

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA



**“EFECTO DE DOS MÉTODOS DE ATURDIMIENTO *PRE MORTEM* EN
EL SACRIFICIO DE CUYES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS
TECNOLÓGICAS DE LA CARNE”**

Presentado por:

NARCISO EDUARDO HUAMANI TAIPE

***TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA***

Lima – Perú

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL

**EFFECTO DE DOS MÉTODOS DE ATURDIMIENTO *PRE MORTEM* EN EL
SACRIFICIO DE CUYES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE
LA CARNE**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

Presentado por:

NARCISO EDUARDO HUAMANI TAIPE

Sustentada y aprobada ante el siguiente Jurado:

.....
Ing. Mg. Sc. José Sarria B.

Presidente

.....
Ing. Mg. Sc. Jorge Vargas M.

Patrocinador

.....
Ing. Mg. Sc. Alejandrina Sotelo M.

Miembro

.....
Ing. Mg. Sc. Víctor Hidalgo L.

Miembro

DEDICATORIA

A mis queridos padres Narciso Huamaní Osorio y
Elvira Taipe Izaguirre quienes me enseñaron y animaron
en la carrera del estudio, por sus consejos, dedicación,
amor y apoyo brindado a lo largo de mi carrera profesional.
A ellos mi eterno agradecimiento.

A mis hermanos Lucho, Enrique, Paola y Jesús
por su gratitud y apoyo incondicional.

Con mucho amor a Jennifer Álvarez por el apoyo moral
e incondicional brindado para la culminación de este estudio.

A mis amores Agustina, Qorianka y Eluney.

AGRADECIMIENTOS

- Al Ingeniero Jorge Vargas por el gran apoyo brindado durante la realización de esta investigación, por su comprensión, amistad, trasmisión de conocimientos y dedicación para la conclusión de este trabajo.
- Al Ing. José Sarria por las correcciones y recomendaciones que me brindó en la redacción de esta investigación. Gracias por sus exigencias que me ayudaron a mejorar profesionalmente.
- A mis jurados de tesis Ing. Víctor Hidalgo e Ing. Alejandrina Sotelo por sus opiniones y correcciones acertadas para la conclusión de la presente investigación.
- A la Ing. Teresa Montes por el apoyo y consejo en la realización de esta investigación. Gracias por su amistad y por ser una gran persona y profesional.
- A la Granja de Cieneguilla por los animales brindados para el desarrollo de la investigación y al personal que labora en el Programa de Investigación y Proyección Social de Carnes.
- A la ingeniera Lilia Chauca por brindarme información para el desarrollo de la presente investigación.
- A mi padre Narciso Huamani Osorio por el apoyo constante a lo largo de toda la investigación.
- A mis amigos Johan Portocarrero, Carolina de la Sota, Ronald Condori, Rocio Challco, Luis Godoy y Alan Mestanza por el apoyo brindado en el desarrollo de la fase experimental.
- A los profesores de la Facultad de Estadística e Informática de la UNALM: Ana Vargas y Jesús Salinas por el apoyo brindado en la parte estadística.

- Gracias a cada uno de los profesores que me formaron en el transcurso de mi formación universitaria y que me brindaron sus conocimientos que contribuyeron en mi desarrollo profesional.
- A todos mis amigos que no alcanzo a mencionar (pues son muchos), gracias por haberme dado su amistad, estoy seguro que gracias a la semilla de la amistad sembrada, pasarán los años y veremos sus frutos pues siempre recordaremos esta etapa de universidad como una de las mejores en nuestra vida.

ÍNDICE

Capítulo	Título	Pág.
I	RESÚMEN	1
II	INTRODUCCIÓN	3
III	REVISIÓN LITERARIA	5
3.1	Estructura histológica del músculo.	8
3.2	Proteínas miofibrilares.	8
3.3	Mecanismo de contracción y relajación del músculo.	9
3.4	La carne.	10
3.4.1	Características generales de la carne.	11
3.4.2	Propiedades fisicoquímicas de la carne.	11
3.4.3	Efecto del estrés del animal en el potencial de hidrógeno (pH) de la carne.	13
3.5	Factores que afectan el potencial de hidrógeno (pH) de la carne.	13
3.5.1	Factores <i>ante mortem</i> .	14
3.5.2	Factores <i>post mortem</i> .	16
3.6	Fases del proceso de sacrificio.	17
3.6.1	Aturdimiento <i>pre</i> sacrificio.	17
3.6.2	Sangrado.	20
3.6.3	Escaldado.	20
3.6.4	Depilado.	20
3.6.5	Eviscerado.	21
3.6.6	Lavado y pesado.	21
3.6.7	Conservación.	21
3.7	El fenómeno de <i>rigor mortis</i> .	21
3.8	Transformación del músculo en carne.	22
3.9	Bienestar animal.	23
3.9.1	Formas de determinación y medición del bienestar animal.	24
3.9.2	El bienestar animal en las etapas previas a la faena.	24

IV	MATERIALES Y MÉTODOS	26
4.1	Lugar y fecha de ejecución.	26
4.2	Animales experimentales.	26
4.3	Transporte de los animales.	27
4.4	Tratamientos experimentales.	27
4.5	Metodología de la investigación.	27
4.5.1	Periodo pre – experimental.	27
4.5.2	Periodo experimental.	28
4.5.3	Presencia de indicadores de aturdimiento.	28
4.5.4	Peso de la sangre.	30
4.6	Parámetros evaluados en la carcasa.	30
4.6.1	Medición del potencial de hidrógeno (pH).	30
4.6.2	Temperatura.	33
4.6.3	Rendimiento de carcasa.	33
4.6.4	Porcentaje de desangrado.	33
4.6.5	Hematomas y hemorragias.	33
4.6.6	Reflejo ocular.	33
4.6.7	Vocalización.	34
4.7	Diseño experimental.	34
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
5.1	Evaluación del potencial de hidrógeno (pH) <i>post mortem</i> .	37
5.2	Evaluación de la temperatura <i>post mortem</i> .	40
5.3	Rendimiento de carcasa.	41
5.4	Porcentaje de desangrado.	43
5.5	Presencia de lesiones en la carcasa.	44
5.5.1	Hematomas.	44
5.5.2	Hemorragias.	45
5.6	Indicadores de aturdimiento.	47
5.6.1	Reflejo ocular y vocalización o quejido.	47
VI	CONCLUSIONES	51

VII	RECOMENDACIONES	52
VIII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
IX	ANEXOS	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Pág.
1	Tratamientos experimentales.	27
2	Potencial de hidrógeno (pH) intramuscular promedio de la carne de cuy en las diferentes horas.	37
3	Temperatura promedio de la carne de cuy en las diferentes horas.	40
4	Peso vivo promedio, peso de carcasa y rendimiento al beneficio.	42
5	Peso promedio de sangre, peso vivo promedio y porcentaje de desangrado.	43
6	Número de hematomas en cada tratamiento.	45
7	Lesiones hemorrágicas producidas en las carcasas.	46
8	Reflejo ocular y vocalización o quejido.	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Título	Pág.
1	Peso vivo promedio en los tres tratamientos.	63
2	Valores de amperaje aplicado a los animales aturcidos con electronarcosis.	64
3	Variación de pH por efecto del aturdimiento con desnucado.	65
4	Variación de pH por efecto del aturdimiento con 147 voltios.	66
5	Variación de pH por efecto del aturdimiento con 157 voltios.	67
6	Análisis de variancia para el pH (T=0 horas).	68
7	Análisis de variancia para el pH (T=1 hora).	68
8	Análisis de variancia para el pH (T=6 horas).	69
9	Análisis de variancia para el pH (T=24 horas).	69
10	Valores de temperatura en el aturdimiento por desnucado.	70
11	Valores de temperatura en el aturdimiento con 147 voltios.	71
12	Valores de temperatura en el aturdimiento con 157 Voltios.	72
13	Análisis de variancia para la temperatura (T=0 horas).	73
14	Análisis de variancia para la temperatura (T=1 hora).	73
15	Análisis de variancia para la temperatura (T=6 horas).	74
16	Análisis de variancia para la temperatura (T=24 horas).	74
17	Temperatura ambiental registrada en la fase experimental.	75
18	Peso vivo, peso de carcasa, rendimiento de carcasa en el aturdimiento con desnucado.	76
19	Peso vivo, peso de carcasa y rendimiento de carcasa en el aturdimiento con 147 voltios.	77
20	Peso vivo, peso de carcasa y rendimiento de carcasa en el aturdimiento con 157 voltios.	78
21	Análisis de varianza y prueba de Tukey para el peso vivo inicial.	79
22	Análisis de varianza y prueba de Tukey para el rendimiento de carcasa.	79
23	Valores de peso vivo, peso de sangre, y porcentaje de desangrado en el	80

	aturdimiento con desnucado.	
24	Valores de peso vivo, peso de sangre, y porcentaje de desangrado en el aturdimiento con 147 voltios.	81
25	Valores de peso vivo, peso de sangre, y porcentaje de desangrado en el aturdimiento con 157 voltios.	82
26	Análisis de varianza y prueba de Tukey para el porcentaje de desangrado.	83
27	Número de animales que presentaron hematomas.	84
28	Prueba Chi – Cuadrado para la presencia de hematomas.	85
29	Número de animales que presentaron hemorragias.	86
30	Prueba Chi cuadrado para la presencia de hemorragias.	87
31	Prueba de diferencias entre proporciones para la presencia de hemorragias.	88
32	Número de animales que presentan reflejo ocular.	89
33	Prueba Chi cuadrado para la presencia del reflejo ocular.	90
34	Número de animales que presentan vocalización.	91
35	Prueba Chi - Cuadrado para la presencia de la vocalización o quejido.	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Pág.
1	Organización del músculo.	6
2	Organización general del músculo estriado.	7
3	Esquema de un sarcómero, con indicación de la disposición relativa de las principales proteínas contráctiles y un número de otros constituyentes del citoesqueleto de la fibra muscular.	9
4	Contracción muscular.	10
5	Métodos de aturdimiento aplicado en los tratamientos experimentales.	29
6	Equipo de aturridor eléctrico: voltímetro, pinza, amperímetro y transformador.	30
7	Diagrama de flujo en el beneficio de cuyes.	31
8	Músculo <i>Aductor femoris</i> donde se realizó la medida del potencial de hidrógeno (pH).	32
9	Potencial de hidrógeno (pH) intramuscular promedio a las 24 horas <i>post mortem</i> en los tres tratamientos.	39
10	Temperatura intramuscular final en los tres tratamientos.	41
11	Porcentaje de rendimiento de carcasa en los tres tratamientos.	43
12	Porcentaje de desangrado en los tres tratamientos.	44
13	Porcentaje de hemorragias en los tres tratamientos.	46
14	Porcentaje de animales que presentaron reflejo ocular.	48
15	Porcentaje de vocalización en los tres tratamientos.	48

I. RESÚMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional Agraria La Molina entre los meses de Setiembre y Diciembre del 2013. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de dos métodos de aturdimiento *pre mortem* en cuyes (*Cavia porcellus*) sobre el pH intramuscular, temperatura, porcentaje de desangrado y rendimiento de carcasa. Se evaluó también el reflejo ocular y la vocalización como indicadores de aturdimiento; y las hemorragias y hematomas producto del aturdimiento aplicado. Se utilizaron 135 cuyes machos del genotipo Cieneguilla – UNALM entre las 8 a 10 semanas de edad con pesos vivos de 800 a 1100 gramos. Los tratamientos fueron: T1 (aturdimiento por desnucado), T2 (electronarcosis con 147 voltios) y T3 (electronarcosis con 157 voltios). Las mediciones del potencial de hidrógeno (pH) como medida del grado de acidez de la carne fueron tomadas en el músculo *Aductor femoris* utilizando un potenciómetro digital, las medidas se tomaron a las 0, 1, 6 y 24 horas *post* beneficio. Los resultados indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en los siguientes parámetros registrados en el experimento: pH, temperatura, rendimientos de carcasa, porcentaje de desangrado, hemorragias en la canal, vocalización y reflejo ocular. El pH a las 24 horas *post* beneficio en el músculo *aductor femoris* fueron de 6.02 ± 0.13 , 6.02 ± 0.11 y 6.01 ± 0.10 para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente. La temperatura en el músculo *aductor femoris* a las 24 horas *post* beneficio toman un valor mínimo de 10.92 ± 1.89 , 10.75 ± 1.89 y 10.85 ± 2.47 para los T1, T2 y T3 respectivamente. Los rendimientos de carcasa fueron de 69.20 ± 0.06 , 68.67 ± 0.02 y 69.46 ± 0.03 para los T1, T2 y T3 respectivamente. Los porcentajes de desangrado que se obtuvieron fueron de $3.47 \pm 0.003\%$, $3.49 \pm 0.003\%$ y $3.49 \pm 0.003\%$ para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente. En cuanto a las hemorragias producidas producto del tipo de aturdimiento aplicado estas se presentaron en 8.89%, 4.44% y 6.67% para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente. Para el reflejo ocular los resultados indican que un 86.87%, 95.56% y 97.78% presentaron reflejo ocular mientras que un 8.89%, 6.67% y 8.89% presentaron

vocalización para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente. Finalmente se encontraron diferencias estadísticas significativas en el número de hematomas producidos, resultando 57.78% en el tratamiento con desnucado (T1) y ningún hematoma en los tratamientos con electronarcosis (T2 y T3).

Palabras clave: voltaje, pH postmortem

II. INTRODUCCIÓN

La carne es el alimento procedente de la musculatura de los animales y la conversión del músculo en carne es el fundamento del proceso que lleva desde el animal vivo hasta su transformación en alimento. La operación central de este proceso es el sacrificio de los animales, pero esta operación no puede considerarse aislada con respecto al manejo previo al sacrificio y al procesado posterior. Este manejo previo al sacrificio de los animales tiene un efecto importante sobre la calidad y, por tanto, sobre el valor de la carne, así mismo el procesado posterior influye no solo en la calidad de la carne sino también en sus posibilidades de conservación. Si bien el manejo *ante mórtem* de los animales de abasto es inevitablemente estresante, lo aconsejable es buscar formas de mantener el estrés al mínimo. Los tratamientos ejercidos, tanto antes como después del sacrificio de un animal, determinan la calidad final de la carne obtenida. Dos son los parámetros fundamentales a controlar en las salas de despiece, mataderos y plantas manipuladoras de carne con el fin de conseguir resultados óptimos en el producto final: el pH y la temperatura de las carcasas.

Uno de los factores que más destacan es el manejo *pre* sacrificio y el aturdimiento correcto de los animales para el logro de una carne de mejor calidad y para que se cumpla con las exigencias del sacrificio humanitario. Es así que se conocen tres métodos básicos para lograr el aturdimiento: la percusión, la electricidad y el gas. Los animales deben ser aturridos antes del sacrificio por un método apropiado y reconocido que debe producir pérdida inmediata del conocimiento que dure hasta la muerte. Un manejo inadecuado y el método de sacrificio en el período previo a la faena generan estrés en los animales. Este estrés conlleva cambios de tipo metabólico y hormonal en el músculo del animal vivo, que se traducen en cambios de color, pH y capacidad de retención de agua en el músculo *post mortem*. Como consecuencia, las características físicas y organolépticas se ven alteradas produciendo cambios que se traducen en carcasas menos aceptables al consumidor, así mismo el aceleramiento del

deterioro por el crecimiento bacteriano se incrementa afectando la calidad y la comercialización de la carne.

En el caso de sacrificio de cuyes en el Perú el más utilizado para insensibilizar al animal es el método del desnucado. Este método causa un estrés y no es el más adecuado desde el punto de vista del bienestar animal, ya que causa la liberación de hormonas del estrés que afectan en muchos casos directamente la calidad de la carne, así como también el daño de la carcasa producto del desnucamiento que se realiza.

Esta también el aspecto ético, donde los seres humanos, y especialmente los profesionales del área pecuaria, tienen la responsabilidad y deber de velar por el bienestar de los animales. Es por ello que se deberán tomar medidas para minimizar el dolor, la ansiedad y estrés experimentados durante su vida y antes del sacrificio, de esta manera asegurar al máximo su bienestar (Córdova *et al.*, 2005). Es así que diversos estudios científicos demuestran que la utilización de protocolos de bienestar animal permite obtener productos cárnicos de óptima calidad y alcanzar altos grados de eficiencia en las distintas etapas de la cadena de comercialización. Si a ello se suma el mejoramiento en los ingresos, como resultados de un aumento en el precio de los productos, se concluye que la adopción de esta nueva tendencia en el negocio pecuario es una alternativa favorable para su desarrollo (González *et al.*, 2004).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de dos métodos de aturdimiento: el desnucado y la electronarcosis a dos niveles de voltaje (147 y 157 voltios) en el aturdimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) sobre pH intramuscular, temperatura, porcentaje de desangrado y rendimiento de carcasa. Así mismo, tuvo también dos objetivos adicionales: evitar daños mayores a las carcasas producto del aturdimiento con desnucado y seguir la tendencia mundial de bienestar animal evitando de esta manera el sufrimiento innecesario de los animales. Finalmente se evaluaron el número de hematomas y hemorragias producto del método de aturdimiento y como indicadores adicionales relacionados con el bienestar animal se evaluaron el reflejo ocular y la vocalización o quejido.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 ESTRUCTURA HISTOLÓGICA DEL MÚSCULO

La fibra muscular es la unidad contráctil del músculo esquelético. Su longitud puede variar de varios milímetros a 30 cm, es multinucleada y su diámetro oscila entre 10 y 100um (Lockhart, 1972). Ésta contiene ciertas estructuras fibrilares dispuestas longitudinalmente, las miofibrillas, que están constituidas por finas fibras de proteína, los filamentos. Rodeando a cada fibra muscular y bajo el tejido conjuntivo del endomisio existe una lámina, el sarcolema o membrana de la fibra muscular, en cuyo interior se encuentran las miofibrillas que están rodeadas por una fase líquida, el sarcoplasma, en el que aparecen una serie de orgánulos que incluyen las mitocondrias, los lisosomas, los peroxisomas y los cuerpos lipídicos sarcoplásmicos (López y Casp, 2004).

En la Figura 1 se muestra como está organizado el músculo esquelético, rodeado por una lámina envolvente de tejido conectivo, denominada epimisio. A partir de la superficie interna de éste penetran en el músculo septos que separan las fibras musculares en haces de fibras, los cuales constituyen lo que se conoce como perimisio. En este se encuentran los vasos sanguíneos de mayor tamaño y los nervios. Desde la superficie interna del perimisio surge hacia el interior del entramado de tejido conectivo que rodea a cada fibra muscular individual, la cual se denomina endomisio (Forrest *et al.*, 1979; Hui, 2006).

Las miofibrillas, como se observa en la Figura 2 están formadas por unidades idénticas enlazadas longitudinalmente denominadas sarcómeros, que constituyen la unidad básica repetitiva de la miofibrilla en la que tienen lugar los ciclos de relajación y contracción. Estas unidades están separadas entre sí por medio de discos ópticamente densos (discos Z), a ambos lados de este disco Z se encuentra una banda clara I (isótropa); en el centro de los sarcómeros aparece una zona birrefringente A (anisótropa), cada una de ellas contiene una zona H central

más clara, mientras que la línea M forma una línea densa en el centro de la banda A (López y Casp, 2004).

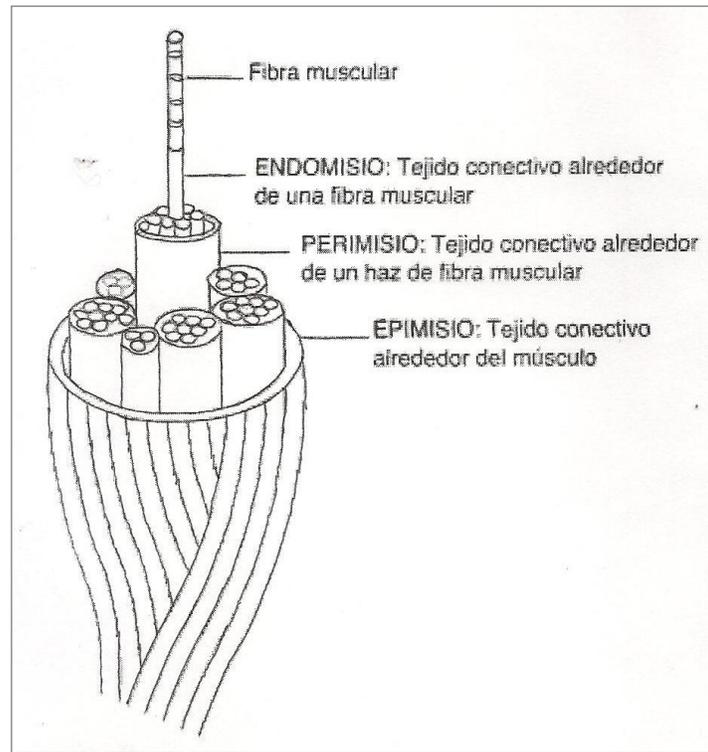


Figura 1: Organización del músculo.

Fuente: López y Casp (2004).

