



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS

Trabajo de Tesis de

Maestría en Tecnología e Higiene de los Alimentos

Evaluación de variables del manejo pre-sacrificio de cerdos asociadas con los cambios de pH de la carne, en una planta de sacrificio comercial colombiana

Leydy Escobar Márquez

Directores

Marlyn Romero Peñuela, Universidad de Caldas, Manizales-Colombia

Roberto Vaca, Universidad de la Plata, La Plata-Argentina

2018

CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
2. JUSTIFICACIÓN	11
3. MARCO TEÓRICO	13
3.1. Estrés y bienestar animal	13
3.2. Factores de estrés durante el pre sacrificio porcino	17
3.2.1. Transporte	17
3.2.2. Ayuno	20
3.2.3. Estadía en planta de sacrificio	21
3.3 Factores del animal	22
3.4 Factores ambientales	23
3.5. El estrés y los atributos de calidad de la carne porcina	23
4. OBJETIVOS	26
4.1 Objetivo general	26
4.2. Objetivos específicos	26
5. MATERIALES Y MÉTODOS	27
5.1. Descripción del estudio	27
5.1.1. Condiciones de transporte y en la planta de sacrificio	29
5.1.1.1. Evaluación del desembarque	29
5.1.1.2. Evaluación fisiológica	31
5.1.1.3. Evaluación de las contusiones	32
5.1.1.4. Evaluación del pH	34
5.2 Análisis estadístico	34

6. RESULTADOS	35
7. DISCUSIÓN	41
7.1. Condiciones de transporte	41
7.2. Interacción humano-animal.	43
7.3. Variables fisiológicas	44
7.4. Contusiones	46
7.5. Factores asociados a las variaciones del pH 24.	48
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
9. REFERENCIAS	55

Lista de Tablas

Tabla 1. Características de las condiciones PSE y DFD en la carne porcina	25
Tabla 2. Descripción de variables que se evaluarán en el estudio	28
Tabla 3. Descripción del comportamiento de los cerdos e interacciones del manejador en la descarga y la conducción	29
Tabla 4. Media, error estándar (EE), mínimo, máximo para las variables independientes continuas usadas en el análisis	35
Tabla 5. Resultados del modelo de regresión lineal múltiple con los valores transformados del cortisol, creatinina, lactato y albúmina	36
Tabla 6. Indicadores fisiológicos de estrés y el tipo de camión	37
Tabla 7. Características de las contusiones en las canales evaluadas según el sexo y el tipo de camión	38
Tabla 8. Media Mínimo Cuadrados (\pm EE) de los indicadores conductuales de los cerdos y las operaciones de manejo durante el embarque y la conducción	40
Tabla 9. Variaciones de pH en relación a las variables independientes	41

Lista de Figuras

Figura 1. Esquema de la fisiología del estrés	16
Figura 2. Esquema de evaluación de la canal	33
Figura 3. Clasificación de las contusiones según la forma	33

Resumen

El pre sacrificio es una etapa crítica de la cadena cárnica porcina, que afecta la calidad ética e instrumental de la carne. Los actores de la cadena tienden a culpar a las etapas anteriores y / o posteriores por los problemas de bienestar de los animales. Los contextos de producción son denominados multifactoriales, por lo que es importante estimar diferentes relaciones entre las variables de acuerdo a las condiciones locales. El objetivo del estudio fue Evaluar variables del manejo pre sacrificio asociadas con cambios de pH en cerdos bajo condiciones comerciales en una planta de sacrificio. Se realizó un estudio de corte transversal en una planta de sacrificio comercial (Antioquia, Colombia), que evaluó 3.156 cerdos ((113,5 ± 12,9 Kg PV) (134 viajes)). Se evaluó la interacción humano-animal durante el desembarque y la conducción al área de sacrificio, variables fisiológicas de estrés, contusiones cutáneas en la canal y el pHu de la carne. Los resultados mostraron correlación entre variaciones fisiológicas de cortisol (µg/dL), proteína total (g/L), creatinina (mmol/L), lactato (mmol/L), creatin fosfoquinasa (U/L) con condiciones de manejo y variaciones según el tipo de camión utilizado entre 1 y 2 pisos. Las variables tiempo de ayuno, tiempo de transporte, parar durante el viaje y golpear a los cerdos explicaron el 45% de las variaciones en el pHu de la carne de los cerdos.

Palabras clave: Bienestar animal, bioquímica, carne, estrés, pH, interacción.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El incremento de la población humana en el mundo, incluyendo el cambio demográfico y climático, la alta demanda por alimentos de origen animal que se está generando en todos los continentes incluyendo América y los impactos que se están reflejando sobre las economías de los países latinoamericanos y más con aquellos que exportan o aspiran a hacerlo.

Con el afán de mantenerse en la globalización de los productos alimenticios, los países de Latinoamérica están optando por estrategias de competitividad hacia el cumplimiento de las expectativas del consumidor en cuanto a la calidad por medio de la diversificación de la producción, mejoramiento de la crianza y el sacrificio, al tiempo que se apoya en la investigación aplicada en temáticas que conlleven al aumento de valor agregado del producto final, como lo han logrado países de Europa y en Sudamérica lo lograron Brazil y Uruguay (Bottegal 2018; Vilella et al. 2018; Dalmau et al. 2016; Paranhos da Costa et al. 2012, Muñoz, Strappini, and Gallo 2012).

El bienestar animal (BA) es ahora uno de los valores agregados que ha tomado fuerza en la agrocadena de los alimentos de origen animal en todo el mundo (Vilella 2018; Velarde and Dalmau 2012). Lo que está impulsando en algunos países las investigaciones en todas las fases de la trazabilidad de los animales desde la finca a la mesa aplicado a las condiciones comerciales locales, principalmente la UE y Oceania (Clark et al. 2017; Kauppinen 2013). Los países latinoamericanos tienen diferencias muy notables en cuanto a los avances en la aplicación de políticas de BA en la producción, así como frente a las líneas de investigación en el tema, son fuertes en aquellos países que certifican condiciones de exportación (Vilella, et al. 2018; Dalmau et al. 2016).

Colombia como un país de tradición de producción y consumo de cerdo, ha definido como temas prioritarios la inocuidad, el control de enfermedades de presentación epidémica (como la peste porcina clásica), el fortalecimiento gremial, la capacitación y el fomento al consumo (CONPES 2007). Países como Argentina están comenzando un crecimiento potencial en la producción de cerdo en la última década, han enfocado su trabajo en posicionar el consumo de la carne fresca de cerdo y poder tener un crecimiento

productivo rentable y un mejor balance entre importaciones y exportaciones (Suarez, 2018; Vilella et al. 2018; Ministerio de Agroindustria, Argentina, 2016). Sin embargo, en ambos países (Colombia y Argentina) existe poca preocupación entre los productores y comercializadores de porcinos, además de la ausencia de líneas de investigación que se ocupen de los impactos de las condiciones pre sacrificio en los cerdos en la calidad y la rentabilidad de la carne.

En diferentes estudios realizados en países latinoamericanos como Chile, Uruguay y Brazil, se han encontrado resultados directos relacionando eslabones de la cadena de la carne de cerdo, que incluyen, tipos de producción, intermediarios, transportes, ayunos prolongados, y manejos deficientes, entre otros, y los efectos post mortem para la calidad de la carne (Varón-Álvarez et al. 2014; Muñoz 2012; Romero et al. 2011). Algunas de estas variables han sido correlacionadas con las condiciones PSE (pálida, suave y exudativa) y DFD (oscura, firme y seca) (*pale, soft, exudative* y *dark, firm, dry*, por sus siglas en inglés, respectivamente) asociados a factores estresantes perisacrificio que modifica las condiciones de pH en el producto final; reportando pérdidas importantes para la industria porcina (Dalla Costa et al. 2017; Varón-Álvarez et al. 2014; Castrillón et al. 2007). Las condiciones PSE y DFD son limitantes para la producción de derivados cárnicos, porque no cumplen con las especificaciones técnicas requeridas para el procesamiento, disminuyen el rendimiento en canal, presentan menor aceptabilidad por parte del consumidor y limitan su comercialización (Florowski et al. 2017; Thorslund et al. 2016; Castrillón et al. 2007).

En Colombia se han descrito prevalencias de condiciones DFD y PSE del 22,2% y 25,2%, respectivamente, en cerdos evaluados en diferentes estudios (Corrales et al. 2015; Hellen et al. 2015; Castrillón et al. 2007). En Estados Unidos se estima que las pérdidas económicas pueden llegar a ser tan elevadas como el 30 % del valor total del cerdo y se calculan estas pérdidas para la industria porcina entre los 50 y los 100 millones de dólares anuales (USDA 2018). En Argentina la producción porcina está en un punto de crecimiento con el impulso de poder satisfacer la demanda interna y proyectando a futuro exportaciones del producto que brinden un potencial económico para el país, por

lo que aún no existen datos determinantes de rendimientos industriales, así como tampoco los hay para Colombia (Umair et al. 2018; Vilella 2018).

Uno de los componentes más innovadores de la normatividades de los países en la actualidad en especial de los latinoamericanos exportadores, es la inclusión a nivel nacional de las prácticas de BA en la cadena agroalimentaria, las cuales se encuentran en un proceso incipiente de adopción en el pre sacrificio de animales de abasto público (CONPES; Decreto 2113/2017 Colombia; Resolución 581/2014 SENASA; Res. SENASA 46/2014; Romero et al. 2012). La Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE 2012), dentro de sus directrices recomienda evitar el uso de procedimientos violentos, o medios que causen dolor o sufrimiento a los animales. Durante el pre sacrificio los cerdos son expuestos a varias condiciones asociadas a manejo brusco, impacto violento contra estructuras agudas de camiones e instalaciones, ruptura de la estructura social, encuentros antagónicos entre los animales, así como altas densidades de carga durante el transporte, malas prácticas de conducción, condiciones geográficas adversas, entre otros factores, los cuales en conjunto favorecen la aparición de contusiones, producen estrés y afectan el BA y la calidad de la carne (Diestre et al. 2008; Harley et al. 2012; Miranda-de la Lama et al. 2014).

Algunas investigaciones realizadas en plantas de sacrificio de Colombia, Argentina, Chile, Brazil, Uruguay y México (Bottegal 2018; Romero Peñuela et al. 2017; Muñoz et al. 2012; Thomas et al. 2011) refieren problemas que incluyen: infraestructura, condiciones medioambientales y de transporte, ayuno, estrés, situaciones de manejo, y en general problemas logísticos (Landeta 2018); Todos estos autores han concluido que estos son los puntos más relacionados con las situaciones de estrés en el pre sacrificio porcino.

Estudios a nivel mundial demuestran que las canales provenientes de cerdos manejados inapropiadamente, presentan una mayor proporción de fracturas, hematomas, hemorragias petequiales y equimóticas, que conllevan a un aumento en los decomisos durante la inspección sanitaria, disminución del valor comercial de la carne y mayor mano de obra para el procesamiento (Romero et al. 2011; Dalmau et al. 2016). De otra parte, estas prácticas son factores que favorecen la presencia de estrés agudo en los cerdos,

inmediatamente antes del sacrificio, lo que causa un incremento en la tasa de acidificación post-mortem (pH) y por tanto, favorecerían la presencia de carne pálida, suave y exudativa (Florowski et al. 2017; Vermeulen et al. 2016).

En la visión del consumidor actual las prácticas cruentas usadas durante el manejo de los animales domésticos tienen implicaciones éticas, lo cual está cambiando los roles de los mercados y ha comenzado a influir en los procesos productivos de calidad e inocuidad, generando mayores exigencias y productos con valores agregados (Choi et al. 2019; De Backer and Hudders 2015; Velarde and Dalmau 2012). Bajo éste contexto, es de destacar la importancia de investigaciones aplicadas al sector productivo y comercial en los temas de calidad de carne de cerdo para los países Latinoamericanos. Deben iniciarse estudios bajo condiciones locales para establecer las implicaciones del pre sacrificio, en las situaciones de estrés a las que se ven enfrentados los cerdos y que terminan afectando el producto final; lo cual aportaría información relevante de las pérdidas económicas a la que estas variables conllevan para la cadena productiva. El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar las condiciones de pre sacrificio y su relación con las variaciones del pH final en una planta de sacrificio comercial localizada en Antioquia, Colombia y establecer un referente para las estrategias locales y de otros países latinoamericanos como Argentina.

2. JUSTIFICACION

Durante la última década el sector porcícola Latinoamericano ha tenido un fuerte impacto en las economías de diferentes países, aportando valores agregados a los mercados de exportaciones como sucedió con Brazil, quien se incluyó entre los primeros 5 países más exportadores de carne de cerdo para el mundo (Vilella 2018). En Chile y Argentina, que actualmente es un eslabón productivo en crecimiento, con una proyección del incremento del stock nacional de cabezas de porcinos para el 2020 del 57 % con respecto al año base (2010) (Bottegal 2018; Vilella 2018; Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2010) y en Colombia donde se ha estandarizado hasta lograr importantes avances en tecnificación, que han permitido incrementar su participación en el mercado interno, aumentando el consumo de carne de cerdo por habitante de 8,2 kg/persona en el 2010 a 9,6 kg/persona en el 2017 y con miras a un aumento del 4% hasta el 2020 y además ha incursionando en mercados internacionales (DNP 2007). La legislación Latinoamericana está cambiando constantemente en lo que se refiere a la regulación en producción de alimentos de origen animal, Brasil, Uruguay y Chile son los que más han avanzado en el tema ya que se han apoyado en la legislación de la UE para cumplir con sus clientes (Ramírez et al. 2016). En países como Argentina ha hecho avances a paso corto (Resolución 581/2014, Resolución-329-2017-SENASA) que no son muy específicos por especie, sino que abarcan aspectos generales; Colombia sigue en un proceso de modernización, en donde se ha integrado la cadena cárnica porcina con un enfoque “desde la granja, hasta la mesa” (DNP 2007), que incluye estándares de calidad, inocuidad y bienestar animal (BA) en la producción primaria, el transporte de animales en pie y en el sacrificio (MPS 2007a y b; Decreto 2113/ 2017).

