

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

EAP. DE MEDICINA VETERINARIA

**Variación del pH en la carne de cerdos beneficiados
con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Médico Veterinario

AUTOR

Ruth Milagros ASENCIOS GÓMEZ

ASESOR

Miguel Angel VILCA LÓPEZ

Lima - Perú

2004

A mis padres por su apoyo
incondicional, amor y
confianza.

A Ceci y Darwin
por su cariño y
paciencia.

A mi familia en general
tíos, tías, primos y primas,
gracias por sus palabras y
valor.

Al Dr. Miguel Ángel Vilca
por su apoyo y confianza,
Gracias.

A la Dra. Daphne Ramos
por todo el tiempo
dedicado, por su
paciencia y consejos,
Gracias.

A la Dra. Maria Luisa Flores,
por su amistad, consejos
y valiosa ayuda para la
culminación de mi tesis.

Al Dr. Víctor Fernández A.
por su amistad, apoyo y
consejos, gracias.

A César Caraballido y
Saturnino Ccente, por
su amistad, paciencia y
ayuda, gracias.

Al Camal Frigorífico José Olaya,
por brindarme sus equipos,
instalaciones y apoyo del personal,
necesarios para la realización de
mi tesis, gracias.

CONTENIDO

RESUMEN	<i>vii</i>
SUMMARY	<i>viii</i>
LISTA DE GRAFICOS.....	<i>ix</i>
LISTA DE TABLAS	<i>x</i>
LISTA DE APENDICES	<i>xi</i>
LISTA DE FIGURAS.....	<i>xiv</i>
INTRODUCCIÓN	1
I. REVISIÓN DE LITERATURA	3
1. Antecedentes	3
2. Generalidades	7
2.1. Manejo Ante-Mortem	7
2.1.1. Transporte.....	7
2.1.2. Descanso Ante- Mortem	8
2.2. Fases del Sacrificio	9
2.2.1. Aturdimiento o Insensibilización	9
2.2.2. Sangrado	13

2.2.3. Escaldado	14
2.2.4. Depilado, repelado y flameado	15
2.2.5. Eviscerado	15
2.2.6. Lavado y Pesado	16
2.2.7. Conservación	16
3. Transformación del Músculo en Carne	16
3.1. Efecto del sangrado sobre el músculo	17
3.2. Descenso del pH	18
3.3. Rigor Mortis	19
4. Calidad de la Carne Porcina	21
4.1. Características Tecnológicas de la Carne	22
4.2. Carnes PSE	23
4.3. Carnes DFD	24
III. MATERIALES Y METODOS	26
1. Lugar de Estudio	26
2. Tamaño Muestral	26
2.1. Animales y Tratamiento.....	26
2.2. Procedimientos Generales de Beneficio	27
3. Determinación del pH	27
3.1. Equipo	27
3.2. Procedimiento	27
4. Registro y Análisis	28
4.1. Registro	28
4.2. Análisis	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
V. CONCLUSIONES.....	42
VI. LITERATURA CITADA.....	43
VII. APÉNDICE.....	46

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar la variación del pH cárnico en las primeras 24 horas post sacrificio, en canales de cerdos beneficiados con aturdimiento eléctrico y en canales de cerdos beneficiados sin aturdimiento. Un total de 446 cerdos fueron distribuidos en 2 grupos, 223 animales beneficiados con aturdimiento eléctrico y 223 animales beneficiados sin aturdimiento (78 machos enteros y 145 hembras para cada grupo respectivamente), con similares características en manejo, edad y línea genética. Se realizó la medición del pH en todas las canales, a nivel del músculo semimembranoso de la pierna izquierda, a la primera hora post beneficio y posteriormente cada 2 horas por un periodo de 24 horas en condiciones de refrigeración. Se determinó que el aturdimiento eléctrico influye en los valores del pH inicial y final obteniéndose un pH inicial menor en los animales sacrificados con aturdimiento eléctrico (6.54) respecto a los animales sacrificados sin aturdimiento (6.75) y un valor del pH final mayor en los animales sacrificados con aturdimiento eléctrico (5.90) respecto a los animales beneficiados sin aturdimiento (5.55). También se determinó que el sexo influye en el valor final del pH, obteniéndose un pH final mayor en machos enteros que en hembras, 6.00 y 5.44 respectivamente para el grupo de animales beneficiados con aturdimiento eléctrico, 6.00 y 5.24 en machos enteros y hembras respectivamente para los animales beneficiados sin aturdimiento.

Palabras Claves: cerdo, pH, carne.

SUMMARY

The objective of this study was to determine the variation of the meat pH in the first 24 hours after death in the carcasses pork slaughter by electrical stunning and in the carcasses pork slaughter without stunning. A total of 446 porks, were distributed in 2 groups: 223 slaughter animals with electric stunning and 223 slaughter animals without electric stunning (78 males and 145 females for each group respective), with similar characteristics in management, age and genetic line. pH measurement was done in carcasses in semimembranosus muscle of the left leg, in the first hour post slaughter and later each 2 hour by a period of 24 hours in refrigerating conditions. It was determined that electric slaughter influence in the initial and final pH values, getting lower initial pH in the animals slaughter with electric stunning (6.54) than that of the animals slaughter without stunning (6.75) and a higher final pH in the slaughter animals with electric stunning (5.90) than that of the animals slaughter without electric stunning (5.55). There was also determined the sex influence in the final pH value, obtaining a higher final pH in males than in females, 6.00 and 5.44 respectively for the group of the slaughter animals with electric stunning, 6.00 and 5.24 in males and females respectively for the slaughter animals without stunning.

KEY WORDS: pork, pH, meat.

LISTA DE GRÁFICOS

- GRAFICO 1. Variación del pH en cerdos beneficiados con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas post mortem.....33
- GRAFICO 2. Variación del pH en hembras beneficiadas con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas post mortem35
- GRAFICO 3. Variación del pH en machos enteros beneficiados con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas post mortem.....37
- GRAFICO 4. Variación del pH en machos enteros y hembras beneficiados con aturdimiento eléctrico, durante las primeras 24 horas post mortem.....39
- GRAFICO 5. Variación del pH en machos enteros y hembras beneficiados sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas post mortem.....43

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.	Medidas del pH postmortal en cerdos beneficiados con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento durante las primeras 24 horas post sacrificio.....	30
TABLA 2.	pH postmortal de la carne de cerdos beneficiados con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas post sacrificio.....	32
TABLA 3.	pH postmortal de la carne de hembras beneficiadas con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas post sacrificio.....	34
TABLA 4.	pH postmortal de la carne de machos enteros beneficiados con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas post sacrificio.....	36
TABLA 5.	pH postmortal de la carne de machos enteros y hembras beneficiados con aturdimiento eléctrico, durante las primeras 24 horas post sacrificio.....	38
TABLA 6.	pH postmortal de la carne de machos enteros y hembras beneficiados sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas post sacrificio.....	40

LISTA DE APENDICES

APÉNDICE 1.	Producción y Plantel Mundial de cerdos, por continente, 1999.....	46
APÉNDICE 2.	Principales productores mundiales de carne de cerdo, 2001.....	46
APÉNDICE 3.	Producción y consumo mundial de Carnes,2001.....	47
APÉNDICE 4.	Cerdos en América del Sur: Planteles y Producción, 2001.....	47
APÉNDICE 5.	Comparación del consumo mundial de carnes, 2001.....	48
APÉNDICE 6.	Consumo de Carne de Cerdo en el Continente Sud Americano, 2001.....	48

APÉNDICE 7.	Comparación de los ocho departamentos con mayor población porcina en el año 2000, con respecto a su población en el año 1996.....	48
APÉNDICE 8.	Distribución de la población porcina por clases, según el tamaño de la piara.....	49
APÉNDICE 9.	Población porcina y saca nacional en el periodo 1996-2000.....	49
APÉNDICE 10.	Producción de carne porcina en el Perú Periodo 1996-2000.....	49
APÉNDICE 11.	Estimados de la población de marranas bajo explotación comercial.....	49
APÉNDICE 12.	Análisis del modelo de regresión que mejor se ajusta a las observaciones para los cerdos (machos y hembras) sacrificados con aturdimiento eléctrico.....	50
APÉNDICE 13.	Análisis del modelo de regresión que mejor se ajusta a las observaciones para los cerdos (machos y hembras) sacrificados sin aturdimiento.....	50
APÉNDICE 14.	Análisis del modelo de regresión que mejor se ajusta a las observaciones para las hembras sacrificadas con aturdimiento eléctrico.....	51

APÉNDICE 15.	Análisis del modelo de regresión que mejor se ajusta a las observaciones para los cerdos hembras sacrificadas sin aturdimiento.....	51
APÉNDICE 16.	Análisis del modelo de regresión que mejor se ajusta a las observaciones para los cerdos machos enteros sacrificados con aturdimiento.....	52
APÉNDICE 17.	Análisis del modelo de regresión que mejor se ajusta a las observaciones para los cerdos machos enteros sacrificados sin aturdimiento.....	52
APÉNDICE 18.	Diseño Experimental de Parcelas Divididas.....	53
APÉNDICE 19.	Análisis de la hipótesis del modelo mediante ANOVA (análisis de varianza).....	55

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	Aturdimiento Eléctrico: posición oreja-ojo.....	56
FIGURA 2.	Izado y Sangría.....	56
FIGURA 3.	Escaldado.....	56
FIGURA 4.	Depilado.....	57
FIGURA 5.	Flameado.....	57
FIGURA 6.	Eviscerado.....	57
FIGURA 7.	Lavado.....	58
FIGURA 8.	Retoque.....	58
FIGURA 9.	Pesado.....	58
FIGURA10.	Oreo y Conservaciòn en Refrigeraciòn.....	58
FIGURA 11.	Soluciones pH 7.00 y pH 4.00, Agua Destilada, Soluciòn de Mantenimiento de Electrodo, Soluciòn Limpiadora de Electrodo, Potenciòmetro, Electrodo y Termòmetro.....	59
FIGURA 12.	Toma de Muestra: Mùsculo Semimembranoso de la pierna izquierda.....	59

I. INTRODUCCIÓN

El hombre desde tiempos muy remotos ha empleado a los animales como fuente alimenticia sin tener en cuenta los cambios bioquímicos que se producen en estos antes de ser consumidos. En la actualidad la industria cárnica busca métodos que midan y controlen la uniformidad en la calidad del producto final, lo que conduce a investigar las causas de variación de la calidad de la carne con el fin de mejorarla (Forrest, A. 1975). En países desarrollados la carne se clasifica según su calidad y esta se realiza por medio de la medición del pH y de la conductividad eléctrica (Álvarez, C. 1997).

Entre los factores más importantes que influyen en la calidad final de la carne podemos nombrar el estrés, las condiciones de transporte y de descanso *ante mortem*, la temperatura ambiental, el genotipo y el sistema de aturdimiento (Van Groenland, G.J. Vriesekoop, P. De Vries, A. 2001).

Después del sacrificio, en la musculatura de los animales acontecen una serie de fenómenos que son necesarios para la conversión del músculo en carne. Uno de los indicadores de tales fenómenos es la variación del pH, así la velocidad con que desciende este una vez que el animal ha sido sangrado y el límite hasta el cual desciende son muy variables (Forrest, A. 1975; García de Siles, J.L. Quiroga, G. López J.H. 2001).

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo elaborar la curva de variación del pH cárnico en el tiempo, en canales de cerdos sacrificados con aturdimiento eléctrico y en canales de cerdos sacrificados sin aturdimiento. La información obtenida será una contribución al estudio de la dinámica de variación del pH en el tiempo, es decir una medición indirecta de los efectos del sacrificio con aturdimiento y sin aturdimiento sobre la calidad de la carne.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. ANTECEDENTES

a) La producción de cerdos en el mundo

En el 2002 la producción de carne de cerdo en el mundo fue de 91,45 millones de toneladas, con un plantel de aproximadamente de 1 billón de animales. La mayor producción (54,6 %), fue en Asia que posee hoy 59,33% del plantel mundial de cerdos. En segundo lugar, estaba el continente europeo, con 27,39% de la producción y 20,85% del plantel. Sigue el continente americano, con 16,8 y 17,28%, África con 0,66 y 1,99% y Oceanía con 0,55% y 0,55% respectivamente. La mejor productividad de un continente se mide por la relación entre el plantel y la cantidad producida. En este aspecto, el continente europeo tiene la mejor productividad, porque consigue producir 27,39% de la carne de cerdo del mundo, con sólo 20,85% del plantel. (Apéndice 1)

b) Principales productores mundiales:

China es el mayor productor mundial de carne de cerdo. Produciendo 42,78 millones de toneladas que representa el 46.8% del total mundial, siendo también el país que tiene el mayor consumo en el mundo de esta carne. (Apéndice 2), los 10 primeros productores en el

2001, concentran el 76% de la producción mundial porcina y la producción de carne fue de 69,56 millones de toneladas.