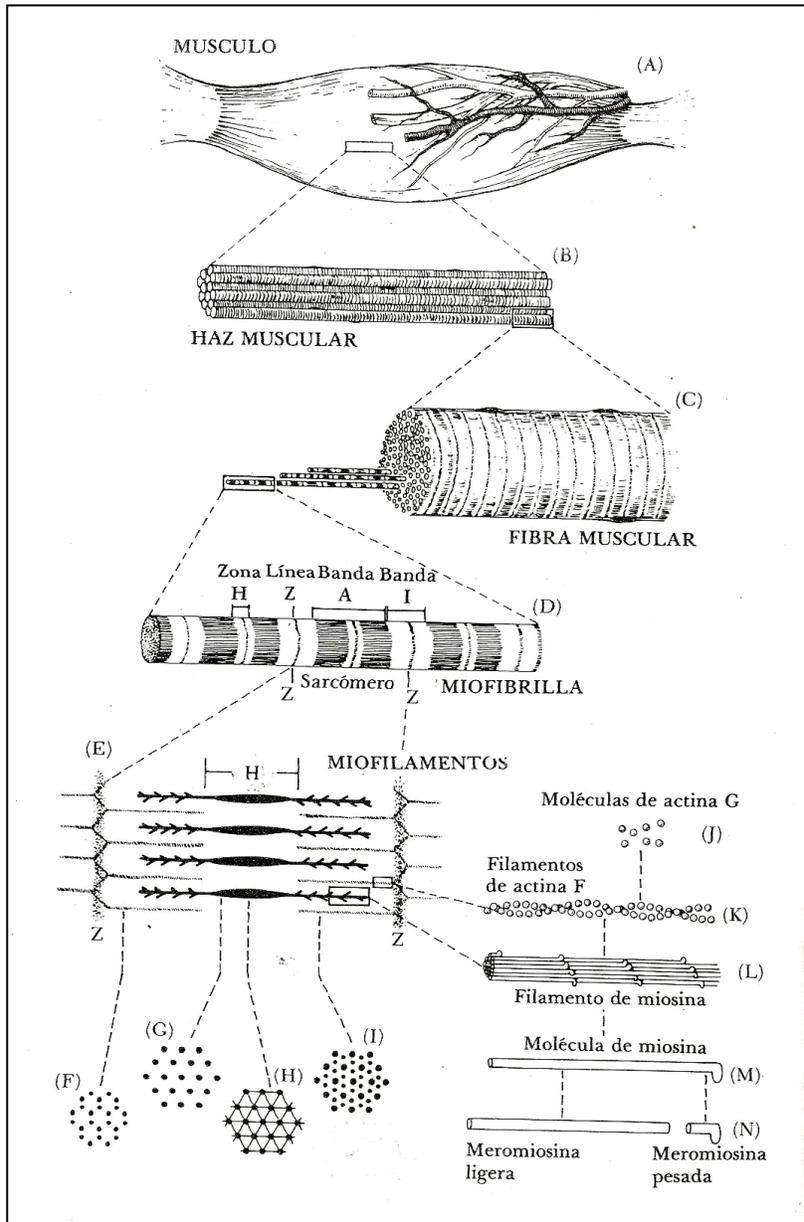


Figura 2: Organización general del músculo estriado.

Fuente: Forrest *et al.* (1979).

3.2 PROTEÍNAS MIOFIBRILARES

Para Forrest *et al.* (1979) las proteínas miofibrilares constituyen del 55% al 60% de la proteína del músculo y éstas a su vez basadas en sus funciones fisiológicas dentro del músculo, pueden clasificarse en proteínas contráctiles y proteínas reguladoras. Una representación de un sarcómero del músculo con las proteínas más importantes involucradas en su estructura se presenta en la Figura 3.

3.2.1 Proteínas contráctiles: En este grupo se encuentran la miosina y la actina, las cuales están directamente relacionadas con el ciclo contracción – relajación del músculo. La miosina es la proteína miofibrilar más abundante, constituye más de una tercera parte de la proteína del músculo, tiene un peso molecular de 500 kilo Dalton (kDa) y contiene dos cadenas pesadas idénticas de aproximadamente 220 kDa cada una y dos cadenas ligeras de aproximadamente 14 a 20 kDa dependiendo de la especie y tipo de músculo (Lawrie, 1985). La actina es la segunda proteína miofibrilar más abundante comprendiendo un 20% del total, su peso molecular es aproximadamente 42 kDa tiene una estructura globular con menos de un 30% de alfa hélice (Price y Schweigert, 1994).

3.2.2 Proteínas reguladoras: Estas proteínas juegan un papel muy importante en el ciclo de la contracción – relajación. Se dividen en dos grupos: las proteínas reguladoras mayores y las reguladoras menores (Lawrie, 1985).

a. Proteínas reguladoras mayores: Son la tropomiosina y la troponina. La tropomiosina es la segunda proteína más abundante del filamento delgado y constituye el 7% de la proteína total de la miofibrilla, tiene un peso molecular de 68 kDa. La troponina es una proteína globular con un contenido de prolina, constituye del 8 al 10% de la proteína miofibrilar. Los tres componentes de la troponina son: troponina I (PM: 22 kDa) la cuál por si misma inhibe la actomiosina ATP – asa en presencia o ausencia de iones Ca^{2+} , y la troponina C (PM: 18 kDa), que se fija reversiblemente a los iones Ca^{2+} , y la troponina T (PM: 37 kDa), que se une a la tropomiosina y fija los otros dos componentes al filamento delgado (Penny, 1984).

b. Proteínas reguladoras menores: Cuantitativamente la mayor parte de ellas no son importantes, pero se cree que tienen conexión con la estructura de los filamentos miofibrilares. La α actina es el mayor componente de la línea Z y está estimado que esta proteína constituye menos del 20% del total de la proteína de la línea Z en el músculo esquelético. Una de las posibles funciones de la α actina puede ser regular el ancho de los filamentos (Vigoreaux, 1994).

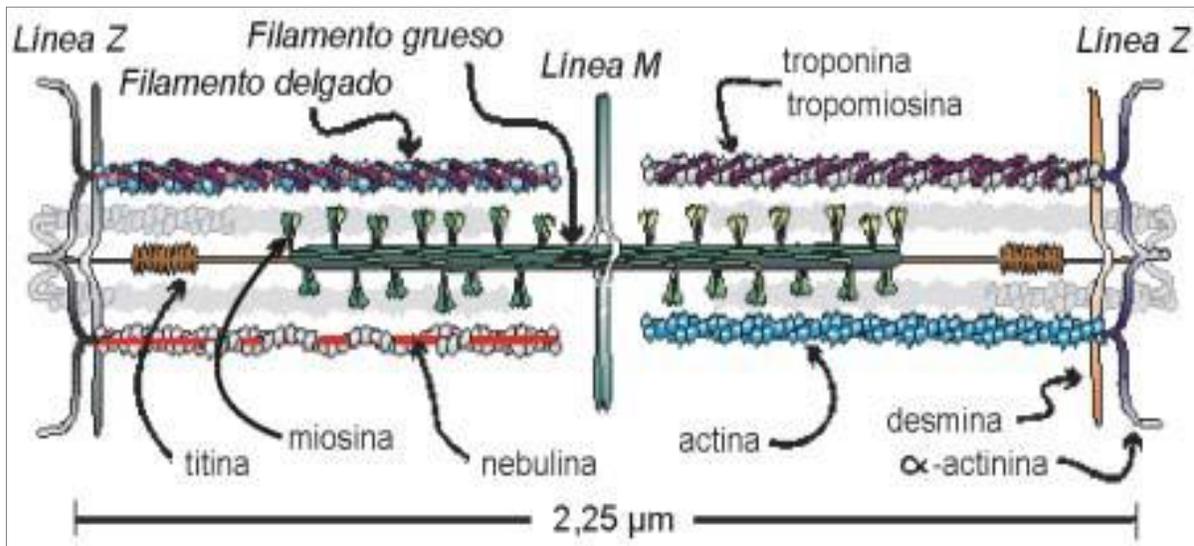


Figura 3. Esquema de un sarcómero, con indicación de la disposición relativa de las principales proteínas contráctiles y un número de otros constituyentes del citoesqueleto de la fibra muscular.

Fuente: Andújar *et al.* (2003).

3.3 MECANISMO DE CONTRACCIÓN Y RELAJACIÓN DEL MÚSCULO

La contracción muscular se inicia cuando llega el impulso nervioso a través de las extensiones del sarcolema, denominadas túbulos – T, a partir de ello se origina una despolimerización del retículo sarcoplásmico, lo cual genera la liberación de iones de Ca^{2+} . El calcio liberado se une a una proteína denominada troponina C, activándose con ello el mecanismo que permite la interacción de la actina con las cabezas de miosina de los filamentos gruesos y donde se da lugar a la formación del complejo acto – miosina, lo cual propicia un aumento del traslape de los filamentos gruesos y delgados, y provocan la contracción muscular (Lawrie, 1985; Hui *et al.*, 2006).

La energía necesaria para la contracción muscular procede de la hidrólisis del ATP, lo cual es catalizado por la enzima ATPasa, localizada en las moléculas de miosina (Stryer, 1988). La relajación se produce por la eliminación del calcio y la desactivación de la actividad ATPasa de la miosina, lo que conlleva a una disociación del complejo acto – miosina. Tan pronto como se reduce la concentración de iones Ca^{2+} y se desactiva la miosina – ATPasa, se forma el complejo ATP – magnesio que relaja y flexibiliza la estructura contráctil; el mecanismo de contracción y relación se muestra en la Figura 4.

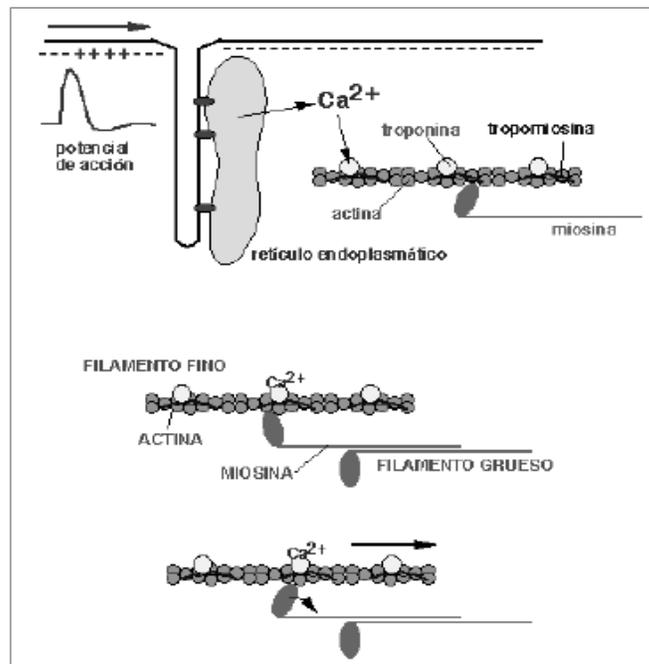


Figura 4: Contracción muscular.

Fuente: Nelson, D. (2001).

3.4 LA CARNE

Ranken (2003) define la carne como todas las partes aptas para el consumo humano de animales domésticos de las especies bovina, porcina, ovina y caprina, así como de solípedos domésticos (el caballo, por ejemplo). Y como carnes frescas se consideran aquellas que no hayan sufrido ningún tratamiento más que el frío (incluidas las envasadas al vacío o en atmósfera controlada), con el fin de asegurar su conservación. Para Forrest (1979) la carne se define como aquellos tejidos animales que pueden emplearse como alimento. Todos los

productos procesados o manufacturados dentro de normas de higiene y sanidad, que se preparan a partir de aquellos tejidos de la carcasa.

3.4.1 Características generales de la carne

La composición química de la carne es de vital importancia no sólo desde un punto de vista nutritivo, sino también en lo referente a las propiedades tecnológicas, higiénico-sanitarias y sensoriales. López y Casp (2004) mencionaron que la carne está constituida aproximadamente por un 75% de agua, 19% de proteína; 3.50% de sustancias no proteicas solubles y un 2.50% de grasa. El resto lo constituyen carbohidratos, nitrógeno de origen no proteico y compuestos no nitrogenados que, aunque cuantitativamente tienen poca importancia, son de gran valor desde el punto de vista nutritivo de la carne (Lawrence y Fowler, 1997; Lawrie, 1998).

Dentro de las proteínas del músculo se encuentran las proteínas miofibrilares, siendo la actina y la miosina las principales, su combinación da lugar a la formación de actomiosina contráctil del músculo activo o en *pre rigor* y la actomiosina inextensible del músculo en *rigor mortis*. Las grasas desempeñan una función importante en la nutrición ya que son utilizadas como fuente de energía, son portadores de vitaminas liposolubles y aportan ácidos grasos esenciales. Las sustancias minerales participan de múltiples maneras en los procesos fisiológicos del organismo, actuando como catalizadores en varios procesos biológicos y ejerciendo una acción promotora de la actividad de muchas enzimas (Fritz y Antila, 1993 y Sencer y Scherz, 1999).

3.4.2 Propiedades fisicoquímicas de la carne:

a. El potencial de hidrógeno (pH) de la carne: Este determina si una sustancia es ácida o básica, calculado por el número de iones hidrógeno presentes en una solución. Es medido en una escala de 0 a 14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Enfocándonos en la parte de tecnología de la carne Price *et al.* (1976) mencionan que el pH del músculo de un animal vivo está cerca de la neutralidad. Después de la muerte desciende más o menos rápidamente, para alcanzar después de la rigidez cadavérica valores entre 5.40 y 5.80 (en condiciones normales y dependiendo de la especie). Sin embargo, este valor de pH depende en gran

medida del contenido de glucógeno presente en el músculo en el momento del sacrificio. Luego de que el animal muere, el glucógeno es convertido en ácido láctico vía glucólisis, y si las reservas son elevadas, una concentración de alrededor del 0.90% es alcanzada con una disminución del pH. Si las reservas de glucógeno son consumidas antes del sacrificio, la concentración final de ácido láctico puede ser menos de la mitad del valor normal, con un valor de pH que puede ser mayor a 6.00 (Gill y Newton, 1982). Según Hofmann (1988) el pH tiene influencia directa e indirecta sobre: el color, la terneza, el sabor, la capacidad de fijación de agua y la conservación de la sangre. Hood y Tarrant (1980) señalan que la calidad de la carne se deteriora cuando el pH final es igual o mayor a 5.80 y este es el valor que en la práctica se debiera considerar, sin embargo es aun problemático ya que muchas veces no se llega a alcanzar este valor.

Huamán (2010) evaluó el efecto de la ducha *ante mortem* sobre el pH de la carcasa medido durante las primeras 12 horas *post* beneficio tradicional del cuy (*Cavia porcellus*) genotipo Perú. Los resultados de pH intramuscular del músculo *Psoas mayor* derecho del cuy a las 0 horas *post* beneficio sin empleo de ducha *ante mortem* fue de 5.99, mientras con el uso de la ducha *ante mortem* fue de 5.89. A las 4 horas *post* beneficio el pH del músculo del cuy sin ducha fue de 5.66 y con ducha 5.63. A las 12 horas *post* beneficio alcanzó un pH de 5.59 en los cuyes sin ducha *ante mortem* y un pH de 5.51 en los cuyes con uso de ducha *ante mortem*.

b. Temperatura: Para Restrepo *et al.* (2001) la temperatura influye tanto en el tiempo necesario para alcanzar el pH al que se inicia el *rigor mortis*, como en el tiempo que transcurre hasta que se alcanza el pH final. La temperatura del músculo inmediatamente después del sacrificio es relativamente alta (aproximadamente 37°C), temperatura ideal para el desarrollo de las bacterias mesófilas (entre 25°C y 40°C, sin embargo es posible encontrarlas hasta 10°C).

c. Color: García - Barrientos *et al.* (2002) mencionan que el color de la carne va a depender de factores de tipo fisiológico y de proceso, tales como la especie (los bovinos tienen mayor concentración de mioglobina que los porcinos), el sexo (los machos poseen mayor cantidad de mioglobina que las hembras y que los machos castrados), la cantidad del tipo de fibras musculares (rojo o blanca), las características genéticas y la edad (los animales viejos

producen carne de color marrón). El color de la carne depende en gran parte de los cambios de pH que se dan en el músculo, la carne oscura tiene un pH elevado y puede retener mayor cantidad de agua: la carne pálida resulta de una caída rápida del pH después de muerto el animal. Otro de los factores relacionados con el color de la carne tiene que ver con el almacenamiento, manejo y conservación de la misma (Guerrero, 2003).

3.4.3 Efecto del estrés del animal en el potencial de hidrógeno (pH) de la carne

El agotamiento del glucógeno muscular es atribuido a situaciones de estrés. Los animales que son transportados al matadero sufren especialmente trauma y miedos durante la carga, descarga y transporte, y son estresados además por las luchas de jerarquía entre ellos. Bajo estas condiciones las reservas de glucógeno que se han visto reducidas tardan un cierto tiempo hasta volver a regenerarse (Paleari *et al.*, 1995).

El estrés físico y la falta de alimento pueden tener importantes efectos sobre la calidad de la carne. El estrés *ante mortem* provoca consumo excesivo de glucógeno muscular, minimizando la cantidad de ácido láctico en el músculo *post mortem* e impidiendo con ello la caída natural del pH en este periodo (Gallo, 1997). Hofmann (1988) menciona que el pH tiene influencia directa o indirecta sobre: el color, la terneza, el sabor, la capacidad de retención de agua y la conservabilidad de la carne.

En un estudio realizado por Apple *et al.* (1995) estudiaron el efecto de distintos factores estresantes en ovinos y encontraron que aquellos animales que fueron sometidos a tratamientos estresantes presentaron valores de pH significativamente mayores (> 6.00) a los que no fueron sometidos a estrés (5.72 – 5.74). Además, la carne de los animales estresados fue significativamente más oscura y más tierna que la de los no estresados.

3.5 FACTORES QUE AFECTAN EL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH) DE LA CARNE

Son muchos los factores que influyen en la calidad de la carne, para ello se discriminará tres momentos por los que pasa el animal y/o la carne. Estos son: *ante mortem*, *pre mortem* y *post mortem*.

3.5.1 Factores *ante mortem*

Dentro de los factores *ante mortem*, se pueden separar aquellos que son inherentes al animal o intrínsecos y los que son ajenos a ellos o extrínsecos.

3.5.1.1 Factores intrínsecos:

Son aquellos factores que son inherentes al animal, entre ellos tenemos:

- a. **Raza:** En general la raza es un factor muy considerado en estudios de calidad del producto, sin embargo, sus efectos son menos importantes que los de otros factores. En un estudio realizado por Hopkins *et al.* (2007) con animales de entre 4 y 22 meses de edad de 6 genotipos diferentes que incluyen las razas Poll Dorset, Border Leicester y Merino, observaron que la raza tuvo un efecto significativo sobre el valor del pH medido en el músculo *longissimus dorsi*. Los animales cruzas de Merino presentaron valores mayores (5.47) que los animales de las razas Poll Dorset y Border Leicester (5.64 y 5.69 respectivamente). Sin embargo, en un estudio similar a este, realizado por Martínez - Cerezo *et al.* (2005) compararon los efectos de las razas Churra, Merino Español y Aragonesa en corderos. En este caso, no se encontraron efectos de la raza sobre el pH (los valores se presentaron entre 5.50 y 5.58).
- b. **Sexo:** Las diferencias entre sexos en la calidad de la carne, en general no son muy importantes. Al respecto Hargreaves (2004) indicó que los toros tienen los niveles más altos de pH, seguidos de por vacas, vaquillas, vaquillas castradas y finalmente novillos, concordando con lo que mencionan Sañudo *et al.* (1986). Por otro lado Sornay (1978) complementa lo indicado anteriormente mencionando que las diferencias entre el sexo de los animales es debido a su temperamento más excitable, con mayor motricidad y estrés físico con hipersecreción de catecolaminas.
- c. **Edad y peso de faena:** La edad, como el peso de faena, son factores que van asociados ya que un mayor peso de sacrificio en general va acompañado por una mayor edad. En un estudio realizado por Beriain *et al.* (2000) sacrificaron corderos con 12, 24 y 36 kg de peso vivo. Encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los animales de 24kg con respecto al resto. Los primeros presentaron valor de pH que rondan entre 5.77 y 5.93, mientras

que los de 13 y 36 kg presentaron valores de pH que rondaron entre 5.66 y 5.76. En un trabajo realizado por Texeira *et al.* (2005) con corderos de ambos sexos, sacrificados en tres rangos de PV: 9-14; 14-19; y 19-24 kg, encontraron que los más pesados presentaban mayores valores de pH (5.80 vs 5.70), mientras que no encontraron efectos del sexo sobre el pH.

d. Tipo de músculo: Ouhayoun y Delmas (1988) encontraron diferencias de pH entre los músculos L. *dorsi* y B. *femoris* debido al distinto tipo metabólico (el segundo es más oxidativo que el primero). Para Monin (1981) los músculos de la espalda y la pierna tienen generalmente pH finales más elevados que el lomo. De forma general se puede decir que en canales con un pH más elevado, más alto es el pH de todos sus músculos, especialmente los del cuarto posterior y largo dorsal (Sañudo *et al.*, 1998).

3.5.1.2 Factores extrínsecos:

Son todos los factores externos que no son inherentes al animal, entre ellos tenemos:

a. Sistema de producción: De acuerdo con Hargreaves *et al.* (2004) los animales criados en pradera pueden llegar al momento de la faena con bajo potencial glucolítico en sus músculos comparados con aquellos criados en confinamiento. Este autor atribuye a la menor calidad energética que tienen los pastos comparados con la dieta que recibe un animal en confinamiento. En estos últimos, el mayor nivel energético de la ración se puede traducir en mayores reservas de glucógeno muscular que pueden evitar la incidencia de cortes oscuros.

b. Dietas y aditivos: Con respecto al uso de aditivos, Lowe *et al.* (2002) estudiaron el efecto del uso de suplementación con un producto comercial y el uso de bolos ruminales con magnesio sobre la tasa de crecimiento, las respuestas al estrés *pre* sacrificio, los contenidos de glucógeno muscular y la terneza de la carne de corderos criados a pastoreo. No hallaron diferencias en los niveles de glucógeno muscular, en el pH de la carne debidas a la suplementación, ni el uso de los bolos. Los valores de pH obtenidos en todos los tratamientos fueron bajos, y se encontraron entre 5.53 y 5.55.

c. Estrés: Sañudo *et al.* (1998) mencionan que se puede hablar de dos tipos diferentes de estrés: uno es el que puede existir en la granja, que es más o menos importante, dependiendo de cuan largo sea y si este momento estresante ocurre próximo al momento del sacrificio. El

segundo, y probablemente el más importante será relacionado a las condiciones *pre* sacrificio (manejo, transporte, alimentación, etc.).

d. Transporte: El transporte resulta un evento desconocido y estresante para los animales. Involucra una serie de situaciones de manejo, tales como: carga, confinamiento, descarga y encierre en un ambiente desconocido que son desagradables y pueden llevar al *desconfort* del animal si no se planean con cuidado y apropiadamente (Grandin, 1993). Cibilis *et al.* (1994) y Van de Walter *et al.* (2003) señalan que el transporte por cualquier medio que sea, afecta las condiciones físicas del animal, así como la calidad de la carne y su vida útil, al modificar las condiciones de acidez muscular y la velocidad y duración del *rigor mortis*.