La alta demanda de alimentos de origen animal, la industrialización de la producción y las exigencias de los consumidores de las nuevas generaciones, han comenzado a condicionar los mercados de los alimentos. Siempre como uno de los eslabones nutricionales más importantes, la carne, es ahora un objetivo de trazabilidad para garantizar calidad e inocuidad. Acompañados de nuevas legislaciones según el nivel de cada país, procesos industriales certificados y comercialización con valor agregado, los productos de origen animal con las caracterización de condiciones de BA, busca evitar

las condiciones de sufrimiento en cualquier eslabón de la cadena y además garantizar rentabilidad comercial para los productos identificando los posibles puntos críticos del manejo que están directamente correlacionados con la pérdida de parámetros de calidad (De Backer and Hudders 2015; Miranda-de la Lama et al. 2012). Teniendo en cuenta que las variaciones de pH son de naturaleza multicausal, y su relación con la activación de la respuesta al estrés, producto de las condiciones de manejo durante el pre sacrificio (Edwards et al. 2010; Barbut et al. 2008), sumado a factores inherentes al animal como el sexo y la genética, así como factores climáticos, entre otros (Bottegal 2018; Traore et al. 2012,); se hace necesario evaluar las condiciones de bienestar animal (BA) durante todo el proceso de trazabilidad de la producción de carne de cerdo. Es entonces el pre sacrificio un eslabón primordial ya que ha sido directamente asociadas a los posibles cambios de pH y sus repercusiones en la calidad de la carne (Faucitano and Goumon 2017; Edwards et al. 2010). Por todo lo anterior, es relevante realizar seguimiento y evaluación de las condiciones pre sacrificio de los porcinos bajo condiciones comerciales, con el objetivo de determinar implicaciones desde lo bioquímico, lo comportamental en los animales que generen cambios en los parámetros que definen calidad de la carne porcina y sus implicaciones con la inocuidad y la comercialización del producto, así como las implicaciones bioéticas y cambios de percepción de la producción de alimentos en el consumidor.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 ESTRÉS Y BIENESTAR ANIMAL

El concepto de BA está basado en la relación armoniosa del animal con el medio; en esta relación entran a jugar un papel muy importante su estado físico y psicológico (Broom 2007). Se han descrito como condiciones básicas que aseguran el bienestar de los animales cinco componentes que se han denominado “las cinco libertades”: 1) Libre de hambre, sed o un nivel de nutrición insuficiente; 2) No presentar dolor, heridas o enfermedad; 3) Libre de temor o angustia; 4) No presentar incomodidad; 5) Libre de manifestar un comportamiento natural, las cuales deben regir el BA. El concepto de calidad de vida de los animales no sólo incluye la ausencia de sufrimiento, sino también la calidad de las relaciones de éstos con el ambiente de manera que puedan satisfacer sus necesidades preferenciales (Broom 2007).

Las actividades pre-sacrificio incluyen las prácticas y condiciones aplicadas a los animales durante el período comprendido entre la movilización y el transporte desde la granja hasta su ingreso al cajón de insensibilización en la planta de sacrificio (Muñoz et al. 2012). Durante este período los animales son sometidos a factores desencadenantes de estrés que incluyen: 1) incremento del manejo, recolección y conducción con elementos punzantes o con tábano eléctrico; 2) mezcla de animales de diferente procedencia y contacto con personal extraño; 3) transporte y desafíos físicos como rampas, superficies resbaladizas, densidad de carga, movimiento, ruido y vibración del vehículo; 4) contacto con ambientes nuevos y no familiares; 5) privación de alimento y agua; 6) cambios en la estructura social; 7) cambios en las condiciones climáticas como temperatura, radiación y humedad; 8) imposibilidad de descanso, entre otros aspectos (Losada-Espinosa et al. 2018b; Corrales et al. 2015; Dokmanović et al. 2014). Estos factores desencadenan reacciones inevitables en el animal que se traducen en estrés físico, fisiológico y psicológico (Brandt et al. 2015; Romero et al. 2014). El primero se genera por el esfuerzo físico del animal durante la conducción, el carga y descarga del camión, así como el intento para mantenerse en pío durante el movimiento del vehículo. El estrés fisiológico puede ser medido en términos de cambios en la homeostasis del animal, por la privación de alimento y agua, la capacidad de utilizar sus reservas en el

mantenimiento de la temperatura corporal y actividad física, o para superar alguna lesión o enfermedad. El psicológico, es el percibido por la conciencia animal, siendo por lo tanto difícil de medir objetivamente (Losada-Espinosa et al. 2018; Romero et al. 2014).

El estrés ha sido utilizado como indicador de la pérdida de BA (Broom 2007) y es definido como la acción de estímulos nerviosos y emocionales provocados por el ambiente sobre los sistemas nervioso, endocrino, circulatorio y digestivo de un animal, produciendo cambios medibles en los niveles funcionales de estos sistemas, en especial altera la homeostasis interna induciendo cambios en la actividad del sistema nervioso autónomo y el eje hipotálamo-pituitaria-adrenal (HPA) (Broom 2007). Se ha denominado “Diestrés”, cuando la respuesta del animal al factor estresante pone realmente en riesgo su bienestar y su vida (Grandin 2017; Edwards et al. 2010).

De acuerdo con la duración y sus efectos el estrés puede ser agudo (transitorio) o crónico (de largo efecto) (Jama et al. 2016; Berg et al. 2014). En cualquier caso, una vez que el sistema nervioso central percibe una amenaza, se desarrolla una respuesta que consiste en una combinación de las cuatro respuestas generales de defensa biológica: comportamiento, sistema nervioso autónomo, inmune y neuroendocrino. A pesar de que los cuatro sistemas biológicos de defensa están disponibles para que el animal responda a un factor estresante, no todos los cuatro son necesariamente utilizados contra todos los factores de estrés. En particular, la homeostasis se mantiene cuando sólo los dos primeros mecanismos están involucrados; por el contrario, cuando los cuatro mecanismos de defensa han sido implicados, algunas de las funciones biológicas pueden verse modificadas adversamente y los animales estarán en peligro (diestrés) (Corrales et al. 2015; Romero et al. 2015).

Dentro de la respuesta neuroendocrina tienen vital importancia los sistemas simpático-suprarrenal (SS) y el hipófisis-pituitario-adrenal (HPA), donde la activación de cualquiera de los dos depende del factor estresante que está produciendo el estímulo (Kauppinen 2013; Broom 2007). En la activación del primero denominado “Síndrome de emergencia”, el organismo se prepara para hacer frente a peligros súbitos generando una respuesta de carácter rápida y breve, que conlleva a la activación neuronal del hipotálamo y la liberación de adrenalina y noradrenalina desde la médula adrenal,

encargadas de poner al animal en estado de alerta, preparándolo para luchar o huir, provocando un aumento de la frecuencia cardíaca, vasoconstricción periférica, glicemia, dilatación pupilar, hiperventilación y aumento del volumen sanguíneo (Broom 2007). En el eje HPA se presenta la liberación del Factor Liberador de Corticotropina (CRH) y la vasopresina en el hipotálamo, que actúan sobre la hipófisis anterior estimulando la liberación de la Hormona Adenocorticotrópica (ACTH), la cual es liberada al torrente sanguíneo para estimular la síntesis y secreción de glucocorticoides (GC), especialmente cortisol desde la corteza adrenal. –Simultáneamente se estimula la liberación de catecolaminas (adrenalina, noradrenalina y dopamina) desde la médula adrenal, así como hormonas tiroideas (Broom 2007). Por su parte, el cortisol aumenta la disponibilidad de energía y las concentraciones de glucosa en la sangre, porque estimula la proteólisis, lipólisis, la gluconeogénesis en el hígado, e inhibe la liberación de insulina (Broom 2007). En esta compleja respuesta fisiológica se presenta un proceso de retroalimentación negativa, permitiendo que el cortisol actúe sobre el hipotálamo y la hipófisis disminuyendo la producción de CRH y ACTH (Broom 2007). En esta etapa el organismo intenta adaptarse o afrontar la presencia de los factores que percibe como amenaza, en donde se presenta una normalización de los niveles de corticoesteroides, y por ende, la desaparición del estado de estrés, etapa que se ha denominado “de resistencia o relajación” (Romero et al. 2011; Broom 2007) (Figura 1).

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

susceptibilidad a las enfermedades o favorecer su progresión (Grandin 2017; Edwards et al. 2010).

Aunque la respuesta al estrés es muy variable y dependiente de la capacidad de cada animal para responder, resulta evidente que si el agente estresante actúa por largo tiempo (transporte y ayuno prolongado), el efecto encontrado será mayor, sea alta o baja la capacidad de respuesta de cada animal. Por ello, mientras más largos son los tiempos de transporte y ayuno, mayores probabilidades existen de presentar estrés, afectando negativamente el bienestar de los animales, aumentando las pérdidas de peso de la canal, mayor presencia de contusiones y efectos negativos en la calidad de la carne (Zhen et al. 2013; Romero et al. 2011).

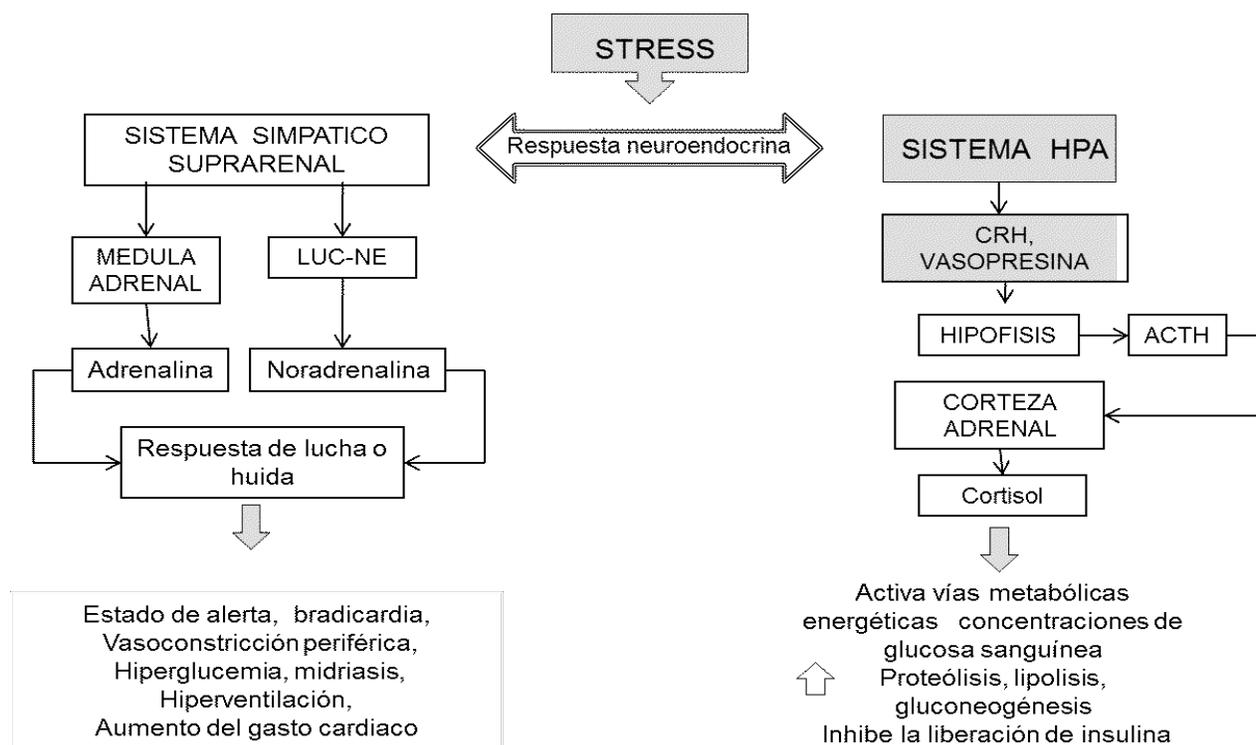


Figura 1. Esquema de la fisiología del estrés (Romero et al. 2012).

3.2. FACTORES DE ESTRÉS DURANTE EL PRE SACRIFICIO PORCINO

El pre sacrificio integra las actividades de la carga en las granjas de engorde, el transporte hacia las plantas de sacrificio (ICA, 2007), la descarga, la estadía en la planta y el sacrificio (aturdimiento y sangría) (Edwards et al. 2010). Durante el pre sacrificio los cerdos son expuestos a varias condiciones asociadas a manejo brusco, impacto violento contra estructuras agudas de camiones e instalaciones, ruptura de la estructura social, encuentros antagónicos entre los animales, así como altas densidades de carga durante el transporte, malas prácticas de conducción, condiciones geográficas adversas, entre otros factores, los cuales en conjunto favorecen la aparición de contusiones, producen estrés y afectan el BA. A continuación, se presentará un análisis de los principales factores de estrés durante el pre sacrificio porcino.

3.2.1. Transporte

El transporte es una de las etapas críticas para el BA y la calidad de la carne (Dalla Costa et al. 2017; Rocha et al. 2016; Brandt et al. 2015). Durante el transporte los cerdos pueden tener dificultad para mantenerse en pie y consecuentemente pueden tener pérdida del balance y caer (Dalla Costa et al. 2017). Estudios realizados en Latinoamérica han diagnosticado que el transporte de ganado no es una actividad especializada y los transportadores utilizan métodos cruentos, como palos, varillas de hierro y los ángulos del camión para el manejo de los animales, aspecto que incrementa el riesgo de contusiones (Umair et al. 2018; De la Lama, 2017; Romero et al. 2011, 2013; Paranhos da Costa et al. 2012). El ganado porcino en Colombia es transportado en camiones con carrocerías de madera simples (un piso) o dobles (dos pisos) muy similar al utilizado en Argentina y otros países de Sudamérica utilizado principalmente por el mediano y el pequeño productor. El tipo de camión utilizado para transportar los cerdos ha sido considerado como un factor de riesgo para la presencia de contusiones y de mortalidad, especialmente cuando son conducidos en camiones de dos pisos, porque incrementa su manejo y las densidades de carga (Schuetze et al. 2017; Pandolfi et al. 2017; Corrales et al. 2015). El diseño del vehículo, especialmente la presencia de rampas, pueden facilitar el manejo de los cerdos durante la carga y descarga, aspecto

que evita la presencia de resbalones, caídas y estrés (Grandin 2017; Saucier et al. 2013; Romero et al. 2012; Edwards et al. 2010).

Durante el transporte los cerdos evidencian incomodidad física relacionada con la duración del viaje, las condiciones ambientales cambiantes, la imposibilidad de descanso, densidades de carga no ajustadas a su peso, fatiga debido a los movimientos del vehículo, dolor derivado de resbalones o golpes sufridos, carga y descarga inadecuado y la restricción del consumo de agua (Gajana et al. 2013; Salmi et al. 2012). Existen otros factores estresores relacionados con las características de diseño de las instalaciones como las rampas de carga y descarga, características estructurales de los corrales de recepción y los cajones de insensibilización, la forma de conducción del camión, entre otros, que generan estrés (Edwards et al. 2010).

Otra variable a evaluar durante el transporte es la densidad de carga o disponibilidad de espacio de los cerdos en el camión, porque se ha descrito que puede afectar la temperatura corporal, la tasa cardíaca, la frecuencia respiratoria y en los casos en que se presente sobrecarga, puede asociarse con mayores tasas de mortalidad durante el transporte (Bottegal et al. 2018; Fu et al. 2016). La densidad de carga durante el transporte está determinada por el número de animales localizados en cada compartimento del camión. La legislación sanitaria colombiana y la Argentina, reglamentan las necesidades mínimas de espacio para el transporte de cerdos, que oscilan entre 0,5 m²/animal para cerdos de 100 kg de peso y de 0,8 m²/animal, para animales adultos (ICA 2007, Resolución 581/2014 Argentina). Densidades muy altas generan gastos de energía adicionales, que se traducen en alteraciones del pH en la carne; los cerdos transportados a densidades muy bajas, cuentan con mayor disponibilidad de espacio, lo que favorece las caídas y las colisiones de los cerdos, contra la carrocería del camión y entre los congéneres (Bottegal 2018; Grandin 2010)

La duración del transporte es otra variable crítica que aumenta las contusiones cutáneas, la mortalidad animal y afectan la calidad de la carne. Se ha observado que las contusiones cutáneas de los cerdos se incrementan en la medida que aumenta el tiempo de transporte y pueden llegar a duplicarse durante las últimas 6 a 8 h de viaje (Dalla Costa et al. 2017; Faucitano and Goumon 2017; Hellen et al. 2015). La duración del viaje

y la distancia recorrida están asociadas. Algunos investigadores encontraron que las distancias superiores a 100 km disminuyen el peso vivo de los cerdos a la llegada a la planta de sacrificio, hasta en 6 kg y una disminución del 1,05 % en el rendimiento en canal, frente a los cerdos transportados durante 50 km, los últimos presentaron mejores valores en la calidad instrumental de la carne, relacionados con una mayor capacidad de retención de agua (CRA) y unos valores óptimos de pH. En Colombia al igual que en Argentina y en Chile, los tiempos de transporte son variables dependiendo de condiciones geográficas y ubicación de 3 eslabones de la cadena comercial, que son la granja, el mercado y el frigorífico. Estas 3 condiciones pueden ocasionar viajes de más de 48 horas antes de llegar al punto de destino final (Umair et al. 2018; Romero et al. 2013; Thomas 2008).

