

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS VETERINARIAS



“Incidencia de carnes PSE (pálida, suave y exudativa) y DFD (oscura, firme y seca) en carcasas porcinas beneficiadas en el centro de faenamiento FRILISAC”

Tesis Para optar el Título Profesional de Médica Veterinaria

Miriam Luz Loayza Seminario

Lima, Perú

2017

Dedicatoria

A mis padres, mi hermano y mi tía Nela,
por su paciencia y apoyo incondicional.
Gracias por creer en mí.

A Tracy
por tu compañía e inspiración
para elegir mi carrera.

A twenty one pilots
por cada melodía y letra que me ayudo
a mantenerme con vida.

Al Dr. Guillermo Condori Chipana
por su apoyo y confianza,
gracias.

A Luis y Angela
por su amistad y apoyo.
Gracias.

Al Camal de Yerbateros de Lima,
por brindarme sus instalaciones y
apoyo del personal, necesarios para
la realización de mi tesis, muchas gracias.

ÍNDICE

ÍNDICE	3
ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
RESUMEN	7
SUMMARY	8
I. INTRODUCCIÓN	9
II. ANTECEDENTES.....	11
2.1 PRODUCCIÓN PORCINA Y CONSUMO	11
2.2 GENERALIDADES	13
2.2.1 MANEJO ANTE-MORTEM:	13
2.2.1.1 Transporte:.....	14
2.2.1.2 Descanso ante mortem:	15
2.2.2 FASES DEL SACRIFICIO	16
2.2.2.1 Aturdimiento.....	16
2.2.2.2 Sangrado	19
2.2.2.3 Escaldado	19
2.2.2.4 Depilado, Flameado y Lavado	20
2.2.2.5 Eviscerado	20
2.2.2.6 Inspección Post mortem	20
2.2.2.7 Conservación.....	21
2.3 ESTRUCTURA Y FISIOLÓGIA MUSCULAR	21
2.4 TRANSFORMACIÓN DEL MÚSCULO EN CARNE	23
2.4.1 EFECTO DEL SANGRADO SOBRE EL MÚSCULO	24
2.4.2 RIGOR MORTIS	24
2.4.3 ACIDIFICACIÓN POST MORTEM.....	25
2.5 CALIDAD DE LA CARNE PORCINA	26
2.5.1 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LA CARNE.....	27
2.5.2 ANOMALÍAS DE LA ACIDIFICACIÓN POST MORTEM.....	29
2.5.2.1 Carne PSE	29
2.5.2.2 Carne DFD	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1 LUGAR DE ESTUDIO	33
3.2 TAMAÑO MUESTREAL.....	33
3.2.1 ANIMALES Y TRATAMIENTO.....	34

3.2.1.1 Procedimientos generales del beneficio	34
3.3 DETERMINACION DEL pH	35
3.3.1 EQUIPO.....	35
3.3.2 PROCEDIMIENTO.....	35
3.4 REGISTRO Y ANALISIS	36
3.4.1 REGISTRO	36
3.4.2 ANALISIS	36
IV.RESULTADOS	37
V. DISCUSIÓN.....	41
VI. CONCLUSIONES.....	44
VII. RECOMENDACIONES	45
VIII. BIBLIOGRAFÍA	46
IX.APÉNDICE	50

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

GRAFICO 1.- EVOLUCIÓN DEL PH SEGÚN LA CALIDAD DE LA CARNE (NORMAL, PSE, DFD Y ÁCIDA)	29
GRAFICO 2.- FRECUENCIAS DE LOS PESOS DE LAS CANALES	38
GRAFICO 3.- PORCENTAJES DE CARNES NORMAL, PSE Y DFD A LOS 45 MINUTOS	38
GRAFICO 4.- PORCENTAJES DE CARNES NORMAL, PSE Y DFD A LAS 24 HORAS	39
FIGURA 1.- ÁREA DE DESEMBARCO DE PORCINOS.....	55
FIGURA 2.- CORRALES DE RECEPCIÓN DE PORCINOS.....	55
FIGURA 3.- CORRALES DE DESCANSO	56
FIGURA 4.- ESCALDADO.....	56
FIGURA 5.- DEPILADO	57
FIGURA 6.- EVISCERADO	57
FIGURA 7.- PESADO	58
FIGURA 8.- SOLUCIONES PH 7.00 Y 4.00, AGUA DESTILADA, SOLUCIÓN DE MANTENIMIENTO DE ELECTRODO, SOLUCIÓN LIMPIADORA DE ELECTRODOS, ELECTRODO Y PH-METRO.	58
FIGURA 9.- TOMA DE MUESTRA: MÚSCULO SEMIMEMBRANOSUS DE LA PIERNA IZQUIERDA.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.- ASPECTOS DE LA CALIDAD CÁRNICA	27
TABLA 2.- VALORES ESTADÍSTICOS DEL PESO DE LA CANAL	37
TABLA 3.- CLASIFICACIÓN A LOS 45 MINUTOS Y EL SEXO DEL ANIMAL	39
TABLA 4.- CLASIFICACIÓN A LAS 24 HORAS Y EL SEXO DEL ANIMAL	40

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la incidencia de carnes PSE y DFD usando la medición del pH cárnico a los 45 minutos y 24 horas. Un total de 480 cerdos beneficiados, distribuidos en 240 machos y 240 hembras, sometidos a similares características de manejo y sacrificio. Se realizó la medición del pH en todas las canales, a nivel del músculo *Semimembranosus* de la pierna izquierda. Se determinó una incidencia de carnes PSE del 46,9% y 32,1% en el pH inicial y final respectivamente. También se determinó que las hembras presentaron mayor incidencia de carne PSE, a los 45 minutos obtuvieron 51,3% y a las 24 horas el 52,4%. La condición DFD presentó una incidencia de 7,3% a los 45 minutos y del 2,9% a las 24 horas.

Palabras clave: carne, cerdo, canal, pH.

SUMMARY

The objective of this study was to determine the incidence of PSE and DFD meat using pH measurements at 45 minutes and 24 hours. A total of 480 slaughtered pigs, distributed in 240 males and 240 females, undergo similar handling and slaughtering characteristics. The pH was measured in all carcasses, at the level of the *Semimembranosus* muscle of the left leg. An incidence of PSE meat of 46.9% and 32.1% was determined in the initial and final pH, respectively. It was also determined that the females had a higher incidence of PSE meat, at 45 minutes they obtained 51.3% and at 24 hours 52.4%. The DFD condition presented an incidence of 7.3% at 45 minutes and 2.9% at 24 hours.

Keywords: meat, pork, carcasses, pH.

I. INTRODUCCIÓN

La carne es una importante fuente de macronutrientes tales como vitamina A, B12, hierro, selenio y ácido fólico. Los cuales no se encuentran presentes en derivados de alimentos vegetales o tienen una baja biodisponibilidad. Para los humanos la carne es una gran fuente de nutrientes para su salud y desarrollo¹.

Según el Codex Alimentarius se considera carne a “todas las partes de un animal que han sido dictaminadas como inocuas y aptas para el consumo humano o se destinan para este fin”². La calidad de la carne se podría definir como “la suma de todas las propiedades sensoriales, nutricionales, higiénicas, toxicológicas y tecnológicas de la carne”³.

Para suplir la demanda del consumidor el porcicultor se ve en la necesidad de tecnificarse y obtener líneas genéticas con mayor rendimiento de carne magra y crecimiento rápido, teniendo como repercusión el aumento de la susceptibilidad al estrés en los cerdos, viéndose afectada la calidad de la **carne**^{3,4,5,6}.

Este avance genera que los animales sean más sensibles al estrés, siendo más afectados por el ambiente y el manejo. Como resultado la calidad de la carne se afecta, dando cabida a la presentación del músculo pálido, suave y exudativo (PSE, pale, soft and exudative, por sus siglas en inglés), y del músculo oscuro, firme y seco (DFD, dark, firm and dry, por sus siglas en inglés)^{7,8,9}.

La calidad de la carne está influenciada por diversos factores implicados en su consecución, siendo un término complejo del que no existe una única definición que sea válida para todos los niveles de la producción cárnica. Todas las definiciones implican características de composición de la canal como determinantes del valor en el mercado, propiedades nutritivas, organolépticas, tecnológicas e higiénico sanitarias, que están ligadas a los tratamientos ante mortem del animal y de la canal¹⁰.

Diversos factores afectan la calidad de la carne; uno de los más importantes es la concentración de glucógeno muscular en el momento del sacrificio, el cual es alto en un animal sano y descansado. El glucógeno se convierte en ácido láctico una vez sacrificado el animal, este es necesario para producir carne con un adecuado sabor, color y calidad. Cuando el animal está estresado antes y durante el sacrificio, todo el glucógeno se consume por ende el nivel de ácido láctico que se desarrolla en la carne luego de su sacrificio es reducido. La condición PSE (Carne pálida, blanda y exudativa) en los cerdos es causada por un estrés severo y agudo, mientras que la condición DFD (Carne oscura, firme y seca) implica que la canal procedió de un animal con estrés crónico, lesionado o enfermo antes de su sacrificio. Ambos tipos de carne es difícil de aprovechar y en casos extremos se desperdicia^{11,12,9}.

En el Perú no se han realizado suficientes estudios sobre la incidencia de carnes PSE y DFD en carcasas de cerdo; aunque en la industria procesadora de cerdo es común separar la carne pálida u oscura debido a sus desventajas en el procesado y almacenamiento; ya que disminuye los rendimientos de la canal.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo estimar la incidencia de carnes PSE y DFD en carcasas porcinas beneficiadas en el Centro de Faenamiento FRILISAC (Camal de Yerbateros de Lima), para lo cual se realizaron mediciones de pH tanto a los 45 minutos como a las 24 horas post-mortem; la información recolectada servirá de contribución al estudio de la calidad de la carne porcina.