3.5.2 Factores *post mortem*:

Dentro de estos factores podemos citar aquellos que afectan las características tecnológicas de la carne posterior al beneficio.

a. Frio: El ritmo de enfriamiento de las canales tiene efecto sobre el pH de carne, debido a que la actividad de las enzimas es dependiente de la temperatura. El grado enfriamiento incide en el grado de caída del pH por la producción de ácido láctico, lo que afecta la velocidad de instauración del *rigor mortis*. La temperatura está relacionada al ritmo de consumo del ATP muscular. Este consumo se lleva a cabo en dos fases. Durante la primera, el ATP utilizado para mantener las condiciones del músculo es total o parcialmente reemplazado por la síntesis de ATP a través de la glucólisis. La segunda fase se produce cuando los niveles de ATP comienzan a caer, debido a que ya no se puede llevar a cabo la glucólisis aeróbica. La longitud de la primera fase depende de la temperatura, con un máximo a los 10 – 15 °C. A temperaturas menores o mayores a estas, esta fase será más corta, lo cual produce una reducción en el tiempo de instauración del *rigor mortis* (Warris, 2003).

b. Maduración: Para Lawrie (1985) el proceso de maduración consiste en mantener la carne fresca a una temperatura superior al punto de congelación y durante éste, la carne se hace más blanda y aromática. La maduración *post mortem* es uno de los mejores métodos para producir carne blanda. Al respecto Koohmaraie (1992) menciona que la proteólisis del músculo parece ser uno de los factores que más contribuyen al proceso de ablandamiento

durante la maduración. Este mismo autor menciona que existen dos tipos de enzimas endógenas que causan la proteólisis del músculo: las enzimas lisosomales, llamadas catepsinas y las enzimas neutras dependientes del calcio llamadas calpainas.

3.6 FASES DEL PROCESO DE SACRIFICIO

El momento de la faena, como factor vinculado al estrés, eventualmente podría tener un efecto sobre la calidad de la carne. Así pues también se debe considerar la época del año, el día de la semana y el momento del día (mañana o tarde).

Los animales deben ser aturridos antes del sacrificio por un método apropiado y reconocido que debe producir pérdida inmediata del conocimiento y que dure hasta la muerte. A los animales se les debería inmovilizar antes del aturdimiento ya que mejora la efectividad de éste, pero no deben ser sujetados a menos que vayan a ser aturridos y sacrificados sin demora.

3.6.1 ATURDIMIENTO PRE SACRIFICIO

El aturdimiento se refiere a la pérdida de la capacidad de experimentar impresiones físicas, propia de los seres vivos debido a un proceso mecánico, químico o eléctrico que interrumpe, en forma momentánea, la percepción a través de los sentidos. Dicho proceso se realiza con el fin de provocar su inconsciencia de los animales y asegurarse de que estos no se recuperarán antes de ser sacrificados (Moreno *et al.*, 1999).

Para el manejo correcto del ganado Grandin (1999) indica que es de importancia extrema para las plantas de sacrificio, que los procedimientos de manejo sean adecuados, no solamente para asegurar el bienestar animal, sino también para asegurar la calidad de la carne y la seguridad de los operarios.

Respecto a los métodos de aturdimiento Hui *et al.* (2006) mencionan que estos pueden ser clasificados en tres grupos de acuerdo con el principio, a través del cual el dispositivo utilizado produce su efecto: contusión, descarga eléctrica y narcosis por gases. Sin embargo la FAO (2001), indica que solamente las dos primeras son comunes en los países en vías de desarrollo. Se menciona además que los sistemas utilizados para producir aturdimiento y

sacrificio de los animales deben permitir un rápido desangrado, a fin de evitar que alteren las características físicas, químicas e higiénicas del producto, además se deben evitar dolores innecesarios al animal (López y Casp, 2004; Hui *et al.*, 2006).

3.6.1.2 Método de aturdimiento por contusión:

Para Wotton (1993) el objetivo de la insensibilización por noqueo es que el animal pierda en forma inmediata la conciencia, para así evitar cualquier sufrimiento innecesario durante la sangría; la muerte, que ocurre por pérdida de sangre al seccionar los vasos sanguíneos, debe ocurrir lo más pronto posible después de la insensibilización (Warris, 1996).

Hui *et al.* (2006) mencionan que el principio de este método que actúa por contusión es el trauma que el golpe, aplicado correctamente, produce sobre el sistema nervioso induciendo una pérdida parcial o total del conocimiento sin afectar la estructura anatómica del cerebro (contusión). La consecuencia del impacto produce una serie de ondas de presión en el interior del cráneo, de intensidad y frecuencia variable, cuyas rápidas oscilaciones provocan la despolarización (traumática) de la membrana celular (Lambooy *et al.*, 1982).

Una herramienta muy utilizada en el aturdimiento por contusión es la pistola de perno cautivo. Este se compone de un perno de acero con un reborde y pistón en un extremo que está sujeto al cañón, siendo probablemente el instrumento de aturdimiento más versátil, ya que es apropiado para el ganado vacuno, porcino, ovino y caprino, como también para caballos y camellos. Se puede utilizar en cualquier parte del mundo, aunque para cerdos y ovinos es preferible el aturdimiento eléctrico (FAO, 2001). En bovinos la conmoción cerebral se logra usando las pistolas de perno cautivo con penetración del cráneo, esta pistola contiene un perno o proyectil, el cual es impulsado ya sea por la detonación de un cartucho de explosivos o por aire comprimido, este último tipo es más frecuente, porque el perno perfora el cráneo y retorna a la pistola a través de una manga recuperadora que lo rodea (Blackmore *et al.*, 1988). Una insensibilización efectiva con pistola de perno cautivo depende de la fuerza del proyectil y de que el golpe se efectuó en la parte correcta del cráneo, porque la mejor posición es donde el cerebro está más cerca de la superficie de la cabeza y donde el cráneo es más delgado; en el bovino la posición ideal es en la mitad de la frente, en el punto de cruzamiento de dos líneas

imaginarias trazadas del centro de la base de los cuernos al ojo opuesto y para lograr efectividad la pistola debe sostener en ángulo recto en relación al cráneo (Humane Slaughter Association, 1998).

3.6.1.3 Método de aturdimiento por descarga eléctrica

La Humane Slaughter Association (1998) define la electronarcosis como el paso de una corriente eléctrica a través del cerebro del animal, que resulta en un inmediato y generalizado estado epiléptico. Según Cárvares *et al.* (2007) existen dos métodos de noqueo eléctrico, aquel que produce insensibilización mediante la aplicación de dos electrodos en la cabeza, que es reversible, y la técnica que agrega un tercer electrodo aplicado al cuerpo, causando además de insensibilización, paro cardíaco y muerte (irreversible); ambos tipos de sistemas requieren un cronómetro indicador del tiempo de aplicación. McKinstry *et al.* (2004) mencionan que cuando el aturdimiento eléctrico es efectivo se pueden reconocer tres fases bien diferenciadas: la primera tónica, la segunda clónica y la tercera de recuperación.

Con respecto a los equipos insensibilizadores modernos Grandin (1994) señala que estos utilizan un amperaje constante modificando el voltaje y tiempo de aplicación, acorde a la resistencia del animal, señalando además que el amperaje constituye el factor más importante para inducir el estado epiléptico.

Vergara *et al.* (2005) evaluaron el efecto del tipo de aturdimiento *pre* sacrificio sobre la calidad de la carne de corderos de la raza Manchega. Trabajaron con electronarcosis (110v, 50Hz durante 5s, utilizando electrodos ubicados a ambos lados de la cabeza, detrás de la orejas) y con gas (90% de CO₂, durante 90s, en grupos de a 5 animales, y sin aturdimiento. Encontrando que el efecto del tipo de aturdimiento sobre valores de pH medidos a los 0 min, 45 min y 24 horas fue significativo. En general, los animales que recibieron aturdimiento *pre* sacrificio siempre presentaron menores valores de pH que aquellos que no fueron aturdidos. En el pH medido a las 24 horas no encontraron diferencias entre el tipo de aturdimiento (eléctrico: 5.63; a gas: 5.65; sin aturdimiento: 5.78).

3.6.2 Sangrado

La sangría se efectúa mediante un incisión a nivel de la unión del cuello con el pecho con la finalidad de seccionar los grandes vasos sanguíneos (Chizzolini, 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, 1999).

Bello (2008) menciona que uno de los objetivos del sangrado inmediato al sacrificio animal radica en el hecho importante de retirar de la canal la mayor cantidad posible de sangre, puesto que los residuos sanguíneos constituye un medio muy favorable para el desarrollo microbiano.

3.6.3 Escaldado

Después del aturdimiento y sangrado los animales son introducidos a la poza de escaldado. El objetivo, es ablandar la piel para facilitar el depilado del animal (Forrest, 1979). El escaldado en agua caliente es el método más usado en la preparación para el pelado. El rango de temperatura del agua varía entre 57°C y 71°C. 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 (García de Siles *et al.* 2001).

3.6.4 Depilado

Es una operación característica del faenado y tiene por objeto eliminar el pelo de los animales previamente escaldados. La razón del pelado es la posible utilización de la piel en la alimentación humana (García de Siles *et al.* 2001). Después del escaldado los animales son depilados a mano sobre una mesa debiendo tener una buena presentación de la canal, dependiendo esto de un buen pelado (Forrest, 1979; García de Siles, 2001).

3.6.5 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, separando enseguidamente el intestino y el estómago. 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 y García de Siles, 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 gastrointestinal (Asdrubali y Stradelli, 1965).

3.6.6 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 y Fisher, 1994).

3.6.7 Conservación

Finalmente las canales son trasladadas a las cámaras de refrigeración que suelen tener una temperatura de 0°C 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 y García de Siles, 1994).

3.7 EL FENÓMENO DE RIGOR MORTIS

Ranken (2003) menciona que el *rigor mortis* se presenta poco después de la muerte, caracterizándose por el hecho de que el tejido muscular se encuentra en un estado de rigidez sostenida e inextensible. Ello se debe a que el control nervioso, se pierde y se desencadena la

aparición de impulsos localizados que inician rápidos ciclos de contracción y relajación muscular (Carballo, 2001).

Por otro lado Frandson (1988) indica que esta rigidez surge cuando la mayor parte del ATP se agota en el músculo, esto genera que el calcio ya no puede ser llevado de regreso hacia el retículo sarcoplásmico por la bomba de calcio, por tanto ya no puede haber relajación, debido a que los filamentos de actina y miosina quedan unidos en un estado de contracción continua, hasta que la autólisis celular y la degradación proteínica descomponen el músculo y queda éste en estado relajado.

3.8 TRANSFORMACIÓN DEL MÚSCULO EN CARNE

Una vez ocurrido el sacrificio del animal, se lleva a cabo el proceso de transformación del músculo en carne. La carne es el resultado de dos cambios bioquímicos que ocurren en el periodo *post mortem*: el establecimiento del *rigor mortis* y la maduración. El principal proceso que se lleva a cabo durante el establecimiento del *rigor mortis* es la acidificación muscular.

En un músculo en reposo, el adenosin trifosfato (ATP) sirve para mantener el músculo en estado relajado. Tras la muerte del animal, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo, de manera que el mismo debe utilizar el metabolismo anaeróbico para transformar sus reservas de energía (glucógeno) en ATP con el fin de mantener su temperatura e integridad estructural. El ATP formado se obtiene a través de la degradación de glucógeno en ácido láctico. Este último ya no puede ser retirado por el sistema sanguíneo, por lo tanto va provocar el descenso del pH muscular (Warris, 2003). Según Penny (1984) cuando los niveles de ATP descienden a valores inferiores a 0.1/mol/g los filamentos de miosina de la miofibrilla forman enlace con los filamentos de actina que los solapan, el músculo pierde su extensibilidad y entra en fase de *rigor mortis*.

Con respecto al nivel de acidez (pH) final alcanzado una vez impuesto el *rigor mortis*, López y Casp (2004) mencionaron que bien sea por falta de glucógeno, inactivación de enzimas glucolíticas o debido a que el glucógeno es inaccesible al ataque, el pH es generalmente de 5.50, debido a que se corresponde con el punto isoeléctrico de muchas proteínas musculares. Warris (2003) menciona que el descenso del pH depende del tipo de

fibras que predominan en el músculo y de la actividad muscular antes del sacrificio. Así, los músculos con predominio de fibras de contracción rápida (blancas) alcanzan valores finales de 5.50 mientras que en los músculos en donde predominan las fibras de contracción lenta (rojas) el pH no baja de 6.30.

Respecto a los tiempos de acidificación promedio Garrido *et al.* (2005) indica que estos varían de 4 – 5 horas en porcinos, 12 – 24 horas en ovinos y 15 – 36 horas en vacunos.

3.9 BIENESTAR ANIMAL

Según Duncan y Fraser (1997) las definiciones de bienestar animal (BA) pueden agruparse en tres categorías: (a) aquellas que definen el bienestar animal en términos de las emociones que experimentan los animales, (b) aquéllas que definen el bienestar animal en términos del funcionamiento del organismo animal y (c) aquéllas que definen el bienestar animal en términos de la medida en que la conducta que muestra el animal y el entorno en que se encuentra son parecidos a la conducta y entorno “naturales” de la especie.

Una de las definiciones de bienestar animal más citadas es la de Broom (1986) una traducción literal de este concepto sería la siguiente: “el bienestar de un individuo es el estado en que se encuentra en relación a sus intentos de afrontar su ambiente”. Por otro lado para Mellor *et al.* (2008) el concepto de bienestar animal, es complejo y abarca facetas científicas, éticas, económicas, políticas y culturales.

En lo que concierne a la producción de carne Cervieri *et al.* (2010) mencionan que el bienestar animal debe estar enfocado en fomentar el buen trato de los animales, optimizando la calidad de la carne y satisfacer las necesidades de un consumidor cada vez más exigente.

Situándonos en el Perú, la crianza de cuyes se ha ido incrementando en la última década y con ello el nivel de tecnificación en el manejo de estos animales. Sin embargo el bienestar animal enfocando en la parte del sacrificio de cuyes implica asegurarle una buena calidad de vida y una muerte humanitaria, teniendo en cuenta que en el mundo, el sentimiento de evitar el sufrimiento innecesario de los animales y el reconocimiento de que son seres sensibles y que por ende, sienten dolor del mismo modo que lo experimentamos los seres humanos.

3.9.1 Formas de determinación y medición del bienestar animal

El estudio de las potenciales fuentes de estrés y su impacto en el bienestar de los animales, requiere de un enfoque multidisciplinario e integral, en el que se deberán considerar y combinar diversos tipos de indicadores respecto al funcionamiento de los sistemas corporales, el sistema inmunológico, variables productivas, las respuestas fisiológicas ante el stress y variables de comportamiento individual que reflejen entre otras cosas, los sentimientos de los animales (Terlow *et al.* 2005). Para Gallo y Tadich (2008) los indicadores fisiológicos tienen como ventaja que pueden ayudar a entender el costo biológico de la adaptación de los animales a los procesos del manejo previo en la granja, durante el transporte, permanencia en la planta de beneficio y durante el sacrificio (aturdimiento y sangría). Sin embargo, tienen como desventajas que son invasivos, algunas mediciones requieren de técnicas especializadas, las muestras se procesan en el laboratorio, los resultados no se obtienen inmediatamente durante un proceso de auditoría y no discriminan los factores que los desencadenaron, con la finalidad de implementar correctivos en las plantas. Enfocándonos en el sacrificio de cuyes, los indicadores que mejor se adaptan a las condiciones durante el faenado son: porcentaje de animales insensibilizados efectivamente medido a través del reflejo ocular y porcentaje de animales que vocalizan durante el sacrificio (Grandin, 2010).

3.9.2 El bienestar animal en las etapas previas a la faena

En las horas previas y durante la faena, se debe minimizar el stress ocasionado a los animales, teniendo también en cuenta que pueden afectarse en forma negativa las características organolépticas y tecnológicas de la carne (Monin, 1998). En las etapas previas al sacrificio, se valoriza y capitaliza el efecto que pueden tener las decisiones empresariales y la calidad del manejo aplicado a los animales a lo largo de toda su vida, así como durante el transporte y la faena específicamente. Existen numerosos trabajos que han relacionado el trato que reciben los animales en las fases previas al sacrificio (establecimiento, transporte, ferias ganaderas, y espera en frigorífico) con la calidad de canal y carne que se obtiene (Ferguson *et al.*, 2001). Los mismos aseguran que mejoras en el manejo a nivel de toda la cadena de producción, asociadas a un mejor bienestar animal, se traducen en una mayor calidad de la canal y de la carne.

Son numerosos los factores que pueden promover el metabolismo del músculo durante esta etapa, según Gregory (2006) en primer lugar debe considerarse la tensión y la excitación provocados por el viaje, seguido de la actividad que generalmente ocurre en los corrales de espera, la privación de alimento y/o agua, el momento de traslado desde los corrales hasta el lugar de sacrificio y finalmente el propio proceso de aturdimiento, que causa tensiones musculares durante la contracción en el noqueo (fase tónica) y las convulsiones que le siguen (fase clónica).

Por lo anteriormente expuesto no cabe duda que las prácticas que involucran el manejo de los animales en las etapas previas al sacrificio revisten una fundamental importancia en todo el mundo y particularmente en países productores y exportadores de alimentos de origen animal. La tendencia de los consumidores a nivel mundial, no siendo el Perú ajeno a esto, se manifiesta a favor de productos provenientes de animales que han sido tratados en forma adecuada durante su vida, por lo que el bienestar animal se transforma en un gran desafío en el mercado mundial de animales y productos derivados de ellos. La percepción del bienestar de los animales puede ser diferente según las diferentes regiones y culturas, sin embargo debe velarse siempre por evitar todo sufrimiento innecesario de los mismos.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 LUGAR Y FECHA DE EJECUCIÓN

La fase experimental del estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Tecnología e Industrialización de Leche y Carne perteneciente al Departamento de Producción Animal de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), ubicado en el distrito de La Molina, Lima, Perú. El estudio se realizó de Setiembre a Diciembre del año 2013.

4.2 ANIMALES EXPERIMENTALES

En el estudio se utilizaron 135 cuyes machos mejorados del genotipo La Molina con pesos vivos entre 800 a 1100 gramos, y cuyas edades fluctuaban entre los 90 a 120 días de edad. Estos animales provinieron de la Granja de Cuyes Cieneguilla de la UNALM la cual desarrolla un sistema de alimentación de tipo mixta, a base de concentrado y rastrojo de brócoli como fuente de forraje.

Antes del sacrificio los animales fueron seleccionados por inspección visual debiendo estar sanos y fisiológicamente normales. Los animales que llegaban al Laboratorio de Tecnología e Industrialización de Leche y Carne tuvieron un tiempo promedio de ayuno de 15 horas antes de ser sacrificados. Los animales para su evaluación fueron pesados e identificados con aretes para su reconocimiento individual a la hora de tomar los datos y las mediciones correspondientes. Estos fueron sacrificados semanalmente en grupos de 15 animales, habiendo semanas en las cuales no se realizaba las evaluaciones por contar con animales cuyos rangos de pesos, edades y estado fisiológico no eran aptos para la toma de datos del estudio. El promedio de peso vivo inicial de las 135 unidades experimentales se muestra en el anexo 1.

4.3 TRANSPORTE DE LOS ANIMALES

Los animales fueron transportados en jabas de 15 animales un día antes del sacrificio en un camión desde la Granja de Cuyes de Cieneguilla hasta las instalaciones de la sala de beneficio de cuyes, perteneciente al Programa de Investigación y Proyección Social de Carnes de la UNALM. El transporte en promedio dura aproximadamente 50 minutos en carretera pavimentada. Al llegar los animales permanecieron confinados en diferentes jabas por un periodo de 15 horas hasta su sacrificio.

4.4 TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES

Las carcasas que se evaluaron se agruparon aleatoriamente en tres tratamientos con 45 animales cada uno, tal como se muestra en el Cuadro 1. Los tratamientos experimentales se diferenciaron por el método de aturdimiento aplicado: el desnucado y la electronarcosis a dos niveles de voltaje.

Cuadro 1. Tratamientos experimentales.

TRATAMIENTOS	MÉTODO DE ATURDIMIENTO	UNIDADES EXPERIMENTALES
T1	Desnucado	45
T2	Electronarcosis con 147 voltios	45
T3	Electronarcosis con 157 voltios	45

4.5 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.5.1 Periodo pre – experimental

Previo al inicio del experimento se realizó el aturdimiento con electronarcosis a 5 animales cuyos rangos de pesos fueron de 800g a 1100g. Como una manera de inmovilizar al animal al momento de aplicar el aturdimiento eléctrico, se utilizó un cono de plástico, la cual dejaba la cabeza afuera de este para realizar un correcto aturdimiento, al mismo tiempo que cumplía la función aislante la cual protegía de la corriente eléctrica al operario. Se determinó que el tiempo de aplicación de la descarga eléctrica necesario para aturdir a los cuyes fue de 2

segundos. El amperaje aplicado a los animales aturridos con electronarcosis se muestra en el anexo 2. Para inducir la inconsciencia de los animales en el aturdimiento por electronarcosis se utilizó una pinza con dos electrodos las que se colocaron entre el lado lateral del ojo y la base de la oreja a ambos lados de la cabeza tal como se muestra en la Figura 5. Para solucionar la resistencia del pelo al paso de la corriente eléctrica, se decidió usar salmuera (sal común al 1%) la cual favoreció el paso de la corriente eléctrica, consiguiéndose un mejor aturdimiento del animal.

Con respecto al equipo aturridor eléctrico, este fue construido adquiriendo todas las partes por separado, la cual tenía un voltímetro digital, amperímetro, transformador (cuyo rango de voltaje fue de 140v a 200v) y una pinza (Figura 6), las cuales se compraron de manera independiente para luego adaptarlas a los requerimientos del presente estudio. La pinza estaba conformada por dos electrodos en sus extremos, su estructura estaba recubierta de material aislante que la recubría y la cual brindaba la seguridad al operador, así mismo presentaba un interruptor que cerraba el circuito para la salida de electricidad en sus extremos.

4.5.2 Periodo experimental

Los animales utilizados en el presente estudio fueron traídos en jabas de 15 cuyes cada una, con un tiempo promedio de ayuno de 15 horas procedentes de la Granja de Cieneguilla perteneciente a la UNALM. Seguidamente los animales fueron trasladados a las instalaciones del Laboratorio de Tecnología e Industrialización de Leche y Carne donde fueron pesados e identificados de manera individual con aretes numerados que permitía realizar las mediciones respectivas. Después de la identificación individual los animales fueron extraídos aleatoriamente de las jabas para posteriormente realizar los procedimientos tal como se muestra en el flujograma de la Figura 7.

4.5.3 Presencia de indicadores de aturdimiento

a. Reflejo Ocular

Inmediatamente después del aturdimiento, se realizó una inspección visual para registrar signos de parpadeo como reacción al tacto así como signos de movimientos de extremidades.

A. Aturdimiento mediante el desnucado:



B. Aturdimiento con electronarcosis:



Figura 5. Métodos de aturdimiento aplicado en los tratamientos experimentales.