Con relación a las condiciones de transporte, la velocidad del camión es considerada un factor de riesgo para la aparición de las contusiones cutáneas (Umair et al. 2018; Varón-Álvarez, 2014). Los movimientos bruscos del camión se pueden relacionar con la topografía montañosa de las áreas geográficas, produciendo caídas y colisiones, por lo que se recomienda conducir a velocidades no superiores de los 60 Km/hora porque las aceleraciones altas aumentan la frecuencia cardiaca de los cerdos y produce vibraciones de baja frecuencia, condiciones poco confortables para los animales (Romero Peñuela et al. 2016; Gajana et al. 2013). Es conveniente que durante los primeros 15 a 20 min de viaje, los conductores conduzcan a bajas velocidades, para que los animales se habitúen a los movimientos del vehículo (Corrales et al. 2015; Romero et al. 2011). En países al sur del continente como Chile y Argentina las condiciones topográficas varían con respecto a las vías, son menos montañosas, con la diferencia que en Argentina las distancias a recorrer son bastante extensas, lo que aumentan los tiempos de transporte y a las condiciones ambientales y estilos de conducción por parte del transportador. Resaltando que en Argentina aproximadamente el 86 % del ganado en pie se comercializa bajo la modalidad "Directo a frigorífico", un 4 % del ganado es a través de "Intermediarios", representados por el acopiador, consignatario y los remates feria, y un 10 % es de propia producción de los frigoríficos; esto es totalmente contrario a la cadena comercial de cerdos en Colombia donde el 85% de ganado pasa por intermediarios (

Bottegal , 2018; Bottegal 2018; Umair et al. 2018; Romero Peñuela et al. 2015; Ministerio de Hacienda y Finanzas, 2016).

3.2.2 Ayuno

El ayuno es una condición inevitable que involucra el tiempo de transporte y de espera en la planta de sacrificio (Romero et al. 2014). En términos fisiológicos, sin presencia de condiciones agravantes como el estrés, el ayuno disminuye las reservas de glucógeno hepático de 26 a casi 0 mg/g en un período de 48 horas (Romero Peñuela and Cobo-Ángel 2015). El periodo de ayuno de los cerdos previo al transporte hacia las plantas de sacrificio, no está reglamentado como tal, el ICA ha expedido diferentes tipos de guías para orientar ya que los productores seleccionan sus propios criterios, dependiendo de la región; Argentina tampoco lo tiene legislado sólo esta mencionado en los manuales, donde el SENASA 2014 indica para los cerdos un tiempo mínimo de 12 horas y uno máximo de 24h, similar al ICA (ICA 2007; SENASA Manual de BA (2015); Umair et al. 2018). En trabajos desarrollados en Colombia por el grupo CIENVET han demostrado que oscilan entre 8 y 48 h, período que permite disminuir costos de alimentación para el productor, reduce la mortalidad de los cerdos durante el transporte, evita la contaminación de las canales durante el eviscerado y facilita la sangría (Romero Peñuela and Cobo-Ángel 2015). Para Colombia la estadía mínima de los animales en la planta de sacrificio 4 h con suministro de agua *ad libitum*, periodo que no puede exceder las 48 h, de igual forma la normativa Argentina regida por decreto de 1968, que el tiempo de reposo pre sacrificio es de 6 horas y en la planta no debe permanecer más de 24 horas, no hay estudios que hagan un referente a el manejo estos tiempos en la actualidad. La reglamentación exige en ambos países el suministro de alimento a los cerdos, aclarando que sólo es ofrecido cuando el tiempo de estadía supera las 24 h (MPS 2007; Decreto 4238/1968 Argentina). Este último aspecto no se cumple en todas las plantas de sacrificio de ambos países Latinoamericanos ni en el resto del mundo. La privación prolongada de alimento y el estrés generado por la sensación de hambre, puede ser inductora a encuentros antagónicos entre los animales y por tanto un incremento de las contusiones cutáneas (Jama et al. 2016; Romero et al. 2015).

Muchos autores han reportado que los ayunos prolongados no son recomendables, porque períodos mayores a 24 h incrementan el uso de los depósitos de grasa como fuentes energéticas para el músculo, repercutiendo negativamente en la calidad de la carne y generando pérdidas de peso vivo. Tiempos de ayuno entre 18 y 24 h producen una pérdida de peso en la canal que ocurre a un ritmo de 0,1%/h (Florowski et al. 2017; Romero et al. 2015; Vermeulen et al. 2015). Grandin (2012) recomienda que el lapso de tiempo entre la última comida en la granja y el sacrificio, no debe ser superior a 12 h para evitar pérdidas de peso de la canal. En condiciones prácticas se recomiendan períodos de ayuno entre 10 y 18 h. Sin embargo, para decidir el tiempo de ayuno en la granja y los periodos de descanso en la planta de sacrificio, se deben tener en cuenta factores como la predisposición genética a presentar la condición PSE, la duración y la densidad de carga del transporte y la época del año (Álvarez et al. 2009; Castrillón et al. 2007).

3.2.3 Estadía en planta de sacrificio

La estadía en la planta es una etapa decisiva en el BA, cuyo impacto depende de la duración y de las condiciones de la estabulación, como la disponibilidad de espacio, el manejo, las condiciones propias de las instalaciones y el medio ambiente (Zhen et al. 2013; Grandin 2010). Esta etapa tiene como finalidad permitir el descanso de los animales, favorecer el consumo de agua y facilitar la evisceración (Romero et al. 2011). Tiempos de estadía en planta superiores a las 12 h incrementan el riesgo de contusiones cutáneas (Zhen et al. 2013; Gregory 2008). Sin embargo, ha sido evidente que duraciones de estadía en planta, inferiores a las 12 h, disminuyen la probabilidad de encontrar contusiones cutáneas en las canales (Dalla Costa et al. 2017; Velarde and Dalmau 2017; Vermeulen et al. 2015; Zhen et al. 2013).

Las situaciones no familiares como los ambientes nuevos, el ruido y la ruptura de la estructura social del grupo, aumentan la prevalencia de encuentros antagónicos entre los animales durante la estadía en la planta. De igual forma, la presencia de personal extraño y los comportamientos aversivos, como el uso de palos, varillas de hierro, tábano eléctrico y otros elementos no apropiados para el manejo de animales (Romero et al. 2012; Salmi et al. 2012), inducen miedo y generan estrés (Grandin 2017).

3.3 FACTORES DEL ANIMAL

La respuesta de los cerdos a los factores estresores está relacionada con características propias del individuo, su forma de adaptación al estímulo estresor, factores genéticos y el sexo (Tallet et al. 2017; Broom 2007). El estrés depende de forma indirecta de la situación y de la percepción individual ante cierto estímulo, convirtiendo la respuesta al estrés en algo único y no predecible, influenciado por las experiencias previas y la evaluación propia de una situación (Tallet et al. 2018).

Se ha descrito que existe una predisposición genética al estrés presente en los porcinos portadores del alelo sensible en el gen RN⁻ (gen Rendimiento Napole) y el gen Halotano (n), principalmente en animales homocigotos (nn), que aumenta la susceptibilidad al estrés, principalmente en las razas Piétrain y Landrace (belga y alemana) (Saintilan et al. 2011). El gen RN⁻ actúa incrementando el contenido de glucógeno en la fibra muscular “blanca”, la cual tiene un alto potencial glucolítico, resultando finalmente en un pH bajo. Del mismo modo, el gen Halotano es el responsable de desencadenar el síndrome de estrés porcino, causante de la hipertermia maligna, hiperpirexia, acidosis metabólica e incremento de la rigidez muscular en los cerdos positivos a la prueba con el anestésico en gas halotano, que conduce finalmente a la muerte (Álvarez et al. 2009).

Algunos autores han presentado resultados contradictorios con relación al sexo del animal y la respuesta al estrés en Colombia y Argentina (Castrillón et al. 2007; Bottegal 2018). Algunos estudios han sugerido que las hembras son más susceptibles al estrés que los machos y presentan diferencias en la utilización del glucógeno muscular durante el ayuno (Bottegal 2018). Se sugiere que la resistencia al estrés de los machos, está relacionada con su mayor proporción de tejido muscular y por ende de las reservas energéticas en estos tejidos; por su metabolismo, ligeramente diferente al de las hembras y la capacidad de recuperarse más rápidamente ante situaciones estresantes (Bottegal 2018). El comportamiento sexual agresivo de los machos es considerado por algunos autores como un factor que los hace más sensibles al estrés (Castrillón et al. 2007). A diferencia, otros investigadores lo consideran como un factor protector, porque los machos se habitúan más fácilmente a estímulos adversos que las hembras (Bottegal 2018; Castrillón et al. 2007).

3.4 FACTORES AMBIENTALES

Los cerdos tienen dificultad de disipar efectivamente el calor, porque carecen de glándulas sudoríparas funcionales, haciéndolos más sensibles a las altas temperaturas (Broom 2007). De igual modo, las temperaturas superiores a 25 °C alteran la respiración del animal, amenazando su vida como consecuencia del “choque de calor”, principalmente en razas genéticamente susceptibles (Gajana et al. 2013). El clima afecta el comportamiento porcino durante el pre sacrificio. Varios autores han descrito que la mortalidad durante el transporte se incrementa durante los meses más cálidos y disminuyen durante el invierno. Así mismo, la presencia de lluvia durante la carga y el descarga puede favorecer los resbalones y las caídas, las cuales pueden aumentar el estrés y la presencia de animales caídos o postrados (Saucier et al. 2013).

3.5. EL ESTRÉS Y LOS ATRIBUTOS DE CALIDAD DE LA CARNE PORCINA

La calidad de la carne se encuentra fuertemente influenciada por el estatus comportamental y fisiológico de los cerdos en los momentos previos al sacrificio (Vermeulen et al. 2015). El pH y la temperatura muscular son los atributos más usados para evaluar la calidad sensorial de la carne porcina (Vermeulen et al. 2016). Su importancia radica en que influyen en los cambios bioquímicos de la fibra muscular en el período post-mortem, facilitando la conversión de músculo a carne, proceso que involucra la desnaturalización proteica, proteólisis y oxidación lipídica (Traore et al. 2012). Estos factores, representan elementos claves relacionados con las pérdidas por goteo y CRA, ocasionadas por la desnaturalización de las proteínas (Salmi et al. 2012). La CRA es una característica muy importante para la industria cárnica, porque define algunas de las características tecnológicas y organolépticas de la carne fresca porcina. Una carne fresca con una baja CRA es menos jugosa y tiene menor aceptación por parte del consumidor (Traore et al. 2012; Kauppinen et al. 2010)c.

Algunos de los problemas de calidad más comunes en la industria porcina, son las condiciones conocidas como carne pálida, suave y exudativa (PSE) y carne oscura, firme y seca (DFD) (Florowski et al. 2017), cuyas características generales se presentan en la tabla 1. La condición PSE está relacionada con animales de mayor conformación

muscular y más magros, que provienen generalmente de líneas genéticas más susceptibles al estrés (Romero 2012). Los cerdos manejados bajo condiciones de estrés agudo, sufren un incremento de la temperatura corporal y una caída rápida del pH muscular, porque se aumenta la glicólisis anaerobia, donde el músculo mantiene suficientes reservas de glucógeno para causar un aumento rápido de las concentraciones de ácido láctico durante el período post-mortem inicial, lo cual ocasiona un descenso en los valores de pH en la primera hora post-sacrificio ($\text{pH} \leq 5,8$) y menor a 5,6 cuando es medido a las 24 h post-sacrificio ($\text{pH}_{24} < 5,6$) (Romero Peñuela and Sánchez Valencia 2015; Pia Brandt et al. 2013). En contraste, la respuesta de los cerdos ante factores estresores crónicos y ejercicio prolongado, provoca un gasto de las reservas energéticas en el período previo al sacrificio y la disminución de la formación de suficiente ácido láctico, por lo que la carne presenta durante la primera hora post-sacrificio un $\text{pH} < 6,3$ y un $\text{pH}_{24} \geq 6,3$ (Romero Peñuela and Sánchez Valencia 2015; Castrillón et al. 2007). Estos valores de pH de la carne porcina con la condición DFD son significativamente mayores a los normales, que oscilan entre 5,9 y 6,2 a los 45 min post-sacrificio y de 5,6 a 6,1 que corresponden al pH_{24} . Otros factores como el ejercicio y/o el estrés relacionado con los encuentros antagónicos entre los animales y caminar en los corrales, causan agotamiento de las reservas de glucógeno y un pH_{24} alto (Berg et al. 2014; Dokmanović et al. 2014; Schwartzkopf-Genswein et al. 2012)

Se ha descrito que la velocidad de caída del pH depende del metabolismo muscular (principalmente la actividad de la ATPasa), mientras que la magnitud de la caída depende principalmente de las reservas de glucógeno (Dokmanović et al. 2014; Kauppinen 2013; Salmi et al. 2012). Las diferencias en el metabolismo muscular evidencian la complejidad del proceso de conversión de músculo en carne, así como, la importancia de la velocidad de la glicólisis y el contenido de glucógeno en el proceso de acidificación muscular (Qu et al. 2017; Castrillón et al, 2007).

Tabla 1. Características de las condiciones PSE y DFD en la carne porcina (Romero and Sánchez 2012)

Característica	PSE	DFD
Duración del estresor	Agudo	Crónico
Momento de evaluación post-sacrificio	45 min – 1 h	24 h
Contenido de glucógeno muscular	Alto(por/no depleción)	Bajo (por agotamiento)
Formación de ácido láctico a nivel muscular	Alta (por exceso de formación)	Baja(por falta de sustrato)
pH ₄₅	Valores bajos (< 5,8)	Valores altos (> 6,3)
Color	Pálido	Oscuro
Capacidad de retención de agua	Baja	Alta

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar variables del manejo pre sacrificio asociadas con cambios de pH en cerdos bajo condiciones comerciales en una planta de sacrificio.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la interacción humano-animal durante el desembarque y la conducción de cerdos comerciales.
2. Establecer los cambios fisiológicos de los cerdos evaluados mediante la determinación de los valores sanguíneos de cortisol, glucosa, proteína total, creatinina, creatin fosfoquinasa, lactato, albúmina, hematocrito y el hemograma.
3. Caracterizar las contusiones de las canales porcinas y establecer su relación con la calidad de la carne en términos de pH.
4. Analizar el efecto del manejo pre sacrificio relacionados con los cambios de pHu (pH último 24 horas) post mortem.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una planta de sacrificio comercial en los Andes Centrales Colombianos (distancia promedio de 300 km entre las granjas y la planta de sacrificio) de mayo a junio de 2017. Los animales provenían de la misma región agroecológica y el fondo genético fue el cerdo comercial colombiano (Topigs Norsvin, Alianza Solla - Genética de elección y PIC). La planta cumplía con la reglamentación sanitaria colombiana (Decreto 1500 de 2007) que creó el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne para todas las carnes y productos cárnicos; y estableció los requisitos sanitarios y de inocuidad para la producción primaria, sacrificio, procesamiento, almacenamiento y transporte. Los animales fueron transportados y sacrificados de acuerdo con la normativa nacional aplicada en la investigación y sacrificio comercial. El permiso para realizar el estudio fue aprobado por el Comité de Ética para la Experimentación Animal de la Universidad de Caldas (Ley 1 13/02/2012, -Actividades con riesgo mínimo).

