M., Alves, S. P., Martins, S. I. V., Costa, A. S. H., Fontes, C. M. G. A., Lemos, J. P. C., ... Prates, J. A. M. (2009). Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. *Food Chemistry*, 114(3), 939–946. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.041>.
- Anil, M. H., Yesildere, T., Aksu, H., Matur, E., McKinstry, J. L., Weaver, H. R., ... Mason, C. (2006). Comparison of Halal slaughter with captive bolt stunning and neck cutting in cattle: Exsanguination and quality parameters. *Animal Welfare*, 15(4), 325–330.
- Arik, E., y Karaca, S. (2017). The effect of some pre-slaughter factors on meat quality of bulls slaughtered in a commercial abattoir in Turkey. *Indian Journal of Animal Research*, 51(3), 557–563. <https://doi.org/10.18805/ijar.v0iOF.4563>.
- Atkinson, S., Velarde, A., y Algers, B. (2013). Assessment of stun quality at commercial slaughter in cattle shot with captive bolt. *Animal Welfare*, 22(4), 473–481. <https://doi.org/10.7120/09627286.22.4.473>.
- Belew, J. B., Brooks, J. C., McKenna, D. R., y Savell, J. W. (2003). Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science*, 64(4), 507–512. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00242-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00242-5).
- Bethancourt-garcia, J. A., Zambarda, R., Nunes, F., Barros, W., Luiz, L., Souza, F., ... Restle, J. (2019). Pre-slaughter factors affecting the incidence of severe bruising in cattle carcasses. *Livestock Science*, 222, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.02.009>.
- Brewer, M. S. (2014). Water-Holding Capacity. In *Encyclopedia of Meat Sciences* (Vol. 1, pp. 274–282). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00247-6>.
- Broom, D. (1986). Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal*, 142, 524–526. [https://doi.org/10.1016/0007-1935\(86\)90109-0](https://doi.org/10.1016/0007-1935(86)90109-0).
- Broom, D. M. (2003). Transport stress in cattle and sheep with details of physiological, ethological and other indicators. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 110(3), 83–89.
- Broom, Donald M. (2008). The Welfare of livestock during road transport. In *Long Distance*

Transport and the Welfare of Farm Animals (pp. 157–181).
<https://doi.org/10.1079/9781845934033.0157>.

- Broom, Donald M, y Kirkden, R. D. (2004). Welfare, stress, behaviour and pathophysiology. *Veterinary Pathophysiology*, 337–369.
- Cabrera, M. C., Ramos, A., Saadoun, A., y Brito, G. (2010). Selenium, copper, zinc, iron and manganese content of seven meat cuts from Hereford and Braford steers fed pasture in Uruguay. *Meat Science*, 84(3), 518–528. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.10.007>.
- Carpenter, C. E., Cornforth, D. P., y Whittier, D. (2001). Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. *Meat Science*, 57, 359–363. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00111-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00111-X).
- Carvajal C, L. M., Ospina M, N., Martínez Á, O. L., Ramírez S, L., Restrepo, C. C., Adarve E, S. S., y Restrepo E, S. L. (2008). Evaluación De Textura a Cinco Cortes De Carne De Res Conservados Por Esterilización En Envase De Hojalata Assessing Texture To Five Beef Meat Cuts Preserved By Sterilization in Tinplate Packaging. *Revista de La Facultad de Química Farmacéutica*, 15(2), 232–243.
- Channon, H. A., Payne, A. M., y Warner, R. D. (2002). Comparison of CO2 stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. *Meat Science*, 60(1), 63–68. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00107-3](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00107-3).
- Chen, Y., Arsenault, R., Napper, S., y Griebel, P. (2015). Models and Methods to Investigate Acute Stress Responses in Cattle. *Animals*, 5, 1268–1295. <https://doi.org/10.3390/ani5040411>.
- Chulayo, A. Y., Bradley, G., y Muchenje, V. (2016). Effects of transport distance, lairage time and stunning efficiency on cortisol, glucose, HSPA1A and how they relate with meat quality in cattle. *Meat Science*, 117, 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.001>.
- Dannenberger, D., Nuernberg, K., Nuernberg, G., Scollan, N., Steinhart, H., y Ender, K. (2005). Effect of Pasture vs. Concentrate Diet on CLA Isomer Distribution in Different Tissue Lipids of Beef Cattle. *Lipids*, 40(6), 589–598. <https://doi.org/10.1007/s11745-005-1420-2>.