II. ANTECEDENTES

2.1 PRODUCCIÓN PORCINA Y CONSUMO

a) Producción de cerdos en el mundo

En el 2014 la producción mundial de carne de cerdo fue 115,31 millones de toneladas con un plantel de 985,67 millones de animales. En el continente asiático se concentró la mayor producción con 59,9% y posee el 57,7% del plantel mundial de cerdos. El continente europeo se encuentra en el segundo lugar de producción con 23,8% y posee el 18,8% del plantel. Seguido del continente americano con 16,8% y 17,2%, África con 1,2% y 3,5% y Oceanía con 0,4% y 0,5% respectivamente. En base a su plantel y la cantidad de carne producida se mide la productividad de un continente. En ese aspecto el continente europeo tiene la mayor productividad porque logra producir el 23,8% de la carne de cerdo a nivel mundial con el 18,8% del plantel. (Apéndice 1 y 2)

b) Principales productores mundiales

En el año 2014 el mayor productor a nivel mundial fue China continental. Produciendo 54,445 millones de toneladas que representan el 47,2% del total mundial. Los Estados Unidos de América ocuparon el segundo lugar y representan el 9%, seguido por Alemania con el 4,8%, España con el 3,1%, Vietnam con el 2,9%, Brasil con 2,8%, La Federación Rusa con 2,6%, Francia con 1,8%, Canadá con 1,7% y Polonia con 1,6%. Los 10 primeros productores en el 2014 concentran el 77,5% de la producción mundial de carne porcina. En América del sur el único país presente entre los diez primeros fue Brasil. (Apéndice 3)

c) Planteles y producción de carne de cerdo en Sudamérica

Brasil es la tercera potencia mundial productora de carne de cerdo. A nivel de Sudamérica posee el 58,97% del plantel y el 60,51% de la producción. En segundo lugar, a nivel de la región se encuentra Chile con el 3,78% del plantel produce el 9,86% de la carne de cerdo. En tercer lugar, se encuentra Argentina con el 8,38% de la producción y el 7,29% del plantel. Perú a nivel regional tiene el 2,57% de la producción y el 5% del plantel. (Apéndice 4 y 5).

d) Consumo de carnes

A nivel mundial, en el año 2013, la carne de cerdo representó el 37,1% del consumo, seguido en segundo lugar por la carne de ave con 34,7%, en tercer lugar, la carne de bovino con 21,6%, la carne de cordero y cabra con 4,4% del consumo, por último, con 2,3% otras carnes (Apéndice 6). La tendencia mundial es la preferencia por la carne de cerdo, en América latina el panorama es diferente. La carne de ave es la más consumida (45,4%), seguida por la carne de bovino (39,3%) y en tercer lugar la carne de cerdo (13,9%). (Apéndice 7)

e) Consumo mundial de carne de cerdo

En el año 2013 se estimó a nivel mundial un consumo humano per cápita de 16,02 kg/año. El consumo de carne de pollo y bovino está por debajo, con 14,99 y 9,32 kg/año respectivamente. Lo que refleja la preferencia de la carne porcina con respecto a otras carnes. (Apéndice 6)

f) Consumo de carne de cerdo en América del Sur

El consumo per-cápita de carne de cerdo en América del Sur está liderado por Paraguay con 26,24 kg al año, seguido de Chile con 24,68 y Uruguay con 16,84. Perú ocupa el penúltimo lugar con 3,85 kg/cápita/año. (Apéndice 7)

Un estudio de 503 personas en el año 2014 reveló que el 42% de los encuestados consumían carne de cerdo una vez al mes, solo el 14% consumían esta carne más de una vez a la semana. Entre los atributos buscados por los consumidores estaban el sello de calidad (41%), poder comprarlo en un lugar de confianza (37%), poca grasa (12%) y precio accesible (11%). El principal motivador para consumir mayor cantidad de carne de cerdo para los encuestados fue una mayor difusión de la carne y sus propiedades (26%), seguido por el acceso a un producto de calidad (20%)¹³.

g) Producción porcina en el Perú

La producción en el Perú se divide en a grandes rasgos en dos sistemas, el sistema intensivo y extensivo. El primero se orienta al mercado nacional, ubicándose la mayoría en la costa, los cerdos se mantienen confinados en cada etapa de producción, busca obtener la mayor ganancia de peso con una ración balanceada de alimento. El segundo sistema mantiene a los animales en campos de pastoreo, orientado al mercado local y al autoconsumo¹⁴.

En el año 2012 el IV CENAGRO registro un total de 2 224 mil porcinos en el territorio nacional. La mayor cantidad se encuentra en la sierra (51%), segundo lugar la costa (38%) y por último la selva (11%). El total de porcinos los dividen en dos categorías ganado criollo 67,2% y mejorado (32,8%). En la costa la línea predominante es mejorados (62,2%)¹⁵.

2.2 GENERALIDADES

La conversión de la carne en músculo implica una serie de cambios en el metabolismo de las células que se caracterizan por la disminución del pH, el agotamiento del ATP, el decrecimiento de la temperatura muscular, el rigor mortis y la maduración. Al beneficiarse el animal y cesar el flujo sanguíneo, cesa el suministro de oxígeno y nutrientes en el musculo, se agota rápidamente la reserva de oxígeno enlazada a la mioglobina, imponiéndose las vías anaeróbicas como la glucólisis. Las reservas energéticas de fosfato de creatina (CP) y de glucógeno son usadas para regenerar el ATP gastado y así mantener la homeostasis en el musculo. Estas reacciones generan una acumulación de ácido láctico y H⁺, disminuyendo el pH y acidificando el medio¹⁶.

2.2.1 MANEJO ANTE-MORTEM:

El manejo antes del sacrificio se divide en dos periodos importantes: el tránsito de la granja al camal y el desembarque de los animales al centro de beneficio. Este proceso es influenciado por múltiples factores, y cada uno de los pasos involucrados tienen un gran impacto en la calidad final de la carne. El transporte, descarga de los animales, condiciones de sacrificio pueden generar prácticas de manejo que provoquen estrés en los animales^{17,18,19}.

Los animales antes de su traslado a la planta de beneficio deben pasar por un ayuno previo, dependiendo del tiempo de viaje. El ayuno permite al animal disminuir la carga gastrointestinal y por ende la carga microbiana. Es recomendable bañar a los animales previamente para poder hidratarlos y relajarlos²⁰.

2.2.1.1 Transporte:

La carga y el transporte de los animales a la planta de sacrificio son causantes de estrés en los cerdos u otra especie de abasto. Su influencia es directa sobre la canal y carne del animal mediante la pérdida de peso, lesiones durante la carga o transporte, clima adverso (humedad y temperatura), tiempo de tránsito y ayuno¹⁸.

Los cerdos tienen que ser transportados buscando reducir el estrés del transporte, debe ser planeado, esto implica preparar a los animales, elegir una ruta adecuada, mantener el vehículo en óptimas condiciones, espacio adecuado para los animales, descanso agua y alimento, inspeccionar a los animales antes de embarcarlos^{21,22}.

El cerdo es una especie susceptible al estrés. Webster (1994) resume las causas del estrés durante el tránsito en cuatro problemas: a) el miedo y dolor asociado al manejo y a la mezcla de animales, b) temperatura y movimiento del vehículo, c) hambre, sed y agotamiento, d) malestar causado a procesos infecciosos²³.

En la carga y durante el transporte el espacio que se le brinde a cada animal influirá en su bienestar. La densidad de carga mínima para cerdos de engorde con un peso de 90 a 100 kg es de 250 kg/m², pero de tratarse de animales de menor tamaño esta densidad no es la adecuada. La sobrecarga de animales producirá estrés físico y dificultará acostarse a los animales, lo cual es necesario en viajes largos²¹.

Se considera 0.35m²/100kg de peso vivo animal como el espacio promedio recomendado, esta densidad debe aumentarse en un 10% en estaciones y regiones cálidas²².

Sobre la duración del tiempo de transporte, distancias cortas no afectarán significativamente el pH de la carne. El tiempo de transporte afecta la incidencia de hematomas y fracturas, el aumento de estrés pre-mortem, el número de decesos durante el viaje y la variación de la población de microorganismo en el tracto gastrointestinal. Viajes de 2 a 4 horas no tienen un efecto significativo sobre el pH a las 24 horas. Aun en viajes largos con un adecuado manejo y tiempo de descanso su efecto puede ser mínimo^{22,24}.

Es recomendable que el vehículo este en óptimas condiciones, manejar con precaución evitando acelerar y frenar bruscamente. La sobrecarga de animales y la mezcla de animales de animales de distintas procedencias repercutirá en la calidad del producto final²⁰.

Las rampas de desembarque en la granja y en la planta de beneficio deben de ser de un material antideslizante y de una angulación menor o igual a 20°. Una pendiente más pronunciada será dificultosa de subir para los animales y facilitará la ocurrencia de fracturas en miembros⁶.

El tiempo de ayuno es recomendable que sean cortos, los ayunos superiores a 24 horas, el cuerpo utiliza las reservas energéticas de los depósitos de grasa del musculo, lo que afecta la calidad de la carne y genera pérdidas de peso de la canal y su rendimiento³.

Para la recepción del vehículo con los animales, este debe entregar la información correspondiente a su procedencia y carga (Certificado de transito interno y guía de remisión). Realizada la verificación de la documentación se procede a descargar los animales²⁰.

2.2.1.2 Descanso ante mortem:

A la llegada al camal los animales deben ser inmediatamente descargados. La infraestructura del camal debe permitir el tránsito desde el área de desembarque hasta los corrales de descanso. Los pisos de los corrales deben ser de material sólido y antideslizante, de fácil desinfección. Todos los corrales han de disponer de agua de bebida y los cercos deben garantizar el aislamiento de los animales. Los corrales deben ser divididos por especie y según la capacidad de faenado del camal, se recomienda 2.0 m² por cada porcino²⁵.

Periodos de descanso de dos a cuatro horas ayudan a disminuir la aparición de carnes PSE, según algunos autores se puede extender hasta 6 horas. El tiempo de reposo puede varias desde una hora a todo un día, según las características particulares de las condiciones prácticas, de infraestructura y económicas; a pesar de las diferencias hay consenso con respecto que el aumento del tiempo de reposo produce una mayor incidencia de carnes PSE^{3,26,27}.

Con un manejo adecuado del descanso se consigue estabilizar el aparato cardio respiratorio y el metabolismo. Los efectos del manejo previo y la densidad de tránsito pueden verse disminuidos después de dos horas de descanso, ayudando a reducir las diferencias en la calidad de carne, por lo tanto, se debe ajustar el tiempo de espera al tratamiento recibido durante el transporte^{29,13}.

Realizar un examen clínico previo al sacrificio ayudaría a detectar animales estresados y por ende con un riesgo de glicolisis acelerada. Una temperatura rectal mayor a 39°, frecuencia respiratoria mayor a 30, frecuencia cardíaca mayor a 100 y la vena de la oreja congestionada son claros indicios de estrés. Se debe realizar la inspección ante-mortem, la cual es responsabilidad de los médicos veterinarios del camal, esta evaluación dictaminará los animales aptos para el sacrificio^{24,20}.

Cuando un animal es apto para el faenado antes del ingreso al área de aturdimiento, debe procederse a realizar el lavado del animal. La norma determina usar un sistema de aspersion a presión, asegurando así la eliminación de desechos o contaminantes que haya en la piel del animal³⁰.

2.2.2 FASES DEL SACRIFICIO

2.2.2.1 Aturdimiento

El aturdimiento tiene como objetivo que el animal pierda inmediatamente la conciencia, pero sin producir la muerte del animal. Se busca no generar sufrimiento innecesario durante la sangría, y se produzca la muerte cerebral por el desangrado. Además, permite la inmovilización del animal para poder cortar los vasos sanguíneos y evitar accidentes laborales. Los métodos de aturdimiento se pueden dividir en tres tipos: mecánico, eléctrico y gaseoso. Los dos últimos son empleados en porcinos^{18,24}.

El sistema de aturdimiento se espera que cumpla con una inducción rápida de la inconsciencia con mínimo dolor para el animal, y que se mantenga así hasta que se produzca la muerte mediante la sangría. Además, no genere problemas de calidad en la carne y garantice la seguridad del operador⁷.

Es importante verificar la efectividad del aturdimiento. Un inadecuado manejo y mala práctica generara altos porcentajes de animales incorrectamente insensibilizados⁶. En nuestro medio el método más usado es el eléctrico y en algunos centros de beneficios no se utiliza ningún método de aturdimiento.

El Aturdimiento Eléctrico

Es el método de insensibilización más común en cerdos. Cuando el cerebro recibe una corriente eléctrica lo suficientemente fuerte provoca un ataque epiléptico que produce inconciencia y evita dolor al animal. El estado inconsciente se consigue con una carga de 300 V y 1.5 amp, el animal pierde sensibilidad, pero su corazón sigue latiendo ayudando a obtener un sangrado completo²².