5.1 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

Se realizó un estudio de corte transversal que evaluó 3.156 cerdos ($113,5 \pm 12,9$ Kg PV) (134 viajes) en una planta de sacrificio comercial, localizada en el departamento de Antioquia, Colombia ($6^{\circ} 13'00''\text{N } 75^{\circ} 34'00''\text{O}$), que se caracteriza por un clima de selva tropical, una precipitación media anual de 2060 mm, una temperatura media anual de $16,6^{\circ} \text{C}$ y una altitud de 2550 msnm. La planta funcionaba de lunes a viernes (06:00-16:00 h) con una capacidad de sacrificio de 350 cabezas / día a razón de 30 cabezas / h.

Mediante la aplicación de una encuesta estructurada dirigida a los transportistas ($n = 71$) y la observación directa de los vehículos ($n = 134$), se evaluaron las buenas prácticas de transporte exigidas por la legislación colombiana (ICA 2007). La descripción de las variables estudiadas se presenta en tabla 2.

Tabla 2. Descripción de variables que se evaluarán en el estudio.

Variables	Descripción
Del vehículo	
<i>N° de pisos</i>	Uno o dos pisos
<i>Densidad de carga</i>	kg/m ²
De las condiciones del viaje	
<i>Velocidad promedio</i>	Velocidad promedio (km/h)
<i>Paradas</i>	Paradas prolongadas (más de 15 min) del vehículo durante el transporte (Si o No)
<i>Inspección de cerdos</i>	Durante el transporte (Si o No)
<i>Tiempo de transporte</i>	Duración total del recorrido finca-planta (h)
De la planta de sacrificio	
<i>Espacio disponible en corral</i>	kg/m ²
<i>Tiempo de estadía</i>	Tiempo total desde la llegada a la planta hasta el sacrificio (h)
<i>Presencia de contusiones cutáneas</i>	Frecuencia, distribución y caracterización
Del animal	
<i>Tiempo de ayuno</i>	Tiempo de ayuno en la finca (h)
<i>Tiempo de ayuno total</i>	Tiempo de ayuno en la finca + tiempo de ayuno (estadía) en planta (h)
Interacción Humano Animal	
<i>Tipo de interacción</i>	Frecuencia/tiempo
Post-mortem	
<i>pH</i>	Medición a las 24 horas pos sacrificio

5.1.1 CONDICIONES DE TRANSPORTE Y EN LA PLANTA DE SACRIFICIO

Los cerdos se movilizaron en camiones de diferentes características de diseño y tamaño, provistos de ventilación pasiva, algunos con suministro de agua potable, sistemas de aspersión y tanques de recolección de excretas. Algunos vehículos estaban adaptados con dos pisos en su área de carga para el alojamiento de los porcinos. A la llegada de los cerdos a la planta de sacrificio fueron descargados por medio de una rampa móvil y alojados en corrales de recepción techados, protegidos de las condiciones climáticas y provistos de suministro de agua fresca *ad libitum*, conservando el mismo grupo social proveniente de la granja. Los cerdos permanecieron toda la noche en la planta de sacrificio, fueron conducidos en lotes a través de un corredor de paredes compactas, insensibilizados en una cámara de CO₂ automática, a continuación fueron izados y desangrados.

5.1.1. 1 Evaluación del desembarque y conducción

Se consideró como desembarque la etapa comprendida entre la apertura de la puerta del camión para permitir la salida del primer cerdo hasta el ingreso del último cerdo al corral de recepción en la planta de beneficio. La evaluación del comportamiento de los animales y las actitudes del personal fueron realizadas por dos observadores previamente entrenados. Los eventos de comportamiento recolectados y las actitudes del personal se presentan en la Tabla 3. Esta misma observación se efectuó durante la conducción de los cerdos desde los corrales de recepción hasta el ingreso al área de aturdimiento.

Tabla 3. *Descripción del comportamiento de los cerdos e interacciones del manejador en la descarga y la conducción.*

Parámetros	Descripción
Comportamiento del cerdo ^a	
Resbalar/ caer	La pierna del cerdo se resbala lejos de las otras piernas/ cuando una parte del cuerpo del cerdo toca el piso

Monta	Cerdo monta otro cerdo, con las 2 piernas delanteras sobre la parte trasera del otro cerdo.
Giro 180°	El cerdo hace un giro de 180° con su parte trasera extendida en dirección del movimiento previsto.
Intento de giro	El cerdo intenta girar 180° pero lo detiene el manejador, las instalaciones u otro cerdo.
Marcha contraria	El cerdo se mueve al menos 2 pasos hacia atrás, opuesto a la dirección de la intención del movimiento.
Retroceder	El cerdo se mueve en la dirección prevista con el cuerpo orientado a la dirección opuesta
Levantar otro cerdo con la cabeza	La cabeza del cerdo va por debajo del cuerpo del otro cerdo.
Vocalización	El cerdo vocaliza. Cualquier chirrido emitido por el cerdo no incluyó gruñidos.
Impedir	El cerdo se detiene >2 s.
Empujar	El cerdo es apretado con la puerta, pasillo o salida de la rampa (o en la puerta del remolque al descargar).
Intervención del Manejador ^b	
<i>Interacciones táctiles</i>	
Tocar	Tocar al animal con las manos
Empujones	El manejador uso las manos, paletas o tablero para empujar al animal.
Palmejar	Da palmadas al animal con las manos.
Golpear	Toca o golpea al animal con una herramienta
Picana eléctrico	Punza al animal con la picana eléctrica

Halar cola/orejas ^c	Halar al animal de la cola o las orejas.
--------------------------------	--

Interacciones auditivas

Hablar	Hablar suave y calmado.
--------	-------------------------

Silbar	Silbidos.
--------	-----------

Gritar	Hablar con voz áspera y estruendosa.
--------	--------------------------------------

Aplausos	Hacer ruidos con las palmas de las manos.
----------	---

Sonidos Artificiales	Hacer ruidos agitando sonajeros metálicos y golpeando accesorios en los corrales
----------------------	--

Interacciones visuales

Ondear	Hace mover el cerdo con gestos de agitar frente a él.
--------	---

5.1.2. Evaluación fisiológica

Durante el desangrado se tomaron dos muestras de sangre una con EDTA (hemograma) y otra sin anticoagulante con la que se evaluaron las concentraciones sanguíneas de glucosa (mmol/L), úrea (mmol/L), proteína total (g/L), creatinina (mmol/L), β -hidroxibutirato (β HB) (mmol/L), lactato (mmol/L) y ácidos grasos no esterificados (NEFA), que se midieron por espectrofotometría (BTS 330, Biosystem). Las concentraciones sanguíneas de cortisol (μ g/dL) se determinaron por Elisa.

Las muestras fueron centrifugadas a 3500 rpm por 15 minutos (centrífuga EBA 20, Hettich) para obtener los viales de 2ml con suero y plasma respectivamente. Para el análisis de glucosa, urea, proteína total, creatinina (BioSystems), NEFA, lactato, β HB (Randox) y cortisol (Accu-bind, Monobind INC), se aplicó el protocolo recomendado por el fabricante de los reactivos. Se obtuvieron valores de volumen de células empaquetadas (PCV) usando la técnica de micro-hematocrito. El perfil de leucocitos (WBC) y la relación de neutrófilos: linfocitos (N / L) se realizaron durante la observación microscópica de muestras de sangre manchadas con tinción de Wright. Las concentraciones séricas de cortisol (μ g / dl) se midieron por duplicado usando un radio

inmunoensayo -RIA- (Ensayo Clínico GammaCoat Cortisol 125I RIA Kit, DiaSorin, Minnesota, EE.UU.), el coeficiente de variación inter-ensayo fue 9,31%. Se determinaron las concentraciones de glucosa (mmol / L), urea (mmol / L), proteína total (g / L), creatina quinasa (CK, U / L) y creatinina (mmol / L) utilizando un kit Biosystem (Biosystems® , Barcelona, España) y el espectrofotómetro BTS-330 (Biosystems®, Barcelona, España). La evaluación de los niveles de β -hidroxibutirato (β HB, mmol / L) y lactato (mmol / L) se realizó con kits Randox (Randox Laboratories Limited®, Crumlin, Reino Unido) y espectrofotómetro BTS-330 (Biosystems®, Barcelona España).

5.1.3 Evaluación de las contusiones

Las contusiones cutáneas se caracterizaron en la línea de acabado del proceso, mediante la observación de las dos caras de la canal. Estas se clasificaron según la localización, el tamaño, la concentración, el color y la forma, de acuerdo con el protocolo propuesto por Muñoz, Strappini, and Gallo 2012, con modificaciones efectuadas por [el](#) autor. La clasificación fue realizada por un observador entrenado para evitar sesgos de medición. La localización de las contusiones en la canal se hizo teniendo en cuenta cinco regiones topográficas: cabeza, espalda, medio, lomo y jamón (Figura 2). El tamaño de las contusiones cutáneas se clasificó en cinco categorías a saber: categoría 1: entre 0,5 – 1 cm, categoría 2: 2 – 5 cm, categoría 3: 6 – 10 cm, categoría 4: 11 – 15 cm y categoría 5: >15 cm. La variable concentración, tuvo en cuenta si las contusiones se encontraban agrupadas en un área específica de la canal o aisladas en partes separadas de la misma. La coloración se clasificó como roja, cuando las contusiones eran recientes, de aspecto fresco y color rojo; como marrón, cuando la coloración era oscura y estaban relacionadas con eventos antiguos. La forma se clasificó en cinco categorías: en coma, rectangular, lineal, difusa y como marca de la cámara de CO₂, estas últimas caracterizadas por presentar forma romboide (Figura 3).

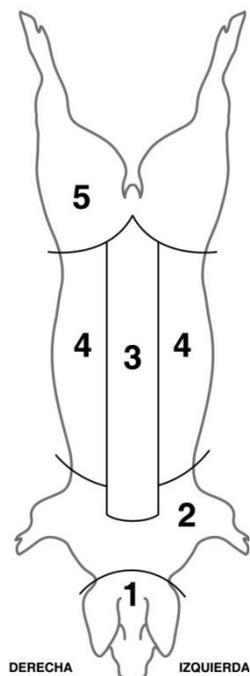


Figura 2. Esquema de evaluación de la canal. Los números indican las regiones anatómicas evaluadas. 1. Cabeza, 2. Espalda, 3. Lomo, 4. Medio, 5. Jamón.



Figura 3. Clasificación de las contusiones según la forma. 1. Coma, 2. Rectangular, 3. Lineal, 4. Difusa, 5. Romboide (cámara de CO₂) (Romero et al., 2012)

5.1.4 Evaluación del pH

Se efectuó la medición del pH₂₄ y la temperatura en el músculo Longissimus thoracis (LT) entre la 3^a y 4^a últimas costillas, en el lado derecho a 8 cm de la línea media dorsal, con un potenciómetro de punzón (IQ150 pH/Mv/medidor de temperatura; IQ Scientific Instruments). El equipo fue calibrado cada cinco muestras, usando dos soluciones estándar de pH 4 y 7; se realizó lavado con agua destilada después de cada medición. Los criterios para definir la calidad de la carne fueron carne PSE pH₂₄ ≤ 5,6 y carnes normales pH₂₄ >5,6 y 6,1 (Castrillón y col 2007).

5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El software Stata Versión 12.0 (College Station, Texas, EU) se utilizó para todos los análisis estadísticos. Se hizo una prueba de normalidad de las variables evaluadas y aquellas con distribución no normal se transformaron mediante el logaritmo natural y estos valores se utilizaron para análisis estadísticos posteriores. Los efectos replicados de acuerdo con el día de transporte no fueron significativos y por lo tanto se omitieron en el modelo estadístico final. Se hicieron regresiones lineales múltiples para establecer la relación entre los indicadores de estrés fisiológico y las variables independientes (tipo de camión, tiempo de transporte, densidad de carga kg/m², tiempo de espera, densidad de carga en el camión y las condiciones del viaje); este mismo análisis se realizó para la evaluación del pH₂₄. En ambos casos, se seleccionaron los modelos con un coeficiente de determinación (R² ajustado) superior al 0,2.

Las variables conductuales medidas durante el desembarque y la conducción se calcularon por animal/tiempo de duración de la observación y se analizaron a través de la prueba no paramétrica de Wilcoxon-Mann-Whitney.

Se realizó un análisis descriptivo de las contusiones cutáneas y se determinó su frecuencia de acuerdo con el número de pisos del camión y por medio de una prueba de Chi² (Chi cuadrado) se estableció la significancia estadística.

6. RESULTADOS

El transporte de los cerdos desde las granjas hasta la planta de sacrificio fue de corta duración (1,56 h en promedio). Los camiones de dos pisos que transportan porcinos en Colombia no están dotados con rampas hidráulicas, pero la planta contaba con una en el área de desembarque, para facilitar esta operación. El 44,2% de los cerdos fue transportado en camiones de un piso y el 55,8% restante, en camiones de dos pisos. Los vehículos en general cumplieron con los requisitos de la legislación sanitaria (ICA 2007).

Los pisos de los camiones eran antideslizantes y los vehículos estaban dotados de carpas de lona para proteger a los animales de las condiciones climáticas adversas. El 30,8% de los transportadores realizó paradas durante el viaje (>15 min), en tanto que el 34,2% se detuvo solamente el tiempo necesario para hacer la inspección de los animales durante el viaje, el restante 35% no realizó paradas. Sólo el 4,6% de los lotes presentó mezcla de animales no familiares durante el transporte. Los cerdos fueron transportados en lotes de diferente tamaño: el 39,2% conformado por uno a veinte animales, el 50,0% entre 21 y 40 animales y el 10,8% en grupos mayores de 40 cerdos. La disponibilidad de espacio por animal exigida por la normatividad colombiana es de 1 m²/animal en los corrales de recepción y sacrificio, aspecto que no se cumplió en el presente estudio (MPS 2007^b). El 72% de los cerdos fueron sometidos a periodos de ayuno entre 8 y 24 h en la granja y el 28% restante entre 28 y 48 h. El 25,1% de los cerdos permaneció en la planta por un lapso superior a 24 h sin ser alimentados ([Tabla 4](#)).

Tabla 4. *Media, error estándar (EE), mínimo, máximo para las variables independientes continuas usadas en el análisis.*

Variable	Media	EE	Mínimo	Máximo
Disponibilidad de espacio en el corral (m ² /animal)	0,83	0,009	0,05	1,51

Peso promedio (kg)	110,57	0,45	92,63	210
Densidad de carga (kg/m ²)	93,3	2,03	72,29	180,33
Tiempo de transporte (h)	1,56	0,07	0,25	6
Ayuno en la granja (h)	24,32	0,83	8	48
Velocidad promedio (km/h)	56,07	0,45	20	70
Latencia (min)	6,28	0,66	0	60
Tiempo de descarga (min)	12,63	0,36	1	30
Tiempo de retraso (min)	5,08	0,43	0	45
Tiempo de manejo (h)	31,71	1,15	2	210
Tiempo de espera en planta (h)	18,16	0,35	4,58	38,83

Los modelos de regresión lineal múltiple de las variables fisiológicas de estrés asociadas con las variables independientes incluidas en el estudio, mostraron coeficientes de determinación R² muy bajos. La [Tabla 5](#) presenta los modelos de las variables cuyo R² fue superior al 0,2.