- del Campo, M., Brito, G., Soares de Lima, J., Hernández, P., y Montossi, F. (2010). Finishing diet, temperament and lairage time effects on carcass and meat quality traits in steers. *Meat Science*, 86(4), 908–914. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.07.014>.
- Fabre, R., Dalzotto, G., Perlo, F., Bonato, P., Teira, G., y Tisocco, O. (2018). Cooking method effect on Warner-Bratzler shear force of different beef muscles. *Meat Science*, 138(November 2017), 10–14. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.12.005>.
- FAO (Organización de la Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación). (2001). Directrices para el manejo, transporte y sacrificio humanitario del ganado. Revisado el 27 de junio 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/x6909s/x6909s00.htm#Contents>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación). (2001). CAPITULO 7: Sacrificio del ganado. Revisado el 26 de septiembre de 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/x6909s/x6909s09.htm>.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2004). Transporte de animales al sacrificio. Disponible en <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/y5454s/y5454s05.pdf>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2018). Perspectivas alimentarias | SMIA - Sistema mundial de información y alerta. Revisado el 15 de agosto. Disponible en <http://www.fao.org/giews/reports/food-outlook/es/>.
- Farouk, M. M., Al-Mazeedi, H. M., Sabow, A. B., Bekhit, A. E. D., Adeyemi, K. D., Sazili, A. Q., y Ghani, A. (2014). Halal and kosher slaughter methods and meat quality: A review. *Meat Science*, 98(3), 505–519. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.021>.
- Faustman, C., y Cassens, R. G. (1990). the Biochemical Basis for Discoloration in Fresh Meat: a Review. *Journal of Muscle Foods*, 1(3), 217–243. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.1990.tb00366.x>.
- FAWEC (Farm Animal Welfare Education Centre). (1992). ¿Qué es el bienestar animal? Revisado el 29 de septiembre. Disponible en <https://www.fawec.org/es/fichas-tecnicas/23-bienestar-general/21-que-es-el-bienestar-animal>.
- Ferguson, D. M., Bruce, H. L., Thompson, J. M., Egan, A. F., Perry, D., y Shorthose, W. R. (2001). Factors affecting beef palatability- farmgate to chilled carcass. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41, 879–891. <https://doi.org/10.1071/EA00022>.
- Ferguson, D. M., y Warner, R. D. (2008). Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Science*, 80(1), 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.004>.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). (2017). Panorama Agroalimentario. Revisado el 17 de agosto de 2019. Disponible en <https://www.gob.mx/fira/documentos/panorama-agroalimentario>.
- Font-i-Furnols, M., y Guerrero, L. (2014). Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. *Meat Science*, 98(3), 361–371. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.025>.
- Freitas, A. K. d., Lobato, J. F. P., Cardoso, L. L., Tarouco, J. U., Vieira, R. M., Dillenburg, D. R., y Castro, I. (2014). Nutritional composition of the meat of Hereford and Braford steers finished on pastures or in a feedlot in southern Brazil. *Meat Science*, 96(1), 353–360. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.021>.
- Fries, R., Schrohe, K., Lotz, F., y Arndt, G. (2012). Application of captive bolt to cattle stunning - A survey of stunner placement under practical conditions. *Animal*, 6(7), 1124–1128. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002667>.
- Gallo C.; Tadich N. (2005). Transporte Terrestre De Bovinos: Efectos Sobre El Bienestar Animal Y La Calidad De La Carne. *Agro-Ciencia* 21, 37–49.

- Gallo, C., Lizondo, G., y Knowles, T. G. (2003). Effects of journey and lairage time on steers transported to slaughter in Chile. *Veterinary Record*, 152(12), 361–364. <https://doi.org/10.1136/vr.152.12.361>.
- Gibson, T. J., Dadios, N., y Gregory, N. G. (2015). Effect of neck cut position on time to collapse in halal slaughtered cattle without stunning. *Meat Science*, 110, 310–314. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.03.026>.
- Grandin, T. (1998). Objective scoring of animal handling and stunning practices at slaughter plants. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 212(1), 36–39. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9426775>.
- Grandin, T. (2000). El transporte del ganado: guía para las plantas de faena. Retrieved September 1, 2019, from <https://www.grandin.com/spanish/transporte.genado.html>.