Figura 6. Equipo de aturdidor eléctrico: voltímetro, pinza, amperímetro y transformador.

b. Vocalización o quejido luego del aturdimiento.

Para determinar este parámetro se identificó a los animales que posterior al aturdimiento por desnucado o electronarcosis emitían sonidos o chillidos durante la sangría.

4.5.4 Peso de la sangre

Se pesó el volumen de sangre evacuado de los cuyes posteriores al degüello en una bolsa previamente identificada, la medición se realizó en una balanza digital de 100 g con 0.1 g de aproximación.

4.6 PARÁMETROS EVALUADOS EN LA CARCASA

4.6.1 Medición del potencial de hidrógeno (pH)

Para la medición del pH de la carne, se utilizó un potenciómetro de marca SCHOTT, modelo HANDYLAB 1, con una precisión de dos decimales. Para esta medición, previamente se realizó un corte cuya longitud promedio fue de 0.70 cm de largo y 0.80 cm de profundidad

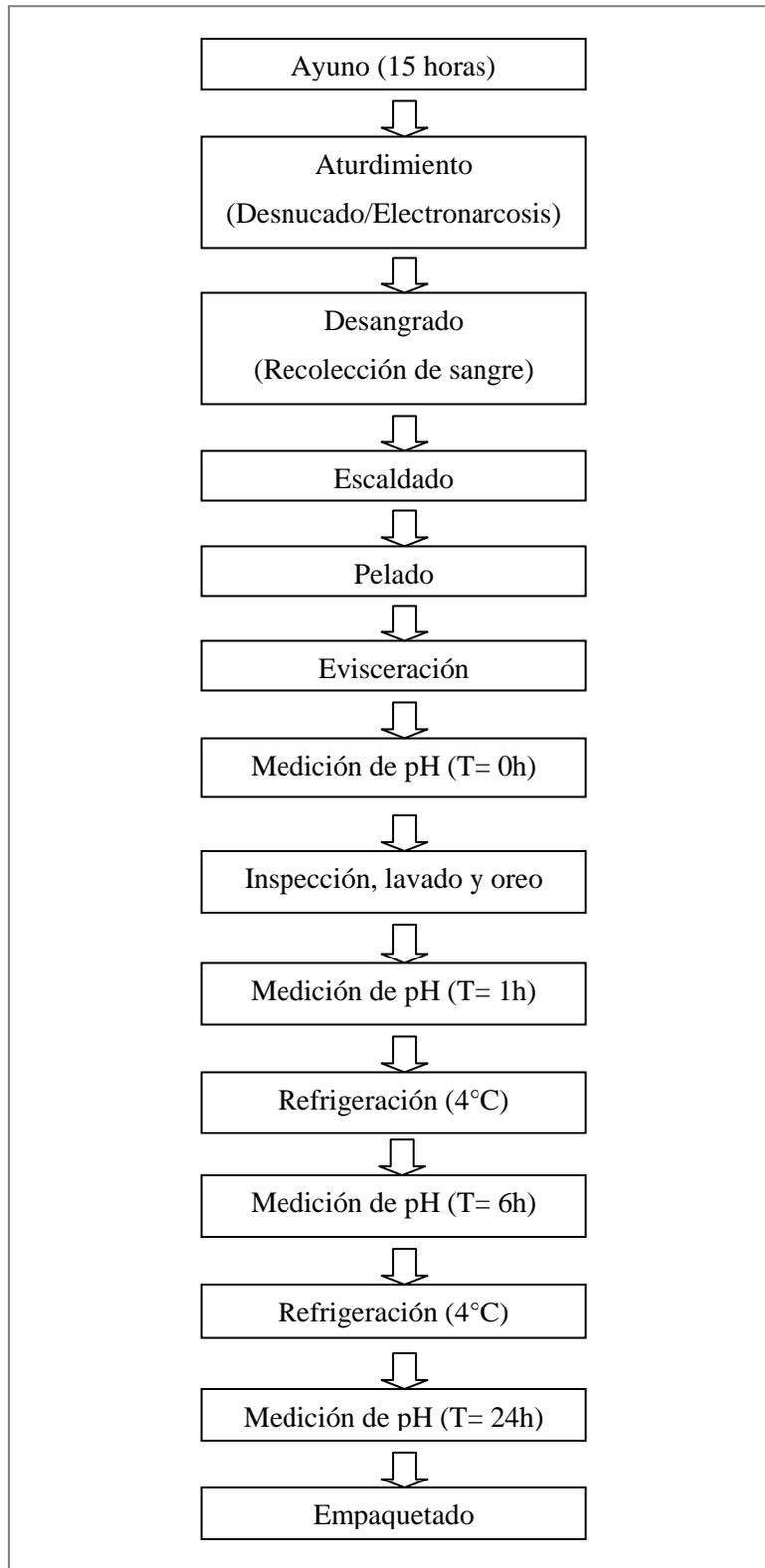


Figura 7. Diagrama de flujo en el beneficio de cuyes.

en el músculo *Aductor femoris*, seguidamente se introdujo el electrodo y se tomó la medida correspondiente. En todos los casos la lectura del pH fue realizada en la misma área anatómica (Figura 8).



Figura 8. Músculo *Aductor femoris* donde se realizó la medida del potencial de hidrógeno (pH).

Luego de realizada la medición del pH, se procedió a limpiar el electrodo antes y después de cada medición, utilizando para ello agua destilada, la cual tiene como principal función el remover los restos de carne correspondientes a mediciones anteriores y que podrían alterar la medida del pH.

Las mediciones de pH que se realizaron en cuatro oportunidades, de la siguiente manera:

1. Primera medición: Inmediatamente después del sacrificio,
2. Segunda medición: 1 hora después del sacrificio,
3. Tercera medición: 6 horas después del sacrificio,

4. Cuarta medición: 24 horas después del sacrificio.

4.6.2 Temperatura

Para la medición de la temperatura se utilizó el termómetro incorporado en el potenciómetro, este equipo registra automáticamente la temperatura simultáneamente con la medición del pH. Los tiempos para la medición de la temperatura fueron inmediatamente después del beneficio, 1 hora, 6 horas y 24 horas después del sacrificio. Las temperaturas registradas inmediatamente después del sacrificio y una hora posterior a esta, fueron tomadas a temperatura ambiente, mientras que las temperaturas evaluadas a las 6 y 24 horas posteriores al sacrificio fueron tomadas con carcasa refrigeradas.

4.6.3 Rendimiento de carcasa

Después del sacrificio se llevó a cabo registros del peso de carcasa. Determinándose el rendimiento al beneficio porcentual, entre peso inicial y peso de la carcasa (sin vísceras, considerando hígado, pulmón y corazón).

$$\text{Rendimiento de carcasa} = \frac{\text{Peso de carcasa (g)}}{\text{Peso vivo al beneficio (g)}} \times 100$$

4.6.4 Porcentaje de desangrado

Se determinó el porcentaje de desangrado dividiendo el peso de la sangre entre el peso de vivo del animal.

$$\text{Porcentaje de desangrado} = \frac{\text{Peso de sangre (g)}}{\text{Peso vivo (g)}} \times 100$$

4.6.5 Hematomas y hemorragias

Después de realizado la primera medida del pH se inspeccionó individualmente las carcasas para registrar la presencia de hematomas y hemorragias en las diferentes regiones de la canal producto del aturdimiento aplicado (columna vertebral, riñón, testículos y piel).

4.6.6 Reflejo ocular

Después de realizado el aturdimiento, se observó la existencia de reflejo ocular en los

animales, registrando como presente este signo aquellos que parpadeaban como reacción al tacto.

4.6.7 Vocalizaciones

Las vocalizaciones se registraron luego que después del aturdimiento por desnucado o electronarcosis los animales emitían quejidos o vocalización durante la sangría.

4.7 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los datos fueron analizados en un Diseño Completamente al Azar (D.C.A) con tres tratamientos y 45 repeticiones cada una, donde las variables en estudio fueron el pH y la temperatura de la carne de cuy. Para la comparación de promedios se realizó la prueba de Tukey (Calzada, 1982) para determinar las igualdades o diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha= 0.05$). Los datos fueron procesados utilizando el programa estadístico SAS versión 9.1.

Siendo el Modelo Aditivo Lineal el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$$
$$i = 1, \dots, t \qquad j = 1, \dots, r_i$$

Donde:

Y_{ij} : es el valor observado en el i -ésimo método de aturdimiento, j -ésimo animal.

μ : es la media general.

τ_i : es el efecto del i -ésimo método de aturdimiento.

e_{ij} : es el efecto del error experimental en el i -ésimo método de aturdimiento, j -ésimo animal.

Los resultados expresados en porcentaje (rendimiento de carcasa y porcentaje de sangre) fueron transformados mediante método de transformación angular, para obtener datos numéricos que luego sean comparados estadísticamente; dicha transformación consiste en el arco seno de la raíz cuadrada del valor porcentual (Calzada, 1982), según se muestra a continuación:

$$A_{ij} = \text{ArcSen} \sqrt{(Y_{ij})/100}$$

Donde:

$$i = 1, \dots, t$$

$$j = 1, \dots, r_i$$

Y_{ij} : es el valor porcentual observado en el i -ésimo método de aturdimiento, j -ésima animal.

A_i : es el valor obtenido mediante transformación angular.

Para el análisis estadístico de las variables cualitativas (hemorragias, hematomas, reflejo ocular y vocalizaciones) se realizó la prueba de Chi cuadrado, mediante el siguiente modelo estadístico:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Con $k-1$ grados de libertad

$$i = 1, \dots, k$$

Donde:

O_i : Es la frecuencia observada de casos clasificados en la categoría i

E_i : Es la frecuencia esperada de casos en la categoría i

k : Es el número de categorías.

La frecuencia esperada “e” se calcula así: $e = p \cdot O_{total}$

Donde:

p : es la proporción muestral

O_{total} : es la frecuencia total observada

La estimación combinada de la proporción muestral “p” se calcula de la siguiente manera:

$$p = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_n}$$

Mientras que los grados de libertad de la prueba Chi – Cuadrado vienen dados por:

$gl = (r-1)(k-1)$. Donde r es el número de filas y k el de columnas.

Para validar las diferencias entre el número de hemorragias obtenidas y el total de animales en cada tratamiento, dado que la prueba de Chi cuadrado solo mostraba el grado de

dispersión de los datos cualitativos obtenidos, se utilizó la prueba de hipótesis de diferencia entre proporciones (Calzada, 1982), mediante la siguiente prueba estadística:

$$z = \frac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - (p_1 - p_2)}{\sqrt{(\bar{p} \cdot \bar{q}) \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Donde:

$$\bar{p} = \frac{n_1 \hat{p}_1 + n_2 \hat{p}_2}{n_1 + n_2}$$

$$\bar{q} = 1 - \bar{p}$$

\hat{p}_1 = proporción de la muestra 1.

\hat{p}_2 = proporción de la muestra 2.

P_1 = proporción de la población 1.

P_2 = proporción de la población 2.

n_1 = tamaño de la muestra 1.

n_2 = tamaño de la muestra 2.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH) *POST MORTEM*

Los valores de pH evaluados durante las primeras 24 horas *post mortem* para el T1 (desnucado), T2 (147v) y T3 (157v), se muestran en los anexos 3, 4 y 5 respectivamente. En el Cuadro 2 se muestran los promedios del pH intramuscular de la carne de cuy en las diferentes horas. Los resultados obtenidos indican que no existen diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) en la variación del grado de acidez en las diferentes horas de medición por efecto del método de aturdimiento aplicado (anexos 6, 7, 8 y 9).

Cuadro 2: Potencial de hidrógeno (pH) intramuscular promedio de la carne de cuy en las diferentes horas.

Horas <i>post mortem</i>	T1 (Desnucado)		T2 (147v)		T3 (157v)	
	pH promedio	(+/-) Desv. Standard	pH promedio	(+/-) Desv. Standard	pH promedio	(+/-) Desv. Standard
0	6.49 ^a	0.24	6.41 ^a	0.31	6.51 ^a	0.18
1	6.26 ^a	0.19	6.20 ^a	0.20	6.26 ^a	0.12
6	6.00 ^a	0.12	6.00 ^a	0.13	6.00 ^a	0.11
24	6.02 ^a	0.13	6.03 ^a	0.11	6.02 ^a	0.10

^a. Letra iguales dentro de una misma fila muestran similitud estadística ($p > 0.05$).

Al respecto Mariño (2010) evaluó el efecto de diferentes descargas eléctricas (120, 130, 140 y 150 voltios) en el aturdimiento de cuyes, frente a un tratamiento control (contusión del occipital), los valores de pH de la canal de los cuyes a las 24 de su sacrificio para la primera réplica fueron de 5.60, 5.47, 5.45 y 5.32 para los niveles de voltaje de 120, 130, testigo, 140 y 150 voltios respectivamente, mientras que en la segunda réplica se registraron valores de pH de 5.44, 5.43, 5.41, 5.40 y 5.39 para 120, 150, testigo, 130 y 140 voltios respectivamente. Estos valores promedios de pH intramuscular a las 24 horas que se obtiene

en el estudio anteriormente citado, son menores a los obtenidos en el presente estudio denotando mayor acidez a las 24 horas de evaluación. Esto puede deberse al hecho que los animales utilizados en este estudio sufrieron un proceso de estrés *ante mortem*, debido a su permanencia de 15 horas confinados en diferentes jabas con 15 animales en cada una. Al respecto Swanson y Morrow-Tesch (2001) mencionan que la jerarquía entre animales (peleas), el ruido, las vibraciones en el transporte (frecuencia, dirección y aceleración), la falta de experiencias previas, el reagrupamiento social, el hacinamiento, los factores climáticos (temperatura, humedad y gases), la carga y descarga, el tiempo de transporte y la privación de agua y alimentos, son factores estresantes a considerar; y que estos a su vez generan un desequilibrio endocrino que altera el metabolismo energético del animal (Crouse, 1988), esto genera como consecuencia que el pH muscular no baje en forma adecuada, manteniéndose en general un valor mayor a 6.00 (Apple *et al.*, 1995). En la Figura 9 se puede observar el pH intramuscular promedio obtenido a las 24 horas de evaluación en el músculo *Aductor femoris* en los tres tratamientos evaluados.

Sin embargo, estos valores finales de pH intramuscular *post* beneficio algo mayores a 6.00 que se obtuvieron en el presente estudio son corroborados por Nakandakari (2009) quien realizó un estudio cuyo objetivo fue determinar los cambios de pH de la carne de cuy (*Cavia porcellus*), empleando la contusión occipital como método de aturdimiento. Las medidas del pH se realizaron en los músculos *Psoas* mayor izquierdo y derecho. Los resultados de pH intramuscular que obtuvo para las 0 horas fueron de 6.71 y 6.67, mientras que a las 24 horas *post* beneficio obtuvo un pH de 6.05 y 6.06. Según Gondret y Bonneau (1998) las diferencias entre los valores de pH inicial se puede deber al grado de estrés sometidos a los animales, tiempo de ayuno, método de aturdimiento, disponibilidad de glucógeno y producción de ácido láctico. Por otro lado, Córdova *et al.* (2009) citado por Mariño (2010) también reportan valores de pH de la carne de cuy de 5.83 con electroshock y de 6.01 con degüello simple a las 24 horas de evaluación.

Por otro lado Vanegas (2000), citado por Angarita (2005), reporta valores de pH 6.40, 6.01 y 5.85 para las 0, 24 y 48 horas *post mortem*, valores que entre las 0 y 24 horas son similares a

los obtenidos en el presente estudio, sin embargo no indica el método de aturdimiento ni el músculo donde se evaluó la medición del pH.

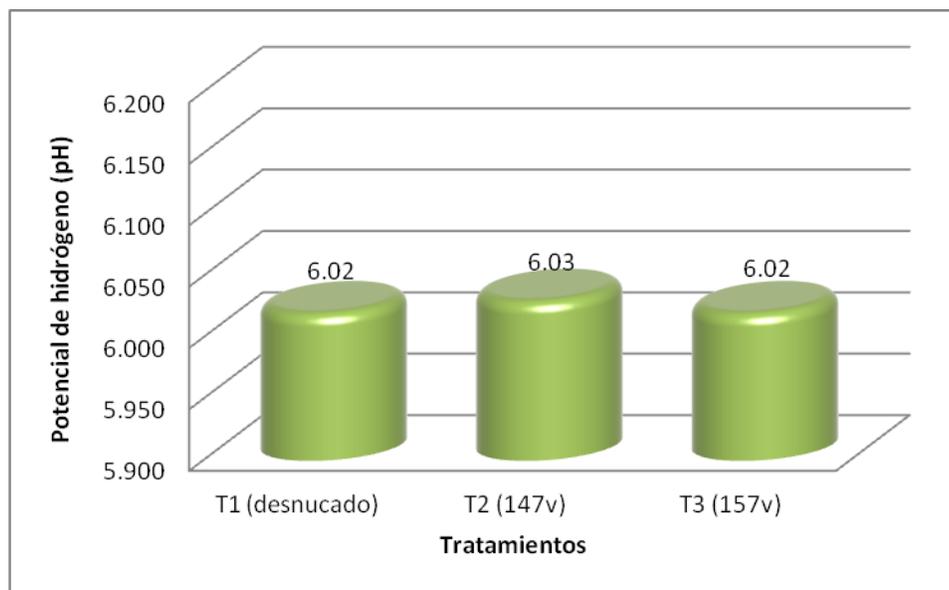


Figura 9: Potencial de hidrógeno (pH) intramuscular promedio a las 24 horas *post mortem* en los tres tratamientos.

Lo reportado por el autor antes mencionado son corroborados por Forrest *et al.* (1979) y Warris (1990) quienes mencionan que el tiempo en que el pH disminuye desde un rango de 7.50 a 6.50 en el músculo vivo, hasta valores de 5.50 toma aproximadamente 24 a 48 horas a temperatura de refrigeración.

Ramírez (2007) evaluó tres métodos de sacrificio en conejos, electronarcosis a dos niveles de voltaje (100 v y 75 v), desnucado y sin aturdimiento. Los resultados mostraron que el pH de la carne obtenida de los animales beneficiados con electronarcosis tuvo un valor promedio de 6.02, mientras que la carne provenientes de animales beneficiados con el método del desnucado y el control (sin desnucado) obtuvieron pHs de 6.07 y 6.24 respectivamente, encontrando que hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el método de electronarcosis y el control.

Finalmente, el descenso del pH relacionado con la velocidad de la glucólisis *post mortem* está influenciado por la temperatura del músculo. Es así que si el ritmo de enfriamiento es demasiado rápido, antes de las 10 horas *post mortem* y si la temperatura llega

a 10°C mientras que el nivel energético es todavía alto (pH mayor o igual a 6.80), se produce una contracción violenta de las fibras musculares llamada “acortamiento por frío” la cual se produce a temperaturas entre 0 °C y 5 °C. Sin embargo, los valores de temperatura obtenidos en el presente estudio están por encima de este rango, no presentándose este fenómeno.

5.2 EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA *POST MORTEM*

Los valores promedio de temperatura de las carcasas durante las horas de medición se observan en el Cuadro 3. Los valores de temperatura obtenidos durante las diferentes horas de evaluación para los tratamientos T1 (desnucado), T2 (147v) y T3 (157v), se muestran en los anexos 10, 11 y 12 respectivamente, los mismos que se utilizaron para realizar el análisis estadístico correspondiente.

Cuadro 3. Temperatura promedio de la carne de cuy en las diferentes horas.

Horas <i>post mortem</i>	T1 (Desnucado)		T2 (147v)		T3 (157v)	
	Temperatura promedio (°C)	(+/-) Desv. Standard	Temperatura promedio (°C)	(+/-) Desv. Standard	Temperatura promedio (°C)	(+/-) Desv. Standard
0	29.86 ^a	2.60	29.67 ^a	3.11	29.93 ^a	2.83
1	22.09 ^a	1.47	22.09 ^a	1.44	22.12 ^a	1.56
6	15.31 ^a	1.69	15.02 ^a	1.69	14.68 ^a	1.47
24	10.92 ^a	1.89	10.75 ^a	1.89	10.85 ^a	2.47

^a Letras iguales entre filas indican similitud estadística (p>0.05).

No se encontraron diferencias significativas (p>0.05) en la temperatura final entre los tres tratamientos por efecto del método de aturdimiento (anexos 13, 14, 15 y 16).

La temperatura ambiental durante los 30 minutos de oreo de las canales tuvo un rango de 22°C a 24°C (anexo 17) y la temperatura dentro de la cámara de refrigeración fue de 4°C. Los valores de temperaturas *post mortem* registradas a las 24 horas difieren de la temperatura de la cámara de refrigeración (4°C) debido a que las carcasas evaluadas se guardaron dentro de bolsas de polietileno a su vez la piel cumple el rol de aislante de la carne, por ello la temperatura del músculo evaluado no alcanzó la temperatura de la cámara de refrigeración.

En la Figura 10 se puede apreciar la temperatura a las 24 horas *post mortem* en el músculo *Aductor femoris* para los tres tratamientos evaluados.

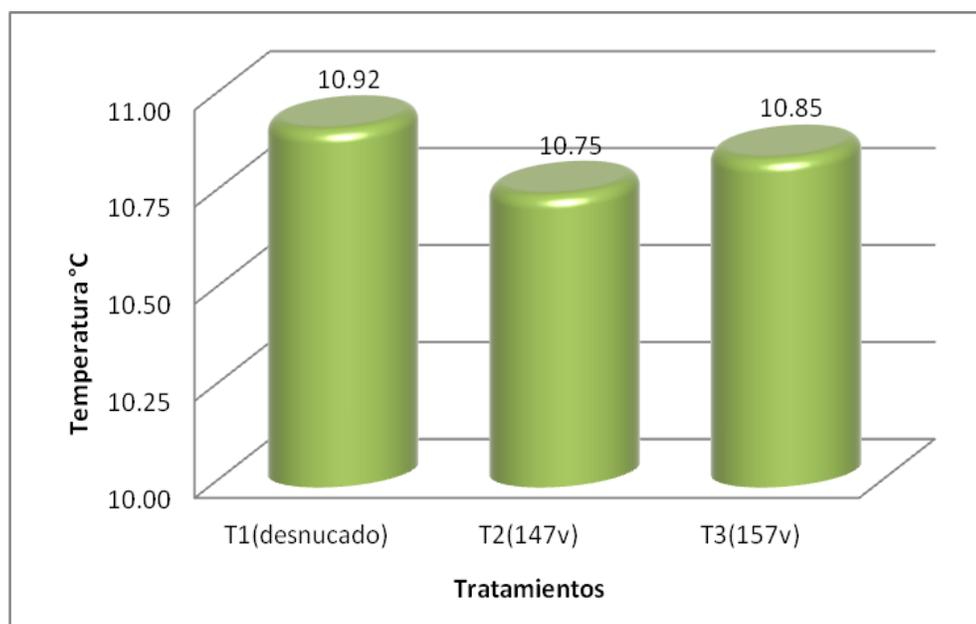


Figura 10. Temperatura intramuscular final en los tres tratamientos.