Tabla 5. Resultados del modelo de regresión lineal múltiple con los valores transformados del cortisol, creatinina, lactato y albúmina.

Variable dependiente (y)	Variable independiente (x)	β	Error	P	R ²
Cortisol	Tiempo de espera en planta (h)	-0,01	0,02	0,01	0,3
Creatinina	Golpes (n)	0,04	0,01	0,008	0,31
	Tiempo de espera en planta (h)	2,22	0,5	0,01	

	Tiempo de transporte (h)	2,2	0,5	0,01	
	Paradas extra (n)	0,7	0,1	0,01	
Lactato	Tiempo de transporte (h)	-0,1	0,04	0,01	0,27
	Paradas extra (n)	0,1	0,1	0,08	
	Densidad de carga (kg/m ²)	-0,3	0,08	0,01	
	Velocidad media (km/h)	-0,01	0,004	0,003	
Albúmina	Tiempo de transporte (h)	-0,1	0,005	0,06	0,24
	Tiempo de descarga (min)	-0,003	0,0009	0,01	
	Tiempo de espera en planta (h)	-0,006	0,001	0,01	

Se observaron diferencias significativas en las variables fisiológicas de estrés de los cerdos de acuerdo al número de pisos del camión. Las concentraciones sanguíneas de cortisol, CK, proteínas y albúmina fueron superiores en los cerdos transportados en camiones de dos pisos, el lactato tuvo valores inferiores y no hubo diferencias significativas en glucosa, hematocrito, urea, creatinina, BOHB y hematocrito ($P \leq 0,05$) (tabla 6).

Tabla 6. Indicadores fisiológicos de estrés y el tipo de camión (n= número de camiones).

Variables	Un piso	Dos pisos
	n=232	n=268
	Mean \pm SE	Mean \pm SE
Cortisol ($\mu\text{g/dL}$)	356,59 \pm 9,05 ^a	399,61 \pm 10,50 ^b
Glucosa (mmol/L)	7,74 \pm 0,10	7,69 \pm 0,08
Hematocrito (%)	55,85 \pm 0,28	56,16 \pm 0,27
Lactato (mmol/L)	6,24 \pm 0,18 ^a	6,05 \pm 0,31 ^b

CK (U/L)	334,36±64,7 ^a	666,99±22,4 ^b
Proteínas (g/L)	88,46±0,57 ^a	91,55±0,54 ^b
Albumina (g/L)	40,60±0,27 ^a	41,30±0,20 ^b
Urea (mmol/L)	7,74±0,19	7,57±0,16
Creatinina (mmol/L)	198,53±2,60	201,93±2,10
β-OHB (mmol/L)	0,09±0,004	0,10±0,005
Leucocitos	17671,86±533,33	17457,28±466

^{a,b}: Los superíndices en la misma fila indican diferencias significativas de los indicadores fisiológicos de estrés entre camiones de uno y dos pisos ($P \leq 0.05$).

El 100% de las canales presentó contusiones cutáneas, con un promedio de 6,1 contusiones/canal. La prevalencia de contusiones leves y severas fue 38,2% (n=1.207) y 61,8% (n=1.949), respectivamente. Las contusiones más frecuentes estuvieron localizadas en el lomo (31,8%) y el jamón (22,4%). Predominaron las lesiones en forma de coma (71,7%), lineal (10,7%) y difusa (14%). En cuanto al tamaño, la concentración y el color, prevalecieron las contusiones con tamaños entre 2 - 5 cm (35%) y ≥ 15 cm (28%), agrupadas o concentradas en áreas específicas (66,7%) y de color rojo (91,8%). La caracterización de las contusiones cutáneas se presenta en [Tabla 7](#). No fue posible evaluar el color de todas las contusiones localizadas en la cabeza, por problemas del flameado, que distorsionaba esta característica. No se observaron diferencias significativas en la presentación de contusiones cutáneas de acuerdo con el número de pisos del camión.

Tabla 7. Características de las contusiones en las canales evaluadas según el sexo y el tipo de camión (n= 3.115 contusiones totales).

Variable	Total n (%)	Pisos del camión	
		Uno n(%)	Dos n(%)
<i>Localización</i>			
Cabeza	354 (11,3)	169 (11,5)	185 (11,2)

Espalda	576 (18,5)	282 (19,2)	294 (17,8)
Lomo	992 (31,8)	453 (30,9)	539 (32,7)
Medio	495 (16,0)	245 (16,7)	250 (15,2)
Jamón	698 (22,4)	318 (21,7)	380 (23,1)
<i>Forma</i>			
Coma	2234 (71,7)	1059 (72,2)	1175 (71,3)
Rectángul ar	9 (0,3)	4 (0,3)	5 (0,3)
Lineal	333 (10,7)	150 (10,2)	183 (11,1)
Difusa	437 (14,0)	204 (13,9)	233 (14,1)
Marcas cámara de CO ₂	102 (3,3)	50 (3,4)	52 (3,2)
<i>Tamaño (cm)</i>			
0,5-1	57 (1,8)	29 (2,0)	28 (1,7)
2-5	1101 (35,3)	522 (35,6)	579 (35,1)
6-10	677 (21,7)	324 (22,1)	353 (21,4)
11-15	410 (13,2)	193 (13,1)	217 (13,2)
≥15	870 (28,0)	399 (27,2)	471 (28,6)
<i>Concentració n</i>			
Cercanas	2090 (67,0)	987 (67,3)	1103 (67,0)
Aisladas	1025 (33,0)	480 (32,7)	545 (33,0)
<i>Color</i>			
Rojo	2847 (91,4)	1334 (90,9)	1513 (91,8)
Marrón	268 (8,6)	133 (9,1)	135 (8,2)

Al comparar el comportamiento de los cerdos durante el desembarque y la conducción al cajón de aturdimiento, se observó que este último manejo generó un mayor número de comportamientos antagónicos y por lo tanto, fue necesario que los manejadores

usaran un mayor número de interacciones, con diferencias significativas en todas las variables evaluadas ($P \leq 0,05$). Las interacciones más usadas por el personal durante el desembarque fueron: halar la col y silvar; en la conducción fue golpear (tabla 8).

Tabla 8. Media, mínimo Cuadrados ($\pm EE$) de los indicadores conductuales de los cerdos y las operaciones de manejo durante el desembarque y la conducción.

Parámetros	Desembarque Media \pm EE	Conducción en el corredor Media \pm EE
Comportamiento		
Caer (n)	0,60 \pm 0,06 ^a	0,10 \pm 0,02 ^b
Resbalar (n)	0,89 \pm 0,08 ^a	0 \pm 0 ^b
Marcha contraria (n)	0,56 \pm 0,05 ^a	3,06 \pm 0,18 ^b
Retroceder (n)	2,15 \pm 0,14 ^a	2,83 \pm 0,16 ^b
Empujar (n)	0,49 \pm 0,06 ^a	12,56 \pm 0,51 ^b
Levantar (n)	0,39 \pm 0,04 ^a	3,92 \pm 0,04 ^b
Montar (n)	0,47 \pm 0,07 ^a	10,32 \pm 0,35 ^b
Peleas (n)	0,003 \pm 0,001 ^a	0,43 \pm 0,03 ^b
Manejo		
Empujar (n)	2,85 \pm 0,34 ^a	3,43 \pm 0,24 ^b
Golpear (n)	44,51 \pm 3,09 ^a	157,82 \pm 7,59 ^b
Palmeaar (n)	4,76 \pm 0,72 ^a	0,60 \pm 0,07 ^b
Hablar (n)	12,13 \pm 1,11	10,60 \pm 0,92
Silbar(n)	2,97 \pm 0,31 ^a	1,33 \pm 0,23 ^b
Agitar(n)	0,34 \pm 0,06 ^a	0 \pm 0 ^b
Aplaudir (n)	0,04 \pm 0,01 ^a	0 \pm 0 ^b
Ruidos artificiales (n)	0,38 \pm 0,05 ^a	0 \pm 0 ^b
Halar cola/orejas (n)	0,50 \pm 0,05 ^a	1,44 \pm 0,24 ^b

^{a,b}: Los superíndices en la misma fila indican diferencias significativas de las variables conductuales y de manejo durante el desembarque y la conducción $P \leq 0.05$).

Las variables tiempo de ayuno, tiempo de transporte, parar durante el viaje y golpear a los cerdos explicaron el 45% de las variaciones del pHu de la carne de los cerdos estudiados (Tabla 9).

Tabla 9. Variaciones de pHu en relación a las variables independientes.

Variable dependiente	Variable independiente	B	Error	P	R ²
pH	Golpear (Si/no)	-0,006	0,00008	0,0	0,45
	Tiempo de ayuno (h)	-0,004	0,00129	0,004	
	Paradas (si/no)	0,19	0,3532	0,0	
	Tiempo de transporte (h)	0,04	0,1262	0,003	

7. DISCUSIÓN

7.1 Condiciones de transporte

El transporte es una de las etapas críticas para el BA asociado a los cambios en la calidad de la carne (Corrales et al. 2015; Miranda-de la Lama et al. 2014). Estudios realizados en Colombia han evidenciado que el transporte de animales en pie no es una actividad especializada que tenga en cuenta las necesidades de cada especie (Rayas-Amor et al. 2018; Romero y col 2012). La estructura de los camiones en Colombia ha ido cambiando en los últimos años, acorde con ello el transporte de los cerdos de este estudio fue realizado en camiones de 1 y 2 pisos, los cuales cumplían con las especificaciones reglamentarias por la legislación nacional ICA 2007. En los resultados obtenidos en éste estudio se encontró que la variable tipo de camión tuvo relación significativa con la valoración de los parámetros fisiológicos como cortisol, CK y proteínas, mostrando diferencia entre los camiones de un piso y de dos pisos. La variable fisiológica que mayor diferencia tuvo es el CK con 334,3 (U/L) y 666,9 (U/L) Tabla 6 respectivamente para el

transporte de un piso y el de dos. Este resultado concuerda con hallazgos obtenidos por estudios que indican que el transporte de cerdos exige más esfuerzo para mantener el equilibrio relacionado con la forma de conducción y con el tipo de carretera (Romero et al. 2017); altos valores de CK pueden expresar niveles más altos de actividad física y / o estrés (Mpakama et al. 2014). La CK abandona el sarcoplasma de las células musculares, especialmente cuando son activos, debido a una alta permeabilidad del sarcolema de la membrana celular del músculo. El segundo valor aumentado es el cortisol con 356,5 µg/dL para los camiones de un piso y de 399,6 µg/dL (Tabla 6) para los de dos pisos. Estos valores son apoyados por diferentes estudios, mostrando los efectos de las situaciones de estrés que se refieren al tipo de camión. De igual forma, las variaciones del microclima del segundo piso con respecto al primer piso, implica fisiológicamente que el cerdo tenga mayor gasto de energía generando un agotamiento de las reservas de glucógeno muscular que tiene un efecto profundo y bien documentado en varias cualidades clave de la carne tales como pH máximo, ternura, color, CRA e indicadores sensoriales (Brandt et al. 2015; Pereira et al. 2015). Las proteínas plasmáticas con rangos de 88,4 (g/L) y 91,5 (g/L) respectivamente, han sido asociadas a factores de deshidratación de los animales que pueden estar determinadas por los procesos que se dan en la granja como arreo y ayuno (Faucitano and Goumon 2017; Romero Peñuela et al. 2017).

Los tiempos de transporte reportados fueron cortos (1,5hr) cumpliendo con los criterios exigidos por la legislación sanitaria colombiana, que establece que la duración del transporte de los cerdos, no debe ser mayor a 8 h (Corrales et al. 2018; Romero et al. 2012).

Los cerdos transportados en los camiones de dos pisos también mostraron mayores niveles sanguíneos albúmina (91,5 g/L y 41,3 g/L) respectivamente (Tabla 6), lo que concuerda con lo referenciado y explicado por Dalla Costa et al. 2017, con respecto al grado de deshidratación, lo que puede deberse a las cantidades limitadas de agua durante el transporte y durante las primeras etapas del pre-sacrificio como el embarque y el desembarque ó a las condiciones climáticas durante el transporte (Schuetze et al. 2017; Brandt et al. 2015).

7.2 INTERACCIÓN HUMANO-ANIMAL

En las actividades de pre sacrificio entre, la carga, la conducción y la descarga, los animales están expuestos a constante contacto con personal humano, en este estudio los animales fueron descargados por manejadoras encargados y conducidos en lotes pequeños (8-10 animales) hasta los corrales de espera, luego se retoma la conducción hasta el cajón de insensibilización con CO₂. El manejo en los pasillos hasta la insensibilización evidenció mayor número de encuentros antagónicos, como marcha contraria, retroceder empujar y levantar fueron los comportamientos con diferencias significativas (Tabla 8) en comparación con la descarga. Por lo tanto, fue necesario que los manejadores usaran un mayor número de interacciones principalmente negativas entre las cuales están golpear, empujar y halar la cola/orejas con valores más significativos (Tabla 8). En la dinámica de los procesos dentro de la planta de sacrificio, se exige que los cerdos se movilizan de una forma más ágil y continúa por parte de los manejadores, lo que lleva a dificultar las maniobras por parte del personal (De Vries et al. 2011; Vermeulen et al. 2016). Todas estas actividades aumentan los niveles de estrés, con la consecuente fatiga muscular, con mayor prevalencia de contusiones cutáneas, asociados a los siguientes cambios bioquímicos que determinan la calidad e inocuidad de la carne (Romero et al. 2017; Pia Brandt et al. 2013; Grandin 2017; Dalmau et al. 2016) .

Entre los indicadores relacionados con la interacción humano animal y el medio ambiente, las más utilizadas para evaluar el comportamiento animal son las caídas, los resbalones, vocalizaciones y reacciones con comportamientos de miedo que son dirigidos al operario o a otros cerdos, que son denominados antagónicos como: no avanzar, montar a otros, retroceder y manifestar agresividad. En este trabajo los tiempos de conducción desde zona de descanso hasta el punto de insensibilización fueron cortos, sin embargo, se toma como un punto crítico ya que se pudo establecer por parte de los manejadores una conducción más fuerte que incluyó una alta frecuencia (frecuencia/tiempo) de golpes, seguido por hablar y halar cola y orejas en menor porcentaje (Tabla 8). En total se describen un promedio de 31 horas de manejo para los cerdos y teniendo en cuenta aumentos en tiempo de espera en planta encontrados (hasta

24 horas), esto implica que los cerdos se sometan a situaciones de hambre, mayor incidencia del síndrome de fatiga y altos niveles de estrés psicológico. Todas éstas condiciones tendrán respuestas de comportamiento y consecuencias fisiológicas en la dinámica del metabolismo y por consiguiente los resultados serán expresados bioquímicamente a nivel del músculo (Bottegal et al. 2018; Dokmanović et al. 2014; Broom, 2007)

7.3 VARIABLES FISIOLÓGICAS

En los manejos previos al sacrificio los animales se enfrentan a numerosos factores estresantes en un periodo de tiempo relativamente corto; un nivel elevado de estrés que desencadena efectos bioquímicos importantes que condicionan las respuestas fisiológicas de los animales (Fels et al. 2019; Dalla Costa et al. 2017; Bertram et al. 2010).