En América del Sur, Brasil es el único país que se encuentra entre los 10 mayores productores de carne de cerdo, mostrando su producción una tendencia creciente.

c) Consumo mundial de Carne de Cerdo

El cálculo del consumo de carne de cerdo en el mundo se ha estimado en 14,6 Kg por habitante lo cual coloca a esta carne en el primer lugar de preferencia en comparación con carnes de otras especies, estando en segundo lugar la carne de pollo con 11,25 Kg por habitante y en tercer lugar la carne de bovino con 9,57 Kg por habitante. (Apéndice 3), Esta posición la ocupa desde el año 1976 en que superó a la carne bovina, manteniéndose en este lugar hasta el 2002.

d) Planteles y Producción de Cerdos en América del Sur

Brasil, es la séptima potencia mundial productora de carne de cerdo, posee 59% del plantel y 65,79% de la carne producida. En segundo lugar esta Chile, con una porcicultura eficaz y tecnificada, que produce 8,9% del total de carne, con sólo 2.5% del plantel. En tercer lugar en la producción, entra Argentina, con 6,3% del total, y que se destaca por el futuro prometedor, debido a la gran producción de granos (Maíz y Soya). (Apéndice 4).

e) Consumo de carnes en América del Sur

En América del Sur, la población prefiere consumir carne bovina y de pollo, siendo el consumo de carne de cerdo muy pequeño. Esto difiere de la tendencia mundial donde la preferencia es por la carne de cerdo representando el 41.7% del consumo mientras que en América del Sur sólo es el 13,5%. En el caso de la carne bovina, sucede lo contrario: es la más consumida en América del Sur (51,5%) y la menos en el Mundo (27.7%). (Apéndice 5).

Chile es el país que posee el más alto consumo per-capita en el mundo con 16,5 Kg. por persona, por año, (Apéndice 6).

En términos generales las causas del bajo consumo de la carne de cerdo son: mayor costo con respecto a la carne del pollo, poder adquisitivo de la población, mayor margen de lucros en las cadenas de supermercados con respecto a la carne del pollo, menor divulgación, menor uso en los restaurantes, menor comodidad en la preparación, mayor consumo bajo la forma industrializada, y tabú con respecto a la calidad. (Roppa, L. 2002)

f) Producción porcina en el Perú

La producción porcina en el Perú se da en todos los niveles tecnológicos, pero en forma práctica se podría clasificar en dos categorías relativamente amplias: (a) la producción extensiva, de autoconsumo y (b) la producción intensiva, orientada al mercado nacional. En términos de magnitud, la primera agrupa a la mayor parte de la población porcina, mientras la segunda es relativamente pequeña, aún para los estándares latinoamericanos.

En cuanto a su distribución geográfica, la población de ganado porcino se encuentra a lo largo de todo el país, con casi 60 % de ella localizada en la Sierra, 25 % en la Costa y el restante 15 % en la región de Selva. Siendo Lima el departamento con mayor población porcina, 14 % de la población, siguiéndole Huánuco, Cajamarca, Ancash y Cuzco. En el quinquenio 1996-2000, los departamentos de Huánuco, Apurímac y Cusco, incrementaron su producción no explicándose el gran aumento que tuvo el departamento de Huanuco el cual casi duplico la cantidad de animales. (Apéndice 7,8)

- **Crianza extensiva**

Esta forma de crianza de cerdos es la predominante en el país. Constituye una actividad secundaria, complementaria a otras actividades agropecuarias en el medio rural; o una crianza de traspatio, de carácter de autoconsumo, en áreas suburbanas (Kalinowski, 1996) El Censo Nacional Agropecuario de 1994 registró un total 648.460 unidades agropecuarias con crianza de cerdos en el país, de las cuales casi el 82 % constituían piaras de menos de 20 animales (INEI,1996) (Apéndice 9, 10)

- **Crianza intensiva**

La producción porcina intensiva orientada hacia el mercado se distribuye en núcleos localizados en la costa central (Lima e Ica), en la costa norte (La Libertad y Lambayeque), la costa sur (Arequipa y Tacna) y en los departamentos de San Martín, Loreto y Ucayali, en la zona oriente (Kalinowski, 1996)

Se estima que la población de marranas en explotación variaría entre un mínimo de 21,000 y un máximo de alrededor de 28,000 madres (Kalinowski, 2000) La costa central continúa siendo el núcleo más importante, con una población estimada de 14,000 a 16,000 marranas, seguida de la costa norte con 4,000 a 6,000 marranas, la costa sur con 2,000 a 4,000 marranas y por último la zona oriente con 1,000 a 2,000 marranas (Apéndice 11)

g) Consumo de carne de cerdo en el Perú

El consumo per-cápita de carne de cerdo en el Perú es de 3 a 4 kg al año, uno de los más bajos del mundo y de la región. En este bajo consumo ha influenciado la imagen negativa que se ha creado en la población por la presencia de chancherías clandestinas. Sin embargo, la crianza informal no representa mayor competencia. Según estudios de la Asociación Peruana de Porcicultores (A.P.P.), que agrupa a cerca de 600 granjas a nivel nacional, la crianza informal no representa más de 6.5%, alrededor de 25 mil cabezas frente a los 500 mil que se crían en granjas tecnificadas que cumplen con los requisitos de sanidad e higiene. (Trelles A, 1999)

2. GENERALIDADES

La conversión del músculo en carne ocurre después del sacrificio de los animales de abasto. Sin embargo, esto no se produce en forma instantánea, pues los músculos tratan de mantener por un tiempo sus funciones fisiológicas. Ese tiempo, es variable entre especies diferentes y aún dentro de una misma especie. Antes del sacrificio, los músculos están regidos por el sistema nervioso central y su actividad contráctil depende de impulsos nerviosos. Después del sacrificio persisten solamente reacciones de tipo reflejo que son visibles en algunos músculos (Sánchez, G.1999). La calidad final de la carne depende directamente del manejo previo al sacrificio (DEGESA JSR. 2000). Un mal manejo de los animales durante el transporte y sacrificio tiene malas consecuencias, que se traducen en elevadas tasas de mortalidad, decomisos por fracturas y hemorragias, y mala calidad tecnológica de la carne (Fabregas, A., Velarde, A., Diestre A.2000).

2.1 MANEJO ANTE-MORTEM:

2.1.1 Transporte:

El transporte de los animales al camal abarca problemas de orden técnico, higiénico-sanitario y económico. El transporte de los animales influye siempre negativamente, en grado diverso, sobre las características fisiológicas de los cerdos. El maltrato al cargar y descargar los animales, la incomodidad del viaje, la ausencia de alimento y agua, el frío o calor, la falta o exceso de aireación, la diferencia del clima entre el lugar de partida y de llegada, la sobrecarga de animales, los golpes, la ansiedad y el miedo, hacen que los cerdos entren en un estado de estrés (Curto, G.1980).

El sistema de transporte de los animales deben ser diseñados y utilizados para garantizar que estos no sufran molestias ni estrés. No se debe mezclar nunca animales de diferentes corrales de engorde en los camiones, porque pueden producirse peleas que al final produzcan lesiones en los animales. Antes de cualquier manipulación se debe mantener un periodo de ayuno de 12 a 14 horas. (Fabregas, A., Velarde, A., Diestre A.2000) Un cerdo que viaja con el estómago lleno, puede sufrir una alteración circulatoria peligrosa que

puede terminar en infarto por la constricción de las venas coronarias. Un exagerado llenado del estómago influye también negativamente en la respiración. Seguido de esto, el corazón encuentra dificultad en cumplir normalmente sus funciones, por lo tanto manda poca sangre a los órganos vitales, sangre que es pobre en oxígeno; por consiguiente se produce una intoxicación por dióxido de carbono que produce inicialmente convulsiones y termina en un síncope de asfixia por parálisis del centro respiratorio. (Curto, G.1980)

El suelo de los camiones debe ser antideslizante, para evitar caídas de los animales. El techo y las paredes deben asegurar una protección eficaz contra la intemperie y grandes variaciones climáticas. Los camiones deben estar provistos de montacargas y tener un sistema de ventilación ya sea manual o automático que permita la renovación del aire en todos los compartimentos. Es importante que el diseño permita una buena limpieza y desinfección. (Fabregas, A., Velarde, A., Diestre, A.2000)

La densidad de carga durante el transporte debe permitir a los cerdos tener espacio suficiente para permanecer de pie en posición natural y para echarse simultáneamente. Cerdos de 90 Kg. Necesitan un mínimo de 0,32 metros cuadrados por animal. La temperatura ambiental también tiene influencia sobre la necesidad de espacio. (Kalinowski,1996)

2.1.2 Descanso Ante- Mortem:

Los animales deben ser descargados inmediatamente después de la llegada al camión. El diseño del camión debe permitir el flujo de animales desde la rampa de desembarque hacia los corrales de descanso, y de ahí al corral de encierro para luego ser llevados al área de aturdimiento sin tener que utilizar las picanas eléctricas. Los grupos sociales se deben mantener y la capacidad de recepción se calculará a razón de 1,50 metros cuadrados por cada porcino. (Reglamento Tecnológico de Carnes, Anexo 3, Artículo 10).

Según el Reglamento Tecnológico de Carnes, los animales deben tener un mínimo de 12 horas de descanso ante-mortem. (Reglamento Tecnológico de Carnes, Anexo 6, Artículo 16). Durante este periodo solo se le permite al animal el consumo de agua potable. Este descanso ante-mortem ayuda a tener un beneficio más higiénico, así como también a

recuperar las reservas energéticas musculares que son imprescindibles para que luego del beneficio se mejoren las características y calidad de la carne lo que se traduce en una mayor aceptabilidad de la misma. (García de Siles, J.L. Quiroga, G. López J.H. 2001).

Después del descanso ante-mortem, los animales deben ser bañados con agua fría a presión lo que permite limpiar la suciedad de la piel y ayuda a producir una vasoconstricción periférica, permitiendo que la sangre se concentre en los grandes vasos sanguíneos, lo cual favorecerá una mejor sangría y esta a su vez ayudará a la conservación de la carne.(Olimpo, O. Chamorro, J. 2000)

2.2 FASES DEL SACRIFICIO:

2.2.1 Aturdimiento o Insensibilización:

El aturdimiento o insensibilización del animal son los métodos o procedimientos mediante los cuales se busca que el animal pierda la sensibilidad, la conciencia (protección del animal), y quede lo más inmovilizado posible para prevenir accidentes. (Prandl, O. Fisher, A. 1994, Sánchez, G.1999).

Un buen sistema de aturdimiento debe cumplir con varios requisitos. En primer lugar, debe garantizar una inducción rápida de la inconsciencia con mínimo dolor; y esta debe prolongarse hasta la muerte del animal. En segundo lugar, debe minimizar los problemas de calidad del producto final. En tercer lugar, debe garantizar la seguridad del operador.

Los métodos de aturdimiento más utilizados en el ganado porcino son el aturdimiento eléctrico, llamado también electronarcosis y la exposición al dióxido de carbono. Es importante tener en cuenta que los resultados obtenidos en estudios realizados en mataderos comerciales indican que estos sistemas de aturdimiento no garantizan el 100% de efectividad, probablemente como consecuencia de errores en la aplicación de los mismos (Fabregas, A., Velarde, A., Diestre, A.2000). En nuestro medio el método de aturdimiento utilizado es el aturdimiento eléctrico y en la mayoría de centros de beneficio no se realiza esta práctica.

El aturdimiento eléctrico o electronarcosis:

El aturdimiento eléctrico o electronarcosis consiste en el paso a través del cerebro de una corriente eléctrica a una intensidad lo suficientemente alta como para provocar la pérdida de conciencia (Fabregas, A., Velarde, A., Diestre, A.2000). Dicha descarga eléctrica determina un verdadero estado de insensibilización y no una momentánea parálisis como se creía anteriormente, ha sido demostrado experimentalmente, por medio de un electrocorticograma con el cual es posible evidenciar que las ondas eléctricas producidas del cerebro de animales aturridos eléctricamente son idénticas a las ondas registradas en animales anestesiados. (Asdrubali, M. Stradelli, A. 1965)

Hay dos tipos de aturdimiento eléctrico, el que afecta solamente la cabeza y el que paraliza el corazón. La mayoría de camales de países desarrollados, usan el método que paraliza el corazón y que consiste en la aplicación de un tercer electrodo en la zona de proyección del corazón (Fabregas, A., Velarde, A., Diestre, A.2000). La corriente pasa de los electrodos de la cabeza al tercer electrodo, llegando así al corazón y a la médula espinal. La estimulación cardiaca provoca paro cardiaco y muerte del animal por **electrocución**. En este caso, el sacrificio tiene la finalidad de evacuar la sangre de la canal, por lo que su retraso no será crítico desde un punto de vista del bienestar animal. La estimulación de la médula espinal disminuye la intensidad de los movimientos musculares involuntarios durante la fase clónica (Grandin, T. 1991). Este método produce una canal que es más fácil y más segura para sangrar. El aturdimiento que paraliza el corazón requiere el uso de un aparato de restricción para prevenir que el animal se aleje del aturridor antes de ser completamente aturrido (Fabregas, A., Velarde, A., Diestre, A.2000).

El aturdimiento de la cabeza es reversible. Los cerdos que se aturden mediante este método deben ser sangrados en no más de 30 segundos para evitar que recobren la conciencia. El intervalo recomendado es de 10 a 15 segundos . Las posiciones de los electrodos más eficaces para obtener un adecuado aturdimiento son oreja-oreja y oreja-ojo, mientras que la nuca- región cervical inferior es inconveniente (Prandl, O. Fisher, A. 1994). Los cerdos deben ser mojados antes de ser aturridos. Los aturridores deben estar equipados con un marcador de tiempo.(Chizzolini, R. 1983)

Se presentan tres fases en la reacción del animal insensibilizado:

1.- Tras la estimulación eléctrica del cerebro, se presenta una contracción violenta de todos los músculos voluntarios (contracción muscular tónica), desaparece la ritmicidad respiratoria, el reflejo corneal y la sensibilidad al dolor.