El aturdimiento eléctrico puede ser de dos tipos: de bajo y alto voltaje. El primero utiliza tenazas eléctricas con dos electrodos con un voltaje oscilando entre 90 y 150 V por 7 segundos. En contraste, el segundo usa diversos voltajes y se puede utilizar de forma automática con el refrenador-transportador o *restrainer* (en inglés), es una maquina cuya función es arrastrar al animal mediante dos cintas en forma de V hasta la zona de aturdimiento, hay dos tipos de modelos los que solo cumplen la función de conducción y los que están equipados con un sistema automático de aturdimiento¹⁸.

El aturdimiento simple se realiza con dos electrodos colocados en la cabeza del animal, este genera una insensibilización reversible afectando solo la cabeza. La posición de los electrodos para un adecuado aturdimiento son oreja-oreja y oreja-ojo. El método más complejo utiliza tres electrodos dos en la cabeza y uno en el cuerpo en la zona de proyección del corazón, provocando además de la epilepsia generalizada una fibrilación cardiaca, este método es irreversible. La estimulación cardiaca provoca un paro cardiaco, la estimulación de la médula espinal disminuye los movimientos involuntarios, este método requiere de un *restrainer* que inmovilice completamente al animal²⁴.

Para poder determinar la eficacia de la insensibilización se tiene como criterio el ataque epiléptico, el cual consta de dos fases: la fase tónica, el tren posterior y anterior se extienden, la cabeza toma una posición de opistótono y la respiración se suspende. Esta fase se aprovecha para realizar el sangrado del animal. La segunda es la fase clónica, se produce 10 segundos después del

aturdimiento, se relajan los músculos gradualmente, y se producen movimientos similares al anda³¹.

Cuando se utiliza el sistema de aturdimiento reversible se debe hacer el degüello lo más rápido posible y evitar que el animal retome la conciencia, el retorno del ritmo respiratorio y el reflejo corneal son indicadores de esto. Por ello es importante conocer la duración de la inconsciencia y así evitar la recuperación de los animales antes de la muerte cerebral. La duración depende de una adecuada posición de los electrodos⁷.

Jerez-Timaure, *et al.*, (2013) realizaron un estudio de los defectos de la calidad de la canal y carne de cerdo mediante auditorias realizado en Venezuela; el estudio utilizó un formato de encuesta que se aplicó durante el embarque, transporte, desembarque y proceso de beneficio y lo correlacionó con los resultados de las características de la canal y de la carne. Se evaluó 200 cerdos en total, de los cuales el 85% no fueron aturdidos correctamente, se observó animales con reflejo de enderezar la cabeza (65%), parpadeos y midriasis (26.5%) y caída de los animales desde el riel por un mal aturdimiento (8.5%). El autor señala que estos resultados se pueden relacionar a una inadecuada colocación de los electrodos generando una insensibilización incompleta o nula⁶.

El uso del aturdimiento eléctrico a generado un aumento en la presencia de petequias o equimosis en los músculos, esto se produce durante el aturdimiento cuando hay una tensión fisiológica se dilatan los vasos del musculo esquelético y se genera la ruptura de capilares. Además, también es criticado por el aumento de la incidencia de fracturas y luxaciones, producidas por cargas eléctricas excesivas en intensidad y tiempo. Un animal inadecuadamente insensibilizado puede producir deficiencias en el miembro del cual se cuelga, debido a los movimientos violentos que realiza durante el izado^{22,24}.

Los animales sacrificados en grupo se obtuvo una mejor calidad de la carne, debido a que el cerdo es un animal susceptible al estrés y su sistema circulatoria solo puede oxigenar adecuadamente en un estado de tranquilidad. El sacrificio en grupo y el arreo suave ayuda a mantener su bienestar³².

2.2.2.2 Sangrado

El sangrado debe realizarse tan pronto como sea posible, seccionando las venas y arterias mayores (vena yugular y arteria carótida) ubicadas en la unión del cuello con el pecho. Después del aturdimiento el tiempo máximo de espera es de 10 segundos y la duración recomendada para la sangría es de 4 a 6 minutos para que el animal muera desangrado. El animal no pierde la totalidad de la sangre, debido a la gran cantidad de sangre almacenada en el musculo esquelético. Una buena sangría evitara que la sangre sea un caldo de cultivo para organismos y ayudara a reducir la temperatura^{18,20,22}.

La sangría libera aproximadamente el 50% al 60% de la sangre, el resto permanece en las vísceras, carne, grasa y hueso de la canal. El sangrado se puede realizar en dos posiciones sea vertical u horizontal. No se ha encontrado diferencias en la cantidad de sangre residual de la musculatura. Si la sangre se va a utilizar para consumo, debe ser adecuadamente recolectada, indistintamente de la posición, se utiliza un cuchillo de acero inoxidable hueco y se extrae la sangre mediante un sistema de aspiración^{7,8}.

2.2.2.3 Escaldado

El escaldado se puede realizar de tres maneras: por inmersión, aspersion y condensación. El primero, inmersión en posa de agua caliente, es el más utilizado en nuestro medio. Tiene como propósito el lavado, facilita el pelado mediante el ablandamiento de los capilares de las cerdas para su fácil remoción y permite la remoción de las pezuñas^{7,18,20,22}.

Los tanques de agua se encuentran a una temperatura de 60 a 65 °C, se sumerge la canal durante 3 a 6 minutos. Un exceso de tiempo o temperatura puede cocinar superficialmente la canal causando el desprendimiento de piel y grasa y por ende disminuyendo su calidad³³.

La temperatura de la posa de escaldado puede afectar la temperatura de la canal, retrasando su enfriamiento²². Durante este proceso puede ocurrir una contaminación de la canal mediante el ingreso del agua de la posa por el orificio de corte de la sangría o por las vías aéreas, afectando los pulmones⁷.

2.2.2.4 Depilado, Flameado y Lavado

El animal es retirado de la poza de escaldado, es ingresado a una maquina peladora. Mediante el uso de paletas giratorias a velocidad, por fricción se desprenden las cerdas. La mayoría de camales utilizan maquinas peladoras para esta función, dejando a tras el pelado manual. Con esto se busca utilizar la piel para el consumo humano^{7,20}.

Después son retirados de la máquina de pelado, el personal termina de retirar manualmente cerdas sobrantes sobre una mesa de salida. Luego se realiza el flameado, la aplicación de calor en la superficie externa ayuda a eliminar los pelos en orejas y cabeza. La presentación de la canal depende de un buen pelado y flameado, posteriormente se procede a realizar un lavado para retirar los restos^{7,20}.

2.2.2.5 Eviscerado

Previo al eviscerado se realiza la remoción de las patas y manos. Además, se retiran las gónadas de los machos. Con el animal ahora suspendido del talón de Aquiles sigue por la línea de suspensión y se procede a ligar el esófago y recto para así evitar la contaminación con contenido estomacal o intestinal. Se realiza una incisión en la línea alba central de la pared abdominal, evitando cortar los intestinos. Se extraen los órganos de la cavidad pélvica y abdominal. En segundo lugar, se corta el esternón y el diafragma, y se extraen los órganos torácicos. Ambos son depositados en fajas transportadoras para su inspección en el área de proceso de menudencias^{7,20}.

Posterior al eviscerado se realiza el lavado y pesado de la canal, se lava con agua para limpiar la canal, y luego pasa por un baño de aspersion con agua clorada para su desinfección. Por último, se pesa cada canal individualmente.

2.2.2.6 Inspección Post mortem

Los médicos veterinarios a cargo la realizan. Se evalúa visualmente la canal, se realiza palpaciones y de ser necesario incisiones en los músculos de la pierna, paleta, maceteros, lengua. Los ganglios linfáticos son evaluados al igual que los órganos internos. Aprobada la inspección se dictamina si la carne es para consumo, decomiso parcial o total.

Todas las canales son numeradas y pesadas, esta información va escrita en la cara lateral con tinta no dañina. De ser aprobadas se impregna el sello con el nombre, registro del camal y la palabra APTO; algunos centros de beneficio además sellan la carne según estándares de calidad²⁰.

2.2.2.7 Conservación

Dependiendo la infraestructura de la planta de beneficio, las canales suspendidas son llevadas al área de oreo, la cual preferentemente debe estar climatizada a 15 °C. Es recomendable que el tiempo de oreo sea el menor posible. Algunos camales llevan las canales directamente a las cámaras de refrigeración que se encuentran a una temperatura de 0 a -2 °C. Se busca que la canal descienda su temperatura hasta 0 a 5 °C para una mejor conservación^{7,20}.

2.3 ESTRUCTURA Y FISILOGIA MUSCULAR

Para poder entender la conversión del musculo en carne es importante comprender su estructura y función. Cada especie presenta una proporción de carne distinta, variando según su raza, edad, sexo y nutrición. Por ejemplo, los machos poseen menos grasa intramuscular con respecto a las hembras, y los animales castrados presentan más que los animales enteros. Al aumentar la edad del animal el contenido de tejido conectivo es menor, lo que hace que la carne de un animal joven sea más tierna³⁴.

El porcino presenta un rendimiento del 70 al 75% de la canal sobre el peso vivo. Existen tres tipos de musculo: esquelético, cardiaco y liso. Los dos primeros se consideran estriados. La carne comprende al musculo esquelético y una parte de liso que corresponde a los vasos sanguíneos³⁴.

El musculo esquelético está formado por fibras musculares, estas son la unidad estructural de los músculos. El musculo estriado recibe ese nombre por el patrón de bandas que posee cuando se observa al microscopio. Sus células con multinucleadas ubicados en la periferia bajo el sarcolema que es la membrana que rodea cada fibra, esta membrana es elástica y su función se relaciona con la contracción del musculo.

Las fibras pueden tener un diámetro transversal de 10 a 100 μm y pueden alcanzar una longitud de 34 cm cuando se extienden. Cada músculo está formado por un conjunto de fibras musculares separadas en haces de tejido conectivo llamado perimisio, estos parten del epimisio el cual es una lámina que recubre al músculo³⁴.

La fibra muscular debe su apariencia estriada a las miofibrillas, que son una serie de delgadas unidades estriadas transversalmente. En cada fibra puede haber centenares a millares. Estos orgánulos están embebidos en el sarcoplasma. Esta sustancia intracelular mantiene en suspensión a todos los orgánulos³⁴.

El músculo esquelético está compuesto por agua, proteínas, grasas y sustancias no nitrogenadas. El componente más abundante es el agua, las carnes magras tienen más del 70% de agua, su contenido es inversamente proporcional al de la grasa. Su presencia afecta la carne durante su refrigeración y almacenamiento³⁴.

El segundo lugar lo ocupan las proteínas; las cuales se clasifican en sarcoplasmáticas, miofibrilares y del tejido conectivo.

Las proteínas miofibrilares se clasifican en: contráctiles, reguladoras y del citoesqueleto. Los tres tienen importancia en la calidad de la carne, la ternura y la capacidad de retención de agua. Estas proteínas cumplen una función estructural brindando al músculo rigidez y son importantes en la transformación de energía química durante la contracción³⁴.

Las proteínas sarcoplasmáticas incluyen enzimas solubles que actúan en el metabolismo anaeróbico y enzimas mitocondriales. Se dividen en proteasas y pigmentos musculares, tienen un papel fundamental en la transformación del músculo a carne, e influyen en la calidad de la carne en la fase post-mortem. Las proteasas del músculo se dividen en tres: alcalinas, neutras y ácidas. La hemoglobina y mioglobina son los pigmentos musculares que le proporcionan su característico color a la carne. La primera se encarga de transportar el oxígeno de los pulmones por el torrente sanguíneo este es captado por la mioglobina que se encuentra en las células musculares, esta hemoproteína utiliza el oxígeno para el metabolismo aeróbico³⁴.