Diferentes autores han utilizado parámetros sanguíneos para evaluar el estrés respuesta del ganado a la manipulación y el transporte (Brandt et al. 2013; Tadich et al. 2009). El cortisol, a pesar de su variabilidad y corta vida media, sigue siendo uno de los indicadores más usados. Sin embargo, no siempre es fácil de interpretar niveles de cortisol como indicador de falta de bienestar ya que la actividad cortical suprarrenal no se limita sólo a estas respuestas, sino que también a otros estímulos fisiológicos que no indican estrés o miedo. La variación de CK, cortisol y proteínas en este trabajo marcó la diferencia entre los animales que estaban en el segundo piso del camión, donde los animales tienen novedades frente a velocidad, microclima, jerarquía, estabilidad entre otras (Romero Peñuela et al. 2017; Brandt et al. 2015; Dalla Costa et al. 2017), por lo que serían necesario en otro estudio un muestreo antes de la carga y después de éste para establecer mayor relación entre estas variables. De igual forma, las diferencias entre los tiempos de transporte como los hallados en este trabajo (1,5 hr) y su relación con la elevación del cortisol sanguíneo ya fue reportada por Romero Peñuela et al. 2013, quienes encontraron que el transporte corto (inferior a 50 minutos) incrementó los niveles sanguíneos de cortisol, con consecuencias adversas como la presencia de vómitos y espuma bucal, signos que no fueron medidos en este trabajo.

La enzima más utilizada para la investigación en BA como un indicador de estrés físico y / o daño muscular es creatina quinasa (CK) (Mpakama et al. 2014; Simova et al. 2016). La actividad de CK aumenta aparentemente como resultado de un aumento en la permeabilidad de las membranas musculares inducidas por manejo, carga y transporte de los animales (Mpakama et al. 2014). El transporte durante varias horas es un factor físico exigente; los animales tienen que mantener el equilibrio y el contacto entre los animales produce fatiga y hematomas, que afectan la permeabilidad de las membranas y la liberación de las enzimas en la sangre. Aunque los tiempos de transporte para este estudio fueron relativamente cortos ($X = 1,5$ h) y no hubo mezclas entre los lotes en el momento de la carga de los animales, un aumento del CK podría deberse a las diferencias de condiciones de macro y microclima, condiciones de las carreteras, velocidad, estilo de conducción, las cuales serán específicos para el primero y el segundo piso del camión, para lo cual no hay estudios realizados a nivel nacional o internacional que pueda justificar el aumento del CK especificado anteriormente para este estudio.

Los modelos de regresión lineal múltiple de las variables fisiológicas de estrés asociadas con las variables independientes incluidas en el estudio, mostraron coeficientes de determinación R^2 muy bajos. La Tabla 5 muestra los resultados, donde el R^2 superiores a 0,2 son la estadía en planta (cortisol $R^2 = 0,3$) y los golpes (creatinina $R^2 = 0,31$). El período de espera en planta de sacrificio, les permite a los cerdos recuperar la condición de los parámetros fisiológicos perdida durante el transporte; el glucógeno muscular vuelve al nivel normal, y los animales son más propensos a relajarse. Sin embargo, el tratamiento inadecuado de los cerdos en esta etapa puede resultar en estrés adicional y dolor físico que con lleva a cambios fisiológicos en su organismo (Faucitano and Goumon 2017; Broom, 2007). Los tiempos de espera en planta para los cerdos estudiados tuvieron una media de 48 horas lo que indica que más del 25% de los cerdos experimentaron más de 72 horas de ayuno.

El tiempo de reposo legislado en Colombia para cerdos es de 4 horas para favorecer el descanso y la recuperación de los cerdos, sin embargo, una prolongación de este tiempo como el observado en este trabajo, ocasiona que los cerdos estén más expuestos a la privación prolongada de alimento, ambientes nuevos de la planta de beneficio, ruidos,

aumento la actividad física y el contacto con personal (golpes Tabla. 8), generando una acentuación de los gastos energéticos y por consiguiente una vía metabólica alterna que genera cambios en el pH post mortem del músculo (Dalla Costa et al. 2017; Faucitano and Goumon 2017; Vermeulen et al. 2015).

7.4 CONTUSIONES

Las contusiones en la piel han sido utilizadas como indicadores de BA en el pre-sacrificio porcino (Losada-Espinosa et al. 2018; Brandt et al. 2013). En este estudio la categorización de las contusiones permitió establecer que la mayor proporción de éstas fueron consideradas como severas 61,8% y se localizaron principalmente en el lomo 31,8% y el jamón 22,4%, que son las áreas más expuestas del cerdo, en donde se ubican las lesiones que son infligidas por los operarios durante la movilización, evidenciando problemas en la interacción humano-animal que conllevan a sufrimiento animal (Corrales et al. 2015; Romero et al. 2012;). Adicionalmente, fueron frecuentes las contusiones múltiples en forma de coma (71,3% Tabla 7), con tamaños entre 2 y 10 cm (57%), características de encuentros antagónicos entre los cerdos, por problemas de hacinamiento o mezcla de animales de diferentes lotes u orígenes y aunque no se reportaron mezclas en el momento de la carga del camión, pudo deberse a mezclas en la distribución de corrales (Dalmau et al. 2016; Gajana et al. 2013; Romero et al. 2012). La mezcla de los lotes es una práctica común en el área de estudio, con el fin de buscar la homogeneidad de los lotes, los animales son reagrupados socialmente, propiciando la agresividad y las nuevas jerarquías (Varón-Álvarez et al. 2014).

Las contusiones difusas y lineales con prevalencia del 14% y 10,% respectivamente, son las más representativas después de la forma de coma. Estas líneas han sido asociadas a golpes con objetos contundentes con morfología de forma lineal, ejemplo: palos, varillas, (Dalla Costa 2017; Dich-Jørgensen et al. 2017; Romero Peñuela et al. 2012).

En la Tabla 7. se muestran resultados en los que predominan las contusiones recientes o rojas (91,8%); este tipo de lesiones teniendo en cuenta la fisiología de las equimosis podríamos concluir que fueron infringidas en la planta, durante las 10 h previas al

sacrificio; es decir, que estas ocurrieron durante la estadía en los corrales (posibles peleas) y conducción hacia el área de insensibilización, que concuerda con los resultados ya analizados para estas variables en apartados anteriores (Hanlon et al. 2018; Dalla Costa et al. 2017; Llonch et al. 2015).

Los resultados anteriormente mencionados concuerdan con lo mencionado por Romero et al. 2013, quienes sugieren que las prácticas de manejo cruentas y los encuentros antagónicos entre los animales durante el pre-sacrificio, son los principales generadores de contusiones cutáneas; estas actividades favorecen la presencia de estrés agudo en los cerdos, inmediatamente antes del sacrificio, lo que causa un incremento en la tasa de acidificación post-mortem y la presencia de la condición PSE (Dalmau et al. 2016; Romero et al. 2013).

Durante el desarrollo de éste estudio, no se evidenciaron contusiones de color amarillo, consideradas como lesiones provocadas días antes, o inclusive, semanas, cuya tonalidad se debe a la presencia de niveles de bilirrubina específicos (Dalla Costa, 2017; Dich-Jørgensen et al. 2017; Pereira et al. 2015; Zhen et al. 2013).

De acuerdo al análisis de los datos obtenidos, no se obtuvo diferencia significativa entre el número de pisos del camión y la presencia de contusiones, debido al tiempo de transporte corto y a la densidad de carga adecuada, utilizadas durante este estudio.

Con referencia a las paradas realizadas por el conductor con lapsos mayores a 15 minutos, Romero (2012) y Corrales (2018) han reportado que los animales pueden sufrir fenómenos tales como "golpe de calor", acidosis metabólica e insuficiencia cardiovascular en los cerdos; lo que conlleva a procesos de deshidratación y pérdida de la homeostasis, por lo cual se ven cambios en las funciones bioquímicas de estrés, además produce una mayor pérdida de peso y peor calidad de la carne, o incluso la muerte (Corrales et al. 2015; Romero Peñuela et al. 2013; Miranda-de la Lama et al. 2012). Varón-Álvarez et al. 2014 reportaron una mayor prevalencia de contusiones cutáneas en las canales de los cerdos que fueron transportados en camiones que realizaron paradas prolongadas, lo que concuerda con los hallazgos de este estudio, corroborando una vez más que las condiciones de transporte en Colombia no son las ideales.

Diversos estudios en países latinoamericanos han mostrado altas incidencias en la presentación de moretones y magulladuras en animales de abasto, originadas durante el transporte de estos hacia las plantas de sacrificio. Por ejemplo, se han registrado en Brasil lesiones en sus animales que alcanzan hasta el 84 % ; en Colombia, del 37,5 % ; en México, del 97 % , y en Chile entre el 9 y el 21 % (Corrales et al. 2015) .

7.5 FACTORES ASOCIADOS A LAS VARIACIONES DEL pH 24.

El pH ha sido utilizado en los estudios de investigación para determinar asociaciones entre el bienestar animal durante el pre sacrificio y las características organolépticas y calidad de carne (Qu et al. 2017; Pereira et al. 2015; Miranda-de la Lama 2013; Romero et al. 2012). El pH es un estimador del equilibrio entre las vías metabólicas y el nivel de reserva energética del músculo. Después del sacrificio, el glucógeno que se encuentra en el músculo es convertido en ácido láctico, que reduce el pH. Cuando la concentración de glucógeno muscular es adecuada, se produce una perfecta acidificación de la carne, desde un pH inicial próximo a la neutralidad (7.0) a un pH ácido a las 24 horas (pH último) del sacrificio de 5.5 aproximadamente; la carne de buena calidad tiene un pH último cercano al 5.5 (Miranda-de la Lama 2013). En este estudio se encontraron relaciones significativas entre los tiempos de ayuno ($P=0,004$), el tiempo de transporte ($P=0,003$), las paradas durante el viaje ($P=0,0$) y los golpes IHA ($P=0,0$) que explican en un 45,4% las variaciones de pH 24 horas post mortem, las cuales podrían indicar un aumento o una disminución del pH último.

El periodo de ayuno de los cerdos previo al transporte hacia las plantas de sacrificio, no está reglamentado en Colombia ni en otras partes de Latinoamérica, por lo que los productores lo imponen bajo sus propios criterios (ICA 2007 y SENASA 2014). En el estudio, este periodo osciló entre 8 y 24 h (Tabla 4), período que permite disminuir costos de alimentación para el productor, reduce la mortalidad de los cerdos durante el transporte, evita la contaminación de las canales durante el eviscerado y facilita la sangría (Romero Peñuela et al. 2011; Álvarez et al. 2009). Sin embargo, tiempos adicionales de ayuno pueden incrementar la agresividad de los cerdos y tiempos inferiores a 12 h pueden aumentar el riesgo de encontrar carnes próximas a los valores

de pH considerados como PSE (Romero et al. 2015; Diestre et al. 2008). Apoyado con un estudio de meta-análisis Salmi et al. 2012 quienes compararon el efecto de la duración del ayuno en los atributos predefinidos de calidad de la carne de cerdo. Estos estudios se basaron en datos de 2202 animales, divididos en 43 grupos de tratamiento con tiempos de ayuno en el rango de 0 (no en ayunas) a 72 h tuvo un efecto significativo sobre pHu. De acuerdo con los resultados Salmi y colaboradores concluyeron que el pHu aumenta al aumentar duración del ayuno (Rocha et al. 2016; Salmi et al. 2012)

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede estimar un tiempo de aproximado de 72 horas de ayuno total, lo que apoyaría los resultados variables de algunos autores de correlacionar los tiempos de ayuno con las variaciones de pH. Estas variaciones pueden favorecer la presentación de carnes PSE y DFD, como lo concluido por Zhen et al. 2013, quienes obtuvieron que a mayor cantidad en horas de ayuno total asociadas a mayor tiempo de estadía en la planta tuvo una correlación directa con la condición DFD (Zhen et al. 2013); estos resultados difieren de lo descrito por Romero et al. 2015 y Diestre et al. 2008 quienes describen que estadías inferiores en plantas con ayunos cortos favorecen la condición PSE (Romero Peñuela and Sánchez Valencia 2015; Zhen et al. 2013; Álvarez et al; 2009; Diestre et al. 2008). Con los resultados obtenidos no podríamos asegurar el porcentaje exacto de presentación de PSE o DFD, pero si la influencia de diferentes factores en las variaciones de pHu, corroborando lo que otros autores han podido describir como variable multifactorial (Miranda-de la Lama 2013; Schwartzkopf-Genswein et al. 2012; Green and Mellor 2011). Sin embargo, la falta de defectos en la calidad de la carne no asegura una ausencia de sufrimiento antes del sacrificio (Clark et al. 2017; Gajana et al. 2013). Diferentes autores con resultados muy variables frente a los factores que explican los cambios de pH, han concluido que puede depender de condiciones múltiples (Goumon and Faucitano 2017; Dokmanović et al. 2014; Miranda-de la Lama et al. 2014; Salmi et al. 2012; Castrillón et al. 2007).

Con respecto a la duración del transporte (tiempo) también existen resultados cambiantes, ya que no se ve como una condición independiente, sino que por el contrario está asociado a otras variables como: tipo de camión, condiciones ambientales y de

microclima, condiciones de manejo y principalmente la densidad de carga; por lo que esta variable se analiza como multidependiente (Losada-Espinosa et al. 2018; Dalla Costa et al. 2017; Álvarez, Garrido, and Bañón 2009). De acuerdo a éste estudio se reporta asociación altamente significativa con respecto a la duración del transporte con las variaciones de pH a las 24 horas. Acorde a los resultados obtenidos para el transporte se puede considerar que fue corto 1,5 horas. En general los estudios han mostrado que los transportes más cortos (1-2 horas) pueden ser más perjudiciales (Faucitano and Goumon 2017; Álvarez et al. 2009). Se debe dar tiempo a los cerdos para recuperarse del estrés de la carga y aclimatarse al estrés del transporte como lo reportaron Faucitano and Goumon 2017 quienes observaron que los cerdos comenzaron a sentarse y acostarse cada vez más después de 20 a 30 minutos de transporte. Por lo tanto, cuando se les proporciona más tiempo, los cerdos pueden adaptarse eventualmente al nuevo entorno del camión y las condiciones de viaje, pero solo si las condiciones de transporte, es decir, espacio disponible, diseño del vehículo, y dentro de la temperatura ambiente y la humedad del camión, son buenas (Losada-Espinosa et al. 2018; Corrales et al. 2015; Seshoka et al. 2014)

Adicionalmente, cabe resaltar la necesidad de relacionar el tiempo de transporte a la densidad de carga del camión y al tiempo de espera en la planta antes del sacrificio. Éste último ha sido reportado en varios estudios con una relación directamente proporcional con cambios de pH con mayor presentación de DFD (Vermeulen et al. 2016; Zhen et al. 2013). Aunque el tiempo de espera en planta no estuvo asociado a las variaciones de pH en este estudio, en la Tabla 4 se muestra que el tiempo de espera fue de 18,16 horas en promedio, la cual indica un tiempo muy prolongado de espera que podría tener efectos adversos en la calidad y las condiciones de BA (LI et al. 2018; Rey-Salgueiro et al. 2018; Velarde et al. 2017; Brandt et al. 2015).