2.- A los 10 segundos de interrumpir la corriente, los músculos se relajan y el animal queda flácido.

3.- Pasados otros 45-60 segundos adicionales el animal efectúa movimientos bruscos e involuntarios con sus extremidades y recupera la respiración. (fase clónica). (Lawrie, R.A. 1974)

La recuperación de la ritmicidad respiratoria y el reflejo corneal nos indicaría que el animal se está recuperando de la anestesia. Al ser un sistema de aturdimiento reversible, el tiempo transcurrido entre el aturdimiento y el degüello es un factor determinante para garantizar la muerte del animal antes de la recuperación de la conciencia. Para ello es importante conocer la duración de la inconsciencia y así evitar la recuperación de los animales antes de la muerte cerebral. La duración de la inconsciencia es independiente del voltaje o de la intensidad aplicada, pero aumenta si la posición de los electrodos es la correcta.

Desde el punto de vista de bienestar animal es imprescindible conocer los posibles factores que pueden afectar tanto la inducción de la inconsciencia como su duración. La intensidad de la corriente que pasa por el cerebro es el factor que determina la pérdida inmediata de la conciencia y esta es inversamente proporcional a la resistencia (Fabregas, A., Velarde, A., Diestre, A.2000). La variabilidad de la resistencia ofrecida del pasaje de la corriente a causa de los diversos espesores de los huesos del cráneo puede ser responsable de un aturdimiento ineficaz (Chizzolini, R. 1983)

La resistencia media del porcino es de 100 a 200 Ω , aunque existe una gran variabilidad dependiendo del grosor de la piel, del grado de humedad y de la limpieza de las pinzas. La intensidad mínima recomendada es de 1,3 Amperios. En condiciones comerciales, el tiempo de aplicación de la corriente eléctrica oscila entre 3 y 10 segundos, factor que no

modifica la duración de la inconsciencia. Un tiempo de aplicación inferior a 3 segundos no asegura un buen aturdimiento.

En los camales con sistema de aturdimiento eléctrico, la principal causa de aturdimiento incorrecto es la aplicación errónea de los electrodos, no pasando la suficiente corriente tanto a través del cerebro (no aturdiéndose los animales), como por el corazón (recuperándose los animales de la inconsciencia). Las principales causas de error en el emplazamiento de los electrodos son la velocidad de la línea de desangrado y las variaciones en el tamaño y peso del animal. El sistema de aturdimiento automático eléctrico cabeza-corazón está diseñado para unos animales de un determinado tamaño y peso. Si los animales son de diferente tamaño son más susceptibles a una aplicación incorrecta de los electrodos y consecuentemente a un incorrecto aturdimiento. Por este motivo, se aconseja que los lotes sean lo más homogéneos posibles. Por otra parte, la sujeción de los animales conlleva a un alto nivel de estrés previo al sacrificio (Fabregas, A., Velarde, A., Diestre, A.2000).

En ocasiones, el error en el emplazamiento de los electrodos puede ser rectificado incrementando la intensidad de corriente, lo que sería por lo tanto más aconsejable desde el punto de vista del bienestar animal. No obstante, un aumento de la intensidad de corriente provoca una mayor intensidad de la fase tónica y un aumento de la presión sanguínea, favoreciendo así la presencia de manchas de sangre en la musculatura. Así pues, el control de la intensidad de la corriente es imprescindible para la optimización de la calidad del aturdimiento eléctrico. Si bien, una intensidad de corriente alta garantiza el correcto aturdimiento de los animales pese a posibles errores en los emplazamientos de los electrodos, puede tener efectos negativos sobre la calidad de la canal.

Por otra parte, se ha descrito que la utilización del aturdimiento eléctrico a altas frecuencias (superiores a 800 Hz) con el fin de reducir la intensidad de las convulsiones y mejorar la calidad de la carne disminuye la efectividad y duración de la inconsciencia (Fabregas, A., Velarde, A., Diestre, A.2000).

Actualmente, los desarrollos tecnológicos han logrado la fabricación de circuitos que poseen el amperaje constante (manteniendo una misma intensidad de corriente) y el voltaje

que se ajusta automáticamente según la resistencia del cerdo (Fabregas, A., Velarde, A., Diestre, A.2000, Grandin, T. 1991)

2.2.2 Sangrado:

La sangría se efectúa mediante una incisión a nivel de la unión del cuello con el pecho, con la finalidad de seccionar los grandes vasos sanguíneos (Chizzolini, R. 1983).

La evacuación de la máxima cantidad de sangre de la canal, es importante desde el punto de vista higiénico-sanitario y comercial de las carnes, la ejecución correcta y racional de la sangría influye sobre el aspecto externo de las carnes, el tiempo de conservación y el grado de contaminación microbiana. A medida que pierde sangre el animal, la presión arterial desciende vertiginosamente; en compensación el corazón late más rápido y los vasos sanguíneos periféricos (músculo y piel) se contraen para tratar de preservar la presión arterial, que a la larga resulta ser importante para lograr un buen sangrado de la canal. (Sánchez, G.1999, Asdrubali, M. Stradelli, A. 1965. Quiroga. G. García de Siles, J.L. 1994)

Del total de sangre contenida en el cuerpo del animal, 60% se libera durante la sangría, 20-25% permanece en las vísceras y el 15- 20% se encuentra en la carne , grasa y hueso de la canal, del cual no más del 10% está en la musculatura.. En efecto el estrés asociado con el aturdimiento y sangría produce una vasoconstricción debido a la liberación de catecolaminas, esto hace que la sangre se expulse de los vasos sanguíneos y que haya una cantidad mínima de sangre en los animales. Los espasmos y contracciones musculares que suelen tener lugar durante el aturdimiento así como los movimientos de patas y cuerpo que tienen lugar después del corte de los vasos también pueden contribuir a la expulsión de la sangre. La posición del cuerpo del animal durante el sangrado es considerada como un factor que influencia la cantidad de sangre residual en la canal después del sangrado. Algunos autores han obtenido mayores cantidades de sangre con el animal suspendido (vertical) y otros con el cuerpo tendido (horizontal) . En cualquier caso lo que parece claro es que la sangre residual en los músculos es la misma independientemente de la posición de sangrado. Sin embargo, se ha observado un valor de pH mas elevado en los cerdos sangrados en una posición horizontal.

Con la finalidad de proteger la carne de las contaminaciones microbianas que se puede producir durante la sangría es importante la limpieza de la hoja del cuchillo y de la zona de la piel donde se practica el corte, el cual debe ser lo mas pequeño posible para evitar la entrada de agua caliente en la cavidad corporal durante el escaldado y evitar por consiguiente la contaminación. (Asdrubali, M. Stradelli, A. 1965. Quiroga, G. García de Siles, J.L. 1994)

El tiempo entre el aturdimiento y el sangrado debe ser lo más corto posible, en los cerdos se producen con frecuencia hemorragias musculares cuando entre el aturdimiento y el sangrado discurre un tiempo prolongado (Prandl, O. Fisher, A. 1994). Terminada la sangría, se debe lavar el animal con la finalidad de retirar la sangre de escurrido (Forrest, A. 1975; García de Siles, J.L. Quiroga, G. López J.H. 2001).

2.2.3 Escaldado:

Después del aturdimiento y sangrado los cerdos son introducidos a la poza de escaldado. El objetivo, es ablandar la piel para facilitar el depilado del animal (Forrest, A. 1975; García de Siles, J.L. Quiroga, G. López J.H. 2001). El escaldado en poza de agua caliente es el método más usado en la preparación para el pelado. Las pozas están provistas de dispositivos de inmersión y extracción de los animales. El rango de temperatura del agua varía entre 57 y 71° C pero normalmente la temperatura es de 60°- 65° C. El tiempo de escaldado es generalmente de 5-6 minutos, es importante considerar la época del año ya que la implantación de los pelos varía según la estación, siendo mayor en otoño e invierno en relación a primavera y verano, es por ello que se recomienda aumentar en 1-2 minutos el escaldado en invierno y otoño. Un exceso de escaldado puede causar una contracción alrededor de la base de los folículos haciendo que el pelado sea difícil. Si se mantiene la temperatura excesivamente alta durante mucho tiempo la piel se cocina y con el pelado se desprenden trozos de piel y grasa.

El escaldado en pozas ha sido criticado por el hecho que parte del agua sucia de la poza puede entrar en los pulmones y estómago de los cerdos. El agua de las pozas de escaldado se ensucia rápidamente por la suciedad de la piel de los animales y por la sangre de la

herida del corte y de la piel circundante. El agua sucia de la poza puede penetrar en el cuerpo del animal a través de las aberturas naturales o la herida de la sangría y dar a lugar a contaminaciones graves de la carne. Los pulmones son los órganos que con mayor frecuencia presentan este inconveniente (Prandl, O. Fisher, A. 1994, Asdrubali, M. Stradelli, A. 1965. Quiroga. G. García de Siles, J.L. 1994)

2.2.4 Depilado, repelado y flameado:

Es una operación característica del faenado de los cerdos y tiene por objeto eliminar el pelo de los cerdos previamente escaldados. La razón del pelado es la posible utilización de la piel en la alimentación humana. En la mayoría de canales se utilizan máquinas peladoras (Quiroga. G. García de Siles, J.L. 1994)

Después de que los cerdos han atravesado la máquina de pelado, son retocados a mano sobre una mesa de salida, aquí se busca eliminar los pelos a los que no tuvo acceso la máquina (cabeza, patas, pliegues de la piel, etc). (Prandl, O. Fisher, A. 1994). Posteriormente con la finalidad de eliminar cualquier remanente de pelos se emplea fuego directamente sobre la canal. Una buena presentación de la canal, depende de un buen pelado (Forrest, A. 1975; García de Siles, J.L. Quiroga, G. López J.H. 2001).

2.2.5 Eviscerado:

Tiene como objeto separar del cuerpo del animal los contenidos de la cavidad abdominal y torácica. El procedimiento técnico de la evisceración comprende la incisión de la pared abdominal inferior evitando cortar los intestinos, y la de los tejidos de la región inferior del cuello; la sección de la sínfisis isquiopubiana y del esternón; y la extracción de los órganos contenidos en la cavidad pélvica, abdominal y torácica. Una vez seccionada la sínfisis isquiopubiana se corta la pared abdominal sobre la línea media y se separan sucesivamente el intestino y el estómago con el bazo y el hígado. Los órganos torácicos se extraen en un segundo momento, previa sección del esternón y corte del diafragma. Por último, se separan los órganos de la cavidad pélvica (útero, vagina, vejiga) si no se extrajeron junto a los intestinos (Quiroga. G. García de Siles, J.L. 1994).

La evisceración debe ser practicada en todos los animales lo más breve posible (máximo 20- 30 minutos) especialmente en estaciones calurosas. El retraso puede causar alteraciones de la carne, pasaje de gérmenes del intestino a los tejidos y absorción de olores indeseables de origen gastro-intestinal. (Asdrubali, M. Stradelli, A. 1965)

La evisceración requiere práctica a fin de evitar el corte y vaciado del contenido gastro-intestinal y, al mismo tiempo, mantener una alta velocidad. Un solo operario bueno y experto es capaz de eviscerar un cerdo en 10-20 segundos. (Quiroga. G. García de Siles, J.L. 1994).

2.2.6 Lavado y Pesado:

Se realiza el lavado con abundante agua fría con la finalidad de obtener una limpieza y sanitización de la canal. Previo al pesado se realiza la desinfección de la canal con un baño de aspersión con una solución clorada de hasta 5 partes por millón. Posteriormente se realiza el pesado individual de las canales y se obtiene el rendimiento del lote (Prandl, O. Fisher, A. 1994)

2.2.7 Conservación :

Finalmente las canales son trasladadas a las cámaras de refrigeración que suelen tener una temperatura de 0 a -2°C . Un enfriamiento rápido de las canales después del faenado es beneficioso. Se considera suficiente el que la temperatura de la carne en cualquier punto de la canal haya alcanzado valores por debajo de los 10°C dentro de las 12 horas post-sacrificio. (Quiroga. G. García de Siles, J.L. 1994).

3. TRANSFORMACIÓN DEL MÚSCULO EN CARNE

Los procesos bioquímicos que se producen en el animal vivo y en el tejido después de la muerte son similares (Price, J.F, Schweigert, B.S. 1976). En los seres vivos todos los órganos y sistemas corporales colaboran al mantenimiento de un ambiente interno en el que cada uno puede desempeñar su función eficientemente. La conservación de un ambiente interno fisiológicamente equilibrado se denomina *homeostasis*. La mayoría de los órganos

corporales, incluido el músculo, funcionan eficientemente dentro de un rango estrecho de condiciones fisiológicas (pH, temperatura, concentración de oxígeno y aporte de energía). La homeostasis tiene un enorme interés durante la conversión del músculo en carne debido a que muchas de las reacciones y cambios que tienen lugar durante esta conversión son consecuencia directa de la misma. (Forrest, A. 1975.)

3.1 Efecto del sangrado sobre el músculo:

La función del sistema circulatorio consiste en transportar los nutrientes esenciales para el músculo y eliminar los productos de desecho, bien para su excreción o para ser posteriormente metabolizados en otros órganos.(Forrest, A. 1975.). El cese de la circulación sanguínea al momento de la muerte da inicio a una serie de modificaciones del tejido muscular.

Al momento de la muerte del animal, varios de sus tejidos continúan con su actividad metabólica bajo control local. Aunque el músculo no se contrae activamente después de la muerte, consume energía para mantener la temperatura y la integridad estructural de sus células frente a la tendencia espontánea de degradación (Lawrie, R.A.1974).