Las proteínas del tejido conectivo cumplen función de protección mecánica y estructural, conectando músculos, órganos y otras estructuras del esqueleto. Son proteínas extracelulares producidas por los fibroblastos, los cuales además forman los tendones y ligamentos. Entre las proteínas secretadas se encuentra el colágeno, elastinas y riticulina³⁴.

2.4 TRANSFORMACIÓN DEL MÚSCULO EN CARNE

La homeostasis es la conservación de un ambiente interno fisiológicamente equilibrado. Dentro de un rango estrecho de condiciones fisiológicas (aporte de energía, temperatura, pH, concentración de oxígeno) el músculo funciona adecuadamente. La homeostasis es importante interés durante la transformación de músculo a carne³⁵.

Al detenerse las funciones del animal se inicia una serie de cambios en el metabolismo celular y estructural del musculo, originando transformaciones químicas, bioquímicas y físicas. Este proceso se caracteriza por la disminución del pH, el agotamiento del ATP, caída de la temperatura del musculo y el *rigor mortis*. Estos sucesos generan nuevas condiciones intracelulares y van a determinar las principales características organolépticas y tecnológicas de la carne¹⁶.

La sangría marca el inicio de esta serie de cambios. El musculo deja de recibir sangre, es decir el suministro de oxígeno, glucosa, ácidos grasos, aminoácidos. Cada fibra muscular realiza una regulación local al cesar la regulación nerviosa central. La reserva de oxigeno se agota rápidamente, en el musculo el oxígeno se encuentra ligado a la mioglobina y al cesar su suministro deja de funcionar la vía aerobia del metabolismo energético. Por lo tanto, la actividad enzimática depende íntegramente de las vías anaerobias como la glucólisis¹⁶.

Para poder generar el ATP (trifosfato de adenosina) el metabolismo muscular utiliza sus reservas energéticas de Fosfato de Creatina (CP) y glucógeno. Al inicio los sistemas de resíntesis son capaces de refosforilar el ADP que es lentamente liberado hacia el sarcoplasma, en el cual se produce en un complicado mecanismo de resíntesis de ATP.

Para que el ciclo funcione necesita el cofactor NAD^+ el cual es regenerado de la reducción de piruvato a lactato. Estas reacciones producen 2H^+ por cada unidad de glucosa transformada, los cuales se acumulan acidificando el medio y bajando el pH.

Además, al no haber circulación no se puede retirar el ácido láctico acumulado. La cantidad de ATP producido por glucólisis y el lactato son directamente proporcionales, por tanto, hay correlación entre el descenso del pH y la cantidad de lactato producido¹⁶

2.4.1 EFECTO DEL SANGRADO SOBRE EL MÚSCULO

Al cese de la circulación sanguínea varios de sus tejidos continúan con su actividad metabólica bajo control local. El musculo intenta mantener un estado de homeóstasis y necesita energía para ello. El sistema circulatorio no puede cumplir su función de transporte de nutrientes hacia el musculo y de eliminación de desechos. Al igual que en un periodo de intenso ejercicio en la que no hay suficiente aporte de oxígeno en el musculo, la glicolisis anaeróbica se inicia para obtener energía en la ausencia de oxígeno^{7,16}.

Los compuestos de fosforo como el ATP y el CP son fuente de energía en el musculo. En condiciones aeróbicas el glucógeno genera ATP y es degradado hasta H_2O y anhídrido carbónico; en condiciones anaeróbicas es degradado hasta ácido láctico y produce escasa cantidad de ATP que se agota rápido. El ácido láctico no puede ser transportado fuera del musculo para ser metabolizado en el hígado, por lo que se acumula en el musculo acidificándolo¹⁶.

El pH de la carne dependerá en gran medida de las reservas de glucógeno al momento del sacrificio. Este proceso da inicio al Rigor Mortis⁷.

2.4.2 RIGOR MORTIS

Al igual que en el animal vivo se genera una contracción muscular, con la diferencia que es irreversible.

Por el descenso del pH y la degradación del ATP la bomba de Ca^{2+} falla y no puede conservar el gradiente de Ca^{2+} al no poder activar el transporte activo, el aumento de este ion en el sarcoplasma activa el mecanismo de contracción. Se producen los enlaces cruzados entre la actina y la miosina, formando el complejo actomiosina, al no haber suficiente ATP para romperlos se instaura el *rigor mortis*, ahora el musculo se ha convertido en carne en todo su atributo¹⁶.

La fase pre-rigor o fase demora, es el periodo antes del inicio del rigor, el musculo todavía es elástico. En el porcino esta fase demora de 15 minutos a 3 horas. Seguido de la fase de rápida, en la cual la formación de actomiosina genera rigidez. En un musculo normal el *rigor mortis* presenta dos fases: el acortamiento y rigidez. La primera es determinada con la rigidez continúa producida por los enlaces cruzados entre los filamentos finos y gruesos de las fibras musculares. La rigidez se tasa por el grado de extensión del musculo¹⁶.

La condición fisiológica en la cual se encuentra el animal en el momento de la muerte influye en la aparición del *rigor mortis*. Animales fatigados o estresados puede aparecer prematuramente. En contraste animales convalecientes o con procesos febriles se aplazará su instauración. La temperatura de refrigeración usada en la práctica comercial afectará el tiempo que se requiere para la instauración del *rigor mortis*, en el cerdo será de 5 a 9 horas^{7,16}.

2.4.3 ACIDIFICACIÓN POST MORTEM

La acumulación de ácido láctico acidifica el medio generando una disminución del pH. La velocidad en que desciende es proporcional a la actividad de hidrolisis del ATP, es afectado por factores internos y externos de la canal tales como: especie, tipo de musculo, temperatura ambiental¹⁶.

El pH final medido a las 24 post sacrificio permite apreciar la capacidad del descenso de pH. En cerdos la medida a los 45 minutos es de utilidad también.

En un animal adecuadamente nutrido, descansado y con un adecuado manejo antes del sacrificio su pH muscular se encuentra entre 6,8 – 7,3. A las 6 a 8 horas después del sacrificio disminuye hasta 5,6 – 5,7. A las 24 horas alcanza un valor final de 5,3 – 5,7. La medición del pH se puede usar para la evaluación de la calidad de la carne^{16,35}.

Las temperaturas a las que ha estado expuesta la canal durante el beneficio (temperatura ambiental, tanques de escaldado y flameado) pueden causar desnaturalización de las proteínas. Por ello después de la muerte es conveniente reducir la temperatura mediante un sistema de enfriado rápido.

El acúmulo del ácido láctico y el descenso del pH antes de que el calor corporal natural y el metabólico se hayan disipado durante la refrigeración de la canal, da lugar a la desnaturalización de las proteínas musculares, su grado dependerá de la acidez y la temperatura. El grado de desnaturalización dependerá en mayoría de la temperatura, porque aun con pH bajos no se produce una excesiva alteración. Se debe monitorear la rapidez del enfriamiento, temperaturas bajas súbitas pueden causar anomalías como el acortamiento por frío. El enfriado rápido ayudara al descenso lento del pH, por tanto, ayudara a prevenir la aparición de carnes PSE^{7,18,22}.

2.5 CALIDAD DE LA CARNE PORCINA

El concepto de calidad aplicado a la carne es muy amplio y complejo. Se puede definir como el conjunto de características que la hacen adecuada para cubrir las exigencias de los consumidores. Dependerá también de los aspectos que influyen en su calidad (Tabla 1), tales como: seguridad alimentaria, organolépticas, nutritivos, tecnológicos y social^{36,37}.

En cuanto a la seguridad alimentaria se entiende por una baja carga microbiana, ausencia de gérmenes patógenos y de sustancias exógenas como residuos de drogas.

Los atributos organolépticos son aquellos que le brindan a la carne un aspecto gustoso y apetitoso. El valor nutritivo se refiere su composición química y las propiedades dietéticas de la carne.

La calidad tecnológica es el conjunto de cualidades que transforman a la carne ideal para su conservación. El pH, el color medido cuantitativamente y la capacidad de retención de agua con características que directamente influyen en la calidad final del producto.

La calidad social, incluye el bienestar animal y el impacto ambiental de la producción cárnica. La cantidad de consumidores que buscan estos atributos está en aumento^{2,36}

TABLA 1.- ASPECTOS DE LA CALIDAD CÁRNICA

Categoría	Atributos
Seguridad Alimentaria	Higiene microbiológica Ausencia de residuos y contaminantes
Atributos Organolépticos	Color Terneza - Jugosidad Sabor y olor Marmoleo - Cantidad de grasa visible
Valor Nutritivo	Cantidad de grasa Composición en ácidos grasos Valor proteico – Vitaminas y minerales Enriquecimientos Digestibilidad
Calidad Tecnológica	pH Color Capacidad de retención de agua Contenido de proteínas, grasa y tejido conectivo Consistencia de la grasa Separación de tejidos Estabilidad oxidativa
Calidad Social	Bienestar animal Medio Ambiente

Fuente: Adaptado de Coma J y Piquer J. 1999

2.5.1 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LA CARNE

Las exigencias del nivel de calidad que busca el consumidor se sustentan en las características tecnológicas de la carne, las cuales son cuantitativas y no están sujetas a subjetividades.

La medición de pH se realiza hace más de tres décadas, además de brindar información sobre la calidad físico-química de la carne es una técnica rápida y relativamente fácil de aplicar. Por lo que actualmente se usa en plantas de beneficio y en trabajos de investigación.

El pH tiene una influencia sobre el color, la capacidad de retención de agua y la vida de anaquel de la carne, por lo que indirectamente influye en las características organolépticas y en la aptitud tecnológica de la transformación de músculo a carne²².

Aquellos pH-metros que utilizan electrodos combinados de penetración, son los más recomendados para el registro del pH en la carne y embutidos. La unidad de medida del pH es logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno (H^+), de modo que, cuanto mayor es la concentración de H^+ , el pH es tanto menor³⁸.

La conductividad eléctrica es un parámetro de medición de la calidad de la carne. Ofrece una buena caracterización de la carne normal, pero no hay consenso en los parámetros de medida para carnes PSE y DFD. Se mide por ms/cm, Su uso es posible por la modificación de los iones en el líquido intracelular muscular debido a las lesiones en el sistema de membrana durante la glucólisis post-mortem²⁴.

Otro indicador de la calidad de la carne es el color, es un cambio óptico que transcurre durante la refrigeración de la canal. Es una cualidad que influye notoriamente en la aceptación del consumidor. De manera práctica se estima el color mediante el uso de plantillas, este método es sensorial y tendrá una variación del operador.