Por otro lado, los cambios de pH también pueden estar explicadas por las 5,08 horas ($P=0,0$) en promedio de retraso en la llegada a la planta de sacrificio, reportadas en los resultados de la Tabla 4. Dicho tiempo fue tomado como tiempo de paradas realizadas por el transportista. Las paradas durante el viaje pueden ser asociadas a la presencia de estrés calórico (Álvarez et al. 2009), contusiones cutáneas, procesos bioquímicos de

estrés y pérdidas de peso (Miranda-de la Lama et al. 2012). De acuerdo a Romero et al. 2013, quienes encontraron la asociación entre las paradas prolongadas por más de 15 minutos, como un factor predisponente en la presentación de contusiones cutáneas. Otros autores explican que un aumento en el tiempo y el número de las paradas durante el transporte pueden generar un aumento de actividad muscular y mayor número de encuentros antagónicos como respuesta a un ambiente novedoso, al microclima en el camión y las condiciones de conducción ; (Miranda-de la Lama et al. 2014; Miranda-de la Lama et al. 2012; De- Vries et al. 2011). En este contexto, Romero et al. 2013 encontraron que los animales de los mercados o que hicieron paradas durante el viaje tenían niveles de pH más altos en comparación con los transportados directamente desde la granja a la planta de sacrificio, lo que apoya los resultados de estudio donde las paradas pueden ser un factor predisponente a los cambios de pH pos mortem (Losada-Espinosa et al. 2018; LI et al. 2018).

El último factor asociado a los cambios de pH 24 son los golpes (Tabla 9. $P=0,0$). Los golpes están directamente asociado a un manejo rudo por parte de los cuidadores lo cual tendrá repercusiones fisiológicas y metabólicas en el animal que pueden asociarse a condiciones de calidad de carne y BA pos mortem. Las situaciones de manejo durante el pre sacrificio de los cerdos los expone a ambientes muy novedosos, tiempos largos de espera que dificultan el manejo (tiempo de manejo en la Tabla 4. 31,7 horas promedio) por parte de los operarios. Numerosos estudios han mostrado con validez la asociación entre los parámetros y el bienestar en el día del sacrificio medido por un índice de bienestar animal (AWI) y las medidas fisiológicas post mortem, y estas posteriormente con la calidad de la carne (P. Brandt et al. 2017; P. Brandt et al. 2015). Otros autores, Dokmanović et al. 2014, evaluaron las condiciones fuertes de manejo comparadas con condiciones más humanitarias, quienes obtuvieron niveles altos de cortisol, lactato y creatinina, lo que concuerda con los resultados de éste estudio, con un R^2 de 0,31 entre los golpes y el aumento de la creatinina (Tabla 5) (Romero Peñuela et al. 2017; Romero Peñuela et al. 2016).

Los golpes como variable independiente asociados a los cambios de pH, en asociación a los resultados obtenidos en la Tabla 7., donde la forma lineal y difusa que representan

el 24,7% de las contusiones identificados en este trabajo fueron asociados directamente con los manejos fuertes y que la forma de la contusión estaba asociada a la forma de los elementos utilizados para el manejo de los animales ejemplo, palos, varillas, banderas, entre otros. Los resultados indican que los golpes ocasionan el 91,4% de las contusiones recientes que se muestran en la Tabla 7, por lo que estos son ocasionados en las horas que el animal permanece en la planta de sacrificio (Brandt et al. 2017; Faucitano and Goumon 2017; Florowski et al. 2017; Romero Peñuela et al. 2017; Grandin 2010;). Así mismo, su principal ubicación anatómica son las regiones del lomo (31,8%) y jamón (22,4%), lo cual es importante resaltar ya que estos son cortes que tienen alto valor comercial, por lo que las condiciones de manejo deberían ser de interés de todos los implicados de la cadena (Pedersen 2017; Thorslund et al. 2016; Hellen et al. 2015; Varón-Álvarez et al. 2014).

La Tabla 8. indica que el momento de mayor presentación de golpes fue durante el manejo desde la zona de descanso hacia la insensibilización, con una frecuencia de 157 (frecuencia/tiempo) frente a 44 golpes en el desembarque. Después de un largo tiempo de espera en planta los animales sufren de fatiga, ayuno prolongado, estrés calórico, iniciando cambios fisiológicos y a nivel metabólico. Todas estas condiciones sumadas a factores ambientales, tipo de instalaciones y microclimas puede generar un aumento de las disputas, combinado con procesos de deshidratación hasta incluso la muerte (Romero 2015; Miranda-de la Lama et al. 2014; Schwartzkopf-Genswein et al. 2012). Lo anterior inicia un proceso de habituación por parte de los cerdos mostrando cambios de comportamiento que generalmente dificultan el manejo, y mucho más en el momento crítico de la conducción hacia la insensibilización; la mayoría de estos comportamientos son denominados antagónicos, lo más relevantes en este estudio son empujar (con una frecuencia 12,56 en conducción hasta la insensibilización y 0,49 de presentaciones en la descarga, Tabla 8) y la marcha contraria (frecuencia 3,06 en la conducción y 0,46 presentaciones en la descarga). Como consecuencia a esta respuesta del cerdo, el manejo por parte de los operarios fue mucho más fuerte, lo cual se vio reflejado en la alta presentación de golpes reportados para la conducción con una frecuencia 157,8 en la conducción y 44,5 ($P \leq 0.05$) en la descarga, indicados en la Tabla 8. Nuestros resultados muestran correlaciones directas entre diferentes condiciones de manejo pre

sacrificio y su relación con el BA con relación a las condiciones comportamentales y fisiológicas del cerdo, con llevan a grandes cambios en el proceso de músculo a carne y sus cualidades bioquímicas como el pH. Nuestros resultados son similares a los obtenidos por varios autores que referencian dicha relación y en general a las condiciones multicausales que están asociados al lugar donde se realice el estudio (Losada-Espinosa et al. 2018; Faucitano and Goumon 2017; Romero Peñuela et al. 2017; Vermeulen et al. 2016; P. Brandt et al. 2015; Romero Peñuela and Cobo-Ángel 2015; Zhen et al. 2013; Muñoz et al. 2012; Spinka 2012).

8. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Las condiciones pre sacrificio siguen siendo un factor impactante en el bienestar de los animales de producción y en la calidad de la carne. Los resultados presentados en este estudio indican una correlación entre ciertas etapas de los momentos previos al sacrificio que influyen en un 45% con relación a los cambios de pH post mortem y sus consecuencias en la calidad del producto final. Tiempos de ayuno, tiempos de transporte, paradas durante el viaje y golpes son variables independientes que son responsabilidad directa de la interacción Humano-animal. Los humanos no pueden dar BA, el sólo puede ofrecer los medios y/o condiciones necesarias para que el animal pueda generar su bienestar desde la granja hasta las plantas de sacrificio. Por lo tanto, es de crucial importancia la concientización de las personas que intervienen en la cadena de trazabilidad del producto de origen animal. En la planta de sacrificio el momento con mayor impacto es durante la conducción hacia la insensibilización que reportó una frecuencia con respecto al tiempo de 157,8 ($P \leq 0.05$) de golpes con respecto al proceso de descarga, lo cual marca la diferencia en los estímulos fisiológicos en los momentos previos a la muerte, condicionándolos a mayor estrés y dejando contusiones en las canales principalmente en regiones como el lomo y el jamón, (ambas suman el 54,2% del total de las contusiones), las cuales tienen un alto valor comercial. En Latinoamérica son pocos los estudios que reportan cifras económicas por las pérdidas generadas por este tipo de contusiones. De igual forma falta apoyo entre el ámbito científico y el económico local en cada país para consolidar estrategias en la evaluación de riesgos del

bienestar animal en las plantas de sacrificio y disminuir las pérdidas económicas. En cada país Latinoamericano debe generarse investigación conjunta para diagnosticar los puntos críticos de control locales que afectan el BA y por consiguiente la calidad de la carne, enfocándose principalmente en la formación y capacitación de los operarios, generando condiciones de concientización del manejo de animales in vivo. Lo anterior con el fin de adoptar estándares más altos de BA en términos de manejo, diseño y mediciones post mortem para aumentar los beneficios comerciales como mayores ingresos en los mercados nacionales o del comercio de carne en los mercados internacionales.

9. REFERENCIAS.

- Álvarez, D., M. D. Garrido, and S. Bañón. 2009. "Influence of Pre-Slaughter Process on Pork Quality: An Overview." *Food Reviews International* 25(3): 233–50.
- Backer, Charlotte J S, and Liselot Hudders. 2015. "Meat Morals: Relationship between Meat Consumption Consumer Attitudes towards Human and Animal Welfare and Moral Behavior." *Meat science* 99: 68–74. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174014002769>.
- Barbut, S., Sosnicki, A.A., Lonergan, S.M., Knapp, T., Ciobanu, D.C., Gatcliffe, L.J., Huff-Lonergan E. & Wilson, E.W. 2008. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science* 79: 46–63.
- Berg, Eric et al. 2014. "Effect of Season, Transport Length, Deck Location, and Lairage Length on Pork Quality and Blood Cortisol Concentrations of Market Hogs." *Animals* 4(4): 627–42.
- Bertram, H. C., N. Oksbjerg, and J. F. Young. 2010. "NMR-Based Metabonomics Reveals Relationship between Pre-Slaughter Exercise Stress, the Plasma Metabolite Profile at Time of Slaughter, and Water-Holding Capacity in Pigs." *Meat Science* 84(1): 108–13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.031>.
- Bottegal Diego, 2018. Sistemas productivos porcinos y su impacto en indicadores comportamentales y fisiológicos de estrés. tesis de Maestría. Facultad de Agronomía y Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires. 109p.
- Brandt, P. et al. 2015. "The Relationship between Selected Physiological Post-Mortem Measures and an Overall Pig Welfare Assessment from Farm to Slaughter." *Livestock Science* 180: 194–202. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2015.07.007>.
- Brandt P, Rousing T, Herskin M, Olsen E, 2017. "Development of an Index for the Assessment of Welfare of Finishing Pigs from Farm to Slaughter Based on Expert Opinion." *Livestock Science* 198(September 2016): 65–71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2017.02.008>.

- Brandt, Pia, Tine Rousing, Mette S. Herskin, and Margit Dall Aaslyng. 2013. "Identification of Post-Mortem Indicators of Welfare of Finishing Pigs on the Day of Slaughter." *Livestock Science* 157(2–3): 535–44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.08.020>.
- Broom DM. Quality of life means welfare: how is it related to other concepts and assessed? *Animal Welfare* 16, 45–53, 2007
- Castrillón, Wilson E et al. 2007. "Variables Asociadas Con La Presentación de Carne PSE (Pálida, Suave, Exudativa) En Canales de Cerdo." *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* (20): 327–38.
- Choi, Yong-Min et al. 2019. "The Fates of Microbial Populations on Pig Carcasses during Slaughtering Process, on Retail Cuts after Slaughter, and Intervention Efficiency of Lactic Acid Spraying." *International Journal of Food Microbiology* 294(January): 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.01.015>.
- Clark, Beth et al. 2017. "Citizens, Consumers and Farm Animal Welfare: A Meta-Analysis of Willingness-to-Pay Studies." *Food Policy* 68: 112–27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.01.006>.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. CONPES 3676. Consolidación de la política sanitaria y de inocuidad para las cadenas láctea y cárnica. Departamento Nacional de Planeación. República de Colombia; 2010
- Corrales, Natalia Uribe, Juan F.Naranjo Ramírez, and Santiago Henao Villegas. 2018. "Swine Welfare at Slaughterhouses in Valle de Aburrá (Colombia)." *Veterinary and Animal Science* 6(July): 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2018.07.006>.
- Corrales, Natalia Uribe, / Santiago, and Henao Villegas. 2015. "Transporte de Cerdos y Sus Repercusiones En El Bienestar Animal y La Producción Cárnica." *Rev. Med. Vet* 33: 149–58.
- Dalla Costa, Filipe Antônio, Letícia S. Lopes, and Osmar Antônio Dalla Costa. 2017. "Effects of the Truck Suspension System on Animal Welfare, Carcass and Meat Quality Traits in Pigs." *Animals* 7(1): 4–6.

Dalmau, Antoni et al. 2016. "Application of the Welfare Quality® Protocol in Pig Slaughterhouses of Five Countries." *Livestock Science* 193(September): 78–87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2016.10.001>.

Departamento Nacional de Planeación DNP, Consejo Nacional de Política Económica y Social, Colombia. 2007. Conpes 3458, Política nacional de Sanidad e Inocuidad para la cadena porcícola. Bogotá, Colombia.

Dich-Jørgensen, Kristine, Helle Daugaard Larsen, Páll S. Leifsson, and Henrik Elvang Jensen. 2017. "Characterization of Hemorrhages in the Ham Topsides and Tenderloins of Slaughter Pigs." *Meat Science* 124: 34–38. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.10.016>.

Diestre, A. et al. 2008. "Risk Assessment of Skin Damage Due to Pre-Slaughter Conditions and RYR1 Gene in Pigs." *Meat Science* 81(4): 745–51.

Dokmanović, M. et al. 2014. "The Effects of Lairage Time and Handling Procedure Prior to Slaughter on Stress and Meat Quality Parameters in Pigs." *Meat Science* 98(2): 220–26.

Edwards, L. N. et al. 2010. "Use of Exsanguination Blood Lactate to Assess the Quality of Pre-Slaughter Pig Handling." *Meat Science* 86(2): 384–90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.022>.

Faucitano, Luigi, and Sébastien Goumon. 2017. *Advances in Pig Welfare Transport of Pigs to Slaughter and Associated Handling*.

Fels, Michaela et al. 2019. "Cortisol/Dehydroepiandrosterone Ratio in Saliva: Endocrine Biomarker for Chronic Stress in Pigs?" *Livestock Science* 222(January): 21–24. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.01.022>.

Florowski, Tomasz et al. 2017. "The Effect of Pale, Soft and Exudative Meat on the Quality of Canned Pork in Gravy." *Meat Science* 123: 29–34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.08.009>.

- Fu, Lingling et al. 2016. "Stocking Density Affects Welfare Indicators of Growing Pigs of Different Group Sizes after Regrouping." *Applied Animal Behaviour Science* 174: 42–50.
- Gajana, C. S., T. T. Nkukwana, U. Marume, and V. Muchenje. 2013. "Effects of Transportation Time, Distance, Stocking Density, Temperature and Lairage Time on Incidences of Pale Soft Exudative (PSE) and the Physico-Chemical Characteristics of Pork." *Meat Science* 95(3): 520–25.
- Goumon, Sébastien, and Luigi Faucitano. 2017. "Influence of Loading Handling and Facilities on the Subsequent Response to Pre-Slaughter Stress in Pigs." *Livestock Science* 200(October 2016): 6–13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2017.03.021>.
- Grandin, Temple. 2010. "Auditing Animal Welfare at Slaughter Plants." *Meat Science* 86(1): 56–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.022>.
- Grandin, Temple. 2017. "On-Farm Conditions That Compromise Animal Welfare That Can Be Monitored at the Slaughter Plant." *Meat Science* 132(May): 52–58. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.004>.
- Green, T. C., and D. J. Mellor. 2011. "Extending Ideas about Animal Welfare Assessment to Include 'quality of Life' and Related Concepts." *New Zealand Veterinary Journal*.
- Gregory, N. G. 2008. "Animal Welfare at Markets and during Transport and Slaughter." *Meat Science* 80(1): 2–11.
- Hanlon, A. et al. 2018. "What Can Carcass-Based Assessments Tell Us about the Lifetime Welfare Status of Pigs?" *Livestock Science* 214(February): 98–105.
- Harley, S., More, S. J., Boyle, L. & Hanlon, A. 2012. "Good Animal Welfare Makes Economic Sense: Potential of Pig Abattoir Meat Inspection as a Welfare Surveillance Tool (PDF Download Available)." : 1–12. https://www.researchgate.net/publication/228080518_Good_animal_welfare_makes_economic_sense_Potential_of_pig_abattoir_meat_inspection_as_a_welfare_surveillance_tool.