Al respecto Price y Schweigert (1986) explica que la caída de la temperatura está relacionada con la posición y cantidad de grasa que recubre al músculo en la canal y éste a su vez se enfría más rápidamente que los músculos profundos. Para Honikel *et al.* (1986) la temperatura influye tanto en el tiempo necesario para alcanzar el pH al que se inicia el *rigor mortis*, como en el tiempo que transcurre hasta que se alcanza el pH final. Ambos tiempos aumentan conforme desciende la temperatura.

5.3 RENDIMIENTO DE CARCASA

En el Cuadro 4 se muestran los promedios de peso vivo al beneficio, peso de carcasa y rendimiento al beneficio por cada tratamiento. Los valores de rendimientos al beneficio para cada tratamiento se muestran en los anexos 18, 19 y 20. El análisis de varianza para los valores de peso vivo promedio y rendimientos de carcasa para cada tratamiento se aprecia en los anexos 21 y 22.

Cuadro 4. Peso vivo promedio, peso de carcasa y rendimiento al beneficio

PARÁMETROS	TRATAMIENTOS		
	T1 (Desnucado)	T2 (147v)	T3 (157v)
Peso vivo promedio (g) ¹	1013.53 ^a ± 68.10	1006.93 ^a ± 50.07	1012.24 ^a ± 43.27
Peso de carcasa (g) ²	700.18 ± 62.15	691.27 ± 38.82	702.73 ± 32.67
Rendimiento de carcasa (%)	69.20 ^a ± 5.57	68.67 ^a ± 2.26	69.46 ^a ± 2.67

¹ Peso registrado después de 16 horas de ayuno previas al proceso de beneficio.

² Peso de carcasa conteniendo el hígado, riñones, pulmones y corazón.

^a Letras iguales entre filas indican similitud estadística en la misma fila (p>0.05).

El efecto del método de aturdimiento en los cuyes no influyó significativamente (p>0.05) en el rendimiento de carcasa obtenido.

Las diferencias obtenidas entre varianzas en el peso de carcasa del T1(desnucado) con respecto a los T2 y T3 (electronarcosis) tal como se muestra en el Cuadro 4, pueden deberse a las condiciones *ante mortem* de los animales de los cuales no se tuvo manejo alguno sino hasta momentos antes del sacrificio, favoreciendo de algún modo la presencia de animales con mejores condiciones en el T1 (desnucado).

En la Figura 11 se observa los rendimientos promedios para los tratamientos T1 (desnucado), T2 (147v) y T3 (157v) respectivamente. Estos valores son mayores a los reportados por Chauca (1997) quien menciona que para los cuyes “mejorados” el rendimiento de carcasa alcanza niveles de 67.38%. Por otro lado Mariño (2010) reporta que los valores de rendimiento de carcasa están entre 68.37% y 65.25%.

Al respecto Sañudo y Campo (1997) proponen una serie de factores que influyen en el peso y rendimiento de la canal en mayor o menor medida entre los que figuran factores intrínsecos (raza, individuo, sexo y edad) y factores *pre* y *post mortem* (ayuno y transporte, temperatura y tiempo de refrigeración).

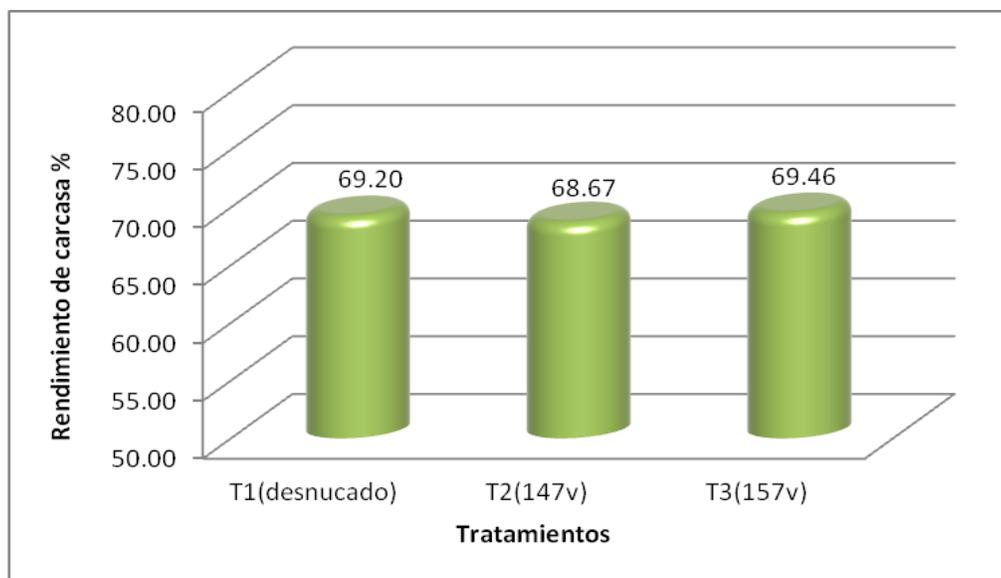


Figura 11. Porcentaje de rendimiento de carcasa en los tres tratamientos.

5.4 PORCENTAJE DE DESANGRADO

Los valores de peso vivo, peso de sangre y porcentaje de desangrado para los tres tratamientos se muestran en el anexo 23, 24 y 25. En el Cuadro 5 se observa los valores promedio para el peso vivo, peso de sangre y porcentaje de desangrado para cada tratamiento.

Cuadro 5. Peso promedio de sangre, peso vivo promedio y porcentaje de desangrado.

PARÁMETROS	TRATAMIENTOS		
	T1 (Desnucado)	T2 (147v)	T3 (157v)
Peso promedio de sangre (g)	35.13 ± 3.16	35.13 ± 3.14	34.46 ± 3.17
Peso vivo promedio (g)	1013.53 ± 68.10	1006.93 ± 50.07	1012.24 ± 43.27
Porcentaje de desangrado (%)	3.47 ^a ± 0.003	3.49 ^a ± 0.003	3.40 ^a ± 0.003

^a Letras iguales en una misma fila indican similitud estadística ($p > 0.05$)

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en el porcentaje de desangrado evacuado por los animales en los tres tratamientos aplicados (anexo 26).

En la Figura 12 se observa valores de porcentaje de desangrado obtenidos para los tratamientos T1 (desnucado), T2 (147v) y T3 (157v) respectivamente. Estos valores son menores respecto a los reportados por Mariño (2010) que obtuvo valores de porcentaje de desangrado de 3.87 % para la primera réplica y 4.09 % para la segunda réplica, cada una con 50 animales y con un nivel de descarga de 150 voltios. Esta diferencia puede deberse a que los animales utilizados en el estudio anterior tenían un rango de pesos mayor (1000 a 1200 g) a los utilizados en este estudio (800 a 1100 g), incrementándose el volumen de sangre conforme el peso del animal es mayor. Otro factor a considerar fue el periodo de 15 horas de privación de agua y alimento lo cual trae como consecuencia la disminución de peso y que esta puede deberse a la pérdida de componentes de la canal (agua y grasa principalmente) y no simplemente a contenido gastrointestinal tal como lo menciona Schaefer *et al.* (1997).

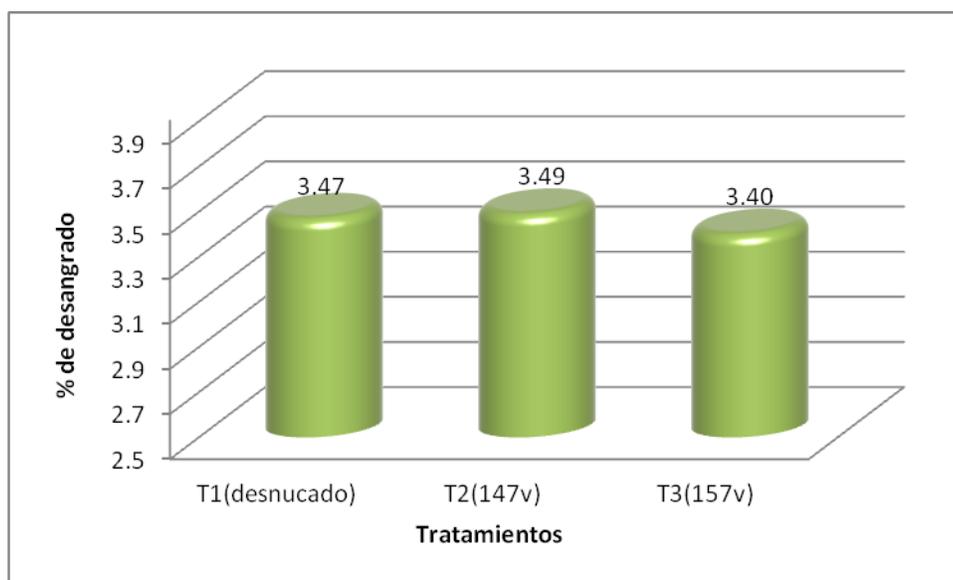


Figura 12. Porcentaje de desangrado en los tres tratamientos.

5.5 PRESENCIA DE LESIONES EN LA CARCASA

5.5.1 Hematomas

En el Cuadro 6 se muestran el número de animales que presentaron hematomas para los tratamientos T1, T2 y T3. En el anexo 27 se muestran los resultados obtenidos en cada tratamiento.

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tres tratamientos evaluados por efecto del método de aturdimiento aplicado (anexo 28). Esto se debe a que en el aturdimiento por desnucado se produce la torsión del cuello generando en este proceso áreas de hematomas producto de la presión ejercida al realizar la ruptura de los nervios de la región cervical, mientras que en los tratamientos donde se aplicó electronarcosis (147 y 157 voltios) no se registró ningún caso. Los hematomas producidos por el aturdimiento con desnucado son causantes de la disminución de la calidad de las carcasas, dando una mala presentación al consumidor.

Cuadro 6. Número de hematomas en cada tratamiento.

OBSERVACIÓN	TRATAMIENTOS		
	T1 (Desnucado)	T2 (147v)	T3 (157v)
Región de hematomas	Nº animales	Nº animales	Nº animales
Cuello	26 ^a	0 ^b	0 ^b
Total	45	45	45
Porcentaje (%)	57.78	0	0

^{a,b} Letras diferentes en las filas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

5.5.2 Hemorragias

Los resultados del total de hematomas producidos en las carcasas en los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente se muestran en el anexo 29. Los porcentajes de hemorragias en cada tratamiento se muestran en la Figura 13. El análisis estadístico realizado para ver el grado de dispersión de los resultados, así como para encontrar diferencias entre las proporciones de los tratamientos aplicados se muestran en el anexo 30 y 31 respectivamente. Los resultados indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas los tres tratamientos ($p > 0.05$) por efecto del aturdimiento aplicado.

En el Cuadro 7 se muestran el número de lesiones producidas en las diferentes partes anatómicas del animal. Las hemorragias en el aturdimiento por desnucado (T1) fueron ocasionadas producto de la presión mecánica desmedida ejercida en la parte lumbar de la columna vertebral.

Cuadro 7. Lesiones hemorrágicas producidas en las carcasas.

OBSERVACIÓN	TRATAMIENTOS		
	T1 (Desnucado) N° animales	T2 (147v) N° animales	T3 (157v) N° animales
Región de hemorragias			
Columna vertebral	4	0	2
Riñón	0	1	0
Testículo	0	1	1
Total	4 ^a	2 ^a	3 ^a
Porcentaje (%)	8.89	4.44	6.67

^a Letras iguales en las filas indican similitud estadística ($p > 0.05$).

En el estudio realizado por Mariño (2010) al aplicar voltajes de 120, 130, 140 y 150 voltios no se produjo zonas hemorrágicas en las canales en ningún caso. Al respecto existen varias teorías por parte de los investigadores que explican el motivo del problema.

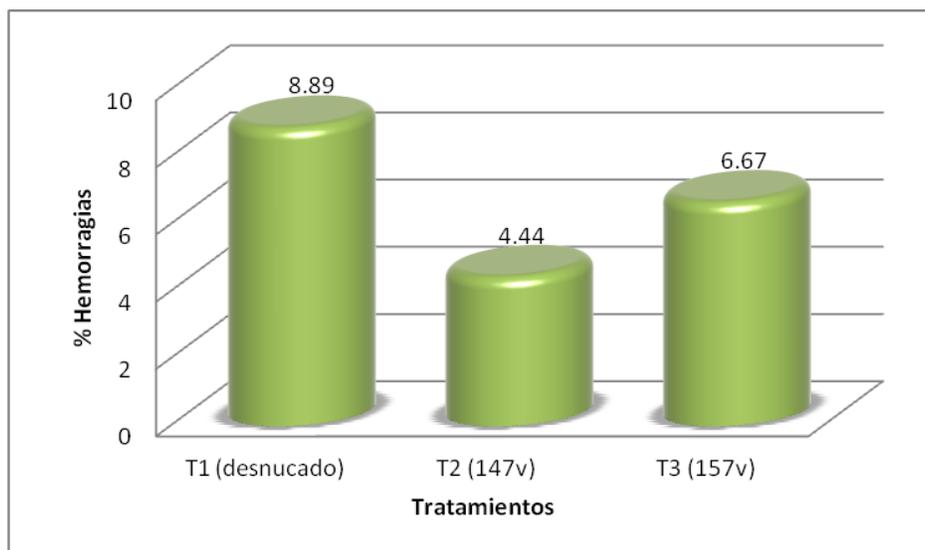


Figura 13. Porcentaje de hemorragias en los tres tratamientos.

Una de estas se basa en que al aplicar la corriente eléctrica se produce la contracción de los músculos y un aumento de la presión sanguínea, haciendo que los capilares queden casi vacíos; si al relajarse los músculos no ha sido cortados los vasos sanguíneos del cuello posiblemente el descenso de la presión, la sangre entra con violencia en los capilares

rompiendo muchos de ellos (Lawrie, 1998). Para otros autores las hemorragias producidas son consecuencia directa de las violentas contracciones de las miofibrillas (Channon *et al.*, 2002) y que tanto un aumento de la presión sanguínea como de la presión cardiaca, cumplen un papel secundario (Lambooy y Sybesma, 1988). Finalmente Troeger y Woltersdorf (1990) mencionan una última explicación argumentando que al pasar la corriente eléctrica a través del cerebro produce dos efectos: la contracción muscular, con consumo de energía (ATP) y aumento de la glucólisis y al mismo tiempo, la liberación de catecolaminas, las cuales provocan un aumento de la presión sanguínea y las consecuentes hemorragias musculares.

5.6 INDICADORES DE ATURDIMIENTO

5.6.1 Reflejo ocular y vocalización o quejido

El número de animales que presentó reflejo ocular y vocalización se muestra en el Cuadro 8. Los resultados obtenidos por tratamiento se observan en el anexo 32. El análisis estadístico indica similitud estadística entre los tres tratamientos evaluados ($p>0.05$). El análisis estadístico se muestra en el anexo 33.

Los resultados del número de animales que presentaron vocalización por efecto del método de aturdimiento para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente se muestra en el anexo 34. No se encontraron diferencia estadística entre los tres tratamientos evaluados ($p>0.05$). El análisis estadístico realizado se muestra en el anexo 35.

En el Figura 14 y 15 se muestra los porcentajes de animales que presentaron reflejo ocular y vocalización o quejido respectivamente.

Cuadro 8. Reflejo ocular y vocalización o quejido.

OBSERVACIÓN	T1 (Desnucado)		T2 (147v)		T3 (157v)	
	N° animales	TOTAL %	N° animales	TOTAL %	N° animales	TOTAL %
Reflejo ocular	39 ^a	86.67	43 ^a	95.56	44 ^a	97.78
Vocalización o quejido	4 ^a	8.89	3 ^a	6.67	4 ^a	8.89

^a Letras iguales dentro de una misma filas indican similitud estadística ($p>0.05$).

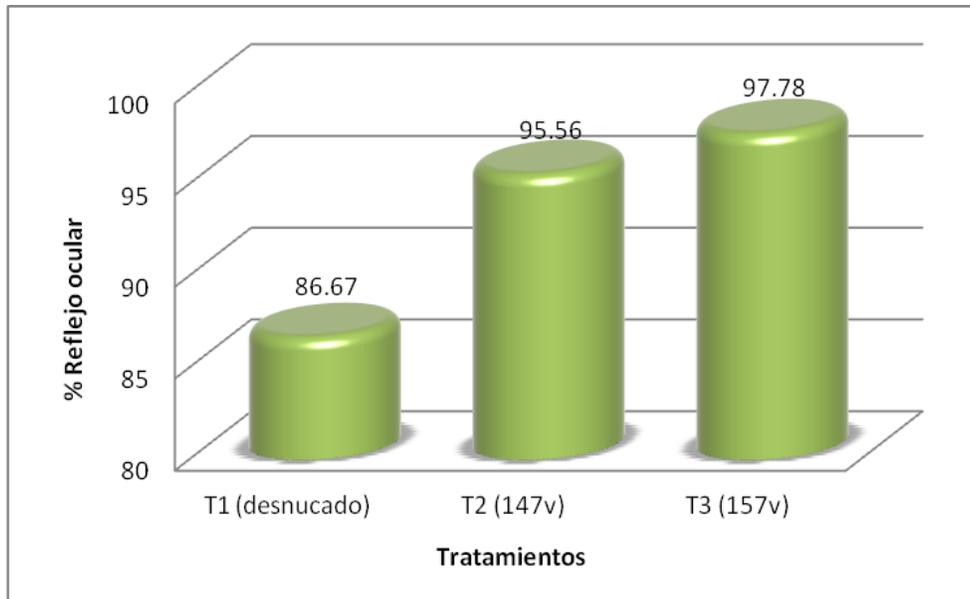


Figura 14. Porcentaje de animales que presentaron reflejo ocular.

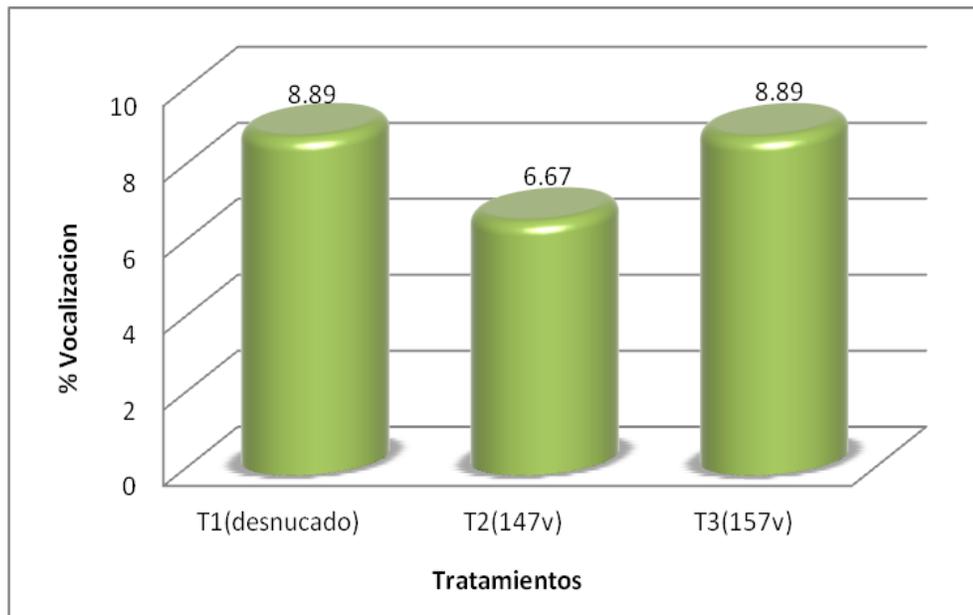


Figura 15. Porcentaje de vocalización en los tres tratamientos.

Con respecto al reflejo ocular, los resultados indican que utilizando el método de aturdimiento con electronarcosis no se logro efectividad plena, debido a que inicialmente se presentó problemas en la colocación del aturdidor como consecuencia del diseño, lo cual no permitía la fijación de éstos sobre el punto de aplicación en la piel del animal. Al respecto López y Casp (2004) mencionan que la principal causa de error que se origina con este método de aturdimiento es la colocación errónea de los electrodos, de forma que no pasa la suficiente corriente eléctrica tanto a través del cerebro (no aturdiéndose los animales), como a través del corazón (recuperándose los animales de la inconsciencia). Este mismo autor señala a que el emplazamiento de los electrodos es debido fundamentalmente a la velocidad de la línea de sacrificio y a las variaciones en el tamaño y peso de los animales. Es así pues, que el número de vocalizaciones obtenidas en los tres tratamientos mostrado en el Cuadro 8 pudo deberse también a problemas con el equipo aturdidor, calibración, mantenimiento, capacitación del personal, animales muy nerviosos, recuperación de la sensibilidad y la presión excesiva del sujetador de cabeza tal como lo menciona (Grandin, 2006). Por otro lado, para Velarde *et al.* (2003) un buen aturdimiento eléctrico genera la presentación de la fase tónica y clónica la cual es indicativa de efectividad del aturdimiento.

Otro punto que se tiene que tener en cuenta es el tiempo entre el aturdimiento y el desangrado, tal como lo menciona Velarde *et al.* (2003) estos autores sugieren que un rápido desangrado tras el aturdimiento previene la aparición de hemorragias por dos motivos. En primer lugar, si bien el aturdimiento eléctrico aumenta la presión sanguínea, durante la fase tónica (al principio del aturdimiento) esta descende. Si el desangrado se realiza durante esta fase, la posterior subida de la presión sanguínea no provocará rotura de vasos capilares y la formación de manchas de sangre en la canal. En segundo lugar, el desangrado durante la fase tónica, reduce la intensidad de las convulsiones clónicas, responsable de la formación de hemorragias.

Otro factor a considerar fue el causado por los pelos los cuales servían como un aislante natural al paso de la corriente eléctrica, para ello se utilizó una solución de salmuera al 1% que ayudó a mejorar el proceso de aturdimiento. Al respecto Hui *et al.* (2006) menciona que el sistema de aturdimiento eléctrico aplicado solo a la cabeza, consta de unas pinzas en

cuyos extremos se ubican los electrodos de bordes dentados y humedecidos con soluciones salinas para facilitar el contacto eléctrico.