En el músculo del animal vivo existen compuestos de fósforo como la adenosina trifosfato (ATP) y la creatina fosfato (CP), que son la fuente energética en los procesos de contracción y relajación muscular (García de Siles, J.L. Quiroga, G. López J.H. 2001).

Cuando el animal es sacrificado, se produce la interrupción de la circulación sanguínea que priva al músculo del aporte de oxígeno, la respiración celular se paraliza, el ciclo aeróbico termina y la glicólisis anaeróbica toma su lugar de una forma muy similar como cuando no hay suficiente oxígeno para el músculo vivo durante el periodo de ejercicio intenso y deficiencia de oxígeno. En estas condiciones el glucógeno en vez de degradarse hasta agua y anhídrido carbónico, con generación importante de ATP, se transforma mayormente en ácido láctico. Las cantidades de ATP producidas por la glicólisis anaeróbica son muy escasas y la CP disponible suministra algo de ATP que rápidamente se agota.

En el animal vivo el ácido láctico originado en el metabolismo anaeróbico es transportado desde el músculo al hígado, donde se utiliza para la síntesis de glucosa y de

glucógeno. Ambos productos pueden revertir de nuevo al músculo para proporcionar energía cuando nuevamente se dispone de suficiente oxígeno. Debido que el animal sacrificado no dispone de sistema circulatorio, el ácido láctico permanece en el músculo, aumentando su concentración a medida que prosigue el metabolismo. La generación y acumulación del ácido láctico origina el descenso del pH, lo que a su vez inhibe progresivamente diversas enzimas, deteniendo la glicólisis aunque la reserva de glucógeno no esté completamente agotada y acabando el contenido de ATP que se hace cero. El pH de la carne dependerá en gran cantidad del glucógeno contenido en el músculo en el momento del sangrado (Price, J.F. Schweigert, B.S. 1976; García de Siles, J.L. Quiroga, G. López J.H. 2001, Forrest, A. 1975.)

Una consecuencia del cese de la glicólisis postmortem y del descenso de los niveles de ATP es el comienzo del rigor mortis. (Prandl, O. Fisher, A. 1994)

3.2 Descenso del pH:

El descenso del pH muscular que depende de la cantidad de ácido láctico producido a partir del glucógeno durante la glicólisis anaeróbica, es uno de los cambios postmortales más significativos que se dan en el músculo durante su conversión en carne. La velocidad con que desciende el pH una vez que el animal ha sido sangrado y el límite hasta el que desciende son muy variables. (Forrest, A. 1975; Lawrie, R.A. 1974). La disminución del pH en el estado postmortem está influenciada por las características genéticas del animal y la temperatura de la canal (una rápida congelación causa la caída mas lenta del pH). (Libby, J.A.1991)

El descenso del pH postmortem se lleva a cabo de manera gradual en el sistema normal y convencional de beneficio y manejo de la carne, asumiendo que las canales se someten a refrigeración después del sacrificio. Antes del sacrificio el pH normal del músculo oscila entre 7.3-7.5; disminuye hasta 5.6-5.7 trascurrido 6 a 8 horas desde el sacrificio, para alcanzar un pH final (generalmente 24 horas postmortem) de aproximadamente 5.3 – 5.7.

En algunos animales el pH sólo desciende unas pocas décimas durante la primera hora después del sacrificio, permaneciendo estable con valores relativamente altos y dando un

pH final que varía entre 6.5 – 6.8. En otros animales el pH desciende rápidamente hasta 5.4 – 5.5 en la primera hora después del sangrado; la carne de estos animales presenta un pH final que varía entre 5.3 – 5.6.

El acúmulo del ácido láctico en las primeras fases del periodo postmortal puede tener un efecto negativo en la calidad de la carne. El desarrollo de condiciones ácidas (pH bajo) en el músculo, 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. El grado de desnaturalización depende de la temperatura alcanzada y de lo que haya descendido el pH. La temperatura parece que juega una función clave en la desnaturalización de la proteínas, puesto que el músculo, una vez que ha sido debidamente enfriado, puede alcanzar un pH relativamente bajo (5.2 –5.4) sin que sea excesiva la desnaturalización. La desnaturalización de las proteínas hace que estas pierdan solubilidad, disminuya su capacidad de retención de agua al igual que la intensidad del color del pigmento muscular. Todos estos cambios son perjudiciales, tanto si el músculo se emplea como carne fresca o se destina para un posterior procesado. (Forrest, A. 1975; Sánchez, 1999) .

3.3 Rigor Mortis:

Uno de los cambios postmortales más llamativos que se dan en el proceso de conversión del músculo en carne es la rigidez de los músculos después de la muerte, conocido como *Rigor Mortis*. (Forrest, A. 1975; Sanchez, G.1999).

El *rigor mortis* es un fenómeno físico–químico por el cual los músculos en la canal se endurecen, se ponen rígidos, perdiendo su flexibilidad a las pocas horas después de ser beneficiado un animal. El *rigor mortis* se caracteriza por producir en el músculo pérdida de elasticidad, disminución de la extensibilidad, acortamiento y disminución de la tensión . (Tellez, J. 1992)

El *rigor mortis* no se presenta a la vez en todos los músculos. Se inicia en los músculos de la cabeza, continúa con los del cuello, del tronco, de las extremidades anteriores, siendo las extremidades posteriores las últimas en entrar en rigidez. La desaparición del fenómeno

sigue el mismo orden es decir desaparece primero en los músculos de la cabeza hasta los músculos de las extremidades posteriores. (Grau, R.1965; Asdrubali, M. Stradelli, A. 1965).

El estado de rigidez observado en el *rigor mortis* se debe a la formación de enlaces cruzados permanentes entre los filamentos de actina y miosina del músculo. Es la misma reacción química que forma actomiosina en vida durante la contracción muscular. La diferencia entre el estado vivo y el *rigor mortis*, es que en el último la relajación es imposible, ya que no se dispone de energía para escindir la actomiosina. (Forrest, A. 1975).

La relajación y contracción muscular, estando el animal vivo, se debe en gran parte a la disponibilidad de ATP, a la función respiratoria (disponibilidad de oxígeno), al funcionamiento del sistema circulatorio (transporte de oxígeno) y a la disponibilidad de glucógeno en el hígado, así como el transporte del ácido láctico desde el músculo al hígado, para la síntesis de la glucosa, entre otras funciones.

Estando el animal muerto se sintetiza el ATP exclusivamente por vía anaeróbica a partir del creatín fosfato (CP) que fosforila al ADP. Mientras que exista reservas de glucógeno y CP, será posible la síntesis de ATP. Después del agotamiento de las reservas del glucógeno y del CP se produce una rápida disminución de la concentración de ATP, con lo cual el efecto relajante de éste desaparece. El músculo pierde su flexibilidad y elasticidad, y su extensibilidad se reduce hasta alcanzar solamente en un 5-10% por encima de su longitud normal. Como consecuencia de la pérdida de ATP, se originan conexiones transversales entre los filamentos de actina y miosina que evitan o detienen el desplazamiento recíproco de las cadenas proteicas, esta teoría se basa en el hecho de que la solubilidad de la actomiosina en el *rigor mortis* esta fuertemente reducida.(Forrest, A. 1975; Prandl, O. Fisher, A. 1994; Tellez, J. 1992).

El descenso del pH y la formación de enlaces entre la actina y miosina provocan modificaciones de las cargas eléctricas y de la configuración de las proteínas del músculo. Cerca de su punto isoeléctrico (alrededor de 5.5), las cadenas proteicas tienen tendencia a aproximarse y formar un conjunto casi cristalino; esto motiva un descenso de la capacidad de retención de agua, lo que influye desfavorablemente sobre la textura de la carne.

La aparición de la rigidez muscular es muy variable; puede aparecer entre las 3 a 8 horas de sacrificado el animal y puede durar de 20 a 40 horas, dependiendo de las condiciones ambientales y de las condiciones del animal antemortem. (García de Siles, J.L. Quiroga, G. López J.H. 2001).

Se ha demostrado que el *rigor mortis* se encuentra influenciada por:

- Especie animal: aparece más precozmente en los equinos que en bovinos.
- Edad: es precoz en los neonatos, más tardía en los adultos.
- Estado de nutrición de los animales y de las condiciones en que es realizado el beneficio: dura más en los animales bien nutridos y con un buen manejo al sacrificio.
- Condición fisiológica en la cual se encuentra el animal en el momento de la muerte: aparece precozmente en animales fatigados, afectados de golpe calórico y con tétano, mientras aparece tardíamente en los animales afectados de enfermedades debilitantes como la septicemia y procesos febriles.
- Temperatura de conservación de la carne: aparece normalmente dentro de 2-10 horas si la carne se encuentra a una temperatura comprendida entre 5-20°C; dentro 12-24 horas a una temperatura inferior a 5°C o superior a 20°C; después de 24-48 horas a una temperatura de 0°C. (Asdrubali, M. Stradelli, A. 1965).

4. CALIDAD DE LA CARNE PORCINA:

El concepto de calidad de un producto alimenticio es muy complejo y asume diversos significados. Para algunos significa exclusivamente grado de bondad, es decir el grado con el cual el producto satisface el paladar, mientras que para otros el término de calidad adquiere exigencias más complejas. La calidad depende de las características propias del producto y de cómo este viene percibido y evaluado desde quienes lo utilizan. Por esto la calidad de un producto varía de persona a persona, de país a país, en el tiempo y en función del producto mismo. La calidad de la carne de cerdo puede ser definida como el complejo de las actitudes que la hacen idónea a satisfacer las exigencias de quienes la utilizan, es

decir la calidad se encuentra en función de la utilización del producto; por lo tanto es el consumidor quien determina con sus exigencias los requisitos cualitativos de la carne de cerdo. El consumidor de hoy en casi todos los países exige carne con una presencia mínima de grasa, por esto el primer requisito de calidad de la carne de cerdo es que esta posea un mayor porcentaje de carne magra.

El concepto complejo de calidad depende también de las numerosas características que influyen a determinar la calidad de la carne. Las características cualitativas pueden ser clasificadas como: higiénico-sanitarias, nutritivas, organolépticas y tecnológicas.

En cuanto a la calidad higiénico-sanitario se entiende por la ausencia de gérmenes patógenos y de sustancias nocivas exógenas, una baja carga microbiana y la presencia mínima de aquellos constituyentes de la carne que pueden predisponer a cualquier enfermedad.

En cuanto a la calidad nutritiva se refiere a la composición química y las propiedades dietéticas de la carne, mientras que las características organolépticas son aquellas que le brindan gustosidad y apetitosidad.

En lo relacionado a la calidad tecnológica se entiende por el conjunto de características que convierten a la carne idónea para la conservación. La industria cárnica se interesa principalmente por las características tecnológicas como el pH y la capacidad de retención de agua, porque influyen directamente sobre la calidad de los productos finales. (Russo, V. 1988)

4.1 Características Tecnológicas de la Carne:

La calidad de la carne tiene una importancia determinante para la industria de transformación, la tecnología de producción no siempre esta en grado de corregir eventuales carencias o defectos. Por este motivo son mas las exigencias de carnes que cumplan con ciertas características tecnológicas.

La capacidad de retención de agua representa actualmente una característica muy importante, por que la pérdida de líquido por exudación además de conferir a la carne un aspecto acuoso, poco atrayente, determina un pérdida de peso relevante. (Russo, V. 1988)

El pH está muy relacionado con la capacidad de retención de agua, una rápida caída post mortem del pH, disminuye el poder de retención hídrica de la carne, confiriéndole el típico aspecto pálido, suave y exudativo (PSE). Caso contrario ocurre con aquellas carnes que conservan un pH alto presentándose de color muy oscuro y con una superficie de corte muy seca, a este tipo de carne se le denomina carnes DFD. Ambos tipos de carnes tienen un efecto negativo en cuanto a su apariencia. (Fabregas, E. Velarde, A. Diestre, A.2001; López de Torre, G. Carballo, B.M.1991; Price, J.F. Schweigert, B.S. 1976)

4.2 Carnes PSE:

La carne de cerdo que resulta mas pálida (pale), blanda (soft) y exudativa (exudative) de aquella normal viene llamada PSE. (Swatland, H.J. 1988). La carne porcina PSE es causada por una combinación de factores genéticos y factores internos al centro de beneficio, tales como el uso excesivo de picanas eléctricas y a las fallas en el proceso de enfriado.(Grandin, T. 1991). Este defecto aparece con elevada frecuencia, en determinadas razas de cerdo, que en general son fruto de una extrema selección en busca de un mayor aprovechamiento de la dieta y de la reducción del tejido adiposo subcutáneo. Esta selección conlleva al incremento de la propensión al stress y a la hipertermia (aumento de la temperatura corporal por excitación).

La carne PSE deriva de una glicólisis acelerada post mortem. De esta forma el ácido láctico formado no puede ser arrastrado por el torrente circulatorio, sino que permanece en el músculo y con ello, inmediatamente después de la muerte, el pH alcanza un valor mas o menos bajo, siendo aproximadamente por debajo a 5,8 en la primera hora post mortem.

En cerdos sensibles al stress, la cantidad de iones de calcio (Ca) liberados de las mitocondrias en anaerobiosis es aproximadamente el doble de la liberada en cerdos resistentes al stress, considerándose como causa desencadenante del proceso PSE a esta liberación excesiva de iones de Ca desde la mitocondria y la incapacidad del retículo

sarcoplásmico para retener estos iones. Además en el músculo PSE se ha detectado una elevada actividad ATPásica.