- Grandin, T. (2002). Return-to-sensibility problems after penetrating captive bolt stunning of cattle in commercial beef slaughter plants. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 221(9), 1258–1261. <https://doi.org/10.2460/javma.2002.221.1258>.
- Gregory, N. G. (1998). *Animal welfare and meat science*. NY USA: CABI Publishing.
- Gregory, N. G., Lee, C. J., y Widdicombe, J. P. (2007). Depth of concussion in cattle shot by penetrating captive bolt. *Meat Science*, 77(4), 499–503. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.04.026>.
- Gregory, N., y Shaw, F. (2000). Penetrating captive bolt stunning and exsanguination of cattle in abattoirs. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 3, 215–230. <https://doi.org/10.1207/S15327604JAWS0303>.
- Grunert, K. G. (2005). Food quality and safety : consumer perception and demand. *European Review of Agricultural Economics*, 32(3), 369–391. <https://doi.org/10.1093/eurrag/jbi011>.
- Hamed Hammad Mohammed, H., Jin, G., Ma, M., Khalifa, I., Shukat, R., Elkhedir, A. E., ... Noman, A. E. (2020). Comparative characterization of proximate nutritional compositions, microbial quality and safety of camel meat in relation to mutton, beef, and chicken. *Lwt-Food Science and Techonolgy*, 118, 108714. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108714>.
- Hartung, J., Nowak, B., y Springorum, A. C. (2009). Animal welfare and meat quality. In *Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat* (pp. 628–646). Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9781845695439.4.628>.
- HSA (Asociación Humana de Sacrificio). (2016). Efectos psicológicos del aturdimiento por percusión - Humane Slaughter Association. Revisado el 26 de septiembre de 2019. Disponible en <https://www.hsa.org.uk/aturdimiento-de-percusin/efectos-psicolgicos-del-aturdimiento-por-percusin>.
- Huuf-Lonergan, E. (2009). Fresh meat water-holding capacity. Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat. Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9781845695439.1.147>.

- INEGI (Instituto Nacional De Estadística y Geografía). (2018). Estadísticas de sacrificio de ganado en rastros municipales. Revisado el 16 de agosto de 2019. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/app/publicaciones/default.html?p=535>.
- Kim, G. D., Lee, H. S., Jung, E. Y., Lim, H. J., Seo, H. W., Lee, Y. H., ... Yang, H. S. (2013). The effects of CO₂ gas stunning on meat quality of cattle compared with captive bolt stunning. *Livestock Science*, *157*(1), 312–316. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.05.025>.
- Lafuente, R., y López, M. (2014). Effect of electrical and mechanical stunning on bleeding, instrumental properties and sensory meat quality in rabbits. *Meat Science*, *98*(2), 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.031>.
- Lambooj, B., y Hindle, V. (2018). *Electrical stunning of poultry. Advances in Poultry Welfare*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100915-4.00004-X>.
- Lara, L. J., y Rostagno, M. H. (2018). *Animal welfare and food safety in modern animal production. Advances in Agricultural Animal Welfare*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101215-4.00005-5>.
- Leyva, G. I. A., Figueroa, S. F., Sánchez, L. E., Pérez, L. C., y Barreras, S. A. (2012). Impacto económico de la presencia de carne DFD en una planta de sacrificio Tipo Inspección Federal (TIF). *Archivos de Medicina Veterinaria*, *42*, 39–42.
- Limon, G, Guitian, J., y Gregory, G. (2012). A review of the humaneness of puntilla as a slaughter method. *Animal Welfare*, *21*, 3–8. <https://doi.org/10.7120/096272812X13353700593248>.
- Limon, Georgina, Guitian, J., y Gregory, N. (2009). A note on the slaughter of llamas in Bolivia by the puntilla method. *Meat Science*, *82*(3), 405–406. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.022>.
- Limon, Georgina, Guitian, J., y Gregory, N. (2010). An evaluation of the humaneness of puntilla in cattle. *Meat Science*, *84*(3), 352–355. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.09.001>.
- Mancini, R. (2009). Meat Color. In *Improving the Safety and Nutritional Quality of Fresh Meat* (pp. 177–198). Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1002/9781118530726.ch9>.
- Mancini, R. A., y Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, *71*, 100–121. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>.
- Marcon, A. V., Caldara, F. R., de Oliveira, G. F., Gonçalves, L. M. P., Garcia, R. G., Paz, I. C. L. A., ... Marcon, A. (2019). Pork quality after electrical or carbon dioxide stunning at slaughter. *Meat Science*, *156*, 93–97. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.04.022>.