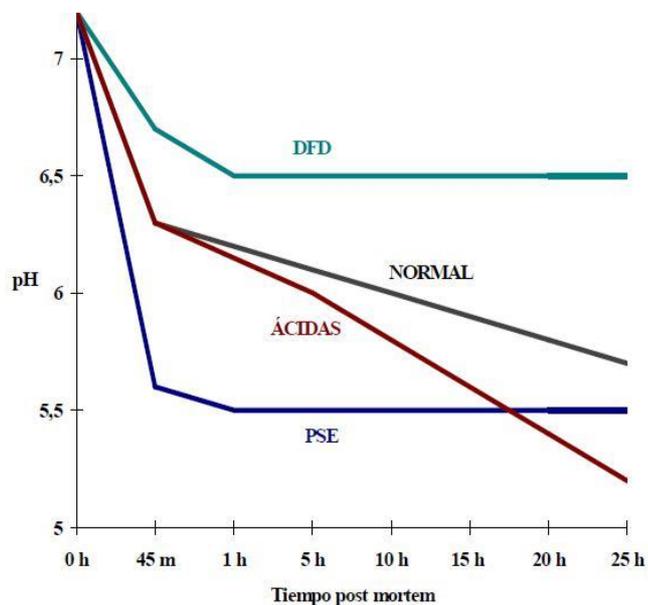
Existen técnicas más objetivas de medición. El espacio de color $L^*a^*b^*$, también referido como CIELAB, permite especificar estímulos de color en un espacio tridimensional: eje L^* es el de luminosidad, los otros dos ejes de coordenadas son a^* y b^* , y representan variación entre rojo-verde, y amarillo-azul, respectivamente. Este tipo de evaluación brinda una valoración objetiva del color y se obtiene usando espectrofotómetros o colorímetros^{18,24}.

La capacidad de retención de agua (CRA) es la capacidad de la carne de retener agua pese a la aplicación de fuerzas extrínsecas. La capacidad de ligar agua de las proteínas se ve afectada por la acidificación del medio. Esta característica está relacionada con la jugosidad, color, y ternura de la carne. Existen distintos métodos para calcular la CRA, uno de ellos es el método de presión en papel de filtro³⁹.

2.5.2 ANOMALÍAS DE LA ACIDIFICACIÓN POST MORTEM

Se puede producir un desarrollo anormal del *rigor mortis* debido a los distintos efectos producidos por el estrés en la musculatura. La velocidad y la cantidad en la que el pH desciende después del sacrificio (Gráfico 1) puede verse alterado por distintos factores propios o externos. Existen dos tipos principales de anomalías de la acidificación post mortem: La carne PSE (*pale, soft and exudative* en inglés) y la carne DFD (*dark, firm and dry* en inglés)^{33,34,38}

GRAFICO 1.- EVOLUCIÓN DEL PH SEGÚN LA CALIDAD DE LA CARNE (NORMAL, PSE, DFD Y ÁCIDA)



Fuente: Enfält A, et al. 1993.

2.5.2.1 Carne PSE

La carne PSE es un defecto propio del cerdo, se presenta en porcinos que han sufrido un estrés agudo previo o al momento del sacrificio o tienen una gran sensibilidad genética a este. Sucede una glicólisis acelerada post mortem por todo el ácido láctico acumulado que no puede ser transportado fuera del musculo, llegando a alcanzar valores por debajo de 5,8 a los 30 – 45 minutos post sacrificio, para luego estabilizarse hasta las 4 horas post mortem.

El *rigor mortis* se instaura más pronto debido a la rápida metabolización de las reservas energéticas^{12,16}.

La sensibilidad al estrés es más marcada en ciertas razas modificadas genéticamente para obtener carne magra. Se han visto alteradas sus fibras musculares, liberan casi al doble de velocidad los iones de calcio (Ca^{2+}), un estímulo neuromuscular incrementara su concentración, rebasando la capacidad de la bomba de Ca^{2+} . El súbito aumento de este ion aumenta la velocidad de la actividad ATPásica y la glucólisis, causando un descenso acelerado del pH^{12,16}.

La consecuencia directa de la acidificación es la desnaturalización de proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas, disminuyendo la capacidad de las proteínas de ligar con el agua. La exudación es uno de los mayores problemas de la carne PSE, esto no se debe a un elevado contenido de agua, si no a que la capacidad de retención de agua se ve disminuida y la permeabilidad de las células es mayor¹⁶.

Esta carne posee un color más pálido y menos rosado debido a la alteración de la refracción de luz. La desnaturalización de las proteínas causa mayor dispersión de la luz. Un alto grado de dispersión va a reducir el paso de la luz a través de la carne, la absorción de las longitudes de ondas se ve disminuida¹⁶.

La flacidez anormal en estas carnes puede deberse al colapso del retículo de los miofilamentos y la dispersión del líquido intracelular y sarcoplasmático, disminuyendo su firmeza y estabilidad.

Este tipo de carne tiene menos aceptación por parte del consumidor debido a su aspecto, y por parte de los comerciantes por sus mermas. Su baja retención de agua es un impedimento para ser usado en la producción de embutidos. Los cortes de mayor valor como: *longissimus dorsi*, *semimembranosus*, *gluteus edius* y *bíceps femoris*; son los más afectados por esta condición¹⁶.

En resumen, la presentación de carnes PSE es debido a factores genéticos y de manejo ante mortem que alteran el comportamiento del animal y causan un rápido descenso del pH de la carne⁴⁰.

2.5.2.2 Carne DFD

Esta condición está asociada a un alto pH final, a diferencia de la carne PSE no tiene un origen genético y es menos común en cerdos. Es ocasionada por un prolongado estrés previo al beneficio, conduce a un desgaste energético que utiliza las reservas de glucógeno; al momento del sacrificio el contenido de este sea muy bajo. Provocando que el *rigor mortis* se instaure más rápido, por la baja cantidad de ATP metabolizado y la escasa cantidad de ácido láctico, lo que tiene como consecuencia un pH_f alto por encima de 6,2. Su aspecto oscuro se debe a su superficie seca no es capaz de dispersar la luz. Esta carne es más transparente de lo normal por lo que la luz incidente es casi absorbida completamente con muy poca dispersión¹⁶.

Su aspecto seco, oscuro y pegajoso al corte. El pH alto genera un medio para la proliferación bacteriana y es muy susceptible al deterioro. Su elevada capacidad de retención de agua le da una textura firme¹⁶.

En resumen, la presencia de músculo DFD es una consecuencia del estrés prolongado, debido a que se agotan las reservas de glucógeno muscular en el animal vivo⁴⁰.

Diversos estudios se han realizado sobre la incidencia de carnes PSE y DFD, también de la relación entre ambas condiciones y los factores estresantes durante el tránsito desde las granjas hasta las plantas de beneficio y durante el manejo.

Alarcón, *et al.*, (2005) determinaron la incidencia de carnes PSE y DFD en cerdos sacrificados en un frigorífico en la región conocida como el Bajío, en México, antes de este estudio no se tenía información en México sobre la incidencia de esta condición. Evaluaron 1.099 canales de cerdo separados por granjas técnicas y no técnicas; durante otoño y verano. Se midió el pH₄₅, pH₂₄ y la Luminosidad (L*). Se registró una incidencia global de 3,4% de músculo PSE y 16,1% de músculo DFD. Estos resultados de PSE son menores a los registrados en Alemania, España, Portugal y Estados Unidos. La incidencia de músculo DFD en este frigorífico en particular es un problema importante, debido que la condición DFD tiene una corta vida de anaquel⁴.

Castrillón, *et al.*, (2007) evaluaron 474 canales de cerdo provenientes de diferentes granjas comerciales de Colombia, separados por sexo y diferentes tiempos de ayuno; sometidos a similares condiciones de manejo y alojamiento. El 25,22% presentaron la condición PSE y el 22,2% la DFD. Se encontró asociación en la presentación de PSE a los 45 minutos post mortem y la densidad de transporte, tipo de camión, tipo de alimento, genética y tiempo de reposo. Variables que deben tenerse en cuenta para la disminución de la incidencia de dicha condición³.

O'Neill, *et al.*, (2003) documentaron la variación en la calidad de la carne de cerdo en un centro de beneficio de Irlanda durante un periodo de 15 meses. Del análisis de un total de 4560 cerdos, se obtuvo que el 26% de carcasas estudiadas fueron de una calidad no deseable (25,5% PSE y 0,5% DFD), la apariencia y calidad mostro una significativa variación según el mes de beneficio, y también con el aumento de la producción¹⁰.

Estos estudios permiten estudiar el efecto que tiene la genética, el sexo, crianza del animal y el manejo ante mortem en condiciones de campo. Estas investigaciones tienen que aplicarse a las condiciones de cada país, para reunir información y realizar un manejo adecuado del problema.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el Camal de Yerbateros de Lima, cuya razón social es Frigoríficos Industriales de Lima S.A.C. Ubicado en el Distrito de Ate, Provincia y Departamento de Lima.

3.2 TAMAÑO MUESTREAL

Se calculó el tamaño de la muestra con la fórmula para estimar una media. Para poblaciones mayores de 100000.

Donde:

$$n = \text{tamaño de la muestra a calcular} = \frac{Z^2 \cdot \sigma^2}{e^2}$$

Z = desviación del valor medio que se acepta para lograr el nivel de confianza deseado. Nivel de confianza 95% → Z=1,96

σ^2 = varianza que se espera encontrar en la población.

e = margen de error máximo admitido (5%)

El dato de varianza se obtuvo de un estudio previo realizado en la misma especie y en el departamento de Lima⁸. El cual obtuvo en la primera hora post sacrificio una media de 6,94 con una desviación estándar de 0,28.

$$= \frac{(1,96)^2 \cdot (0,28)^2}{= 120}$$

La población de estudio se compuso por el promedio mensual de porcinos beneficiados en el camal. Anualmente el Camal FRISILAC beneficia 120,000 cerdos.

Cada semana se seleccionaron 120 canales al azar, en un periodo de 4 semanas. Se excluyeron las canales que no tengan el sello aprobatorio para consumo humano emitido por el Médico Veterinario a cargo.

Las mediciones se realizaron del 2 al 23 de marzo del 2017, en el distrito de Ate a una temperatura mínima promedio de 20,6 y máxima de 26,7 °C.

3.2.1 ANIMALES Y TRATAMIENTO

Se evaluaron 480 cerdos (240 hembras y 240 machos) sin distinción entre los castrados o enteros, edad, procedencia o línea genética. Todos los animales fueron sometidos al mismo manejo y sistema de beneficio. Tuvieron un descanso máximo de dos horas. Los animales provinieron de distintas zonas de producción (Villa el Salvador, Pamplona, San Juan de Lurigancho, Ventanilla, Comas, Lurín), a una distancia de 20 a 35 km, y con un tiempo de viaje de 30 a 90 minutos.

3.2.1.1 Procedimientos generales del beneficio

Todos los animales fueron sometidos a un proceso de beneficio normal. Al inicio del proceso los animales fueron izados directamente del miembro posterior; siguió la sangría, escaldado, depilado y flameado, eviscerado, lavado, pesado y finalmente oreo y conservación en refrigeración a una temperatura promedio de 1 a 5 °C.

El proceso de faenamiento de los animales de abasto se rige mediante el Decreto Supremo 015-2012-AG14. (Figuras 1,2,3,4,5,6,7)

Proceso de faenamiento:

- a) Recepción: Los animales llegan en camiones los cuales cuentan con el certificado sanitario de tránsito interno (C.S.T.I).
- b) Identificación: Se identifican a los animales mediante señas o marcas.
- c) Desembarco: los animales son descargados de los camiones
- d) Inspección ante-mortem: inspección sanitaria a cargo del médico veterinario
- e) Faenado: los animales entran según el orden de llegada y se realiza el izado y desangrado, escaldado y depilado, flameado y lavado, remoción de patas y gónadas, ligado de esófago y recto y eviscerado.
- f) Inspección post mortem: evolución visual externa e interna. Se realiza el dictamen si son aptos para consumo humano. Esto se realiza en la sala de oreo. En esta fase se tomó la medida del pH₄₅.