Se atribuye una cierta importancia a las enzimas glicolíticas, las cuales se hallan en cantidades elevadas en la carne PSE. En el suero sanguíneo de cerdos propensos al stress se han encontrado contenidos mayores de creatinfosfoquinasa, esto coincide con el hecho de que en el instante del sacrificio el contenido de creatín fosfato de la musculatura PSE está disminuido. Esto significa que el proceso de utilización del glucógeno comienza antes que en una musculatura normal, lo que justificaría el rápido descenso del pH.

La desnaturalización de las proteínas es mayor en la carne PSE, como consecuencia de la combinación de un bajo pH y una temperatura elevada. Estas proteínas precipitan sobre las miofibrillas reduciendo, con ello, su estabilidad y su capacidad de retención de agua. El color pálido de la carne se debe a la desnaturalización parcial de las proteínas de la carne.

El mayor problema de la carne PSE es la exudación. Este defecto no se debe a un elevado contenido de agua, sino a que el agua se encuentra menos ligada a las proteínas y a que la permeabilidad de las células es mayor.

Los procesos metabólicos acelerados que conducen a la producción de una carne PSE, podrían ser teóricamente , retardados mediante una rápida congelación, con lo cual , las características PSE aparecerían de forma menos manifiesta.

Las características PSE aparecen principalmente en la musculatura del tronco (lomo) y jamón, mientras que otras zonas musculares son normalmente menos afectadas. Los cerdos grasos dan lugar a carne PSE con menor frecuencia que los magros.(Prandl, O. Fisher, A. 1994)

4.3 Carnes DFD:

La carne de cerdo que aparece mas oscura (dark), firme (firm) y seca (dry) de aquella normal puede ser denominada DFD. Cuando este defecto es observado en bovinos se denomina, como *dark cutting beef* (carne de corte oscuro). En porcino también puede aparecer carne oscura y es denominada *glazy* que significa vidrioso.

La carne DFD, como la PSE, deriva del stress, se puede presentar en animales sensibles a situaciones de stress asociadas a elevada temperatura ambiental, esfuerzos corporales extremos y a fuerte excitación. Se supone que los esfuerzos musculares cortos y a penas apreciables, realizados por los animales temperamentales, son suficientes como para conducir los niveles de glucógeno muscular a valores muy bajos. Todo ello conduce a una aceleración, *ante mortem*, en el consumo de ATP y de glucógeno. Las sustancias liberadas de la degradación tanto aerobia como anaerobia del glucógeno (CO₂, ácido láctico) son, antes de la muerte, arrastradas al torrente sanguíneo. (Prandl, O. Fisher, A. 1994). Por todo ello cuando se lleva a cabo el sacrificio del animal, en el músculo puede permanecer una pequeña cantidad de glucógeno o haberse previamente consumido en su totalidad; esta situación conduce a un estado *post mortem* en el que la transformación de glucósidos en ácido láctico es insuficiente o inexistente, por lo cual éstas carnes tienen un pH final mayor o igual a 6.2, haciéndolas muy susceptibles a la rápida descomposición microbiana. (Quilcazan. M.C.2000). El aspecto seco, duro y pegajoso de la superficie de corte de este tipo de carne, así como su color rojo oscuro son debidos a ala escasa acidificación.

III. MATERIALES Y METODOS

1.- LUGAR DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el Camal Frigorífico José Olaya, ubicado en el Km. 18,5 de la Panamericana Sur en el distrito de Chorrillos, al sur de la Provincia de Lima y en el Laboratorio de Salud Pública y Salud Ambiental de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

2.- TAMAÑO MUESTRAL:

El número de animales a muestrear fue de 223 por cada tratamiento basado en el criterio del Teorema de Limite Central, el cual considera un mínimo de 30 y permite desarrollar estadísticos de tipo descriptivo (Wayne, D. 1995) .

2.1 Animales y Tratamiento

Se evaluaron 446 cerdos (156 machos enteros y 290 hembras) de 5 a 6 meses (edad de beneficio) sacrificados en el camal, provenientes de una misma granja y línea, estos animales cumplieron con el mínimo legal de tiempo de descanso *ante mortem* de 12 a 24 horas (Reglamento Tecnológico de Carnes,1995).

Los animales fueron distribuidos en los 2 tratamientos, 223 animales que fueron sacrificados con aturdimiento eléctrico y 223 animales sacrificados sin aturdimiento. Cada grupo a su vez fue subdividido en 2 subgrupos, 78 animales machos enteros y 145 animales hembras para cada grupo respectivamente.

2.2 Procedimientos Generales de Beneficio:

Los animales fueron sometidos a un sacrificio convencional, el cual se inició con el aturdimiento eléctrico en el grupo correspondiente y en el grupo sin aturdimiento eléctrico fueron izados directamente del miembro posterior; siguió la sangría, escaldado, depilado, repelado y flameado, eviscerado, lavado, pesado y finalmente oreo y conservación en refrigeración a una temperatura promedio de 4°C. (Figuras 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10)

3.- DETERMINACIÓN DEL pH

3.1 Equipo:

Se empleó un potenciómetro portátil de marca Cole Parmer, modelo 5985-80 con electrodo de vidrio; rango de 0,0 a 14,00 pH; resolución 0,01; precisión $\pm 0,01$; calibración automática por inmersión en buffer. Además este lleva incorporado un termómetro digital tipo termocupla cuyos valores permiten el ajuste automático de los valores de pH. (Figura 11)

3.2 Procedimiento:

En cuanto al procedimiento de medición del pH, primero se realizó la calibración del potenciómetro mediante la inmersión del electrodo y el termómetro en la solución tampón pH 7.00, posteriormente se enjuagó con agua destilada y se continuó con la inmersión en la solución pH 4.00 y finalmente se enjuagó con agua destilada y se secó el electrodo con papel absorbente.

La medida de pH se realizó en todas las canales introduciendo el electrodo del potenciómetro perpendicular al músculo semimembranoso de la pierna izquierda. Paralelamente se tomó el valor de temperatura en el mismo músculo para el ajuste automático del pH por su efecto. (Figura 12)

Al final de cada medición se realizó la limpieza del electrodo con la solución de limpieza que cumple la función de remover las proteínas que pudieran quedarse adheridas al electrodo. La conservación del electrodo se realizó mediante la inmersión del electrodo en una solución de mantenimiento de electrodos ®.

La primera medición de pH se realizó una hora después del beneficio, y las mediciones posteriores fueron realizadas cada 2 horas en la misma pierna, en condiciones de refrigeración (4° C aproximadamente), por un periodo de 24 horas, efectuándose un total de 13 mediciones en cada canal.

4.- REGISTRO Y ANÁLISIS

4.1 Registro:

Se diseñó y empleó un formulario donde fueron registrados los siguientes datos: hora de llegada al camal del lote, número de horas de descanso ante-mortem, edad del animal, sexo, peso de la canal, hora de beneficio, hora / valores de pH ajustados o corregidos y valores de temperatura corporal.

4.2 Análisis

Los datos del pH en cada tratamiento fueron analizados por medio del análisis de regresión, determinándose el RSQ (R-Square) y concluyéndose con la selección de la regresión cúbica (Liza, L., Joaristi, L., 1999). Las tendencias del pH se representaron en forma gráfica mediante las respectivas curvas. Para el análisis estadístico el diseño experimental aplicado fue el diseño de parcelas divididas donde los factores fueron el aturdimiento y el sexo, y los bloques fueron las horas de medición, en donde la parcela

grande fue el factor sexo (esta parcela grande presenta un diseño en bloques aleatorios donde las horas de medición son los bloques de este diseño) y como parcela chica fue el factor aturdimiento (por que es el factor que necesita mayor precisión en el análisis es el aturdimiento) Según el modelo:

$$T = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \omega_z + (\omega\tau)_{iz} + \varepsilon_{ijz}$$

$$i=1, 2 \quad j=1, 2, 3, \dots, 13 \quad z=1, 2$$

donde

T = niveles de pH.

τ_i = efecto sex.

β_j = efecto horas de medición de pH.

ε_{ij} = error de la parcela grande .

μ = efecto media.

ω_z = efecto aturdimiento

ε_{ijz} = error del experimento.

$(\omega\tau)_{iz}$ = efecto interacción entre los i sexos y las z aturdimientos .

Los resultados fueron sometidos análisis de varianza ANOVA. (Apéndice 18, 19)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedios de pH obtenidos en cada tratamiento se muestran en las siguientes tablas:

TABLA 1. MEDIDAS DEL pH POSTMORTAL EN CERDOS BENEFICIADOS CON ATURDIMIENTO ELECTRICO Y SIN ATURDIMIENTO DURANTE LAS PRIMERAS 24 HORAS POST SACRIFICIO

HORAS POST SACRIFICIO	CON ATURDIMIENTO ELECTRICO			SIN ATURDIMIENTO		
	Machos y Hembras (x ± DS)	Machos (x ± DS)	Hembras (x ± DS)	Machos y Hembras (x ± DS)	Machos (x ± DS)	Hembras (x ± DS)
1	6.65 ± 0.31	6.56 ± 0.25	6.69 ± 0.33	6.94 ± 0.28	6.97 ± 0.24	6.93 ± 0.30
3	6.14 ± 0.24	6.21 ± 0.25	6.11 ± 0.23	6.22 ± 0.24	6.21 ± 0.24	6.23 ± 0.25
5	5.87 ± 0.24	5.94 ± 0.24	5.84 ± 0.23	5.97 ± 0.24	6.00 ± 0.24	5.95 ± 0.23
7	5.78 ± 0.21	5.88 ± 0.23	5.72 ± 0.18	5.86 ± 0.24	5.91 ± 0.22	5.83 ± 0.24
9	5.75 ± 0.20	5.82 ± 0.25	5.71 ± 0.16	5.81 ± 0.20	5.86 ± 0.22	5.78 ± 0.19
11	5.73 ± 0.21	5.82 ± 0.24	5.69 ± 0.18	5.77 ± 0.22	5.83 ± 0.24	5.74 ± 0.21
13	5.69 ± 0.21	5.77 ± 0.26	5.65 ± 0.17	5.76 ± 0.19	5.84 ± 0.21	5.71 ± 0.17
15	5.68 ± 0.22	5.72 ± 0.28	5.66 ± 0.18	5.76 ± 0.19	5.84 ± 0.21	5.71 ± 0.16
17	5.66 ± 0.22	5.66 ± 0.27	5.65 ± 0.18	5.71 ± 0.22	5.80 ± 0.23	5.67 ± 0.20
19	5.71 ± 0.21	5.76 ± 0.25	5.69 ± 0.17	5.77 ± 0.19	5.83 ± 0.20	5.73 ± 0.18
21	5.69 ± 0.22	5.72 ± 0.25	5.67 ± 0.20	5.77 ± 0.20	5.85 ± 0.20	5.73 ± 0.18
23	5.68 ± 0.22	5.70 ± 0.26	5.67 ± 0.19	5.77 ± 0.20	5.85 ± 0.20	5.72 ± 0.19
24	5.72 ± 0.19	5.76 ± 0.22	5.69 ± 0.16	5.77 ± 0.19	5.85 ± 0.21	5.73 ± 0.16

Los valores de pH para cada tratamiento fueron analizados por medio del análisis de regresión con el cual se obtuvo la curva de variación del pH para cada tratamiento y se calculo los valores en cada hora obteniéndose lo siguiente:

1.- CERDOS BENEFICIADOS CON ATURDIMIENTO ELECTRICO

$$y = 6.7571 - .2277 * x + .0152 * x^2 - .0003 * x^3 \quad \text{Rsqu} = 0,559$$

2.- CERDOS BENEFICIADOS SIN ATURDIMIENTO

$$y = 7.0112 - .2745 * x + .0185 * x^2 - .0004 * x^3 \quad \text{Rsqu} = 0,644$$

3.- HEMBRAS BENEFICIADAS CON ATURDIMIENTO ELECTRICO

$$y = 6.8017 - .2540 * x + .0174 * x^2 - .0004 * x^3 \quad \text{Rsqu} = 0,626$$

4.- HEMBRAS BENEFICIADAS SIN ATURDIMIENTO

$$y = 6.9782 - .2691 * x + .0178 * x^2 - .0004 * x^3 \quad \text{Rsqu} = 0,678$$

5.- MACHOS BENEFICIADOS CON ATURDIMIENTO ELECTRICO

$$y = 6.6742 - .1790 * x + .0111 * x^2 - .0002 * x^3 \quad \text{Rsqu} = 0,471$$

6.- MACHOS BENEFICIADOS SIN ATURDIMIENTO

$$y = 7.0726 - .2846 * x + .0196 * x^2 - .0004 * x^3 \quad \text{Rsqu} = 0,613$$

donde:

Y: Representa el nivel del pH

X: Representa el tiempo de medición

El nivel de significancia es $\alpha = 5\%$

Rsqu: Coeficiente de determinación

En todos los casos se seleccionó el modelo de regresión cúbica determinado por el Rsqu.
(Apéndice 12,13,14,15,16,17)

Desarrollando las ecuaciones producto del análisis de regresión, se obtuvieron los valores que se presentan en las Tablas N° 2,3,4,5,6

TABLA 2. pH postmortal de la carne de cerdos beneficiados con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas post sacrificio.