- Maris Huertas, S., Huertas, S., Gil, A., Piaggio, J., y van Eerdenburg, F. (2010). Transportation of beef cattle to slaughterhouses and how this relates to animal welfare and carcass bruising in an extensive production system Animal welfare and silvopastoral systems View project Economic Impact of Bovine Brucellosis in Cow-Calf Operatio. *Animal Welfare*, *19*(August 2015), 281–285. <https://doi.org/10.1021/bi971760y>.

- Martin, M. S., Kline, H. C., Wagner, D. R., Alexander, L. R., Edwards-Callaway, L. N., y Grandin, T. (2018). Evaluation of different captive bolt lengths and breed influence upon post-stun hind limb and forelimb activity in fed cattle at a commercial slaughter facility. *Meat Science*, *143*, 159–164. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.003>.
- Matarneh, S. K., England, E. M., Scheffler, T. L., y Gerrard, D. E. (2017). The Conversion of Muscle to Meat. In *Lawrie's Meat Science* (pp. 159–185). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00005-4>.
- McNeill, S., y Van Elswyk, M. E. (2012). Red meat in global nutrition. *Meat Science*, *92*(3), 166–173. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.014>.
- Meischke, M. J. A. D. H., van Laack, R. J. L. M., y Smulders, F. J. M. (1997). The water holding capacity of fresh meat. *Veterinary Quarterly*, *19*(4), 175–181. <https://doi.org/10.1080/01652176.1997.9694767>.
- Morón Fuenmayor, O. E., y Zamorano García, L. (2004). Pérdida por goteo en carne cruda de diferentes tipos de animales. *Revista Científica*, *14*, 6.
- Mounier, L., Dubroeuq, H., Andanson, S., Veissier, I., y Etoile, M. L. (2006). Variations in meat pH of beef bulls in relation to conditions of transfer to slaughter and previous history of the animals 1. *Journal of Animal Science*, *84*, 1567–1576.
- Nair, M. N., Canto, A. C. V. C. S., Rentfrow, G., y Suman, S. P. (2019). Muscle specific effect of aging on beef tenderness. *Food Science and Technology*, *100*, 250–252. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.038>.
- Ngapo, T. M., Martin, J. F., y Dransfield, E. (2007). International preferences for pork appearance: I. Consumer choices. *Food Quality and Preference*, *18*(1), 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.07.001>.
- Ocampo Ibáñez, I. D., Fanhor Bermúdez, M., y 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 cardo. *Acta Agtonómica*, *58*(3), 180–188.
- OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal). (2011a). Código Sanitario para los Animales Terrestres. Revisado el 15 de agosto de 2019. Disponible en https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/2011/es_chapitre_1.7.6.htm.
- OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal). (2011b). Transporte de animales por vía terrestre. Revisado el 15 de septiembre de 2019. Disponible en http://www.oie.int/index.php?id=169yL=2yhtmfile=chapitre_aw_land_transpt.htm.
- Oliveira, S. E. O., Gregory, N. G., Dalla Costa, F. A., Gibson, T. J., y Paranhos da Costa, M. J. R. (2017). Efficiency of low versus high airline pressure in stunning cattle with a pneumatically powered penetrating captive bolt gun. *Meat Science*, *130*(January), 64–68. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.007>.

- Önenç, A., y Kaya, A. (2004). The effects of electrical stunning and percussive captive bolt stunning on meat quality of cattle processed by Turkish slaughter procedures. *Meat Science*, 66(4), 809–815. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00191-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00191-8).
- Pérez-Linares, C., Alberto Barreras, S., Eduardo Sánchez, L., Bárbara Herrera, S., y Figueroa-Saavedra, F. (2015). The effect of changing the pre-slaughter handling on bovine cattle DFD meat | Efecto del cambio en el manejo antemortem sobre la presencia de carne DFD en ganado bovino. *Revista MVZ Cordoba*, 20(3), 4688–4697.
- Pérez-Linares, C., Figueroa-Saavedra, F., y Barreras-Serrano, A. (2008). Factores de manejo asociados a carne DFD en bovinos en clima desértico. *Archivos de Zootecnia*, 57(220), 545–547.