Hellen, Marlyn, Romero Peñuela, Jorge Alberto, and Sánchez Valencia. 2015. "Evaluación De Factores De Riesgo De Carne Pálida, Suave Y Exudativa (Pse) Debido a Las Condiciones Presacrificio En Cerdos Evaluation of Risk Factors of Pale, Soft and Exudative (Pse) Meat Due To Pre- Slaughter Conditions in Pigs." *Biosalud* 14(1): 57–68.

ICA, Instituto Colombiano Agropecuario, Colombia. 2007. Resolución 2640 del 1 de octubre de 2007. Bogotá, Colombia.

Jama, N., V. Maphosa, L. C. Hoffman, and V. Muchenje. 2016. "Effect of Sex and Time to Slaughter (Transportation and Lairage Duration) on the Levels of Cortisol, Creatine Kinase and Subsequent Relationship with Pork Quality." *Meat Science* 116: 43–49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.001>.

Kauppinen, T. et al. 2010. "Improving Animal Welfare: Qualitative and Quantitative Methodology in the Study of Farmers' Attitudes." *Animal Welfare* 19(4): 523–36.

Kauppinen, Tiina. 2013. *Farm Animal Welfare and Production*. Helsinki. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42040/kauppinen_dissertation.pdf?sequence=1.

Landeta Iñigo. (2018) Gestion de R.R. H.H en granjas porcinas. En: Memorias IX congreso de producción porcina del Mercosur. Unirio. Córdoba, Argentina. 302p.

LI, Xin et al. 2018. "Effects of Lairage after Transport on Post Mortem Muscle Glycolysis, Protein Phosphorylation and Lamb Meat Quality." *Journal of Integrative Agriculture* 17(10): 2336–44. [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61922-7](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61922-7).

Llonch, P. et al. 2015. "A Systematic Review of Animal Based Indicators of Sheep Welfare on Farm, at Market and during Transport, and Qualitative Appraisal of Their Validity and Feasibility for Use in UK Abattoirs." *Veterinary Journal* 206(3): 289–97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.10.019>.

Losada-Espinosa, Natyiel, Morris Villarroel, Gustavo A. María, and Genaro C. Miranda-de la Lama. 2018. "Pre-Slaughter Cattle Welfare Indicators for Use in Commercial

- Abattoirs with Voluntary Monitoring Systems: A Systematic Review.” *Meat Science* 138: 34–48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.12.004>.
- Miranda-de la Lama, G. C., M. Villarroel, and G. A. María. 2014. “Livestock Transport from the Perspective of the Pre-Slaughter Logistic Chain: A Review.” *Meat Science* 98(1): 9–20. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.04.005>.
- Miranda-de la Lama, G.C. et al. 2012. “Effects of Two Transport Systems on Lamb Welfare and Meat Quality.” *Meat Science* 92(4): 554–61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.05.026>.
- Mota-Rojas, D. et al. 2006. “Effects of Mid-Summer Transport Duration on Pre- and Post-Slaughter Performance and Pork Quality in Mexico.” *Meat Science* 73(3): 404–12.
- Mpakama, T., Chulayo, A., & Muchenje, V. (2014). Bruising in Slaughter Cattle and Its Relationship with Creatine Kinase Levels and Beef Quality as Affected by Animal Related Factors. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 27(5), 717-725.
- MPS, Ministerio de la Protección Socialb. Colombia. 2007. Resolución 4282 de 21 de noviembre de 2007. Bogotá, Colombia.
- Muñoz, D, A Strappini, and C Gallo. 2012. “Indicadores de Bienestar Animal Para Detectar Problemas En El Cajón de Insensibilización de Bovinos Animal Welfare Indicators to Detect Problems in the Cattle Stunning Box.” *Arch Med Vet* 44(1): 297–302.
- OIE, Organización Mundial de la Salud Animal. 2012. Código Sanitario para los Animales Terrestres. Título 7.
- Pandolfi, F. et al. 2017. “The ‘Real Welfare’ Scheme: Identification of Risk and Protective Factors for Welfare Outcomes in Commercial Pig Farms in the UK.” *Preventive Veterinary Medicine* 146: 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.07.008>.
- Paranhos da Costa, Mateus J.R., Stella M. Huertas, Carmen Gallo, and Osmar A. Dalla Costa. 2012. “Strategies to Promote Farm Animal Welfare in Latin America and Their

- Effects on Carcass and Meat Quality Traits.” *Meat Science* 92(3): 221–26.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.005>.
- Pedersen, Lene Juul. 2017. *Advances in Pig Welfare Overview of Commercial Pig Production Systems and Their Main Welfare Challenges*. Elsevier Ltd.
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-101012-9.00001-0>.
- Pereira, Thuanny L. et al. 2015. “The Effect of Transport Density and Gender on Stress Indicators and Carcass and Meat Quality in Pigs.” *Spanish Journal of Agricultural Research* 13(3).
- Pérez-Linares C, Figueroa-Saavedra F, 2015. “Transporte y Logística Presacrificio.” *Veterinaria de México* 4(1): 31–56. www.medigraphic.org.mx.
- Qu, Daofeng et al. 2017. “Development of Class Model Based on Blood Biochemical Parameters as a Diagnostic Tool of PSE Meat.” *Meat Science* 128: 24–29.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.01.012>.
- Ramírez, Ramiro, Mauricio Ramírez, and Elizabeth Escandon. 2016. *Pica & Pixel La Paradoja Del Bienestar Animal*.
[http://www.itvalledelguadiana.edu.mx/librosdigitales/LA PARADOJA DEL BA VERSION FINAL.pdf#page=270](http://www.itvalledelguadiana.edu.mx/librosdigitales/LA_PARADOJA_DEL_BA_VERSION_FINAL.pdf#page=270).
- Rayas-Amor, A.A. et al. 2018. “Livestock Hauliers’ Attitudes, Knowledge and Current Practices towards Animal Welfare, Occupational Wellbeing and Transport Risk Factors: A Mexican Survey.” *Preventive Veterinary Medicine* 160(10): 76–84.
<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.09.023>.
- Resolución-581-2014-Senasa - Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Argentina.
- Resolución-329-2017-Senasa - Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria
- Rey-Salgueiro, L. et al. 2018. “Meat Quality in Relation to Swine Well-Being after

- Transport and during Lairage at the Slaughterhouse.” *Meat Science* 142(December 2017): 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.005>.
- Rocha, L. M. et al. 2016. “Can the Monitoring of Animal Welfare Parameters Predict Pork Meat Quality Variation through the Supply Chain (From Farm to Slaughter)?” *Journal of Animal Science* 94(1): 359–76.
- Romero, M. H. 2015. “Factors Associated with the Frequency of Died Pigs during Transport to a Slaughterhouse Factores Asociados Con La Frecuencia de Cerdos Muertos Durante El Transporte Introducción.” *Revista CES Medicina Veterinariay Zootecnia* 10(2): 132–40.
- Romero P, Marlyn, and Jorge Sánchez V. 2012. “Bienestar Animal Durante El Transporte y Su Relación Con La Calidad de La Carne Bovina.” *Rev.MVZ Córdoba* 17(1): 2936–44.
- Romero Peñuela, Marlyn Hellen et al. 2017. “Conventional versus Modern Abattoirs in Colombia: Impacts on Welfare Indicators and Risk Factors for High Muscle PH in Commercial Zebu Young Bulls.” *Meat Science* 123: 173–81. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.10.003>.
- Romero Peñuela, Marlyn Hellen, and Claudia Cobo-Ángel. 2015. *La Interacción Hombre-Animal Como Indicador de Bienestar Bovino: Durante El Presacrificio y Su Efecto En La Calidad de La Carne*. ed. OmniScriptum GmbH & Co. KG. Bahnhofstrasse: Academica Espanola.
- Romero Peñuela, Marlyn Hellen, Carolina Gutierrez Toro, and Jorge Alberto Sánchez Valencia. 2011. “Evaluation of Preslaughter Management and Its Relationship With the Bruises Presence on Beef Carcasses.” *Biosalud* 10(2): 28–36.
- Romero Peñuela, Marlyn Hellen, and Jorge Alberto Sánchez Valencia. 2015. “Evaluación de Factores de Riesgo de Carne Pálida, Suave y Exudativa (PSE) Debido a Las Condiciones Presacrificio En Cerdos.” *Revista Biosalud* 14(1): 57–68.
- Romero Peñuela, Marlyn Hellen, Jorge Alberto Sánchez Valencia, and Carolina Gutierrez

- Toro. 2012. "Evaluación de Contusiones Como Un Indicador de Bienestar Animal Durante El Pre-Sacrificio de Bovinos." *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 25(2): 267–75.
- Romero Peñuela, Marlyn Hellen, Jorge Alberto Sánchez Valencia, and Carolina Gutiérrez Toro. 2011. "Evaluación de Prácticas de Bienestar Animal Durante El Transporte de Bovinos Para Sacrificio." *Revista de Salud Pública* 13(4): 684–90.
- Romero Peñuela, Marlyn Hellen, Jorge Alberto Sánchez Valencia, and R Hoyos. 2016. "Factores Asociados Con La Frecuencia de Cerdos No Ambulatorios Durante El Transporte." *Archivos de medicina veterinaria* 48(2): 191–98. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2016000200009&lng=en&nrm=iso&tlng=en.
- Romero Peñuela, Marlyn Hellen, Luis Fernando Uribe-Velásquez, G. C. Miranda-de la Lama, and Jorge Alberto Sánchez Valencia. 2013. "Risk Factors Influencing Bruising and High Muscle PH in Colombian Cattle Carcasses Due to Transport and Pre-Slaughter Operations." *Meat Science* 95(2): 256–63.
- Romero Peñuela, Marlyn Hellen, Luis Fernando Uribe-Velásquez, and Jorge Alberto Sánchez Valencia. 2014. "Physiological Profiles of Zebu Steers during Transport and Pre-Slaughter." *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 27(Jul): 282–89.
- Saintilan R, Mérour S, Schwob P, Sellier J, Bidanel H (2011). Genetic parameters and halothane genotype effect for residual feed intake in Piétrain growing pigs. *Livestock Science*. Volume 142, Issues 1–3. p 203-209.
- Salmi, B. et al. 2012. "Bayesian Meta-Analysis of the Effect of Fasting, Transport and Lairage Times on Four Attributes of Pork Meat Quality." *Meat Science* 90(3): 584–98. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.09.021>.
- Saucier, L. et al. 2013. "Effects of Trailer Design on Animal Welfare Parameters and Carcass and Meat Quality of Three Pietrain Crosses Being Transported over a Short Distance." *Livestock Science* 157(1): 234–44.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.07.004>.

Schuetze, Sarah J., Erin F. Schwandt, Ronaldo G. Maghirang, and Daniel U. Thomson. 2017. "R Eview : Transportation of Commercial Finished Cattle and Animal Welfare Considerations." *The Professional Animal Scientist* 33(5): 509–19. <https://doi.org/10.15232/pas.2017-01620>.

Schwartzkopf-Genswein, K. S. et al. 2012. "Road Transport of Cattle, Swine and Poultry in North America and Its Impact on Animal Welfare, Carcass and Meat Quality: A Review." *Meat Science* 92(3): 227–43. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.010>.

Simova, V., Voslarova, E., Vecerek, V., Passantino, A., & Bedanova, I. (2016). Effects of travel distance and season of the year on transport-related mortality in cattle. *Animal Science Journal*, doi:10.1111/asj.12658.

Tallet, Céline, Sophie Brajon, Nicolas Devillers, and Joop Lensink. 2017. "Pig-Human Interactions: Creating a Positive Perception of Humans to Ensure Pig Welfare." *Advances in Pig Welfare* (January): 381–98.

Tallet C, Brajon S, Devillers N, Lensink J, 2018. "Pigs Human Interactions: Creating a Positive Perception of Humans to Ensure Pig Welfare." *Advances in Pig Welfare* (January): 381–98. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081010129000083>.

Thomas, J, E Astesana, and R Urso. 2011. "El Manejo de Los Animales En Instalaciones de Remates Ferias y Su Impacto Sobre El Bienestar Animal y La Calidad de La Carne." *Revista FAVE* 10: 17–32.

Thorslund, Cecilie A.H., Peter Sandøe, Margit Dall Aaslyng, and Jesper Lassen. 2016. "A Good Taste in the Meat, a Good Taste in the Mouth – Animal Welfare as an Aspect of Pork Quality in Three European Countries." *Livestock Science* 193(September): 58–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2016.09.007>.

Traore S, L Aubry, P Gatellier, W Przybylski, D Jaworska, K Kajak-Siemaszko, V Santé-

- Lhoutellier. 2012. Higher drip loss is associated with protein oxidation. *Meat Sci* 90, 917-924.
- Umair, M, Iqbal M. (2018). Factors effecting growth , properties and quality of beef meat. *Pacific International Journal* Vol. 01 No.1 Jan-2018 PP 1-09. ISSN 2616-4825 (Online)-
<http://pacificinternationaljournal.com/>
- USDA. 2018. *Livestock and Poultry : World Markets and Trade*. Disponible en:
<https://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-and-trade>
- Varón-Álvarez, L. J., M. H. Romero, and J. A. Sánchez. 2014. “Caracterización de Las Contusiones Cutáneas e Identificación de Factores de Riesgo Durante El Manejo Presacrificio de Cerdos Comerciales.” *Archivos de Medicina Veterinaria* 46(1): 93–101.
- Velarde, Antonio, and Antoni Dalmau. 2012. “Animal Welfare Assessment at Slaughter in Europe: Moving from Inputs to Outputs.” *Meat Science* 92(3): 244–51.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.009>.
- Velarde, A., & Dalmau, A. (2018). *Slaughter of pigs. Advances in Pig Welfare*, 295–322. doi:10.1016/b978-0-08-101012-9.00010-1 Vermeulen, L. et al. 2015. “Pre-Slaughter Handling and Pork Quality.” *Meat Science* 100: 118–23.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.09.148>.
- Vermeulen, L. et al. 2016. “Pre-Slaughter Sound Levels and Pre-Slaughter Handling from Loading at the Farm till Slaughter Influence Pork Quality.” *Meat Science* 116: 86–90.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.007>.
- Vilella Fernando. (2018) Panorama nacional e internacional de Agronegocios. En: Memorias IX congreso de producción porcina del Mercosur. Unirio. Córdoba, Argentina. 302p.
- Zhen, Shaobo et al. 2013. “Effects of Lairage Time on Welfare Indicators, Energy Metabolism and Meat Quality of Pigs in Beijing.” *Meat Science* 93(2): 287–91.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.09.008>.