HORA	pH cerdos con aturdimiento	pH cerdos sin aturdimiento
1	6.54	6.75
2	6.36	6.53
3	6.20	6.34
4	6.07	6.18
5	5.96	6.05
6	5.87	5.94
7	5.81	5.86
8	5.75	5.79
9	5.72	5.75
10	5.70	5.72
11	5.69	5.70
12	5.70	5.69
13	5.71	5.69
14	5.73	5.70
15	5.75	5.71
16	5.78	5.72
17	5.81	5.73
18	5.83	5.73
19	5.86	5.73
20	5.88	5.72
21	5.90	5.70
22	5.91	5.67
23	5.91	5.62
24	5.90	5.55

El pH inicial (pH1) obtenido a la primera hora *post mortem* en el músculo semimembranoso de los cerdos (machos y hembras) beneficiados con aturdimiento eléctrico fue de 6.54 y para los cerdos beneficiados sin aturdimiento (machos y hembras) fue de 6.75. Ambas curvas poseen la misma tendencia durante las 11 primeras horas *post mortem*. El pH menor para ambos grupos fue de 5.69, el cual se alcanzó a la hora 11 *post mortem* en el grupo de los cerdos beneficiados con aturdimiento eléctrico y a la hora 12

post mortem en el grupo de los cerdos beneficiados sin aturdimiento. Posteriormente en el grupo de los cerdos beneficiados con aturdimiento eléctrico el pH tiende a aumentar obteniéndose un pH final a la hora 24 *post mortem* (pH 24) de 5.90 y en el grupo de los cerdos beneficiados sin aturdimiento eléctrico el pH aumenta ligeramente a partir de la hora 14 *post mortem* hasta la hora 19 *post mortem*, a partir de la hora 20 *post mortem* el pH disminuye alcanzando un valor a la hora 24 *post mortem* de 5.55. Según Lawrie (1974) en un estudio realizado en el año 1959 por Blomquist, en el cual se evaluaron 518 cerdos aturridos eléctricamente el pH final fue de 5.78 y el de los controles (sin aturdimiento eléctrico) el pH final fue de 5.67; coincidiendo con nuestro estudio en que los valores del pH final de los animales sacrificados con aturdimiento eléctrico son mayores en comparación con aquellos que son beneficiados sin aturdimiento eléctrico, tal como se aprecia en el Gráfico 1.

GRAFICO 1. Variación del pH en cerdos beneficiados con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas post mortem

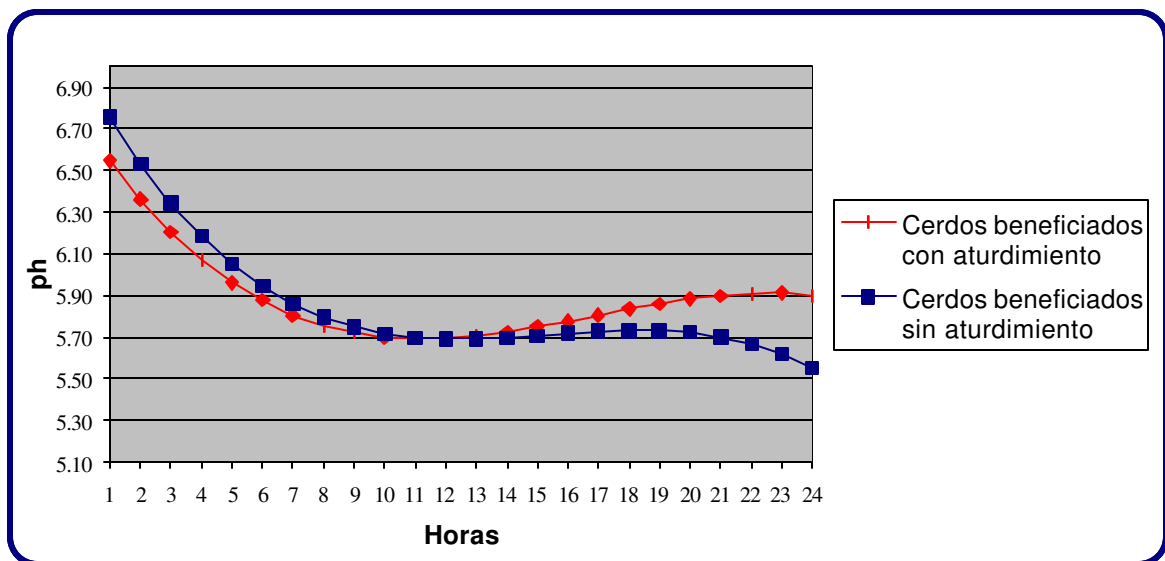


TABLA 3. pH postmortal de la carne de hembras beneficiadas con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas post sacrificio.

HORA	pH hembras con aturdimiento	pH hembras sin aturdimiento
1	6.56	6.73
2	6.36	6.51
3	6.19	6.32
4	6.04	6.16
5	5.92	6.03
6	5.82	5.92
7	5.74	5.83
8	5.68	5.76
9	5.63	5.71
10	5.60	5.67
11	5.58	5.64
12	5.57	5.62
13	5.56	5.61
14	5.56	5.60
15	5.56	5.60
16	5.55	5.59
17	5.55	5.58
18	5.53	5.57
19	5.51	5.55
20	5.48	5.52
21	5.47	5.47
22	5.46	5.41
23	5.45	5.34
24	5.44	5.24

Se evaluó separadamente cada sexo con la variable aturdimiento, en las hembras beneficiadas con aturdimiento eléctrico el pH inicial (pH1) obtenido a la primera hora *post mortem* en el músculo semimembranoso fue de 6.56 y en las hembras beneficiadas sin aturdimiento el pH inicial obtenido fue de 6.73. Se observó que ambas curvas poseen la misma tendencia en las primeras 11 horas *post mortem*, en donde la caída de los valores del pH se manifestó de una manera gradual. En el grupo de las hembras beneficiadas con aturdimiento eléctrico los valores obtenidos a partir de la hora 12 *post mortem* (5.56) se

mantienen constantes hasta la hora 17 *post mortem* en donde los valores del pH tienden a disminuir ligeramente observándose un pH final a la hora 24 *post mortem* de 5.44.

En el grupo de las cerdas beneficiadas sin aturdimiento los valores obtenidos a partir de la hora 12 *post mortem* (5.61) se hacen constantes hasta la hora 18 *post mortem* en donde los valores del pH tienden a disminuir observándose un pH final a la hora 24 *post mortem* de 5.24), tal como se aprecia en el Gráfico 2.

Libby (1999), indica que el pH mas o menos estable se obtiene a partir de la hora 8 a las 24 horas *post mortem*, dependiendo de los niveles de glucógeno, tipo de músculo, especie animal y factores genéticos. El descenso del pH en las primeras horas es provocado debido al glucógeno contenido en el músculo el cual se convierte en ácido láctico después de morir el animal (un alto nivel de glucógeno produce un pH final bajo

GRAFICO 2. Variación del pH en hembras beneficiadas con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas post mortem.

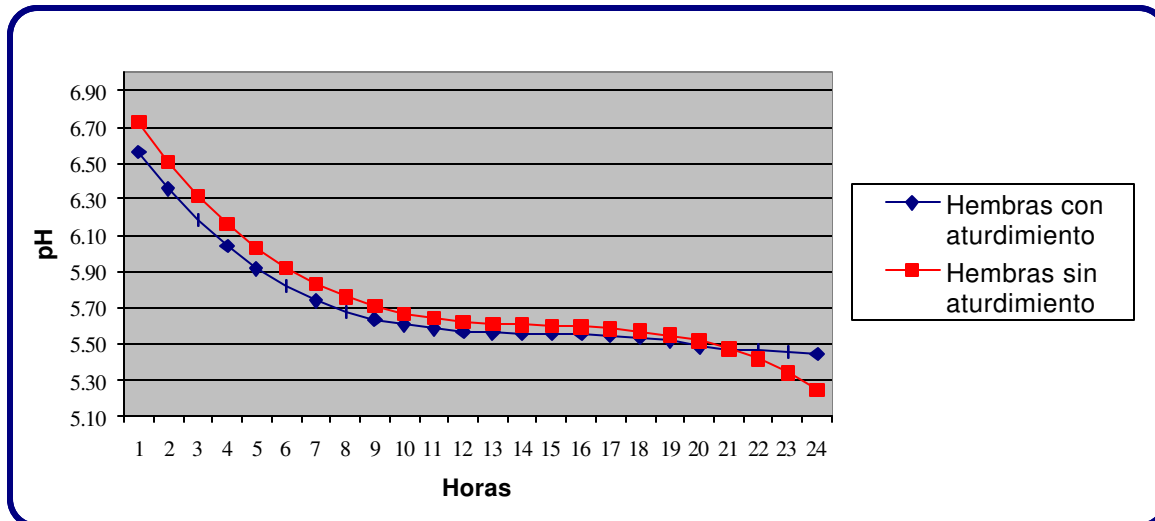


TABLA 4. pH postmortal de la carne de machos enteros beneficiados con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas post sacrificio.

HORA	pH cerdos con aturdimiento	PH cerdos sin aturdimiento
1	6.51	6.81
2	6.36	6.58
3	6.23	6.38
4	6.12	6.22
5	6.03	6.09
6	5.96	5.98
7	5.90	5.90
8	5.85	5.85
9	5.82	5.81
10	5.79	5.79
11	5.78	5.78
12	5.78	5.79
13	5.78	5.81
14	5.80	5.83
15	5.81	5.86
16	5.83	5.90
17	5.86	5.93
18	5.88	5.97
19	5.91	6.00
20	5.93	6.02
21	5.96	6.04
22	5.98	6.04
23	6.00	6.03
24	6.00	6.00

En los machos enteros beneficiados con aturdimiento eléctrico el pH inicial obtenido en el músculo semimembranoso fue de 6.51 y en los machos enteros beneficiados sin aturdimiento el pH inicial obtenido fue de 6.81. Se observó que las curvas tienen la misma tendencia en las primeras 10 horas, donde la caída de los valores del pH se manifiesta de una manera gradual similar a la caída del pH de las hembras.

En los machos enteros beneficiados con aturdimiento eléctrico se obtuvo un pH a la hora 10 *post mortem* de 5.79 el cual se mantuvo constante hasta la hora 15 *post mortem*,

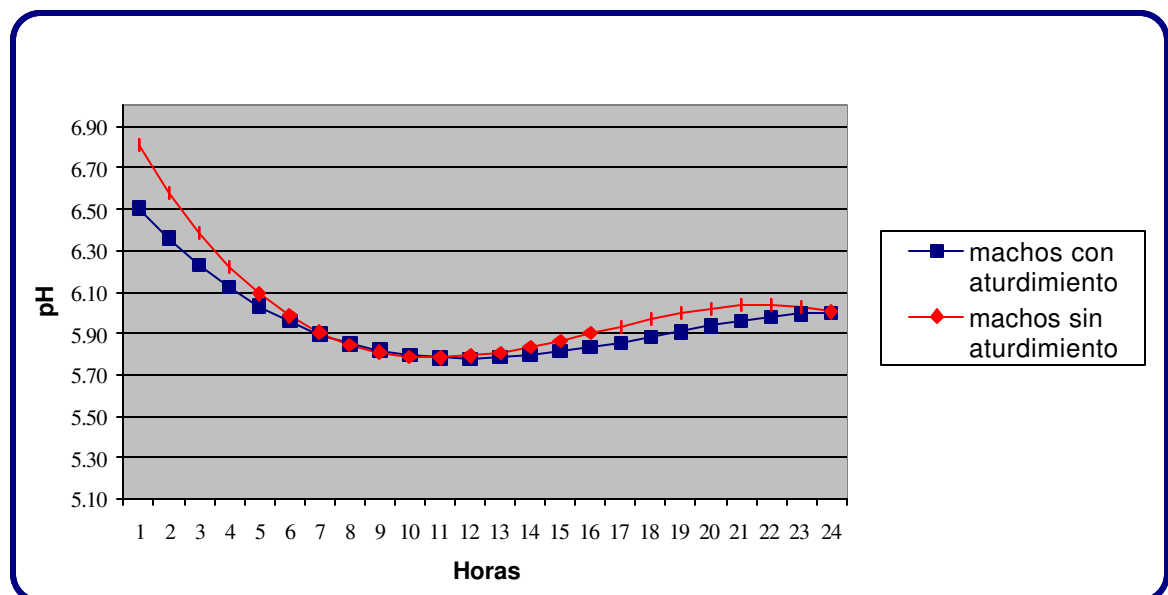
donde los valores tienden a aumentar ligeramente obteniéndose un valor final a la hora 24 *post mortem* de 6.00.

En los machos enteros beneficiados sin aturdimiento se obtuvo un valor de pH a la hora 10 *post mortem* de 5.79 el cual se mantuvo constante hasta la hora 13 *post mortem*, posteriormente los valores tienden a aumentar obteniéndose un valor final a la hora 24 *post mortem* de 6.00, tal como se aprecia en el Gráfico 3.

Sánchez en 1999, indica que la caída del pH *postmortem*, produce la liberación de enzimas proteolíticas conocidas como catepsinas, las cuales se encuentran almacenadas en el interior de los lisosomas, la liberación de estas catepsinas contribuiría a la liberación de derivados proteicos de tipo alcalino, lo cual produciría el aumento del pH.

Libby, (1991) señala que la durabilidad de las carnes tiene relación directa con su acidez. Se ha demostrado que la descomposición bacteriana es más lenta en la carne que tiene un pH de 6.00 o aún más bajo, que en la carne con un pH elevado

GRAFICO 3. Variación del pH en machos enteros beneficiados con aturdimiento eléctrico y sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas post mortem



También se evaluó si existían diferencias en el comportamiento del pH considerando el sexo y el aturdimiento.