- Pérez-Linares, Cristina, Sánchez-López, E., Ríos-Rincón, F. G., Olivas-Valdéz, J. A., Figueroa-Saavedra, F., y Barreras-Serrano, A. (2013). Factores de manejo pre y post sacrificio asociados a la presencia de carne DFD en ganado bovino durante la época cálida. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 4(2), 149–160.
- Petherick, J. C., y Phillips, C. J. C. (2009). Space allowances for confined livestock and their determination from allometric principles. *Applied Animal Behaviour Science*, 117(1–2), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.09.008>.
- Polkinghorne, R., Philpott, J., y Thompson, J. M. (2018). Do extended transport times and rest periods impact on eating quality of beef carcasses? *Meat Science*, 140(October 2017), 101–111. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.02.017>.
- Purslow, P. P. (2017). Chapter 1 - Introduction. What's is meat quality? In *New Aspects of Meat Quality* (pp. 1–9). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100593-4/00001-1>.
- Ramos, A., Cabrera, M. C., y Saadoun, A. (2012). Bioaccessibility of Se, Cu, Zn, Mn and Fe, and heme iron content in unaged and aged meat of Hereford and Braford steers fed pasture. *Meat Science*, 91(2), 116–124. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.01.001>.
- Rengifo Gonzales, L. I., y Ordóñez Gómez, E. S. (2010). Efecto de la temperatura en la capacidad de retención de agua y pH en carne de res, cerdo, pollo, ovino, conejo y pescado paco. *Revista ECIPERÚ*, 7(2), 77–85.
- Romero Peñuela, M. H., Uribe Velásquez, L. F., y Sánchez Valencia, J. A. (2010). El transporte terrestre de bovinos y sus implicaciones en el bienestar animal: revisión. *Biosalud*, 9(2), 67–82. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/biosa/v9n2/v9n2a08.pdf>.
- Rosa, A., Fonseca, R., Balieiro, J. C., Poleti, M. D., Farnetani, B., y Eler, J. (2016). Incidence of DFD meat on Brazilian beef cuts. *Meat Science*, 112, 132–133. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.08.074>.
- Rubayet Bostami, A. B. M., Mun, H. S., y Yang, C. J. (2018). Loin eye muscle physico-chemical attributes, sensory evaluation and proximate composition in Korean Hanwoo cattle subjected to slaughtering along with stunning with or without pithing. *Meat Science*, 145(October 2017), 220–229. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.032>.

- Sabow, A. B., Nakyinsige, K., Adeyemi, K. D., Sazili, A. Q., Johnson, C. B., Webster, J., y Farouk, M. M. (2017). High frequency pre-slaughter electrical stunning in ruminants and poultry for halal meat production: A review. *Livestock Science*, 202, 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.05.021>.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). (2011). *Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne*.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). (2013). *Guía práctica para la estandarización y Evaluación de las Canales Bovinas mexicanas*. Retrieved from [http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/MANUALES_INIFAP/Guía práctica para la estandarización y evaluación de las canales bovinas mexicanas.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/MANUALES_INIFAP/Guía_práctica_para_la_estandarización_y_evaluación_de_las_canales_bovinas_mexicanas.pdf).
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, P. y A. (2013). Sistemas de producción y calidad de carne bovina. Revisado el 16 de agosto de 2019. Disponible en <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/4090>.
- Santurtun, E., y Phillips, C. J. C. (2015). The impact of vehicle motion during transport on animal welfare. *Research in Veterinary Science*, 100, 303–308. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.03.018>.
- Sazili, A. Q., Norbaidyah, B., Zulkifli, I., Goh, Y. M., Lotfi, M., y Small, A. H. (2013). Quality assessment of longissimus and semitendinosus muscles from beef cattle subjected to non-penetrative and penetrative percussive stunning methods. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(5), 723–731. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12563>.
- Schönfeldt, H. C., Naudé, R. T., y Boshoff, E. (2010). Effect of age and cut on the nutritional content of South African beef. *Meat Science*, 86(3), 674–683. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.06.004>.
- Schwartzkopf-Genswein, K. S., Booth-McLean, M. E., Shah, M. A., Entz, T., Bach, S. J., Mears, G. J., ... McAllister, T. A. (2007). Effects of pre-haul management and transport duration on beef calf performance and welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, 108(1–2), 12–30. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.11.012>.