- g) Conservación: las canales inspeccionadas son trasladadas luego a las cámaras frigoríficas.
- h) Refrigeración: transcurridas 24 horas se procedió a medir de nuevo el pH.

3.3 DETERMINACION DEL pH

3.3.1 EQUIPO

Se utilizó un medidor de pH de marca HANNA Instruments, modelo HI 99163, el cual es un kit específico creado para el análisis de pH de la carne y sus productos derivados. Con un electrodo de vidrio modelo FC 232D.

Con un rango de – 2,00 a 16,00 pH y de temperatura de -5,00 a 105,0 °C. Tiene una resolución de 0,01 pH y una precisión de $\pm 0,02$ pH. Se calibra de manera automática en 1 ó 2 puntos con 2 juegos de tampones memorizados (pH 4.01/7.01/10.01). (Figura 8)

3.3.2 PROCEDIMIENTO

Primero se realizó la calibración del pH-metro en la solución tampón pH 7, posteriormente se enjuaga el electrodo en solución de pH 4 y se procede con la inmersión en el mismo pH. Luego de calibrarlo con ambos tampones se enjuaga el electrodo con agua destilada, en ningún momento el electrodo entra en contacto con alguna superficie.

La medida de pH se realizó introduciendo el electrodo del pH-metro perpendicular al músculo *Semimembranosus*^{3,4,19,27,32,41} de la pierna izquierda en todas las canales. (Figura 9)

Al final de cada medición se realizó la limpieza del electrodo con la solución de limpieza HI 700631, que cumple la función de remover los residuos proteicos y grasos que pudieran quedarse adheridas al electrodo. El mantenimiento del electrodo se realizó mediante la inmersión del electrodo en la solución HI70300L de almacenaje de electrodos. Cada 50 mediciones se realizó la calibración del equipo.

La primera medición de pH se realizó 45 minutos después del beneficio, y la medición final se realizó a las 24 horas post sacrificio en condiciones de refrigeración (2 – 4 °C).

3.4 REGISTRO Y ANALISIS

3.4.1 REGISTRO

Se diseñó un formulario para recopilar los siguientes datos: fecha, número de identificación de la canal, sexo, peso, pH₄₅ y pH₂₄, Temperatura a los 45 minutos y 24 horas. (Apéndice 8)

3.4.2 ANALISIS

Los datos del pH fueron analizados utilizando el programa IBM SPSS Statistics 23. Para el procesamiento de los datos se empleó tablas de frecuencia y porcentajes, tablas cruzadas y gráficos de barras para determinar la incidencia de carnes PSE y DFD en el centro de beneficio.

Se considero los siguientes rangos^{3,6,42}:

- Musculo PSE: pH₄₅ ≤ 5.8 y pH₂₄ < 5.6
- Musculo Normal: pH₄₅ entre 5.9 y 6.2, y un pH₂₄ entre 5.6 y 6.1
- Musculo DFD: si tienen pH₄₅ ≥ 6.3 y pH₂₄ ≥ 6.2.

IV.RESULTADOS

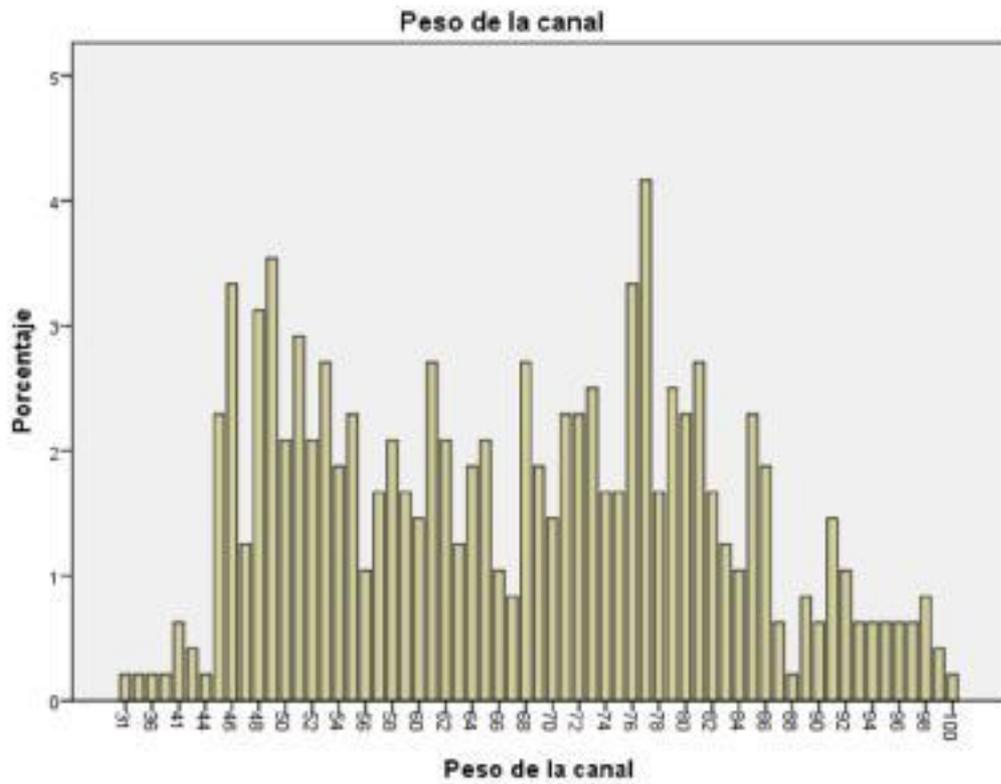
Sobre el sexo de los animales que participaron en este estudio, su distribución fue 50% hembras y 50% machos, de los 480 total. Los valores estadísticos obtenidos de las frecuencias de los pesos de las canales se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 2.- VALORES ESTADISTICOS DEL PESO DE LA CANAL

TOTAL	480
Media	67,01
Mediana	68,00
Moda	77
Desviación estándar	14,937
Mínimo	31
Máximo	100

El peso de las 480 canales muestreadas tiene una desviación estándar de 14,93 lo que refleja la des uniformidad de los pesos. Se obtuvo como media 67kg. El peso menor fue de 31 y el mayor de 100. (Grafico 2)

GRAFICO 2.- FRECUENCIAS DE LOS PESOS DE LAS CANALES



El pH medido a los 45 minutos arrojó las siguientes frecuencias mostradas a continuación:

GRAFICO 3.- PORCENTAJES DE CARNES NORMAL, PSE Y DFD A LOS 45 MINUTOS



A los 45 minutos se obtuvo un porcentaje de 45,8 de carne normal, 46,9% de carnes PSE y 7,3% de carnes DFD.

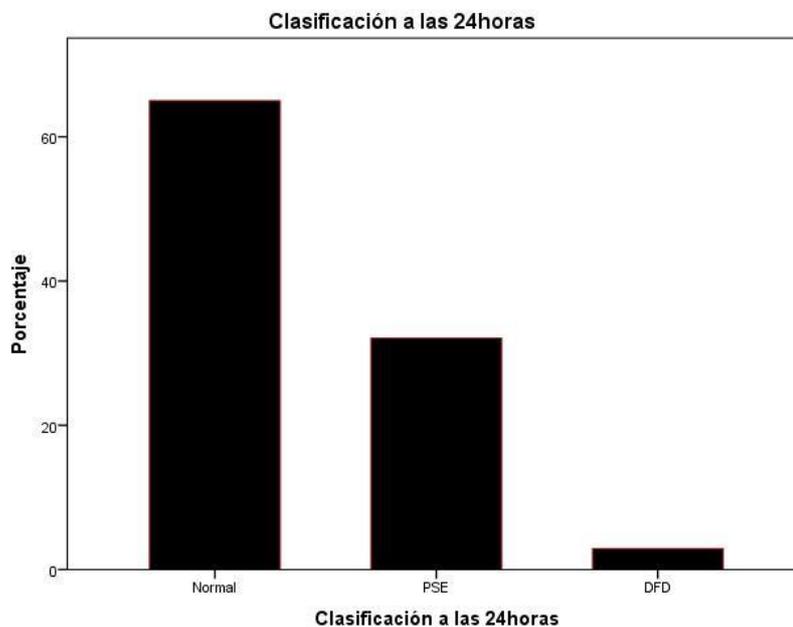
De los 220 canales clasificadas como carne normal el 50,9% fueron machos, y de las 225 canales clasificadas como PSE el 52,4% fueron hembras. Las carnes DFD fueron 35 en total de las cuales el 60% fueron machos y el 40% hembra. (Tabla 3)

TABLA 3.- CLASIFICACIÓN A LOS 45 MINUTOS Y EL SEXO DEL ANIMAL

		Sexo del animal				Total
		Macho	%	Hembra	%	
Clasificación a los 45min	Normal	112	50,9	108	50,1	220
	PSE	107	47,6	118	52,4	225
	DFD	21	60	14	40	35
Total		240		240		480

El pH medido a las 24 horas post sacrificio arrojó las siguientes frecuencias:

GRAFICO 4.- PORCENTAJES DE CARNES NORMAL, PSE Y DFD A LAS 24 HORAS



A las 24 horas se obtuvo 65% de carne normal, 32,1% de carnes PSE y 2,9% de carnes DFD. Se aprecia un aumento de las carnes normal con respecto a los 45 minutos.

Al obtener el pH final se obtuvo una variación en la distribución de las canales. Se clasificó como normal a 312 canales de las cuales el 50,6% fue macho y el 49,4% fue hembra. Se obtuvo 154 canales clasificadas como carnes PSE de las cuales el 48,7% fue macho y el 51,3% fue hembra. Solo 14 canales fueron DFD distribuidas igualmente entre machos y hembras. (Tabla 4)

TABLA 4.- CLASIFICACIÓN A LAS 24 HORAS Y EL SEXO DEL ANIMAL

		Sexo del animal		%	Total
		Macho	Hembra		
Clasificación a las 24 horas	Normal	158	154	49,4	312
	PSE	75	79	51,3	154
	DFD	7	7	50,0	14
Total		240	240		480

V. DISCUSIÓN

Jerez-Timaure, Súlbaran, *et al.*, (2013) usando el mismo criterio para determinar el tipo de carne, de un estudio de 200 cerdos divididos en 4 grupos se obtuvo un porcentaje de carnes PSE de 0% en dos grupos, de 8% y 10%, y de carnes DFD de 2% en dos grupos, 4% y 5%. Señalo que las causas de estos resultados estén probablemente más relacionadas con el manejo previo al aturdimiento, que con el transporte o el manejo en granja⁴².

Jerez-Timaure, *et al.*, (2013) evaluó 200 cerdos con el mismo criterio en condiciones comerciales de Venezuela, dividiéndolos en dos grupos, de reposo corto (3 – 4h) y largo (22 – 24h). En el primer grupo utilizando el pH final obtuvo un 4% de carnes PSE, 3% de DFD y 93% fueron consideradas normales. En el grupo de descanso largo un 3% fue PSE y un 73% fue DFD y el 24% fue normal. Cabe resaltar que a los 45 minutos en el grupo de reposo corto se obtuvo un porcentaje mayor (13%) de carnes PSE, que disminuyó a la medición del pH a las 24 horas, condición similar se presentó en este estudio⁶.