También menciona que es importante que se produzca un buen contacto de la superficie del electrodo con la capa epidérmica de la piel y que no existan interferencias debidas a los pelos y la suciedad y que va depender también de la presión de aplicación ejercida.

Finalmente a diferencia del tratamiento T1 en los tratamientos T2 y T3 se observó en todas las repeticiones la presencia de semen producto de la eyaculación a consecuencia del aturdimiento eléctrico, esto puede deberse a que la corriente de aplicada para el aturdimiento provoca una despolarización de todo el sistema nervioso y, como consecuencia, un vaciado de los depósitos de catecolaminas a través de estímulos por vía nerviosa vegetativa. Estos procesos se desarrollan independientemente del estado de conciencia; es decir, se producen luego de un correcto aturdimiento (Troeger y Woltersdorf, 1990).

VI. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en presente estudio y bajo las condiciones con las que se llevó a cabo la investigación, se puede concluir que:

1. El tipo de aturdimiento aplicado afectó significativamente ($p < 0.05$) la presencia de hematomas en las carcasas, generando este efecto en el aturdimiento por desnucado en 55.5% de las carcasas, mientras que utilizando el método con electronarcosis no se registró ningún caso.
2. El pH y la temperatura de la carne, en las 0, 1, 6 y 24 horas *post mortem*, el rendimiento de carcasa así como el porcentaje de desangrado de los cuyes no fueron afectados significativamente ($p > 0.05$) por el método de aturdimiento.
3. Las hemorragias, reflejos oculares y vocalizaciones no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos.

VII. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda lo siguiente:

1. Se recomienda el uso del aturdidor eléctrico para evitar lesiones y hematomas en la carcasa producto del aturdimiento con desnucado.
2. Analizar más las variables *ante mortem* del animal (periodo de ayuno, condiciones de transporte) para tener una idea más completa de las condiciones de los animales y poder tomar acciones preventivas, evitando situaciones de estrés que afecten la calidad de la carne.
3. Mejorar el equipo aturdidor para conseguir una mejor insensibilización antes del sacrificio y evitar así situaciones de estrés que generen problemas en la calidad de la carne.
4. Utilizar animales de diferentes edades e incrementar los niveles de voltaje en el aturdimiento, así mismo realizar el análisis microbiológico de la carne obtenida para determinar el grado contaminación existente por efecto del método de aturdimiento.
5. Evaluar otros indicadores de bienestar animal (fisiológicos, hormonales y de comportamiento) antes del sacrificio que reflejen el grado de estrés sometidos a los animales.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDUJAR, G.; PEREZ, D.; VENEGAS, O. 2003.** Química y Bioquímica de la carne y los productos cárnicos. Editorial Universitaria, 2009. La Habana, Cuba.
- ANGARITA, R. 2005.** Manual para la elaboración artesanal de productos cárnicos utilizando carne de cuy (*cavia porcellus*). Tesis para optar el grado de Ingeniero Zootecnista. Universidad de la Salle Facultad de Zootecnia. Bogotá D.C.
- APPLE, J. K.; DIKEMAN, M.; MINTON, J.; McMURPHY, R.; FEDDE, M.; LEITH, D. & UNRUH, J. 1995.** Effects of Restraint and Isolation Stress and Epidural Blockade on Endocrine and Blood Metabolite Status, Muscle Glycogen Metabolism and incidence of Dark – Cutting Longissimus Muscle of Sheep. *Journal of Animal Science* 73, 2295 – 2307.
- ASDRUBALI, M. STRADELLI, A. 1965.** I Macelli: Costruzione-Gestione-Aspetti Sanitari. Edizione Agricole. Bologna – Italia. p 31-37, 47-50.
- BELLO, J. 2008.** Jamón Curado: Aspectos científicos y tecnológicos. Perspectiva desde la Unión Europea. Ediciones Díaz de Santos. Impreso en España.
- BERIAIN, M.; HORCADA, A.; PURROY, A.; LIZASO, G.; CHASCO, J. & MENDIZABAL, J.A. 2000.** Characteristics of Lacha and Rasa Aragonesa Lambs slaughtered at three live weights. *Journal of Animal Science* 78, 3070 – 2307.
- BROOM, D. 1986.** *Brittish Veterinary Journal* 142: 524 – 526.
- CADENA, S. 2000.** Crianza casera y comercial de cuyes. Quito, Ecuador. Editorial Libros épsilon.

- CALZADA, J. 1982.** Métodos estadísticos para la investigación. 5ta. Edición.
- CERVIERI, V., ROVIRA, F., CASTRO, L. 2010.** Bienestar Animal su rol en la producción de carne de calidad. Instituto Nacional de Carne. Uruguay. Serie técnica N°47. 138 pág.
- CHANNON, H.; PAYNE, A.; WARNER, R. 2002.** Comparison of CO2 stunning with manual electrical stunning (50Hz) of pigs on carcass and meat quality. Meat Science 60:63 – 68.
- CHIZZOLINI, R. 1983.** Scienza della Carne. Editorial Agrícola. Bologna – Italia. Pág. 107 - 112
- CIBILS, F.; GARCIA PINTOS, J.; STIRLING, H. 1994.** Evaluación de los criterios de clasificación de corderos gordos pre y post – mortem. Tesis Ing. Agr. 79 pág. Universidad de la Republica Facultad de Agronomía.
- CÓRDOVA, A.; LÓPEZ., R., JORGE A.; SALTIJERAL., J.; CÓRDOVA, M.; CÓRDOVA. C.; RUIZ, G. PÉREZ, J. 2004.** El bienestar Animal en la Reproducción Animal. Avances en Tecnología Porcina. Volumen I. pp.4-20
- DUNCAN, I.; FRASER, D. 1997.** En: Understanding animal welfare. M.C. Appleby y B.O. Hughes (Eds.) Animal Welfare Practice 20: 339 – 343.
- FAO. 2001.** Directrices para el manejo, transporte y sacrificio humanitario del ganado. Disponible: <http://www.fao.org/docrep/005/x6909S/x6909s00.htm#Contents>
Revisado en Febrero 2013.
- FERGUSON, DM; BRUCE, H.L.; THOMPSON, J.M.; EGAN, A.F.; PERRY, D.; SHORTHOSE, W.R. 2001.** Factors affecting beef palatability-farm gate to chilled carcass. Australian Journal of Experimental Agriculture, 41: 879-892.
- FORREST, J. 1979.** Fundamentos de Ciencia de la Carne. Editorial Acribia. Zaragoza. España. pp. 3, 125 – 127.

- FRITZ, P. & ANTILA, P. 1993.** Valor nutritivo de la carne. Editorial Acribia Zaragoza, España. 184pag.
- GALLO, C. 1997.** Efectos del manejo *pre* y *post* faenamiento de la carne. III Jornadas de Buiatría. Osorno. Chile. pp 68 – 74.
- GALLO, C.; TADICH, T. 2008.** Long distance transport and welfare of farm animals. In: Appleby, M.C.; Cussen, V, Garcés, L.; Lambert, L.; Turner, J. (Ed). Chapter 10: South America. Wallingford, UK: CABI. Pág: 261 – 287.
- GARCIA – BARRIENTOS, R.; M.L., PEREZ CHABELA; I. GUERRERO LEGARRETA; E. PONCE ALQUICIRA. 2002.** Parámetros de calidad de la carne. Dpto. de Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana. Mexico, D.F. C.E. (Mexico).
- 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
- GARRIDO, M.; BAÑON, S; ALVAREZ, D. 2005.** Medida del pH. En: “Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes”.
- GILL, C. & NEWTON, K. 1982.** The effect of lactic concentration on the growth on meat of Gram negative psychrotrophs from a meat Works. Appl. Environ. Microbiol., 43: 284-288.
- GONZÁLEZ, E.; STUARDO, L.; BENAVIDES, D.; VILLALOBOS, P. 2004.** La institucionalización del Bienestar Animal, un Requisito para su Desarrollo Normativo, Científico y Productivo, Seminario Bienestar Animal. Santiago de Chile. 171 pág.
- GRANDIN, T. 1993.** Teaching principles of behavior and equipment design for handling for handling livestock. Journal of Animal Science 71, 1065 – 1070.

- GRANDIN, T. 1994.** Euthanasia and slaughter of livestock. *JAVMA* 204, 1355.
- GRANDIN, T. 1999.** Buenas prácticas de trabajo para el manejo e insensibilización de animales. Disponible en: www.grandin.com Fecha de revisión Marzo del 2013.
- GRANDIN, T. 2006.** Handling and welfare of livestock in slaughter plants. In: Grandin, T. (Ed). *Livestock handling and transport*. Wallingford, UK: CABI. Pág: 329 – 353.
- GRANDIN, T. 2010.** Recommended Animal Handling Guidelines Audit Guide: A Systematic Approach to Animal Welfare. AMI Foundation: American Meat Institute Animal Welfare Committee.
- GREGORY, N.G. 2006.** Physiology and behaviour of animal suffering. Blackwell Publishing, UK.
- GRONDRET, F & BONNEAU, M. 1998.** Mise en place des caractéristiques du muscle chez lapin et incidence sur la qualité de la viande. *INRA. Prod. Anim.*, 11, 335 – 347.
- GUERRERO, O. 2003.** Estimulación Eléctrica de Camales de Camélidos para Mejorar su Calidad Organoléptica. Tesis para optar el título de Médico Veterinario. UNMSM. Lima – Perú.
- HARGREAVES, A; BARRALES, L.; LARRAIN, R. & ZAMORANO, L. 2004.** Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales de bovinos. *Cien. Inv. Agr.* 31 (3), 145 – 229.
- HONIKEL, K.O., KIM, G.J., & HAMM, R. 1986.** Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss. *Meat Sci.*, 16, 267-282.
- HOOD, D.; P. & TARRANT. 1980.** The problem of dark-cutting in beef. Martinus Nijhof Publishers. The Hague. Pp 501.
- HOOFMANN, K., 1988.** El pH, una Característica de la calidad de la carne. *Fleischwirtschaft (Español)* 1: 13 – 18.

- HOPKINS, D.; STANLEY, D.; MARTIN, L.; TOOHEY, E. & GILMOUR, A. 2007.** Genotype and age effect on sheep meat production 3. Meat quality. Australian Journal of Experimental Agriculture 47, 1155 – 1164.
- HUAMAN, N. 2009.** Efecto de la ducha *antemortem* sobre el pH intramuscular en el cuy (*Cavia porcellus*) raza Perú, medido a las 0, 4, y 12 horas *post* beneficio tradicional. Tesis para optar el título profesional de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima – Perú.
- HUI, H.; GUERRERO, I. & ROSMINI, M. 2006.** Ciencia y tecnología de carnes. Editorial Limusa, México. Pág. 634.
- HUMANE SLAUGHTER ASSOCIATION (H.S.A.). 1998.** Captive Bolt Stunning of Livestock. 2nd edition, pp. 2-16.
- KOOHMARAIE, M. 1992.** Effect of pH, temperature and inhibitors on autolysis and catalytic on bovine skeletal muscle m-calpain. Journal of Animal Science 70: 3071 – 3080.
- LAMBOOY, R., SPANJAAD, W y EIKELENBOOM, G. 1982.** La conmoción cerebral como metodo de insensibilizacion para terneros de engorde. Fleischwirtschaft en Español 1:14 – 18.
- LAMBOOY, E. & SYBESMA, W. 1988.** The effect of environmental factors such as preslaughter treatment and electrical stunning on the occurrence of haemorrhages in the shoulder of slaughter pigs. Proceedings of the 34th Internacional Congress of Meat Science and Tecnology. Australia.
- LAWRENCE, T. & FOWLER, V. 1997.** Tissues. In: Growth of Farm Animals (Eds. Lawrence, T.L.J. & Fowler, V.R.), pp. 26-101. CAB International, Wallingford.
- LAWRIE, R. 1985.** Pergamon Press Ltd. Headington Hill Hall. London. Meat Science.
- LAWRIE, R. 1985.** Meat Science. Pergamon Press Ltd. Headington Hill Hall. London.

- LAWRIE, R. 1998.** Constitución química y bioquímica del músculo. En: Ciencia de la Carne. Acribia, Zaragoza, España.
- LOCKHART, R. 1972.** Anatomy of muscles and their relationship to movement and posture: The structure and function of muscle. Ed. Bourne, G.H., 2nd edición. Academic Press. New York. Vol. 1, p.1.
- LOPEZ, R. & CASP, A. 2004.** Tecnología de mataderos. Madrid, España. Editorial Mundi – Prensa.
- LOWE, T.; PEACHEY, B. & DEVINE, C. 2002.** The effect of nutritional supplements on growth rate, stress responsiveness, muscle glycogen and meat tenderness in pastoral lambs. Meat Science 69, 649 – 654.
- MARIÑO, J. 2010.** “Evaluación del efecto de diferentes descargas eléctricas (120, 130, 140 y 150 voltios) en el aturdimiento de cuyes”. Tesis para obtener el título de Ingeniero Zootecnista. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
- MARTINEZ-CEREZO, S.; SAÑUDO, C.; PANEA, B.; MEDEL, I.; DELFA, R.; SIERRA, I.; BELTRAN, J.; CEPERO, R. & OLLETA, J. 2005.** Breed, slaughter weight weight and ageing time effects on physico-chemical characteristics of lamb meat. Meat Science 69, 325 – 333.
- MELLOR, D.; THOMBER, P.; BAYVEL, D.; KAHN, S. 2008.** Evaluación científica y manejo del dolor animal. Serie técnica OIE. Vol 10.
- McKINSTRY, J. & ANIL, M. 2004.** The effect of repeat application of electrical stunning on the welfare of pigs. Meat Science 67: 121 – 128.
- MONIN, G. 1981.** Evolution *post – mortem* du tissu et consequences sur les qualités de la viande porc. *Viandes Prod. Carnés.* 9, 302 – 15.
- MONIN, G. 1998.** Recent methods for predicting quality of whole meat. In: *Proceeding 44th. ICOMST:* 56-65.

- MORENO, A.; RUEDA, V.; CEULAR, A. 1999.** Analisis Cuantitativo del pH de Canales de Vacuno de Matadero. Archivos Zootecnicos. Lugo – España.
- NELSON, D. & COX, M. 2001.** Principios de bioquímica. Ediciones Omega. España. Pág. 1152.
- NORMAN, G. 1982.** Efecct of breed and nutrition on the productive traits of beff cattle in south – east. Brazil: Part 3 – Meat quality. Meat Sci.; Essex, Eng., 6: 79 – 86.
- OUHAYOUN, J. & DELMAS, D. 1998.** Meat quality of rabbit. I differences between muscles in post mortem pH. En: Proceedings 4th. World Rabbit Congress, Budapest Hungary, Vol. 2, 412 – 417.
- PALEARI, M., BERETTA, G., GIGNI, E., PARINI, M., RASI,M., CRIVELLI, G. y BERTOLO, G. 1995.** Electroestimulacion con muy bajo voltaje y carne vacuna con características DFD. Flischwirtschaft (Español) 2: 8 – 9.
- PENNY, IF. 1984.** Enzimología de la maduración en: Avances de la ciencia de la carne. Ralston Lawrie. Pp. 149 – 181. Edit. Acribia. Zaragoza, España.
- PRANDL, O. & FISHER, A. 1994.** Tecnología e Higiene de la Carne. Editorial Acribia S.A. Zaragoza-España. p 27-35; 117-120
- PRANDL, O.; FISCHER, A.; SCMIDHOFER, T.; SINELL, H. 1994.** Tecnología e higiene de la carne. Editorial Acribia. Zaragoza. p. 757 – 767.
- PRICE, J. F. & SCHWEIGERT, B. 1994.** Ciencia de la Carne y de los Productos Cárnicos.Zaragoza, España. Editorial Acribia.
- PRICE, J. & SCHWEIGERT, B. 1987.** The science of meat and meat produc ís. W.H. Freeman and Company. San Francisco, E.U. pp 11 – 77.
- RAMIREZ, E. 2007.** “Efecto del tipo de aturdimiento sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la carne de conejo (*Oryctolagus cuniculus* L. 1758)”. Tesis para Optar el Grado de Magister Scientiae. UNALM. Lima – Perú.

- RANKEN, M. 2003.** Manual de industrias de la carne. Madrid, España. Editorial Mundi – Prensa.
- RESTREPO, D., ARANGO, C., AMEZQUITA, A., RESTREPO, R. 2001.** Industrias de Carne. Editado por la Universidad Nacional de Colombia. 279 pág.
- RICO, J.; MERCADO, C.; MISAEL, O.; GONZÁLEZ, M. y FAJARDO, R. 2009.** “Bases morfofisiológicas y moleculares del músculo y tejidos asociados, que guardan relación con la ciencia de la carne”. Curso: Actualización en tópicos de carne y productos cárnicos, FESC, UNAM, México.
- SANZ, M.; VERDE, M.; SÁEZ, T.; SAÑUDO, C. 1996.** Effect of bread on the muscle glycongen content and dark cutting incidente in stressed young bulls. *Meat Sci., Essex, Eng*, 43: 37 – 42.
- SAÑUDO, C., SIERRA, I., LÓPEZ, M., FORCADA, F. 1986.** La qualité de la viande ovine. Étude des differents facteurs qui la conditionnent. En: Commission des C.C. Rapport EUR 11479, 67 – 81.
- SAÑUDO, C.; SANCHEZ, A. & ALFOSO, M. 1998.** Small Ruminant production Systems and Factors Affecting Lamb Meat Quality. *Meat Science* 49 (1), S29 – S64.
- SAÑUDO, C. & CAMPO, M. 1997.** Calidad de la canal por tipos. En “*Vacunos de carne: aspectos claves*”. Buxadé C Ed. Mundi – Prensa.
- SÁNCHEZ, G. 1999.** Ciencia Básica de la Carne. Editora Guadalupe. Santa Fé de Bogotá-Colombia. p 67-75.
- SCHAEFER, A.; JONES, R.; STANLEY, W. 1997.** The use of electrolyte solutions for reducing transport stress. *J. Anim. Sci.* 75: 258-265.
- SENSER, F & SCHERZ, H. 1999.** Tabla de composición de alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 215 pág.
- SORNAY, J. & LEGRAS, P. 1978.** Cartographie du pH dans les carcasses de gros bovin.

- STRYER, L. 1988.** Biochemistry. W.H. Freeman. Nueva York.
- TARRANT, P.V. & SHERINGTON, J. 1980.** An investigation of ultimate pH in the muscles of commercial beef carcasses. *Meat Science*, 4, 287-297.
- TEIXEIRA, A.; BATISTA, S.; DELFA, R. & CADAVEZ, V. 2005.** Lamb meat quality of two breeds with protected origin designation. Influence of breed, sex and live weight. *Meat Science* 71, 530 – 536.
- TERLOW, E.M.C.; SCHOUTEN, W.G.P.; LADEWIG, J. 2005.** Physiology. In: Animal Welfare. CABI Publishing. Edited by Appleby and Hughes: 143.
- TROEGER, K. & WOLTERS DORF, W. 1990.** Insensibilización eléctrica y calidad de la carne de cerdos. *Fleischwirtschaft en Español*. 2:14 – 21.
- QUIROGA, G. & GARCÍA DE SILES, J.L. 1994.** Manual para la Instalación del Pequeño Matadero Modular FAO. Roma-Italia. p 65-83
- VAN DE WATER, G.; VERJANS, F.; GEERS, R. 2003.** The effect of short distance transport under commercial condition on the physiology of slaughter calves; pH and color profile of veals. *Livestock Production. Science* 82, 171 – 179.
- VELARDE, A., GISPERT, M., Y DIESTRE, A. 1999.** Sistemas de aturdimiento en porcino: efectos sobre el bienestar animal y la calidad del producto final. *Eurocarne* 76: 55-60.
- VELARDE, A., GISPERT, M., DIESTRE, A. Y MANTECA, X. 2003.** Effect of electrical stunning on meat and carcass quality in lambs. *Meat Ciencias*, 63, 35-38.
- VERGARA, H.; LINARES, M.; VERRUGA, M. & GALLEGO, L. 2005.** Meat quality in suckling lambs: effect of pre slaughter handling. *Meat Science* 69, 473 – 478
- VIGOREAUX, J. 1994.** The muscle Z band: lessons on stress management, *Journal of Muscle Research and Cell Motility*. 15: 237 – 255.
- WARRIS, P. 1990.** The handling of cattle pre-slaughter and its effects on carcass and meat

quality. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 28: 171 -186.

WARRISS, P. 1996. Insensibilización y sacrificio de animales. *Informativo sobre carne y productos cárneos* (Universidad Austral de Chile) 21, 47-58.

WARRIS, P. 2003. Ciencia de la carne. Ediciones Acribia, S.A. Zaragoza – España.

WOTTON, S. 1993. Stunning. Animal Welfare Officer Training Course. University of Bristol, England, pp. 14-15.

IX. ANEXOS

ANEXO 1. Peso vivo promedio en los tres tratamientos

Nº ANIMAL	PESO VIVO (g)		
	T1 (Desnucado)	T2 (147v)	T3 (157v)
1	886	952	927
2	855	988	900
3	956	958	923
4	934	989	990
5	940	990	956
6	953	930	916
7	880	990	953
8	970	896	987
9	870	837	994
10	860	962	976
11	1055	1056	1026
12	1051	1031	1002
13	1075	1002	1042
14	1053	1010	1053
15	1041	1015	1008
16	1045	1015	1054
17	1066	1038	1051
18	1097	1069	1055
19	1055	1054	1050
20	1045	1044	1055
21	1064	1094	1031
22	1038	1061	1008
23	1088	1086	1035
24	1085	1023	1045
25	1098	1042	1055
26	1025	1052	1048
27	1022	1034	1019
28	1019	1026	1005
29	1006	1078	1008
30	1087	1008	1054
31	1093	1007	1051
32	1043	1041	1010
33	1031	1007	1005
34	1048	1028	1063
35	1073	1000	1028
36	1012	1015	1026
37	1010	956	969
38	1011	959	1055
39	971	1021	1062
40	990	977	1008
41	960	1052	1010
42	1082	952	1075
43	1059	946	1016
44	947	1016	976
45	1060	1005	971
Promedio	1013.53	1006.93	1012.24
Desv. Estándar	68.10	50.07	43.27

ANEXO 2. Valores de amperaje aplicado a los animales aturdidos con electronarcosis.