- Seidemani, S. C., Cross, H. R., Smith, G. C., y Durland, P. R. (1984). Factors associated with fresh meat color : a review. *Journal of Food Quality*, 6, 211–237. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1984.tb00826.x>.
- Seng, P. M., y Laporte, R. (2005). Animal welfare : the role and perspectives of the meat and livestock sector The expectations of the products. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 24(2), 613–623.
- Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., y Koohmaraie, M. (1997). Tenderness Classification of Beef : I. Evaluation of Beef Longissimus Shear Force at 1 or 2 Days Postmortem as a Predictor of Aged Beef Tenderness 1 ABSTRACT : *Journal of Animal Science*, 75, 2417–2422. <https://doi.org/10.2527/1997.7592417x>.

- Smith, K. T., y Brower, T. R. (2012). Longitudinal study of green marketing strategies that influence Millennials. *Journal of Strategic Marketing*, 20(6), 535–551. <https://doi.org/10.1080/0965254X.2012.711345>.
- Suman, S. P., y Joseph, P. (2013). Myoglobin Chemistry and Meat Color. *Annual Review of Food Science and Technology*, 4(1), 79–99. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182623>.
- Teke, B., Akdag, F., Ekiz, B., y Ugurlu, M. (2014). Effects of different lairage times after long distance transportation on carcass and meat quality characteristics of Hungarian Simmental bulls. *Meat Science*, 96(1), 224–229. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.009>.
- Temple Grandin. (1999). Good Manufacturing Practices for Animal Handling and Stunning. *Departamet of Animal Science, Colorado Satete University*. Retrieved from <https://www.grandin.com/meat103097.html>.
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Americanos). (2007). Contenido de Agua en Carnes y Aves. *Información Sobre Inocuidad de Alimentos*, 1–3.
- Van De Water, G., Verjans, F., y Geers, R. (2003). The effect of short distance transport under commercial conditions on the physiology of slaughter calves; pH and colour profiles of veal. *Livestock Production Science*, 82(2–3), 171–179. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00010-1](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00010-1).
- Vásquez, R., Ballesteros, H., y Muñoz, C. (2007). Rodrigo Efrén Vásquez 1 , Hugo Humberto Ballesteros 2 y César Andrés Muñoz 3. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(2), 60–65.
- Vásquez, R. E., Abadía, B., Arreaza, L. C., Ballesteros, H. H., y Muñoz, C. A. (2008). Factores asociados con la calidad de la carne. II parte: perfil de ácidos grasos de la carne bovina en 40 empresas ganaderas de la región Caribe y el Magdalena Medio. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(2), 66. https://doi.org/10.21930/rcta.vol8_num2_art:96.
- Verbeke, W., De Smet, S., Vackier, I., Van Oeckel, M. J., Warnants, N., y Van Kenhove, P. (2005). Role of intrinsic search cues in the formation of consumer preferences and choice for pork chops. *Meat Science*, 69(2), 343–354. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.08.005>.
- Viljoen, H. F., Kock, H. L. De, y Webb, E. C. (2002). Consumer acceptability of dark , firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. *Meat Science*, 61, 181–185. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00183-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00183-8).
- Warner, R. D. (2017). *The Eating Quality of Meat-IV Water-Holding Capacity and Juiciness. Lawrie's Meat Science: Eighth Edition*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00014-5>.
- Węglarz, A. (2010). Meat quality defined based on pH and colour depending on cattle category and slaughter season. *Czech Journal of Animal Science*, 2010(12), 548–556.
- Welfare Quality Network. (2009). Welfare Quality Assesment protocol for cattle. Revisado el 29 de septiembre. Disponible en <http://www.welfarequalitynetwork.net/en-us/reports/assessment-protocols/>.

- Xu, L., Zhang, H. jun, Yue, H. yuan, Wu, S. geng, Yang, H. ming, Qi, G. hai, y Wang, Z. yue. (2018). Low-current y high-frequency electrical stunning increased oxidative stress, lipid peroxidation, and gene transcription of the mitogen-activated protein kinase/nuclear factor-erythroid 2-related factor 2/antioxidant responsive element (MAPK/Nrf2/ARE) sign. *Food Chemistry*, 242, 491–496. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.079>
- Yibar, A. (2014). Hayvan Refahının Et Kalitesi Üzerine Etkileri Giriş Kasaplık Sığırlarda Nakil. *Veteriner Fakültesi Dergisi, Uludağ Üniversitesi*, 32, 31–37.