Se observó que ambos estudios obtuvieron un porcentaje menor de carnes PSE al presentado en este estudio; cabe señalar que en ambos la incidencia de carnes PSE fue mayor a la de carnes DFD.

Guardia, *et al.*, (2004) usando otro criterio de evaluación, determinó de 15 965 cerdos beneficiados durante invierno y verano, que el 45,8% de carcasas era susceptible de desarrollar la condición PSE, pero solo el 4,4% de estas fue categorizada como tal. Además, se determinó que en verano había casi el doble de riesgo de desarrollar carnes PSE debido a que el cerdo es un animal que no disipa adecuadamente el calor en condiciones de climas calientes al no poseer glándulas sudoríparas¹⁹.

El rango de 26 a 31 °C de temperatura ambiental se considera óptimo para preservar el bienestar de los animales^{21,6} en las condiciones en que se realizó este estudio oscilaron entre 21 y 27 °C en el mes de marzo que corresponde al verano.

Alarcón, *et al.*, (2005) midió en 1099 cerdos la incidencia de carnes PSE, DFD y la relación con el tipo de granja (tecnificada y no tecnificada) y estación del año (otoño y verano), se obtuvo un pH global de 3,37% de PSE, de carne normal 80,53% y de DFD 16,10%. En este camal se realizó descansos de 18 a 24 horas, lo que puede explicar el alto porcentaje de carnes DFD. El tiempo de descanso realizado en este estudio no fue mayor a dos horas, lo que explicaría la baja incidencia de carnes DFD⁴.

Castrillón, *et al.*, (2007) señala que el tiempo de reposo no presentó diferencias para las condiciones PSE y DFD, pero si considera que el reposo de descanso óptimo es de 2 a 6 horas, aunque este tiempo varía según las condiciones de cada planta³. Cerdos con reposo de una hora antes del sacrificio tuvieron menor incidencia de carne PSE en comparación a los que se sometieron a un descanso de 3 horas^{28,27}.

O'Neill, *et al.*, (2003) estudio un total de 4560 cerdos muestreados durante un periodo de 15 meses, obtuvo un 25,5% de PSE y 0,5% de DFD¹⁰. Incidencia similar se obtuvo. La diferencia en la incidencia obtenida puede deberse a los criterios utilizados para determinar la carne Normal, PSE y DFD⁴.

Los niveles de carnes PSE fluctúan de 6 a 33% según las condiciones de cada planta de sacrificio y las carnes DFD varían de 4 a 18%¹⁰. Los porcentajes obtenidos están dentro de estos rangos.

Se estima que la mitad de la incidencia obtenida de carnes PSE se debe a las condiciones de manejo ante mortem y al enfriamiento de la canal².

Castrillón, *et al.*, (2007) midió en 474 cerdos el pH₄₅ y obtuvo una incidencia de carne Normal del 52,9%, de carnes PSE 25,2% y 22,2% de carnes DFD. El pH₂₄ reveló variaciones de estos porcentajes: carne Normal 79,31%, PSE 18,97% y DFD 1,72%. Se aprecia un descenso en ambas condiciones anormales de carne. El sexo de los animales demostró significancia sobre el pH, los machos presentaron valores mayores de pH, por ende, menor incidencia de carnes PSE. La incidencia de carnes PSE fue mayor en hembras, pese a eso la diferencia no fue alta entre ambos sexos, estudios recientes señalan que el efecto del sexo sobre la calidad de la carne es

mínimo^{20,41,43}.

Asencios (2004) demostró que el sexo influye en el valor final del pH (pH₂₄), obteniéndose un pH final mayor en machos enteros que en hembras⁷.

En contraste otros autores señalan que los machos enteros son más sensibles a factores estresantes durante el manejo debido a su mayor agresividad^{19,41}. Guardia, *et al.*, (2004) señala que el riesgo de desarrollar la condición PSE fue 0,5% mayor en machos que en hembras¹⁹.

Es recomendable que el tiempo de viaje no exceda las 8 horas, no mezclar animales de distinta procedencia, y realizar un manejo adecuada para no afectar el bienestar animal²¹. Los animales en este estudio fueron sometidos a viajes de 30 minutos a 90 minutos.

El pH a los 45 minutos se considera de mayor importancia, por el descenso de pH que sucede dentro de la primera hora, el cual va a determinar las características de la carne. Las carnes PSE que a las 24 horas pasaron a estado Normal no es confiable, porque en canales que presentaron un pH muy bajo a los 45 minutos pese a considerarse normal al medirse el pH final su calidad ya se ha visto alterada³.

Los animales muestreados no fueron sometidos a ningún tipo de aturdimiento, sobre el efecto de la insensibilización en el pH de la carne, Asencios (2004) señala que los animales beneficiados sin aturdimiento (5,55) presentaron un pH final menor con respecto a los que se realizó el aturdimiento eléctrico (5,90), concluyendo que el aturdimiento si influye en el pH de la carne, y por ende en la aparición de carnes PSE⁷.

VI. CONCLUSIONES

Se evaluó el pH cárnico a los 45 minutos y 24 horas post mortem en 480 cerdos, divididos en 240 machos y 240 hembras, durante el periodo de 4 semanas (del 2 al 23 de marzo 2017), obteniendo las siguientes conclusiones:

1. Se obtuvo una incidencia mayor de carnes PSE, tanto en la medición a los 45 minutos (46,9%) y 24 horas (32,1%).
2. La condición DFD fue la de menor presencia con 7,3% a los 45 minutos y 2,9% a las 24 horas.
3. Las hembras presentaron mayor incidencia de carne PSE, a los 45 minutos obtuvieron 51,3% y a las 24 horas el 52,4%.

VII. RECOMENDACIONES

Son diversos los factores y la interacción entre estos que influyen en la presentación de carnes PSE y DFD, es necesario seguir realizando investigaciones en la incidencia y la influencia de las distintas variables asociadas en la aparición de estas condiciones.

Estudios que abarcan la relación de estas condiciones con los factores estresantes desde la granja, transporte y planta de beneficio permiten estudiar su efecto en la calidad de la carne, dichas investigaciones deben reunir información del problema en las distintas condiciones de trabajo, así poder aportar soluciones al manejo de este problema.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Biesalski H. Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet?. *Meat Science* 2005; 70: 509 – 524.
2. Aguilar J. Efecto del tiempo de reposo, tiempo pos-mortem, sexo y peso de canal sobre la calidad de la carne de cerdo. (tesis de licenciatura). Fac. de Ciencias Veterinarias y Agropecuarias. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 2004.
3. Castrillón W, Fernández J, Restrepo L. Variables asociadas con la presentación de carne PSE (Pálida, Suave, Exudativa) en canales de cerdo. *Rev. Col. Cienc. Pec*, 2007; 20: 327-338
4. Alarcón A, Duarte J, Rodríguez F, Janacua H. Incidencia de carne pálida-suave-exudativa (PSE) y oscura-firme-seca (DFD) en cerdos sacrificados en la región de Bajío en México. *Téc Pecu Méx*, 2005; 43 (3): 335-346.
5. Channon H, Walker P, Kerr M, Baud S. Application of constant current, low voltage electrical stimulation systems to pig carcasses and its effects on pork quality. *Meat Science* 2003; 65: 1309–1313.
6. Jerez-Timaure N, Súlbaran M, Arenas de Moreno L, Rodas-González A, Trompíz J, Ortega J. Determinación de defectos de calidad en la canal y carne de cerdo mediante el uso de auditorías. *Rev. mex. de cienc. Pecuarias*, 2013; 4 (1): 13-30.
7. Asencios R. Variación del pH en la carne de cerdos beneficiados con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento. (tesis de licenciatura). Fac. de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 2004.
8. Barbut S, Sosnicki A, Lonergan S, Knapp T, Ciobanu D, Gatcliffe L, Huff-Lonergan E, Wilson E. Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science* 2008; 79: 46 – 63.
9. Cassens R. Historical perspectives and current aspects of pork meat quality in the USA. *Food Chemistry* 2000; 69: 357 – 363.
10. O’Neill D, Lynch P, Troy D, Buckley D, Kerry J. Influence of the time of year on the incidence of PSE and DFD in Irish pigmeat. *Meat Science*, 2003; 64: 105–111.

11. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Directrices para el manejo, transporte y sacrificio humanitario del ganado: Capítulo 2: Efectos del estrés y de las lesiones en la calidad de la carne y de los subproductos; 2001. [acceso 15 junio 2016].
Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/x6909S/x6909s04.htm#bm04.1.1>
12. Yepes L, Mateus F. Estimación del comportamiento del glucógeno y el pH muscular en relación al tiempo postsacrificio en cerdos. CITECSA 2012; 3 (4).
13. Mallaopoma R, Zegarra R, Sánchez R, Caldas A, Loayza M. Evaluación de la percepción hacia el consumo de carne de cerdo. MAP 2014; 7 (6): 50 – 61.
14. MINAGRI. Sector Agrario: Situación de las actividades de crianza y producción porcina. 2001. [acceso 13 setiembre 2017]. Disponible en: <http://www.minagri.gob.pe/portal/40-sector-agrario/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion/302-porcinos?limitstart=0>
15. INEI, MINAGRI. IV Censo Nacional Agropecuario 2012: Resultados Definitivos. 2012. [acceso 13 setiembre 2017]. Disponible en: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>
16. Andújar G, Pérez D, Venegas O. Los cambios post mortem y la transformación del músculo en carne. Química y Bioquímica de la carne y los productos cárnicos. 1^{era} ed. Cuba: Universitaria; 2009. P 49 – 50; 51 – 56; 62 – 65.
17. Fabrega A, Manteca X, Font J, Gispert M, Carrión D, Velarde A, Ruiz-de-la-Torre JL, Diestre A. Effects of halothane gene and pre-slaughter treatment on meat quality and welfare from two pig crosses. Meat Science 2002; 62: 463-472.
18. Torrescano G, Sanchez A, Gonzáles N, Camou J. Tecnología e ingeniería del sacrificio y su repercusión en la calidad de animales de abasto. Nacameh 2008; 2 (1): 78 – 94.
19. Guardia M, Estany J, Balash S, Oliver M, Gispert M, Diestre A. Risk assessment of PSE condition due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. Meat Science, 2004; 67: 471-478.
20. Chaparro G. Estándares de calidad requeridos por los camales en el Perú para el ingreso de carne porcina. Revista Actualidad Porcina 2015; 23 (4): 38-43.