N° ANIMAL	AMPERAJE (mA)			
	PESO VIVO (g)	T2	PESO VIVO (g)	T3
1	952	1.50	927	1.80
2	988	0.80	900	2.00
3	958	1.50	923	0.80
4	989	1.20	990	0.50
5	990	1.50	956	1.50
6	930	1.00	916	1.00
7	990	0.50	953	1.50
8	896	0.80	987	1.50
9	837	1.00	994	1.80
10	962	1.80	976	0.50
11	1056	1.20	1026	1.00
12	1031	1.50	1002	0.80
13	1002	2.00	1042	1.00
14	1010	1.50	1053	1.50
15	1015	2.00	1008	1.50
16	1015	0.50	1054	0.50
17	1038	1.50	1051	0.80
18	1069	1.50	1055	1.50
19	1054	0.50	1050	1.00
20	1044	2.00	1055	1.50
21	1094	1.00	1031	1.00
22	1061	0.80	1008	0.80
23	1086	1.00	1035	1.00
24	1023	0.50	1045	2.00
25	1042	1.50	1055	1.80
26	1052	1.50	1048	0.80
27	1034	1.00	1019	1.00
28	1026	0.80	1005	0.50
29	1078	1.80	1008	1.50
30	1008	1.00	1054	0.50
31	1007	1.00	1051	1.00
32	1041	0.80	1010	0.50
33	1007	1.00	1005	0.80
34	1028	1.50	1063	1.80
35	1000	1.00	1028	1.00
36	1015	0.80	1026	1.00
37	956	0.50	969	1.50
38	959	1.50	1055	2.00
39	1021	2.00	1062	2.00
40	977	0.80	1008	0.80
41	1052	1.00	1010	1.00
42	952	0.80	1075	1.80
43	946	1.50	1016	2.00
44	1016	1.50	976	0.80
45	1005	1.80	971	0.80
Promedio	1006.93	1.20	1012.24	1.19
Desv. Estándar	50.07	0.45	43.27	0.49

ANEXO 3. Variación de pH por efecto del aturdimiento con desnucado.

N° Animal	pH <i>post mortem</i>			
	pH (T=0h)	pH (T=1h)	pH (T=6h)	pH (T=24h)
1	6.13	5.82	5.80	5.72
2	6.06	5.87	5.86	5.77
3	6.34	5.66	5.64	5.81
4	6.19	5.98	5.92	5.97
5	5.93	5.74	5.81	5.77
6	6.14	6.15	5.90	6.08
7	6.37	6.26	5.94	6.14
8	6.29	6.16	5.96	6.18
9	6.03	6.02	5.99	5.98
10	6.12	6.08	5.96	5.98
11	6.40	6.26	6.11	6.03
12	6.91	6.41	5.96	6.15
13	6.41	6.37	6.00	5.98
14	6.43	6.36	5.98	6.19
15	6.40	6.22	6.12	6.22
16	6.37	6.22	5.98	5.85
17	6.64	6.31	5.83	5.96
18	6.49	6.42	5.91	5.92
19	6.63	6.40	5.93	6.04
20	6.47	6.37	5.97	5.93
21	6.85	6.31	5.97	5.90
22	6.57	6.21	5.86	5.87
23	6.63	6.41	5.96	6.03
24	6.34	6.24	5.97	5.99
25	6.37	6.21	6.01	5.98
26	6.36	6.22	6.18	6.09
27	6.42	6.35	6.05	6.12
28	6.82	6.33	6.13	6.17
29	6.57	6.26	6.13	6.10
30	6.56	6.33	6.09	5.99
31	6.68	6.41	5.98	6.09
32	6.80	6.48	5.97	6.00
33	6.74	6.39	6.14	5.90
34	6.55	6.47	6.17	6.12
35	6.56	6.25	5.86	6.01
36	6.62	6.33	5.91	5.95
37	6.69	6.44	6.21	6.09
38	6.45	6.25	6.18	6.12
39	6.51	6.31	6.16	6.09
40	6.71	6.46	6.03	6.05
41	6.76	6.46	6.03	6.10
42	6.86	6.45	6.06	6.30
43	6.62	6.32	6.05	6.11
44	6.70	6.35	6.10	6.09
45	6.75	6.28	6.11	6.12
Promedio	6.49	6.26	6.00	6.02
Desv. Estándar	0.24	0.19	0.12	0.13

ANEXO 4. Variación de pH por efecto del aturdimiento con 147 voltios.

N° Animal	pH <i>post mortem</i>			
	pH (T=0h)	pH (T=1h)	pH (T=6h)	pH (T=24h)
1	6.09	5.92	5.85	5.97
2	5.70	5.49	5.86	5.92
3	5.56	5.89	5.76	6.01
4	5.75	6.00	5.88	5.90
5	5.91	5.84	5.85	6.02
6	6.06	6.10	5.96	5.74
7	6.04	5.93	5.76	6.06
8	6.12	6.09	5.94	6.01
9	6.00	5.89	5.82	6.06
10	6.21	6.18	5.89	5.98
11	6.31	6.19	6.12	6.01
12	6.28	6.23	6.06	6.16
13	6.74	6.43	5.99	5.91
14	6.18	6.06	6.02	6.05
15	6.34	6.21	6.10	6.08
16	6.37	6.18	6.14	6.12
17	6.77	6.44	6.15	5.98
18	6.41	6.13	5.97	5.83
19	6.68	6.33	5.74	5.98
20	6.85	6.39	5.99	6.07
21	6.41	6.38	5.88	5.87
22	6.66	6.35	5.87	6.04
23	6.44	6.25	6.16	5.95
24	6.71	6.13	6.05	6.07
25	6.52	6.13	5.98	5.95
26	6.38	6.11	5.89	5.98
27	6.43	6.14	6.11	6.05
28	6.51	6.34	6.25	6.02
29	6.45	6.28	6.13	5.98
30	6.41	6.04	6.00	6.17
31	6.41	6.39	5.99	5.75
32	6.61	6.27	5.90	6.08
33	6.64	6.38	5.98	6.12
34	6.65	6.33	5.89	6.12
35	6.67	6.24	6.11	6.30
36	6.85	6.49	6.14	6.15
37	6.44	6.38	6.03	6.14
38	6.69	6.40	5.95	6.06
39	6.44	6.20	6.04	6.09
40	6.49	6.18	6.07	6.04
41	6.81	6.31	6.17	6.14
42	6.69	6.42	5.97	6.11
43	6.51	6.34	6.18	6.12
44	6.41	6.32	6.09	5.95
45	6.76	6.33	6.11	6.09
Promedio	6.41	6.20	6.00	6.02
Desv. Estándar	0.31	0.20	0.13	0.11

ANEXO 5. Variación de pH por efecto del aturdimiento con 157 voltios.

N° Animal	pH <i>post mortem</i>			
	pH (T=0h)	pH (T=1h)	pH (T=6h)	pH (T=24h)
1	6.43	6.06	6.05	5.87
2	6.44	6.13	5.92	6.13
3	6.57	6.55	5.98	5.96
4	6.68	6.46	5.83	6.07
5	6.77	6.39	6.02	6.05
6	6.39	6.16	5.85	5.76
7	6.28	6.23	5.84	5.95
8	6.46	6.26	5.96	5.99
9	6.18	6.15	6.00	5.95
10	6.41	6.27	6.12	5.89
11	6.37	6.04	6.05	6.02
12	6.12	6.07	6.08	6.00
13	6.38	6.16	6.01	5.94
14	6.25	6.07	6.05	5.96
15	6.60	6.14	5.96	5.90
16	6.23	6.06	5.84	5.98
17	6.71	6.22	5.90	5.94
18	6.70	6.31	6.02	5.92
19	6.41	6.25	5.98	6.05
20	6.32	6.22	5.95	5.88
21	6.30	6.16	5.68	5.96
22	6.41	6.26	6.09	5.97
23	6.24	6.19	5.84	5.97
24	6.23	6.17	6.08	5.99
25	6.65	6.27	6.04	5.98
26	6.64	6.27	5.98	6.09
27	6.39	6.18	6.05	5.96
28	6.44	6.17	6.12	5.99
29	6.47	6.34	6.09	5.91
30	6.49	6.20	6.11	6.05
31	6.75	6.50	6.11	6.16
32	6.73	6.36	6.19	6.20
33	6.72	6.41	6.01	6.04
34	6.70	6.28	5.93	6.20
35	6.67	6.46	5.95	6.21
36	6.53	6.40	6.09	6.16
37	6.51	6.29	6.10	6.12
38	6.68	6.31	6.11	6.13
39	6.53	6.27	6.04	6.10
40	6.69	6.37	6.01	6.14
41	6.72	6.36	5.93	6.00
42	6.61	6.38	5.86	6.07
43	6.60	6.25	6.12	5.95
44	6.88	6.37	6.11	6.17
45	6.54	6.22	6.16	6.08
Promedio	6.51	6.26	6.00	6.02
Desv. Estándar	0.18	0.12	0.11	0.10

ANEXO 6. Análisis de variancia para el pH (T=0 horas).

CUADRO ANVA

Fuentes de Variación	G.L.	SC	CM	F_c	F_{tab}	Significación
Tratamientos	2	0.26135111	0.13067556	2.10	0.13	n.s
Error	132	8.21474222	0.0622329			
Total	134					

R²: 0.030834

C.V.: 3.85%

(n.s.): no significativo

(*) : significativo

Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	6.49	45	1
A	6.41	45	2
A	6.51	45	3

ANEXO 7. Análisis de variancia para el pH (T=1 hora).

CUADRA ANVA

Fuentes de Variación	G.L.	SC	CM	F_c	F_{tab}	Significación
Tratamientos	2	0.09786815	0.04893407	1.61	0.20	ns
Error	132	4.00714222	0.03035714			
Total	134					

R²: 0.023841

C.V.: 2.79%

(n.s.): no significativo

(*) significativo

Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	6.26	45	1
A	6.20	45	2
A	6.26	45	3

ANEXO 8. Análisis de variancia para el pH (T=6 horas).

CUADRO ANVA

Fuentes de Variación	G.L.	SC	CM	F_c	F_{tab}	Significación
Tratamientos	2	0.00217333	0.00108667	0.08	0.92	ns
Error	132	1.82112	0.01379636			
Total	134					

R²: 0.001192

C.V.: 1.96%

(n.s.): no significativo

(*) : significativo

Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	6.00	45	1
A	6.00	45	2
A	6.00	45	3

ANEXO 9. Análisis de variancia para el pH (T=24 horas).

CUADRO ANVA

Fuentes de Variación	G.L.	SC	CM	F_c	F_{tab}	Significación
Tratamientos	2	0.00172	0.00086	0.07	0.93	ns
Error	132	1.65812	0.01256152			
Total	134					

R²: 0.001036

C.V.: 1.86 %

(n.s.): no significativo

(*) : significativo

Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	6.02	45	1
A	6.03	45	2
A	6.02	45	3

ANEXO 10. Valores de temperatura en el aturdimiento por desnucado.

N° Animal	Temperatura <i>post mortem</i>			
	Temperatura (T=0h)	Temperatura (T=1h)	Temperatura (T=6h)	Temperatura (T=24h)
1	28.90	21.40	15.30	17.60
2	31.70	21.10	18.00	16.00
3	31.30	20.40	15.40	13.90
4	28.00	20.50	16.70	14.50
5	29.90	20.70	16.50	16.20
6	27.40	24.00	15.20	14.00
7	26.10	20.70	17.20	13.20
8	25.50	21.50	16.80	13.50
9	24.10	20.90	18.00	14.80
10	24.50	20.90	17.10	14.70
11	28.50	20.10	15.70	9.50
12	28.20	20.80	15.40	10.40
13	27.70	20.30	15.00	9.40
14	29.50	20.10	15.00	8.30
15	27.00	20.20	14.20	9.80
16	27.40	21.10	15.00	10.00
17	29.40	20.30	16.30	10.30
18	29.10	21.80	14.90	10.10
19	27.00	21.90	15.00	10.40
20	28.20	22.20	15.80	11.00
21	29.20	21.30	16.70	11.00
22	28.40	20.90	13.90	10.30
23	28.30	20.80	14.60	10.30
24	27.80	20.70	14.40	9.10
25	31.70	21.80	12.00	8.60
26	29.10	21.80	15.60	10.10
27	30.50	22.60	16.50	8.50
28	29.80	23.00	15.30	10.90
29	29.50	22.80	17.80	11.70
30	32.10	21.60	15.70	9.80
31	30.30	22.90	14.50	9.00
32	32.50	22.80	16.00	10.50
33	32.40	23.10	18.00	9.20
34	32.60	23.80	14.70	11.00
35	33.00	22.90	15.80	9.30
36	29.00	24.30	12.60	7.60
37	32.90	22.80	14.00	9.70
38	33.30	23.50	10.70	8.70
39	31.70	23.40	12.00	9.50
40	32.50	24.40	10.70	8.00
41	33.30	23.40	14.70	10.20
42	32.70	24.30	15.20	8.40
43	34.30	24.60	17.20	11.30
44	33.40	23.90	14.60	9.40
45	33.90	25.70	17.20	11.80
Promedio	29.86	22.09	15.31	10.92
Desv. Estándar	2.60	1.47	1.74	2.39

ANEXO 11. Valores de temperatura en el aturdimiento con 147 voltios.

N° Animal	Temperatura <i>post mortem</i>			
	Temperatura (T=0h)	Temperatura (T=1h)	Temperatura (T=6h)	Temperatura (T=24h)
1	28.10	21.00	13.90	12.30
2	28.50	20.90	14.40	12.70
3	26.90	20.60	15.40	14.00
4	30.30	21.50	14.30	12.60
5	25.60	20.50	14.20	13.80
6	24.10	21.20	18.10	14.20
7	24.60	20.70	17.90	13.90
8	24.20	20.90	16.90	13.60
9	22.90	22.70	16.10	13.90
10	23.60	20.70	17.70	15.10
11	27.00	19.80	14.60	8.50
12	34.40	20.20	13.60	10.50
13	27.70	20.40	16.80	10.70
14	29.20	20.50	14.40	9.50
15	28.60	19.70	11.90	8.40
16	28.50	20.90	17.40	11.10
17	30.50	21.40	16.40	11.00
18	29.70	21.50	16.00	10.10
19	29.90	21.50	16.30	10.30
20	27.50	21.70	13.70	10.60
21	27.40	21.30	15.20	10.30
22	29.10	21.50	13.90	10.10
23	28.70	21.50	14.70	10.40
24	28.50	20.70	13.80	9.20
25	27.80	22.00	12.90	10.00
26	31.20	22.30	16.00	10.20
27	29.40	22.80	15.20	8.60
28	30.40	23.00	15.70	10.20
29	30.90	23.60	15.60	11.80
30	30.70	21.60	15.30	8.70
31	30.10	24.00	15.60	9.60
32	31.50	23.00	15.00	9.40
33	32.30	23.60	15.60	10.20
34	32.00	23.70	13.90	10.80
35	32.10	22.50	14.70	9.90
36	29.60	23.20	15.10	8.70
37	31.00	22.70	15.00	8.20
38	32.40	22.80	12.00	7.80
39	32.50	24.60	11.60	9.10
40	33.70	24.00	9.80	8.80
41	34.30	23.10	16.00	11.30
42	35.20	24.70	15.50	9.20
43	33.60	24.30	14.70	9.30
44	35.20	24.40	16.00	12.70
45	33.80	24.90	17.00	12.60
Promedio	29.67	22.09	15.02	10.75
Desv. Estándar	3.11	1.44	1.69	1.89

ANEXO 12. Valores de temperatura en el aturdimiento con 157 Voltios.

N° Animal	Temperatura <i>post mortem</i>			
	Temperatura (T=0h)	Temperatura (T=1h)	Temperatura (T=6h)	Temperatura (T=24h)
1	29.50	20.50	16.20	11.80
2	28.90	20.90	16.20	10.90
3	26.90	20.10	15.20	12.60
4	28.10	20.20	17.20	13.10
5	29.90	20.40	14.90	11.80
6	24.60	21.10	12.90	16.10
7	23.70	21.50	14.40	16.70
8	25.10	21.50	15.20	16.40
9	24.80	23.50	13.90	16.40
10	25.50	22.10	16.80	16.90
11	27.00	20.00	12.00	8.40
12	28.80	19.80	13.20	10.80
13	27.60	20.10	12.80	11.00
14	29.30	20.50	14.40	9.20
15	28.60	19.80	14.20	9.20
16	28.80	21.60	14.70	10.80
17	28.90	21.20	13.00	10.50
18	31.20	21.60	16.30	10.60
19	27.60	21.70	15.40	10.20
20	29.80	21.30	14.40	10.50
21	29.70	20.90	14.60	10.10
22	31.50	21.40	15.00	10.30
23	28.30	21.90	14.50	8.60
24	26.00	20.50	13.90	9.30
25	30.80	21.90	13.00	10.10
26	30.00	22.00	15.30	10.30
27	31.50	23.40	15.10	8.60
28	30.10	22.50	14.80	9.90
29	30.10	23.00	15.50	10.30
30	32.70	21.10	15.10	10.70
31	31.30	23.50	14.90	8.40
32	32.80	22.60	15.80	10.10
33	32.40	22.80	15.00	8.90
34	31.50	23.90	16.00	10.40
35	33.20	24.30	15.30	10.70
36	30.10	23.00	14.40	10.00
37	32.20	23.10	13.00	11.30
38	32.70	22.10	12.00	7.00
39	32.70	24.10	11.50	6.20
40	32.90	24.70	11.50	7.60
41	33.20	25.30	17.90	12.80
42	33.70	24.00	15.60	9.30
43	34.30	24.20	15.00	9.30
44	35.60	24.60	16.00	11.90
45	32.90	25.20	16.80	12.10
Promedio	29.93	22.12	14.68	10.85
Desv. Estándar	2.83	1.56	1.47	2.47

ANEXO 13. Análisis de variancia para la Temperatura (T=0 horas).

CUADRO ANVA

Fuentes de Variación	G.L.	SC	CM	F_c	F_{tab}	Significación
Tratamientos	2	1.595259	0.79763	0.1	0.91	ns
Error	132	1075.61467	8.148596			
Total	134					

R²: 0.001481

C.V.: 9.57%

(n.s.): no significativo

(*) : significativo

Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	29.86	45	1
A	29.67	45	2
A	29.93	45	3

ANEXO 14. Análisis de variancia para la Temperatura (T=1 hora).

CUADRO ANVA

Fuentes de Variación	G.L.	SC	CM	F_c	F_{tab}	Significación
Tratamientos	2	0.0271111	0.0135556	0.01	0.99	ns
Error	132	294.252889	2.2291886			
Total	134					

R²: 0.000092

C.V.: 6.75%

(n.s.): no significativo

(*) : significativo

Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	22.09	45	1
A	22.09	45	2
A	14.68	45	3

ANEXO 15. Análisis de variancia para la Temperatura (T=6 horas).

CUADRO ANVA

Fuentes de Variación	G.L.	SC	CM	F_c	F_{tab}	Significación
Tratamientos	2	8.7868148	4.3934074	1.63	0.19	ns
Error	132	354.701333	2.6871313			
Total	134					

R²: 0.024174

C.V.: 10.92%

(n.s.): no significativo

(*) : significativo

Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	15.31	45	1
A	15.02	45	2
A	14.68	45	3

ANEXO 16. Análisis de variancia para la Temperatura (T=24 horas).

CUADRO ANVA

Fuentes de Variación	G.L.	SC	CM	F_c	F_{tab}	Significación
Tratamientos	2	0.6441481	0.3220741	0.06	0.93	ns
Error	132	676.101778	5.1219832			
Total	134					

R²: 0.000952

C.V.: 20.88%

(n.s.): no significativo

(*) : significativo

Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	10.92	45	1
A	10.75	45	2
A	10.85	45	3

ANEXO 17. Temperatura ambiental registrada en la fase experimental¹.

Fecha	Temperatura ambiental °C
10/09/2013	22.0
13/09/2013	22.5
11/10/2013	22.0
25/10/2013	22.5
29/10/2013	22.0
14/11/2013	23.0
07/12/2013	22.5
14/12/2013	24.0
19/12/2013	23.5

¹ Valores registrados en el interior del Laboratorio de Tecnología e Industrialización de Leche y Carne, perteneciente a la Facultad de Zootecnia – UNALM.

ANEXO 18. Peso vivo, peso de carcasa, rendimiento de carcasa en el T1 (desnucado)

N° ANIMAL	T1 (Desnucado)		
	Peso vivo (g)	Peso de carcasa (g)	Rendimiento carcasa %
1	886	669	75.51
2	855	663	77.54
3	956	667	69.77
4	934	679	72.70
5	940	690	73.40
6	953	689	72.30
7	880	610	69.32
8	970	700	72.16
9	870	623	71.61
10	860	589	68.49
11	1055	703	66.64
12	1051	725	68.98
13	1075	710	66.05
14	1053	747	70.94
15	1041	725	69.64
16	1045	724	69.28
17	1066	726	68.11
18	1097	781	71.19
19	1055	743	70.43
20	1045	716	68.52
21	1064	700	65.79
22	1038	695	66.96
23	1088	725	66.64
24	1085	685	63.13
25	1098	772	70.31
26	1025	706	68.88
27	1022	701	68.59
28	1019	740	72.62
29	1006	694	68.99
30	1087	763	70.19
31	1093	781	71.45
32	1043	390	37.39
33	1031	712	69.06
34	1048	738	70.42
35	1073	711	66.26
36	1012	678	67.00
37	1010	748	74.06
38	1011	721	71.32
39	971	674	69.41
40	990	685	69.19
41	960	695	72.40
42	1082	757	69.96
43	1059	750	70.82
44	947	699	73.81
45	1060	709	66.89
Promedio	1013.53	700.18	69.20
Desv. Estándar	68.10	62.15	5.57

ANEXO 19. Peso vivo, peso de carcasa y rendimiento de carcasa en el T2 (147 voltios)

N° ANIMAL	T2 (147v)		
	Peso vivo (g)	Peso de carcasa (g)	Rendimiento carcasa %
1	952	667	70.06
2	988	693	70.14
3	958	708	73.90
4	989	660	66.73
5	990	676	68.28
6	930	668	71.83
7	990	620	62.63
8	896	619	69.08
9	837	584	69.77
10	962	649	67.46
11	1056	707	66.95
12	1031	694	67.31
13	1002	667	66.57
14	1010	680	67.33
15	1015	685	67.49
16	1015	719	70.84
17	1038	733	70.62
18	1069	735	68.76
19	1054	710	67.36
20	1044	753	72.13
21	1094	752	68.74
22	1061	712	67.11
23	1086	745	68.60
24	1023	695	67.94
25	1042	692	66.41
26	1052	742	70.53
27	1034	683	66.05
28	1026	734	71.54
29	1078	762	70.69
30	1008	696	69.05
31	1007	685	68.02
32	1041	695	66.76
33	1007	678	67.33
34	1028	692	67.32
35	1000	748	74.80
36	1015	681	67.09
37	956	653	68.31
38	959	644	67.15
39	1021	728	71.30
40	977	670	68.58
41	1052	714	67.87
42	952	673	70.69
43	946	641	67.76
44	1016	709	69.78
45	1005	656	65.27
Promedio	1006.93	691.27	68.67
Desv. Estándar	50.07	38.82	2.26

ANEXO 20. Peso vivo, peso de carcasa y rendimiento de carcasa en el T3 (157 voltios)

N° ANIMAL	T3 (157v)		
	Peso vivo (g)	Peso de carcasa(g)	Rendimiento carcasa %
1	927	680	73.35
2	900	588	65.33
3	923	707	76.60
4	990	710	71.72
5	956	705	73.74
6	916	654	71.40
7	953	662	69.46
8	987	716	72.54
9	994	720	72.43
10	976	711	72.85
11	1026	708	69.01
12	1002	670	66.87
13	1042	708	67.95
14	1053	739	70.18
15	1008	684	67.86
16	1054	722	68.50
17	1051	742	70.60
18	1055	725	68.72
19	1050	759	72.29
20	1055	725	68.72
21	1031	655	63.53
22	1008	681	67.56
23	1035	722	69.76
24	1045	715	68.42
25	1055	727	68.91
26	1048	725	69.18
27	1019	719	70.56
28	1005	681	67.76
29	1008	686	68.06
30	1054	756	71.73
31	1051	688	65.46
32	1010	660	65.35
33	1005	732	72.84
34	1063	733	68.96
35	1028	700	68.09
36	1026	711	69.30
37	969	709	73.17
38	1055	718	68.06
39	1062	756	71.19
40	1008	700	69.44
41	1010	659	65.25
42	1075	722	67.16
43	1016	680	66.93
44	976	690	70.70
45	971	663	68.28
Promedio	1012.24	702.73	69.46
Desv. Estándar	43.27	32.67	2.67

ANEXO 21. Análisis de varianza y prueba de Tukey para el peso vivo inicial.