TABLA 5. pH postmortal de la carne de machos enteros y hembras beneficiados con aturdimiento eléctrico, durante las primeras 24 horas post sacrificio.

HORA	pH machos con aturdimiento	pH hembras con aturdimiento
1	6.51	6.56
2	6.36	6.36
3	6.23	6.19
4	6.12	6.04
5	6.03	5.92
6	5.96	5.82
7	5.90	5.74
8	5.85	5.68
9	5.82	5.63
10	5.79	5.60
11	5.78	5.58
12	5.78	5.57
13	5.78	5.56
14	5.80	5.56
15	5.81	5.56
16	5.83	5.55
17	5.86	5.55
18	5.88	5.53
19	5.91	5.51
20	5.93	5.48
21	5.96	5.47
22	5.98	5.46
23	6.00	5.45
24	6.00	5.44

En el grupo de las cerdas beneficiadas con aturdimiento eléctrico el pH inicial obtenido en el músculo semimembranoso fue de 6.56 y en los machos beneficiados con aturdimiento eléctrico el pH inicial obtenido fue de 6.51. Se observó que las curvas poseen tendencias similares en las 13 primeras horas *post mortem* y que a partir de la hora 2 *post mortem* los valores del pH de las hembras son menores en relación que los machos,

obteniéndose un pH final en las hembras de 5.41 y un pH final en machos de 6.00, tal como se aprecia en el Gráfico 4.

GRAFICO 4. Variación del pH en machos enteros y hembras beneficiados con aturdimiento eléctrico, durante las primeras 24 horas post mortem.

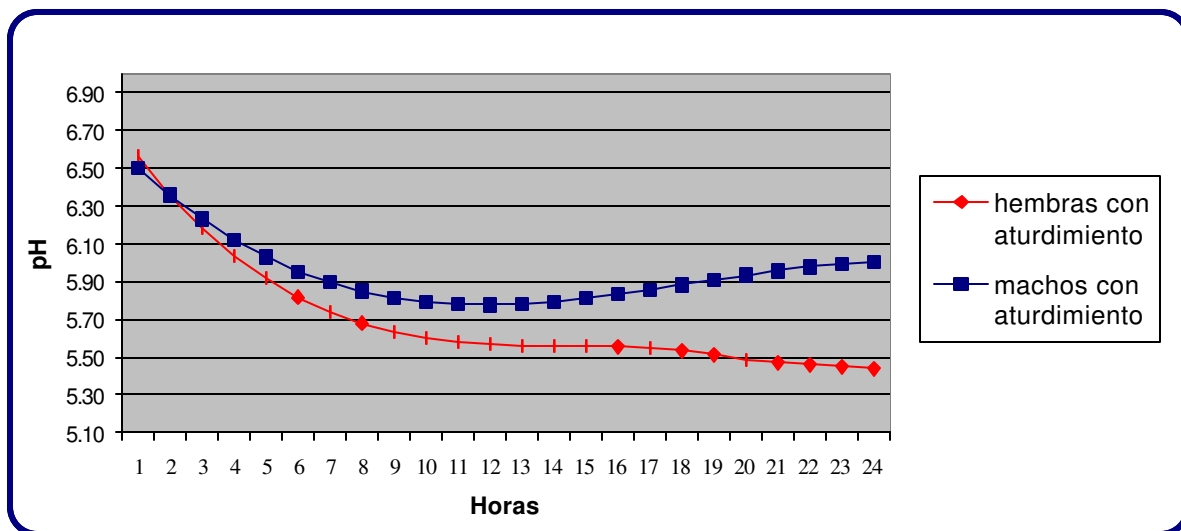


TABLA 6. pH postmortal de la carne de machos enteros y hembras beneficiados sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas pos sacrificio.

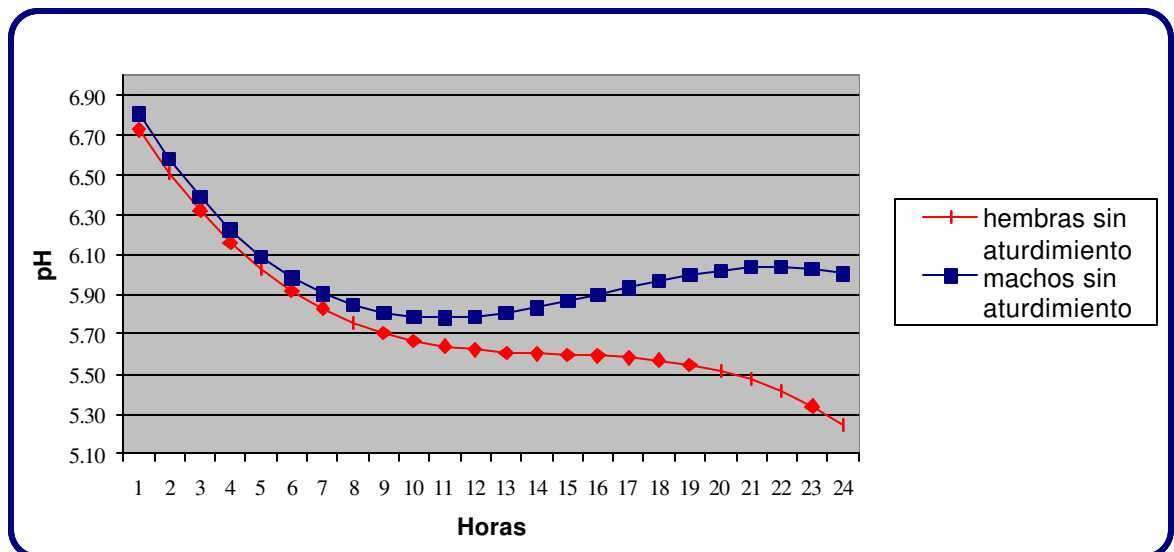
HORA	pH machos sin aturdimiento	pH hembras sin aturdimiento
1	6.81	6.73
2	6.58	6.51
3	6.38	6.32
4	6.22	6.16
5	6.09	6.03
6	5.98	5.92
7	5.90	5.83
8	5.85	5.76
9	5.81	5.71
10	5.79	5.67
11	5.78	5.64
12	5.79	5.62
13	5.81	5.61
14	5.83	5.60
15	5.86	5.60
16	5.90	5.59
17	5.93	5.58
18	5.97	5.57
19	6.00	5.55
20	6.02	5.52
21	6.04	5.47
22	6.04	5.41
23	6.03	5.34
24	6.00	5.24

En el grupo de las cerdas beneficiadas sin aturdimiento el pH inicial obtenido en el músculo semimembranoso fue de 6.73 y en los machos enteros beneficiados sin aturdimiento el pH inicial obtenido fue de 6.81. Se observó que las curvas tienen tendencias similares en las 10 primeras horas *post mortem*. Se observó también que los valores de pH en los machos enteros son mayores en relación con las hembras, se obtuvo un pH final en las hembras de 5.24 y un pH final en machos de 6.00, tal como se aprecia en el Gráfico 5.

Grau (1965) indica que en un estudio realizado en vacunos, el pH final es más alto en machos que en hembras, aunque no existen estudios en los cuales se determine el efecto de la edad y el sexo sobre el pH final. Sin embargo el estrés es uno de los factores principales en la depleción de las reservas de glucógeno y por lo tanto del valor del pH final.

Los machos a diferencia de las hembras son más agresivos, por lo tanto más susceptibles a sufrir cierto grado de estrés, en ellos existe el instinto de dominancia y territorialidad, por eso es frecuente ver en los corrales de espera peleas entre ellos

GRAFICO 5. Variación del pH en machos enteros y hembras beneficiados sin aturdimiento, durante las primeras 24 horas post mortem.



V. CONCLUSIONES

Se evaluó la variación del pH cárnico de 446 cerdos, los cuales fueron divididos en dos grupos: 223 cerdos sacrificados con aturdimiento eléctrico y 223 cerdos sacrificados sin aturdimiento (78 animales machos enteros y 145 animales hembras en ambos grupos respectivamente) por un periodo de 24 horas, llegándose a las siguientes conclusiones:

1. El aturdimiento eléctrico influye en el pH inicial y final, obteniéndose un pH inicial menor en los animales beneficiados con aturdimiento eléctrico (6.54) respecto a los animales beneficiados sin aturdimiento (6.75) y un valor de pH final mayor en los animales beneficiados con aturdimiento eléctrico (5.90) respecto a los animales beneficiados sin aturdimiento (5.55).
2. El sexo influye en el valor final del pH (pH₂₄), obteniéndose un pH final mayor en machos enteros que en hembras, 6.00 y 5.44 respectivamente para el grupo de animales beneficiados con aturdimiento eléctrico, 6.00 y 5.24 en machos enteros y hembras respectivamente en animales beneficiados sin aturdimiento.

VI. LITERATURA CITADA

1. ASDRUBALI, M. STRADELLI, A. 1965. I Macelli: Costruzione-Gestione-Aspetti Sanitari. Edizione Agricole. Bologna – Italia. p 31-37, 47-50
2. CHEFTEL, J.C. 1976. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Volumen I. Editorial Acribia. Zaragoza-España. p 69-72.
3. CURTO, G. 1980. Allevamento del Suino. Editorial Edagricole. Bologna – Italia. p 452-457
4. CHIZZOLINI, R. 1983. Scienza della Carne. Editorial Agrícola. Bologna – Italia. p 107-112
5. FORREST, A. 1975. Fundamentos de la Ciencia de la Carne. Editorial Acribia S.A. Zaragoza-España. p 125-132; 139-140.
6. GARCÍA DE SILES, J.L. QUIROGA, G. LÓPEZ J.H. 2001. Manual para el Curso Taller – Tecnología de Carnes y Productos Cárnicos. Lima – Perú. p 14- 20, 43-44
7. GONZÁLEZ, A. FALCÓN, N. 1999. Análisis de Datos en Medicina Veterinaria. Pub. Tec. FMV N° 49 Vol. 41.Lima Perú. p 45-46.
8. GRAU, R. 1965. Carne y productos cárnicos. Editorial Acribia. Zaragoza – España. p 61-72
9. KALINOWSKI, J. 2002. Symposium Internacional sobre Nutrición y Sanidad Porcina. FMV- Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima-Perú.

10. KALINOWSKI, J. 1996. Notas sobre el transporte de cerdos a camal. Boletín A.P.P. Abril 96, Año 5, N° 45. p 5-6. Lima-Perú.
11. LAWRIE, R.A. 1974. Ciencia de la Carne. Editorial Acribia. Zaragoza-España. p 159-161, 204-206.
12. LIBBY, J.A. 1991. Higiene de la Carne. Editorial Continental S.A. México D. F. p 254
13. LIZA, L., JOARISTI, L., 1999. SPSS para Windows, versión 8 en castellano. Editorial Parainfo. Madrid – España.
14. LÓPEZ DE TORRE, G. CARBALLO, B.M. 1991. Manual de Bioquímica y Tecnología de la Carne. Ediciones Vicenta. Madrid- España. p33-35
15. OLIMPO, O. CHAMORRO, J. 2000. Curso de Inspección Sanitaria de la Carne. Santa Fé de Bogotá- Colombia. p 5-6
16. PRANDL, O. FISHER, A. 1994. Tecnología e Higiene de la Carne. Editorial Acribia S.A. Zaragoza-España. p 27-35; 117-120
17. PRICE, J.F, SCHWEIGERT, B.S. 1976. Ciencia de la Carne y de los Productos Cárnicos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza-España. p 219-221.
18. QUIROGA. G. GARCÍA DE SILES, J.L. 1994. Manual para la Instalación del Pequeño Matadero Modular FAO. Roma-Italia. p 65-83
19. QUILCAZAN. M.C. 2000. Caracterización Físico-Química de Carne y Productos Cárnicos. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA.
20. Reglamento Tecnológico de Carnes. 1995 Anexo 3. Artículo 10°-16°.
21. ROPPA, L. 2002. I Congresso Latino Americano de Suinocultura. Foz do Iguaçu, PR, Brasil.
22. RUSSO, V. 1988. La Qualità della Carcassa e della Carne Suina: Esigenze dell'industria e del consumo. Istituto di Allevamenti Zootecnici. Università degli Studi di Bologna. Bologna-Italia. p 11-19; 25-29.

23. SÁNCHEZ, G. 1999. Ciencia Básica de la Carne. Editora Guadalupe. Santa Fé de Bogotá-Colombia. p 67-75.
24. SWATLAND, H.J. 1988. Effetti delle Tecniche di Macellazione sulla Qualità della Carne Suina. Department of Food Science. University of Guelph. Ontario-Canadá. p 241-242.
25. TELLEZ, J. 1992. Tecnología e Industrias Cárnicas. Tomo I. Facultad de Zootecnia de la UNALM. p 162 –165.
26. WAYNE, D. 1995. Bioestadística: Bases para el análisis de las ciencias de la salud. Editorial Limusa. México. p 878.