21. Becerril-Herrera M, Mota-Rojas D, Guerrero I, Schunemann A, Lemus-Flores C, González-Lozano M, Ramírez R, Alonso M. Aspectos relevantes del bienestar del cerdo en tránsito. *Vet Mex* 2009; 40 (3).
22. Alarcón A, Gamboa J, Janacua H. Factores que afectan la calidad de la carne de cerdo. *NACAMEH* 2008; 2 (1): 63-77.
23. Webster J. *Animal Welfare: A Cool Eye Towards Eden*. Blackwell Science 1994: 273.
24. Hernández J, Aquino J, Ríos F. Efecto del manejo pre-mortem en la calidad de la carne. *NACAMEH* 2013; 7 (2): 41-64.
25. SENASA. Reglamento Sanitario del Faenado de Animales de Abasto. Anexo 3: Zona de abastecimiento. 2013.
26. Denaburski J, Sáiz CF, Bax T. Causas más importantes y sistemas de prevención de casos de carne porcina defectuosa tipo PSE. *Anaporc* 2001; 217: 35 – 43.
27. Owen B, Montgomery JL, Ramsey CB, Miller MF. Preslaughter resting and hot-fat trimming effects on the incidence of pale, soft and exudative (PSE) pork and ham processing characteristics. *Meat Science* 2000; 54: 221-229.
28. Nanni L, Lo Fiego DP, Dall'Olio S, Davoli R, Russo V. Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype. *Meat Science* 2002; 61: 41-47.
29. Hofmann K. Conceptos de calidad en carne y productos cárnicos. *Fleischwirtschaft (español)* 1994; 8: 3-12.
30. SENASA. Reglamento Sanitario del Faenado de Animales de Abasto. Anexo 3 Zona de abastecimiento, 3.5: Ducha. 2013.
31. Wotton S. New advances in stunning techniques for slaughter animals. *Meat Focus International*. 12: 461.
32. Alarcón A, Gamboa J, Rodríguez F, Grado J, Janacua H. Efecto de variables críticas del sacrificio sobre las propiedades fisicoquímicas de la carne de cerdo. *Téc Pecu Méx* 2006; 44 (1): 53-66.
33. Enfält A, Lundström K, Engstrand U. Early post mortem pH decrease in porcine *M. longissimus dorsi* of PSE, normal and DFD quality. *Meat Science*; 1993, 34: 131-143.

34. Andújar G, Pérez D, Venegas O. Estructura y composición del músculo y tejidos asociados. Química y Bioquímica de la carne y los productos cárnicos. 1^{era} ed. Cuba: Universitaria; 2009. p. 7 – 8; 9 – 11; 18 – 30.
35. Forrest A. Fundamentos de la Ciencia de la Carne. España: Acribia S.A. Zaragoza. 1975. p 125-140.
36. Coma J, Piquer J. XV Curso de Especialización Avances en Nutrición y Alimentación animal: Calidad de carne en porcino: Efecto de la nutrición. 1999.
37. Hernández J, Gerardo F. ¿Calidad de carne o carne de calidad? NACAMEH 2010; 4 (1): 1 – 10.
38. Álvarez D. Influencias de las condiciones ante-mortem y la tecnología del sacrificio sobre la calidad de la carne porcina. (tesis de doctorado). Fac. de Veterinaria. Universidad de Murcia. Murcia, España. 2002.
39. Pérez ML, Ponce E. Parámetros Fisicoquímicos para determinar la calidad de la carne. Manual de prácticas de laboratorio Tecnología de Carnes. 1^{era} ed. México: Casa Abierta al Tiempo; 2013. p. 11 - 13.
40. O'Halloran G, Troy D, y Buckley D. The relationship between early postmortem pH and the tenderisation of beef muscles. Meat Science, 1997; 45: 239-251.
41. Van der Wal P, Engel B, Reimert H. The effect of stress, applied immediately before stunning, on pork quality. Meat Science 1999; 53: 101-106.
42. Jerez-Timaure N, Arenas L, Sulbarán M, Uzcátegui S. Influencia del tiempo de reposo en las características de la calidad del canal y la carne de cerdos. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 2013; 47(1): 55-60.
43. Pommier SA, Pomar C, Godbout D. Effect of the halothane genotype and stress on animal performance, carcass composition and meat quality of crossbred pigs. Can J Anim Sci 1998; 78: 257-264.

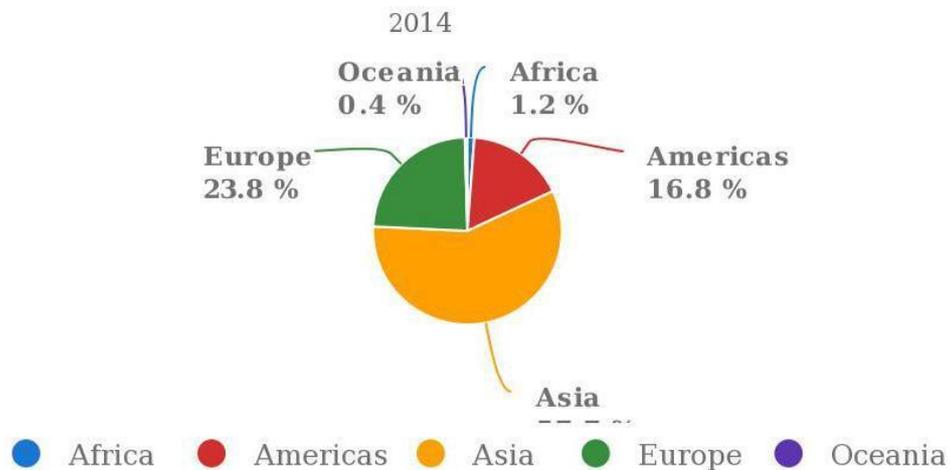
IX. APÉNDICE

Apéndice 1.- Producción mundial de carne de cerdo por región, 2014.

Área	Elemento	Unidad	Valor
África	Producción	toneladas	1362325
Américas	Producción	toneladas	19428119
Asia	Producción	toneladas	66556244
Europa	Producción	toneladas	27460436
Oceanía	Producción	toneladas	506610
TOTAL			115313734

Fuente: adaptado de FAO STAT, 2017.

Production share of Meat, pig by region



Source: FAOSTAT

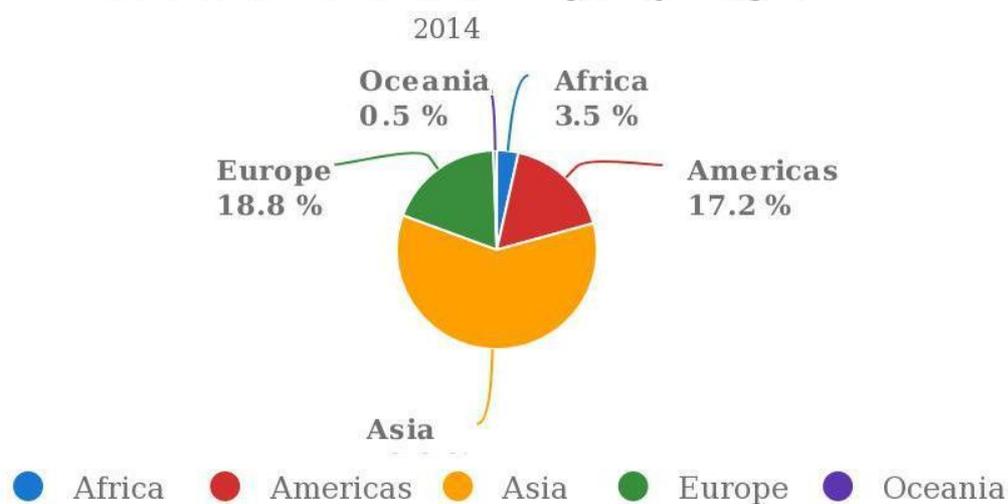
Fuente: FAO STAT, 2017.

Apéndice 2.- Plantel mundial de cerdos por región, 2014.

Área	Elemento	Unidad	Valor
África	Ganado	Cabeza	34332061
Américas	Ganado	Cabeza	169902095
Asia	Ganado	Cabeza	590547756
Europa	Ganado	Cabeza	185545718
Oceanía	Ganado	Cabeza	5345671
TOTAL			985673301

Fuente: adaptado de FAO STAT, 2017.

Production share of Pigs by region



Source: FAOSTAT

Fuente: FAO STAT, 2017.

Apéndice 3.- Principales productores mundiales de carne de cerdo, 2014.

País	Toneladas	% Mundial
China continental	54445500.0	47.2
USA	10368214.0	9.0
Alemania	5527769.0	4.8
España	3555606.0	3.1
Vietnam	3330590.0	2.9
Brasil	3192295.0	2.8
Federación Rusa	2973928.0	2.6
Francia	2130300.0	1.8
Canadá	1962430.0	1.7
Polonia	1864500.0	1.6
TOTAL	89351132	77.5

Fuente: adaptado de FAO STAT, 2017.

Apéndice 4.- Producción de carne de cerdo en América Latina, 2014.

Área	Unidad	Valor	%
Argentina	toneladas	442025	8.38
Bolivia	toneladas	92168	1.75
Brasil	toneladas	3192295	60.51
Chile	toneladas	520074	9.86
Colombia	toneladas	263151	4.99
Ecuador	toneladas	231380	4.39
Guayana Francesa	toneladas	445	0.01
Guayana	toneladas	546	0.01
Paraguay	toneladas	176034	3.34
Perú	toneladas	135390	2.57
Surinam	toneladas	2245	0.04
Uruguay	toneladas	24000	0.45
Venezuela	toneladas	195872	3.71
Sur América	toneladas	5275626	100

Fuente: adaptado de FAO STAT, 2017.

Apéndice 5.- Plantel de cerdos en América Latina, 2014.

Área	Unidad	Valor	%
Argentina	Cabeza	4692103	7.29
Bolivia	Cabeza	2933413	4.56
Brasil	Cabeza	37930307	58.97
Chile	Cabeza	2431449	3.78
Colombia	Cabeza	5897066	9.17
Ecuador	Cabeza	1910319	2.97
Malvinas	Cabeza	40	0.00
Guayana Francesa	Cabeza	4850	0.01
Guayana	Cabeza	12600	0.02
Paraguay	Cabeza	1229760	1.91
Perú	Cabeza	3231581	5.02
Surinam	Cabeza	36422	0.06
Uruguay	Cabeza	208000	0.32
Venezuela	Cabeza	3808563	5.92
Sur América	Cabeza	64326473	100

Fuente: adaptado de FAO STAT, 2017.

Apéndice 6.- Consumo de carne per cápita a nivel mundial, 2013.

Carnes	Unidad	Valor	%
Carne de Bovino	kg	9.32	21.6
Carne de Cordero y Cabra	kg	1.91	4.4
Carne de Cerdo	kg	16.02	37.1
Carne de Ave	kg	14.99	34.7
Otros	kg	0.98	2.3
Total	kg	43.22	100

Fuente: adaptado de FAO STAT, 2017.

Apéndice 7.- Consumo de carne per cápita en América del Sur, 2013.

Carne	Unidad	Valor	%
Carne de Bovino	kg	32.02	39.3
Carne de Cordero y Cabra	kg	0.75	0.9
Carne de Cerdo	kg	11.35	13.9
Carne de Ave	kg	37	45.4
Otros	kg	0.37	0.5
Total	kg	81.49	100

Fuente: adaptado de FAO STAT, 2017.

Apéndice 8.- Formulario de recopilación de datos

CONTROL DE PH

Fecha:

Hora beneficio:

N°	ID	Sexo	Peso	T° 45	pH 45	T° 24	pH 24
1							
2							
3							
4							
5							

FIGURA 1.- Área de desembarco de porcinos



FIGURA 2.- Corrales de recepción de porcinos



FIGURA 3.- Corrales de descanso



FIGURA 4.- Escaldado



FIGURA 5.- Depilado



FIGURA 6.- Eviscerado



FIGURA 7.- Pesado



FIGURA 8.- Soluciones pH 7.00 y 4.00, agua destilada, solución de mantenimiento de electrodo, solución limpiadora de electrodos, electrodo y pH-metro.



FIGURA 9.- TOMA DE MUESTRA: MÚSCULO SEMIMEMBRANOSUS DE LA PIERNA IZQUIERDA