CUADRO ANVA

Fuentes de Variación	G.L.	SC	CM	F_c	F_{tab}	Significación
Tratamientos	2	1101	551	0.18	0.83	n.s
Error	132	396772	3006			
Total	134	397874				

R²: 0.0028

Peso promedio: 1010.9 g

(n.s): no significativo

(*): significativo

Desv. Est.	Promedio	N	Tratamiento
68.10	1013.53	45	1
50.07	1006.93	45	2
43.27	1012.24	45	3

ANEXO 22. Análisis de varianza y prueba de Tukey para el rendimiento de carcasa.

CUADRO ANVA

Fuentes de Variación	G.L.	SC	CM	F_c	F_{tab}	Significación
Tratamientos	2	0.0018209	0.00091045	0.57	0.56	ns
Error	132	0.21216907	0.00160734			
Total	134					

R²: 0.008509

C.V.: 4.08 %

(n.s): no significativo

(*): significativo

Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	69.20	45	1
A	68.67	45	2
A	69.46	45	3

ANEXO 23. Valores de peso vivo, peso de sangre, y porcentaje de desangrado en el aturdimiento con desnucado.

N° ANIMAL	PORCENTAJE DE DESANGRADO %		
	T1 (Desnucado)		
	Peso vivo (g)	Peso Sangre (g)	% de desangrado
1	927	30.70	3.31
2	900	27.40	3.04
3	923	27.20	2.95
4	990	31.80	3.21
5	956	33.20	3.47
6	916	29.00	3.17
7	953	33.80	3.55
8	987	32.20	3.26
9	994	31.10	3.13
10	976	30.10	3.08
11	1026	31.60	3.08
12	1002	37.60	3.75
13	1042	32.90	3.16
14	1053	37.40	3.55
15	1008	30.60	3.04
16	1054	37.60	3.57
17	1051	36.10	3.43
18	1055	34.50	3.27
19	1050	32.80	3.12
20	1055	35.40	3.36
21	1031	30.50	2.96
22	1008	32.30	3.20
23	1035	33.30	3.22
24	1045	34.90	3.34
25	1055	38.40	3.64
26	1048	38.60	3.68
27	1019	39.70	3.90
28	1005	34.80	3.46
29	1008	36.50	3.62
30	1054	39.80	3.78
31	1051	36.10	3.43
32	1010	35.70	3.53
33	1005	35.20	3.50
34	1063	36.40	3.42
35	1028	33.90	3.30
36	1026	39.90	3.89
37	969	33.60	3.47
38	1055	33.70	3.19
39	1062	35.20	3.31
40	1008	35.50	3.52
41	1010	38.10	3.77
42	1075	37.20	3.46
43	1016	36.20	3.56
44	976	34.30	3.51
45	971	37.80	3.89
Promedio	1012.24	34.46	3.40
Desv. Estándar	43.27	3.17	0.25

ANEXO 24. Valores de peso vivo, peso de sangre, y porcentaje de desangrado en el aturdimiento con 147 voltios.

N° ANIMAL	PORCENTAJE DE DESANGRADO %		
	T2 (147v)		
	Peso vivo (g)	Peso Sangre (g)	% de desangrado
1	952	30.20	3.17
2	988	34.20	3.46
3	958	33.80	3.53
4	989	33.20	3.36
5	990	34.10	3.44
6	930	33.70	3.62
7	990	32.10	3.24
8	896	32.70	3.65
9	837	27.40	3.27
10	962	35.70	3.71
11	1056	29.30	2.77
12	1031	37.00	3.59
13	1002	34.90	3.48
14	1010	33.60	3.33
15	1015	36.00	3.55
16	1015	40.50	3.99
17	1038	36.30	3.50
18	1069	36.70	3.43
19	1054	29.20	2.77
20	1044	34.00	3.26
21	1094	39.00	3.56
22	1061	36.00	3.39
23	1086	40.30	3.71
24	1023	35.80	3.50
25	1042	34.90	3.35
26	1052	34.90	3.32
27	1034	37.30	3.61
28	1026	37.90	3.69
29	1078	39.50	3.66
30	1008	37.50	3.72
31	1007	32.70	3.25
32	1041	39.70	3.81
33	1007	40.70	4.04
34	1028	35.60	3.46
35	1000	31.60	3.16
36	1015	37.40	3.68
37	956	32.60	3.41
38	959	31.80	3.32
39	1021	39.10	3.83
40	977	35.00	3.58
41	1052	39.20	3.73
42	952	35.80	3.76
43	946	35.00	3.70
44	1016	35.10	3.45
45	1005	32.00	3.18
Promedio	1006.93	35.13	3.49
Desv. Estándar	50.07	3.14	0.26

ANEXO 25. Valores de peso vivo, peso de sangre, y porcentaje de desangrado en el aturdimiento con 157 voltios.

N° ANIMAL	PORCENTAJE DE DESANGRADO %		
	T3 (157v)		
	Peso vivo (g)	Peso Sangre (g)	% de desangrado
1	927	30.70	3.31
2	900	27.40	3.04
3	923	27.20	2.95
4	990	31.80	3.21
5	956	33.20	3.47
6	916	29.00	3.17
7	953	33.80	3.55
8	987	32.20	3.26
9	994	31.10	3.13
10	976	30.10	3.08
11	1026	31.60	3.08
12	1002	37.60	3.75
13	1042	32.90	3.16
14	1053	37.40	3.55
15	1008	30.60	3.04
16	1054	37.60	3.57
17	1051	36.10	3.43
18	1055	34.50	3.27
19	1050	32.80	3.12
20	1055	35.40	3.36
21	1031	30.50	2.96
22	1008	32.30	3.20
23	1035	33.30	3.22
24	1045	34.90	3.34
25	1055	38.40	3.64
26	1048	38.60	3.68
27	1019	39.70	3.90
28	1005	34.80	3.46
29	1008	36.50	3.62
30	1054	39.80	3.78
31	1051	36.10	3.43
32	1010	35.70	3.53
33	1005	35.20	3.50
34	1063	36.40	3.42
35	1028	33.90	3.30
36	1026	39.90	3.89
37	969	33.60	3.47
38	1055	33.70	3.19
39	1062	35.20	3.31
40	1008	35.50	3.52
41	1010	38.10	3.77
42	1075	37.20	3.46
43	1016	36.20	3.56
44	976	34.30	3.51
45	971	37.80	3.89
Promedio	1012.24	34.46	3.40
Desv. Estándar	43.27	3.17	0.25

ANEXO 26. Análisis de varianza y prueba de Tukey para el porcentaje de desangrado.

CUADRO ANVA

Fuentes de Variación	G.L.	SC	CM	F_c	F_{tab}	Significación
Tratamientos	2	0.00013351	0.00006676	1.26	0.29	ns
Error	132	0.00698582	0.00005292			
Total	134					

R²: 0.018753

C.V.: 3.89%

(n.s): no significativo

(*): significativo

Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	3.40	45	1
A	3.49	45	2
A	3.40	45	3

ANEXO 27. Número de animales que presentaron hematomas.

HEMATOMAS			
N° Animal	Tratamientos		
	T1 (Desnucado)	T2 (147v)	T3 (157v)
1	NO	NO	NO
2	SI	NO	NO
3	SI	NO	NO
4	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO
6	NO	NO	NO
7	SI	NO	NO
8	NO	NO	NO
9	SI	NO	NO
10	NO	NO	NO
11	NO	NO	NO
12	SI	NO	NO
13	SI	NO	NO
14	SI	NO	NO
15	NO	NO	NO
16	SI	NO	NO
17	SI	NO	NO
18	SI	NO	NO
19	NO	NO	NO
20	SI	NO	NO
21	SI	NO	NO
22	NO	NO	NO
23	SI	NO	NO
24	SI	NO	NO
25	NO	NO	NO
26	SI	NO	NO
27	NO	NO	NO
28	SI	NO	NO
29	SI	NO	NO
30	SI	NO	NO
31	NO	NO	NO
32	SI	NO	NO
33	SI	NO	NO
34	NO	NO	NO
35	NO	NO	NO
36	SI	NO	NO
37	SI	NO	NO
38	NO	NO	NO
39	SI	NO	NO
40	NO	NO	NO
41	SI	NO	NO
42	SI	NO	NO
43	NO	NO	NO
44	SI	NO	NO
45	NO	NO	NO

ANEXO 28. Prueba Chi – Cuadrado para la presencia de hematomas.

Hipótesis nula H_0 : No hay relación entre el tipo de aturdimiento y los hematomas producidos.

Hipótesis alterna H_a : Hay relación entre el tipo de aturdimiento y los hematomas producidos.

Cuadro de valores observados y esperados.

Tipo de Aturdimiento (y)	Hematomas (x)		
	SI	NO	Totales
Desnucado (T1)	26(8.67) ¹	19 (36.33)	45
Electronarcosis 147v (T2)	0 (8.67)	45 (36.33)	45
Electronarcosis 157v (T3)	0 (8.67)	45 (36.33)	45
Totales	26	109	135

¹ Valor esperado, calculado entre el producto del total de cada columna por el total de cada fila entre el total de muestra.

Cuadro de relación entre el aturdimiento y hematomas.

x,y (Interacción)	Observado	Esperado	Obs -Esp	(Obs-Esp)^2	((Obs-Esp)^2)/Esp
Si, desnucado	26	8.67	17.33	300.33	34.64
No, desnucado	19	36.33	-17.33	300.33	8.27
Si, Elect 147v	0	8.67	-8.67	75.17	8.67
No,Elect 147v	45	36.33	8.67	75.17	2.07
Si, Elect 157v	0	8.67	-8.67	75.17	8.67
No, Elect 157v	45	36.3	8.7	75.69	2.09
					64.40

Prueba de significancia

Valor de Chi Cuadrado $X^2 = 64.4$

Grados de libertad = $(3-1)(2-1) = 2$; nivel de confianza del 95%; $\alpha = 0.05$

Valor de tabla $(2, 0.05) = 5.99$.

Se acepta H_a , existe relación entre el tipo de aturdimiento y el hematoma producido.

ANEXO 29. Número de animales que presentaron hemorragias.

HEMORRAGIAS			
N° Animal	Tratamientos		
	T1 (Desnucado)	T2 (147v)	T3 (157v)
1	NO	NO	SI
2	NO	NO	NO
3	NO	SI	NO
4	NO	NO	NO
5	NO	NO	NO
6	SI	NO	NO
7	NO	SI	NO
8	NO	NO	SI
9	NO	NO	NO
10	SI	NO	NO
11	NO	NO	NO
12	NO	NO	NO
13	SI	NO	NO
14	NO	NO	NO
15	NO	NO	NO
16	NO	NO	NO
17	NO	NO	SI
18	NO	NO	NO
19	SI	NO	NO
20	NO	NO	NO
21	NO	NO	NO
22	NO	NO	NO
23	NO	NO	NO
24	NO	NO	NO
25	NO	NO	NO
26	NO	NO	NO
27	NO	NO	NO
28	NO	NO	NO
29	NO	NO	NO
30	NO	NO	NO
31	NO	NO	NO
32	NO	NO	NO
33	NO	NO	NO
34	NO	NO	NO
35	NO	NO	NO
36	NO	NO	NO
37	NO	NO	NO
38	NO	NO	NO
39	NO	NO	NO
40	NO	NO	NO
41	NO	NO	NO
42	NO	NO	NO
43	NO	NO	NO
44	NO	NO	NO
45	NO	NO	NO

ANEXO 30. Prueba Chi cuadrado para la presencia de hemorragias

Hipotesis nula H_0 : No hay relación entre el tipo de aturdimiento y las hemorragias producidas.

Hipotesis alterna H_a : Hay relación entre el tipo de aturdimiento y las hemorragias producidas.

Cuadro de valores observados y esperados.

Tipo de Aturdimiento (y)	Hemorragias (x)		
	SI	NO	Totales
Desnucado (T1)	4(3)	41(42)	45
Electronarcosis 147v (T2)	2(3)	43(42)	45
Electronarcosis 157v (T3)	3(3)	42(42)	45
Totales	9	126	135

Cuadro de relación entre el aturdimiento y hemorragias.

x,y (Interacción)	Observado	Esperado	Obs -Esp	(Obs-Esp)^2	((Obs-Esp)^2)/Esp
Si, desnucado	4	3	1	1	0.33
No, desnucado	41	42	-1	1	0.02
Si, Elect. 147v	2	3	-1	1	0.33
No,Elect 147v	43	42	1	1	0.02
Si, Elect 157v	3	3	0	0	0.00
No, Elect 157v	42	42	0	0	0.00
					0.71

Prueba de significancia

Valor de Chi Cuadrado $X^2 = 0.71$

Grados de libertad = $(3-1)(2-1) = 2$; nivel de confianza del 95%; $\alpha = 0.05$

Valor de tabla $(2, 0.05) = 5.99$

Se acepta H_0 , no existe relación entre el tipo de aturdimiento y las hemorragias producidas.

ANEXO 31. Prueba de diferencias entre proporciones para la presencia de hemorragias.

Hipótesis nula H_0 : Las proporciones de hemorragias en cada tratamiento son iguales.

Hipótesis alterna H_a : Las proporciones de hemorragias en cada tratamiento son diferentes.

El “z” estadístico para el cálculo respectivo es el siguiente:

$$z = \frac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - (p_1 - p_2)}{\sqrt{(\bar{p} \cdot \bar{q}) \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Cálculos:

$$P_1 = 4/45 = 0.089$$

$$P_2 = 2/45 = 0.044$$

$$P = \frac{45(0.089) + 45(0.044)}{45 + 45} = 0.0665$$

$$s_{p_{h-m}} = \sqrt{0.0665(0.9335) \left(\frac{1}{45} + \frac{1}{45} \right)} = 0.0519$$

Calculo de la prueba estadística:

$$Z = \frac{(\text{diferencia entre proporciones observadas}) - (\text{diferencia entre proporciones } H_0)}{s_{p_{h-m}}}$$

$$Z = \frac{(0.089 - 0.044) - (0)}{0.0519} = 0.867$$

Estableciendo la zona de rechazo y aceptación:

$$\text{Región de rechazo} = RR = \{Z < -1.96\} \cup \{Z > 1.96\}$$

$$\text{Región de aceptación} = RA = \{-1.96 \leq Z \leq 1.96\}$$

$Z_c = 0.867$ cae en la RA, entonces hay evidencias estadísticas para no rechazar la H_0 , en otras palabras nos permite afirmar que la verdadera proporción de hemorragias es similar en los tratamientos.

ANEXO 32. Número de animales que presentan reflejo ocular.

REFLEJO OCULAR			
N° Animal	Tratamientos		
	T1 (Desnucado)	T2 (147v)	T3 (157v)
1	NO	SI	SI
2	SI	NO	SI
3	SI	SI	SI
4	NO	SI	SI
5	SI	SI	SI
6	NO	SI	SI
7	SI	SI	SI
8	NO	SI	SI
9	SI	SI	SI
10	SI	SI	SI
11	SI	SI	SI
12	NO	SI	SI
13	SI	SI	SI
14	SI	SI	SI
15	SI	SI	SI
16	SI	SI	NO
17	SI	SI	SI
18	SI	NO	SI
19	SI	SI	SI
20	SI	SI	SI
21	NO	SI	SI
22	SI	SI	SI
23	SI	SI	SI
24	SI	SI	SI
25	SI	SI	SI
26	SI	SI	SI
27	SI	SI	SI
28	SI	SI	SI
29	SI	SI	SI
30	SI	SI	SI
31	SI	SI	SI
32	SI	SI	SI
33	SI	SI	SI
34	SI	SI	SI
35	SI	SI	SI
36	SI	SI	SI
37	SI	SI	SI
38	SI	SI	SI
39	SI	SI	SI
40	SI	SI	SI
41	SI	SI	SI
42	SI	SI	SI
43	SI	SI	SI
44	SI	SI	SI
45	SI	SI	SI

ANEXO 33. Prueba Chi cuadrado para la presencia del reflejo ocular.

Hipótesis nula H_0 : No hay relación entre el tipo de aturdimiento y los producidos.

Hipotesis alterna H_a : Hay relación entre el tipo de aturdimiento y las hemorragias producidos.

Cuadro de valores observados y esperados.

Tipo de Aturdimiento (y)	Reflejo Ocular (x)		
	SI	NO	Totales
Desnucado (T1)	39 (42)	6 (3)	45
Electronarcosis 147v (T2)	43 (42)	2 (3)	45
Electronarcosis 157v (T3)	44 (42)	1 (3)	45
Totales	126	9	135

Cuadro de relación entre el aturdimiento y reflejo ocular

x,y (Interacción)	Observado	Esperado	Obs -Esp	(Obs-Esp)^2	((Obs-Esp)^2)/Esp
Si, desnucado	39	42	-3	9	0.21
No, desnucado	6	3	3	9	3.00
Si, Elect 147v	43	42	1	1	0.02
No,Elect 147v	2	3	-1	1	0.33
Si, Elect 157v	44	42	2	4	0.10
No, Elect 157v	1	3	-2	4	1.33
					5.00

Prueba de significancia

Valor de Chi Cuadrado $X^2 = 5.00$

Grados de libertad = $(3-1)(2-1) = 2$; nivel de confianza del 95%; $\alpha = 0.05$

Valor de tabla $(2, 0.05) = 5.99$

Se acepta H_0 , no existe relación entre el tipo de aturdimiento y el reflejo ocular.

ANEXO 34. Número de animales que presentan vocalización.

VOCALIZACION			
N° Animal	Tratamientos		
	T1 (Desnucado)	T2 (147v)	T3 (157v)
1	NO	NO	NO
2	SI	NO	NO
3	NO	NO	NO
4	NO	NO	NO
5	NO	SI	SI
6	NO	NO	NO
7	SI	NO	NO
8	NO	NO	NO
9	SI	NO	NO
10	NO	SI	SI
11	NO	NO	NO
12	NO	NO	SI
13	NO	NO	NO
14	NO	NO	SI
15	NO	SI	NO
16	NO	NO	NO
17	NO	NO	NO
18	NO	NO	NO
19	NO	NO	NO
20	NO	NO	NO
21	SI	NO	NO
22	NO	NO	NO
23	NO	NO	NO
24	NO	NO	NO
25	NO	NO	NO
26	NO	NO	NO
27	NO	NO	NO
28	NO	NO	NO
29	NO	NO	NO
30	NO	NO	NO
31	NO	NO	NO
32	NO	NO	NO
33	NO	NO	NO
34	NO	NO	NO
35	NO	NO	NO
36	NO	NO	NO
37	NO	NO	NO
38	NO	NO	NO
39	NO	NO	NO
40	NO	NO	NO
41	NO	NO	NO
42	NO	NO	NO
43	NO	NO	NO
44	NO	NO	NO
45	NO	NO	NO

ANEXO 35. Prueba Chi - Cuadrado para la presencia de la vocalización o quejido

Hipótesis nula H_0 : No hay relación entre el tipo de aturdimiento y la vocalización producida.

Hipótesis alterna H_a : Hay relación entre el tipo de aturdimiento y la vocalización producida.

Cuadro de valores observados y esperados.

Tipo de Aturdimiento (y)	Vocalización (x)		
	SI	NO	Totales
Desnucado (T1)	4 (2.33)	41 (41.3)	45
Electronarcosis 147v (T2)	3 (3.67)	42 (41.3)	45
Electronarcosis 157v (T3)	4 (3.67)	41 (41.3)	45
Totales	11	124	135

Cuadro de relación entre el aturdimiento y la vocalización

x,y (Interacción)	Observado	Esperado	Obs -Esp	(Obs-Esp)^2	((Obs-Esp)^2)/Esp
Si, desnucado	4	3.67	0.33	0.1089	0.03
No, desnucado	41	41.3	-0.3	0.09	0.00
Si, Elect 147v	3	3.67	-0.67	0.4489	0.12
No,Elect 147v	42	41.3	0.7	0.49	0.01
Si, Elect 157v	4	3.67	0.33	0.1089	0.03
No, Elect 157v	41	41.3	-0.3	0.09	0.00
					0.20

Prueba de significancia

Valor de Chi Cuadrado $X^2 = 0.2$

Grados de libertad = $(3-1)(2-1) = 2$; nivel de confianza del 95%; $\alpha = 0.05$

Valor de tabla $(2, 0.05) = 5.99$

Se acepta H_0 , no existe relación entre el tipo de aturdimiento y la vocalización.