INTERNET:

27. ÁLVAREZ, C. TORRE, A. 1997. [http:// www.inode.es ~yago.htm](http://www.inode.es/~yago.htm)
28. DEGESA JSR. 2000. <http://www.degesa.com/calidad.htm>
29. FABREGAS, A., VELARDE, A., DIESTRE A. 2000. IRTA. Centro de Tecnología de Carne. http://www.irta.es/xarxatem/diestre_cas.htm
30. GRANDIN, T. 1991. American Meat Institute, Washington, DC. <http://rsainternet.com.ar>
31. TRELLES, A. 1999 La Revista Agraria N° 6 - Lima-Perú. <http://cepes.org.pe/revista/r-agra6/coyu-01.htm>
32. VAN GROENLAND, G.J. VRIESEKOOOP, P. DE VRIES, A. 2001. <http://acontece.com.ar/0101.htm>

APÉNDICE

Apéndice 1. Producción y Plantel Mundial de cerdos, por continente, 1999

Continente	Producción (Millones/T)	%	Plantel (Millones de cabezas)	%
Asia	49,94	54,60	552,371	59,33
Europa	25,05	27,39	194,152	20,85
América	15,36	16,80	160,890	17,28
Africa	0,60	0,66	18,466	1,99
Oceanía	0,50	0,55	5,093	0,55
Mundo	91,45	100	930,972	100

Fuente: L. Roppa, adaptado de FAO stat e Abipecs, 2002

Apéndice 2. Principales productores mundiales de carne de cerdo, 2001

	Millones de toneladas, 2001
1. China	42,78
2. USA	8,69
3. Alemania	3,90
4. España	2,92
5. Francia	2,25
6. Brasil	2,23
7. Canadá	1,80
8. Dinamarca	1,70
9. Polonia	1,67
10. Rusia	1,62

Fuente: L. Roppa, adaptado de FAO stat e Abipecs, 2002

Apéndice 3. Producción y consumo mundial de Carnes,2001

Carne	Producción (Millones T.)	Consumo (Kg por peso)
Cerdo	91,45	14,63
Pollo	70,30	11,25
Bovino	59,80	9,57
TOTAL	221,55	35,45

Fuente: L. Roppa, adaptado de FAO stat e Abipecs, 2002

Apéndice 4. Cerdos en América del Sur: Planteles y Producción, 2001

País	No. de Cerdos (millones /cabeza)	Producción (Millones /Ton)
Brasil	37,5	2 230,33
Chile	2,5	303,00
Argentina	4,2	214,00
Paraguay	2,7	148,40
Venezuela	5,4	118,00
Ecuador	2,4	98,30
Perú	2,8	94,00
Colombia	2,8	81,25
Bolivia	2,8	76,40
Uruguay	0,4	26,00
Total	63,5	3 389,68

Fuente: L. Roppa, adaptado de FAO stat e Abipecs, 2002

Apéndice 5. Comparación del consumo mundial de carnes, 2001

Carne	Mundo	Sud América
Cerdo	14.84 Kg (41,7%)	7,8 Kg (13,5%)
Pollo	10,86 Kg (30,6 %)	20,0 Kg (35,0%)
Bovino	9.83 Kg (27,7 %)	29,5 Kg (51,5%)

Fuente: L. Roppa, adaptado de FAO stat e Abipecs, 2002

Apéndice 6. Consumo de Carne de Cerdo en el Continente Sud Americano, 2001

País	Kg/persona/2001
Chile	16,5
Brasil	11,2
Uruguay	10,2
Argentina	7,7
Perú	3,8
Colombia	2,6
Mundo	14,6
Europa	44,6

Fuente: L.Roppa, con los datos de las Asociaciones de Productores y FAO,2001

Apéndice 7. Comparación de los ocho departamentos con mayor población porcina en el año 2000, con respecto a su población en el año 1996

Departamentos	Población Porcina		Ranking	
	1996	2000	1996	2000
Lima	321.895	395.400	1	1
Huánuco	176.221	311.263	6	2
Cajamarca	232.142	200.124	2	3
Ancash	185.274	189.333	5	4
Cusco	125.291	187.969	7	5
Piura	189.500	166.300	4	6
La Libertad	114.790	155.026	8	7
Apurímac	207.168	140.933	3	8

Adaptado de Minag (2001)

Apéndice 8. Distribución de la población porcina por clases, según el tamaño de la piara

Tamaño de Piara	Total Cabezas	Clases			
		Verracos	Marranas	Gorrinos	Lechones
Total	2 186 867	20.2	33.0	22.0	24.8
Menos de 5	1 003 823	27.8	41.2	15.6	15.4
De 5 a 9	543 664	18.1	30.8	19.5	31.6
De 10 a 19	243 909	16.9	28.0	21.9	33.0
De 20 a mas	397 471	5.6	18.7	41.7	34.0

Adaptado de INEI (1996)

Apéndice 9. Población porcina y saca nacional en el periodo 1996-2000

Años	Población	Crecimiento	Saca-Cabezas	Saca-%
1996	2'533.236	5,49	1'563.088	61,7
1997	2'480.977	- 2,06	1'588.131	64,0
1998	2'531.474	2,04	1'619.214	64,0
1999	2'783.592	9,96	1'842.728	66,2
2000	2'818.653	1,26	1'883.084	66,8

Adaptado de Minag (1999,2001)

Apéndice 10. Producción de carne porcina en el Perú Periodo 1996-2000

Años	Saca Estimada	Producción TM	Peso Canal Kg
1996	1'563.088	83.000	53,1
1997	1'588.131	86.600	54,5
1998	1'619.214	90.676	56,0
1999	1'842.728	93.208	50,6
2000	1'883.084	94.701	50,3

Adaptado de Minag (1999,2001)

Apéndice 11. Estimados de la población de marranas bajo explotación comercial

Áreas Geográficas	Población Estimada	Tamaño de Granjas
Costa Norte	4,000 - 6,000	100 - 1,200
Costa Central	14,000 - 16,000	100 - 1,500
Costa Sur	2,000 - 4,000	20 - 450
Oriente	1,000 - 2,000	20 - 250
Total	21,000 - 28,000	20 - 1,500

Kalinowski (2000)

Apéndice 12. Análisis del modelo de regresión que mejor se ajusta a las observaciones para los cerdos (machos y hembras) sacrificados con aturdimiento eléctrico

Donde la variable independiente es las horas de tomada las muestras de pH y la variable dependiente los niveles de pH de los cerdos sacrificados con aturdimiento.

Independent: HORACON

Dependent	Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
PHCON	LIN	.298	2897	1232.66	.000	6.1528	-.0252		
PHCON	LOG	.505	2897	2952.78	.000	6.4452	-.2708		
PHCON	QUA	.490	2896	1393.01	.000	6.4985	-.1065	.0032	
PHCON	CUB	.559	2895	1224.64	.000	6.7571	-.2277	.0152	-.0003
PHCON	EXP	.296	2897	1220.93	.000	6.1396	-.0042		

Para poder determinar que modelo se adecua mejor a las observaciones se analizó el coeficiente de determinación, en la tabla se representa como (Rsq) mientras mayor sea el coeficiente de determinación se puede decir que ese modelo se adecua mas a las observaciones, el modelo que más se ajusta a las observaciones es el modelo cúbico con un Rsq= 0.559

Apéndice 13. Análisis del modelo de regresión que mejor se ajusta a las observaciones para los cerdos (machos y hembras) sacrificados sin aturdimiento

Donde la variable independiente es las horas de tomada las muestras de pH y la variable dependiente los niveles de pH de los cerdos sacrificados sin aturdimiento.

Independent: HORASIN

Dependent	Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
PHSIN	LIN	.316	2897	1339.28	.000	6.2755	-.0282		
PHSIN	LOG	.566	2897	3772.52	.000	6.6221	-.3114		
PHSIN	QUA	.558	2896	1830.47	.000	6.6974	-.1274	.0039	
PHSIN	CUB	.644	2895	1748.64	.000	7.0112	-.2745	.0185	-.0004
PHSIN	EXP	.314	2897	1323.07	.000	6.2582	-.0046		

Apéndice 14. Análisis del modelo de regresión que mejor se ajusta a las observaciones para los cerdos hembras) sacrificadas con aturdimiento eléctrico

Donde la variable independiente es las horas de tomada las muestras de pH y la variable dependiente los niveles de pH de los cerdos hembras sacrificados con aturdimiento.

Independent: HORACON

Dependent	Mth	Rsqr	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
PHHEMCON	LIN	.299	1883	802.99	.000	6.1263	-.0249		
PHHEMCON	LOG	.541	1883	2218.51	.000	6.4363	-.2769		
PHHEMCON	QUA	.530	1882	1061.71	.000	6.5012	-.1131	.0035	
PHHEMCON	CUB	.626	1881	1047.36	.000	6.8017	-.2540	.0174	-.0004
PHHEMCON	EXP	.297	1883	796.35	.000	6.1112	-.0041		

Apéndice 15. Análisis del modelo de regresión que mejor se ajusta a las observaciones para los cerdos hembras sacrificadas sin aturdimiento

Donde la variable independiente es las horas de tomada las muestras de pH y la variable dependiente los niveles de pH de los cerdos hembras sacrificadas sin aturdimiento.

Independent: HORASIN

Dependent	Mth	Rsqr	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
PHHEMSIN	LIN	.349	1883	1010.90	.000	6.2567	-.0292		
PHHEMSIN	LOG	.603	1883	2859.98	.000	6.6030	-.3173		
PHHEMSIN	QUA	.597	1882	1395.32	.000	6.6779	-.1283	.0039	
PHHEMSIN	CUB	.678	1881	1321.28	.000	6.9782	-.2691	.0178	-.0004
PHHEMSIN	EXP	.348	1883	1004.08	.000	6.2402	-.0048		

Apéndice 16. Análisis del modelo de regresión que mejor se ajusta a las observaciones para los cerdos machos sacrificados con aturdimiento

Donde la variable independiente es las horas de tomada las muestras de pH y la variable dependiente los niveles de pH de los cerdos machos sacrificados con aturdimiento

Independent : HORACON

Dependent	Mth	Rsqr	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
PHMACHCO	LIN	.305	1012	443.90	.000	6.2021	-.0257		
PHMACHCO	LOG	.454	1012	840.73	.000	6.4615	-.2594		
PHMACHCO	QUA	.438	1011	394.66	.000	6.4934	-.0942	.0027	
PHMACHCO	CUB	.471	1010	300.30	.000	6.6742	-.1790	.0111	-.0002
PHMACHCO	EXP	.303	1012	439.52	.000	6.1929	-.0043		

Apéndice 17. Análisis del modelo de regresión que mejor se ajusta a las observaciones para los cerdos machos sacrificados sin aturdimiento

Donde la variable independiente es las horas de tomada las muestras de pH y la variable dependiente los niveles de pH de los cerdos machos sacrificados sin aturdimiento

Independent : HORASIN

Dependent	Mth	Rsqr	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2	b3
PHMACHSI	LIN	.272	1012	377.63	.000	6.3105	-.0262		
PHMACHSI	LOG	.523	1012	1107.96	.000	6.6574	-.3005		
PHMACHSI	QUA	.514	1011	533.59	.000	6.7337	-.1257	.0039	
PHMACHSI	CUB	.613	1010	533.49	.000	7.0726	-.2846	.0196	-.0004
PHMACHSI	EXP	.268	1012	369.60	.000	6.2918	-.0042		

HIPÓTESIS

Ho: $\tau_1 = \tau_2 = 0$

H1: al menos un $\tau_i \neq 0$

Ho: $\omega_1 = \omega_2 = 0$

H1: al menos un $\omega_i \neq 0$

Ho: $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 \dots = \beta_{13} = 0$

H1: al menos un $\beta_j \neq 0$

Ho: $(\tau\beta)_{ij} = 0$

H1: al menos un $(\tau\beta)_{ij} \neq 0$

General Linear Models Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
ATUR	2	0 1
SEX	2	0 1
TIEM	13	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 24

Number of observations in data set = 5798

Apéndice19. Análisis de la hipótesis del modelo mediante ANOVA (análisis de varianza)

Anova

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PH

Source	GL	SM	CM	F Value	Pr >F
SEX	1	7.96455508	7.96455508	106.08	0.0001
TIEM	12	405.81709679	33.81809140	450.41	0.0001
Error A	12	0.90099554	0.07508296		
Parcela grande	25	414.68264741			
ATUR	1	8.51207053	8.51207053	185.56	0.0001
ATUR* SEX	1	0.14617702	0.14617702	3.19	0.0743
Error B	5770	264.68341649	0.04587234		
Total	5797	738.47157663			

R-Square	C.V.
0.641579	3.648990

Como se aprecia en el análisis de varianza el grado de significancia es de $pr = 0.0001 < 0.05$ por lo tanto se rechaza la hipótesis nula entonces se puede decir que existen diferencias de niveles de pH en las horas de medición, existen diferencias de niveles de pH de los cerdos machos y hembras, existen diferencias entre los cerdos sacrificados con y sin aturdimiento.

A su vez en el análisis de varianza en la prueba de hipótesis para la interacción aturdimiento-sexo $pr = 0.0743 > 0.05$ no se rechaza la hipótesis nula entonces se puede decir que el factor aturdimiento no depende de los niveles de sexo (hembra y macho)

FIGURA 1. Aturdimiento eléctrico: Posición oreja-ojo



FIGURA 2. Izado y Sangría



FIGURA 3. Escaldado



FIGURA 4. Depilado



FIGURA 5. Flameado



FIGURA 6. Eviscerado



FIGURA 7. Lavado



FIGURA 8. Retoque



FIGURA 9. Pesado



FIGURA 10. Oreo y Conservación en refrigeración



FIGURA 11. Soluciones pH 7.00 y 4.00, Agua Destilada, Solución de Mantenimiento de Eléctrodos, Solución Limpiadora de Eléctrodos, Potenciómetro, Electrodo y Termómetro



FIGURA 12. Toma de Muestra: Músculo Semimembranoso de la pierna izquierda

